



COMISIÓN DEL
AGUA DEL ESTADO
DE DURANGO



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED - IMTA

COMISIÓN DEL AGUA DEL ESTADO DE DURANGO

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA
COORDINACIÓN DE TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA**

CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED-IMTA

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD E INGENIERÍA BÁSICA LA PLATOSA”

INFORME FINAL

Enero 2018



Contenido

1	RESUMEN EJECUTIVO	7
1.1	PROYECTO FUNCIONAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA.....	7
1.2	PROYECTO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA MINA “LA PLATOSA” A LOCALIDADES DE DURANGO	11
2	PROYECTO FUNCIONAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA	27
2.1	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LA MINA LA PLATOSA.....	27
2.1.1	Zona de estudio.....	27
2.1.2	Descripción de la caracterización	32
2.1.3	Primer muestreo	33
2.1.4	Segundo muestreo	37
2.1.5	Tercer muestreo.....	41
2.1.6	Comparativa de resultados	44
2.1.7	Índice de ensuciamiento SDI	48
2.1.8	Conclusiones	53
2.2	INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO FUNCIONAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA.....	53
2.2.1	Marco teorico sistemas de tratamiento	53
2.2.2	Opciones de tratamiento del agua de la Mina	53
2.2.3	Memorias de cálculo y arreglos generales	102
2.3	TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA.....	171
3	PROYECTO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA MINA “LA PLATOSA” A LOCALIDADES DE DURANGO	173
3.1	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA EL PROYECTO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE ABASTECIMIENTO	173
3.1.1	Recopilación de información.....	173
3.1.2	Análisis y selección de la información	176
3.1.3	Precipitación en la cuenca del río Nazas	177
3.1.4	Escurremientos del río Nazas	191
3.2	VISITA DE RECONOCIMIENTO	201
3.2.1	Regiones que considera el proyecto	202
3.2.2	Recorridos de campo	242
3.3	SITUACION ACTUAL DE LOS ORGANISMO OPERADORES.....	248
3.3.1	SIDEAPA de Gómez Palacio (Urbana).....	248
3.3.2	Organismo Operador del SIDEAPAAR de Gómez Palacio (Rural).....	252
3.3.3	Organismo Operador de Bermejillo, Mapimí	255
3.3.4	Organismo Operador de Tlahualilo	258
3.3.5	Análisis de los pozos en operación c/s infraestructura de filtros	261
3.3.6	Análisis del agua concesionada, capacidad instalada, extraída, facturada y no contabilizada.....	262
3.4	DETERMINACIÓN DE DATOS BÁSICOS PARA LOS PROYECTOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	264
3.4.1	Datos básicos	266
3.4.2	Población actual.....	270
3.4.3	Población futura.....	278
3.5	DEFINICIÓN DEL TRAZO DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN, SITIOS DE PLANTAS Y ESTRUCTURAS DE REGULACIÓN	278
3.5.1	Propuesta por la CONAGUA	279
3.5.2	Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 1).....	285
3.5.3	Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 2).....	291
3.5.4	Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 3).....	295
3.6	PROYECTO FUNCIONAL Y GEOMÉTRICO DE LOS TANQUES DE REGULARIZACIÓN	296
3.6.1	Capacidad del Tanque de Regularización	296
3.6.2	Tanque en la planta de tratamiento la Platosa	298



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

3.6.3	Propuesta del tanque de regulación	298
3.6.4	Tanque la popular	299
3.6.5	Tanque el Vergel.	299
3.7	PROYECTO FUNCIONAL DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN	300
3.7.1	Parámetros de diseño.	300
3.7.2	Diámetro económico.....	300
3.7.3	Modelo hidráulico.....	305
3.8	PROYECTO FUNCIONAL DE CRUCES ESPECIALES	311
3.8.1	Método de perforación dirigida	311
3.9	PROYECTO FUNCIONAL DE VÁLVULAS DE AIRE, DESFOGUES, PROTECCIÓN CONTRA TRANSITORIOS, ENTREGA DEL AGUA EN BLOQUE Y OTROS ACCESORIOS.....	331
3.9.2	Modelo de numérico para el estudio del fenómeno transitorio	345
3.10	PROYECTO HIDRÁULICO DE BOMBEOS	365
3.10.1	Instalación eléctrica	367
3.10.2	Operación eléctrica	368
3.11	PROYECTO FUNCIONAL DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN.....	369
4	ANÁLISIS TARIFARIO	373
4.1	INTRODUCCIÓN	373
4.2	MARCO JURÍDICO REGULATORIO	373
4.3	ANÁLISIS DEL MARCO JURÍDICO	373
4.3.1	Ley de Agua del Estado de Durango.....	373
4.3.2	Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango	375
4.3.3	Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango.....	375
4.3.4	Tarifa doméstica.....	376
4.3.5	Tarifas mixtas, comerciales, industriales, de prestadores de servicios y pública:	377
4.3.6	Tarifa de estudios y proyectos para la factibilidad del servicio de agua potable que deberán pagar los desarrolladores, comercios, industrias o prestadores de servicios.	379
4.3.7	Tarifa de conexión de servicios de agua potable doméstica, comercial e industrial.....	380
4.3.8	Reglamento Interior del Republicano Ayuntamiento de Gómez Palacio, Durango.....	382
4.3.9	Facultades y atribuciones del Consejo Directivo del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango	382
4.4	ANÁLISIS ECONÓMICO SOCIAL	383
4.4.1	Población.....	383
4.4.2	Tasa de crecimiento	384
4.4.3	Índice de Desarrollo Humano.....	386
4.4.4	Índice de Marginación.....	387
4.4.5	Migración	388
4.4.6	Economía.....	389
4.4.7	Salud.....	395
4.4.8	Capacidad de pago	395
4.5	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO	396
4.5.1	Estructura Orgánica.....	397
4.5.2	Funciones y atribuciones por unidad administrativa	398
4.5.3	Ejes rectores del SIDEAPA Gómez Palacio	410
4.5.4	Plantilla de personal.....	411
4.5.5	Ingresos y egresos	412
4.5.6	Morosidad	414
4.5.7	Coberturas.....	414
4.5.8	Eficiencia energética	414



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

4.5.9	Administración y manejo del personal.....	415
4.5.10	Gestión Comercial.....	415
4.5.11	Capacidad de pago de usuarios domésticos.....	416
4.6	DIAGNÓSTICO DEL SIDEAPA.....	416
4.6.1	Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para reducir costos de energía eléctrica.....	416
4.6.2	Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para incrementar la productividad del personal.....	417
4.6.3	Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para mejora de la gestión comercial.....	417
4.6.4	Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para reducción de pérdidas físicas de agua.....	417
4.6.5	Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para la sostenibilidad de las acciones.....	418
4.6.6	Demanda.....	418
4.7	ANÁLISIS DE OFERTA – DEMANDA AL 2030.....	419
4.7.1	Oferta.....	423
4.7.2	Interacción Oferta – Demanda en situación actual.....	426
4.7.3	Interacción Oferta – Demanda con mejora de eficiencias.....	427
4.8	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA COMERCIAL.....	429
4.8.1	Datos básicos.....	429
4.8.2	Padrón de usuarios.....	431
4.8.3	Medición.....	432
4.8.4	Tarifas.....	433
4.8.5	Indicadores comerciales.....	447
4.8.6	Coberturas.....	450
4.8.7	Usuarios morosos.....	451
4.8.8	Cobranza.....	451
4.8.9	Costo del personal.....	452
4.8.10	Personal por cada mil tomas.....	453
4.8.11	Proyección de ingresos.....	454
4.8.12	Proyección de egresos.....	455
4.8.13	Balance entre ingresos y egresos.....	456
4.9	ESTRUCTURA TARIFARIA.....	457
4.9.1	Vigente.....	457
4.9.2	Comparativo nacional.....	458
4.9.3	Comparativo en la región:.....	459
4.9.4	Uso comercial.....	462
4.9.5	Uso industrial.....	463
4.10	SISTEMATIZACIÓN (EVOLUCIÓN DE TARIFAS).....	463
4.10.1	Doméstico.....	463
4.10.2	Comercial.....	467
4.10.3	Industrial.....	469
4.10.4	Fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.....	471
4.10.5	Tarifa de autosuficiencia financiera.....	472
5	REVISIÓN DEL MARCO LEGAL Y SOCIAL DE LOS DERECHOS DEL USO DEL AGUA DE LA MINA LA PLATOSA.....	473
5.1	INTRODUCCIÓN.....	473
5.2	ANTECEDENTES.....	474
5.2.1	Objetivo general.....	474
5.2.2	Objetivos específicos.....	474
5.3	ANÁLISIS JURÍDICO DEL AGUA PROVENIENTE DEL LABOREO DE LA MINA “LA PLATOSA”.....	475
5.3.1	Regularización de los derechos de agua y el permiso de descarga.....	475
5.3.2	Sanciones en caso de incumplimiento de la ley y trámite para regularización.....	478
5.3.3	Arreglo institucional para el aprovechamiento del agua para uso público urbano.....	481



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

5.3.4	Instancia titular de derechos transferidos para uso público urbano.....	481
5.3.5	Convenio de colaboración y coordinación para el uso, distribución y pago del agua potable.....	481
5.3.6	Financiamiento.....	483
5.3.7	Fideicomiso público para la captación, administración y desembolso de los recursos.....	485
5.4	CONCLUSIONES.....	485
5.4.1	Seguridad jurídica del agua de laboreo.....	485
5.4.2	Seguridad jurídica sobre la tenencia de la tierra necesaria para el proyecto.....	486
5.4.3	Servidumbres.....	486
5.5	AUTORIZACIÓN EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.....	487
5.6	ASPECTOS INSTITUCIONALES.....	487
5.7	PLANEACIÓN.....	487
5.8	FINANCIAMIENTO.....	488
5.9	CONSTRUCCIÓN.....	489
5.10	OPERACIÓN.....	489
5.11	TARIFAS.....	489
5.12	MAPA DE ACTORES Y ACCIONES.....	491
6	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS OBRAS PROPUESTAS.....	502
6.1	ALCANCES DE LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	502
6.2	ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL PROYECTO.....	505
6.2.1	Resumen ejecutivo.....	505
6.2.2	Situación actual del Proyecto de Inversión.....	509
6.2.3	Situación sin el Proyecto de inversión.....	514
6.2.4	Situación con el Proyecto de inversión.....	537
6.2.5	Evaluación del Proyecto de inversión.....	557
6.2.6	Conclusiones y Recomendaciones.....	560
7	EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE TRES OPCIONES PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN.....	561
7.1	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO AGUA FUTURA (AGUA PARA SIEMPRE).....	562
7.1.1	Calidad del agua.....	565
7.1.2	Proceso de tratamiento.....	567
7.1.3	Estimación del costo de inversión.....	569
7.1.4	Estimación del costo de operación.....	569
7.1.5	Ventajas y limitantes.....	572
7.2	EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA Y TRATAMIENTO DEL AGUA CON PLANTAS POTABILIZADORAS DE FILTRACIÓN DIRECTA PARA REMOCIÓN DE ARSÉNICO.....	572
7.2.1	Proceso de potabilización del agua subterránea.....	575
7.2.2	Estimación del costo de inversión.....	576
7.2.3	Estimación del costo de operación.....	576
7.2.4	Ventajas y limitantes.....	581
7.3	COMPARACIÓN DE LAS TRES OPCIONES DE POTABILIZACIÓN.....	581
7.4	COSTO DE INVERSIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS DE CLARIFICACIÓN CONVENCIONAL PARA PROYECTO AGUA FUTURA (AGUA PARA SIEMPRE).....	585
7.1	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE INTERCONEXIÓN Y CONDUCCIÓN DEL AGUA POTABLE.....	586
8	CONCLUSIONES.....	598
8.1	CONCLUSIONES.....	598
9	ANEXOS.....	613
9.1	CAPÍTULO 1.....	613
9.2	CAPÍTULO 2.....	613
9.3	CAPÍTULO 4.....	613
9.4	CAPÍTULO 5.....	614
9.5	ANEXO PLANOS.....	615



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

10	BIBLIOGRAFÍA	616
11	GLOSARIO	623
12	TABLAS DE CONTENIDO	627
13	TABLAS DE ILUSTRACIONES.....	637



1 RESUMEN EJECUTIVO

1.1 Proyecto funcional de la planta potabilizadora

Para hacer posible la explotación de los minerales en “La Platosa” es necesaria la extracción del agua del subsuelo, lo que se realiza mediante bombeo directamente del acuífero. El agua extraída, 1354 L/s, es vertida a dos piletas de donde actualmente se distribuye a canales de riego; parte de esta agua es la que se pretende potabilizar. Con el propósito de caracterizar dicha agua y determinar si existe variación en su calidad se realizaron 3 muestreos compuestos de 24 horas, el intervalo entre cada muestreo fue de un mes. Las muestras fueron analizadas para determinar los parámetros que incluye la modificación del año 2000 de la *NOM-127-SSA1-1994 límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*; adicionalmente se midieron los siguientes parámetros: calcio, bario, magnesio, estroncio, plata, potasio, alcalinidad total, carbón orgánico total, fosfatos, boro, sólidos suspendidos totales y óxido de silicio.

Los resultados de la caracterización muestran que la calidad del agua no tiene variación significativa con el tiempo ni entre el agua que llega a las dos piletas. En general, los parámetros de calidad del agua que no cumplen la norma antes mencionada son: dureza total, sólidos disueltos totales, turbiedad, fluoruros, sulfatos, arsénico, plomo, hierro, manganeso, sodio, radiactividad alfa total, además de coliformes totales y fecales.

De acuerdo a las características de agua se establecieron cuatro posibles procesos de potabilización: a) Coagulación convencional (CC) + Nano Filtración (NF), b) Microfiltración (MF) + Nano Filtración (NF), c) Filtración en arena + Ósmosis inversa de baja presión (OI) y c) Filtración directa + Ósmosis inversa de baja presión + Nano Filtración; para cada uno de estos casos se realizó el balance iónico y se calculó el índice de Langelier del agua producto para determinar la estabilidad química del agua, es decir si presentará características de corrosividad o incrustabilidad.

Adicionalmente con la finalidad de reducir el volumen de agua que se obtiene como rechazo del proceso de membranas de todas las opciones analizadas, se analizó el concentrar más el agua mediante un sistema de Ósmosis Inversa de alta presión con membranas para agua de mar. De dicho tratamiento se obtendría una corriente de rechazo y una de producto; esta última se mezclaría con las corrientes producto del tratamiento principal, para dar el efluente final. También se estudiaron los requerimientos de remineralización del agua potabilizada, para este estudio se consideraron dos opciones: la adición de hidróxido de potasio o la filtración a través de lechos de calcita en presencia de CO₂.

La selección del tren de tratamiento más adecuado para el agua de la mina La Platosa, se realizó comparando los costos de operación e inversión de los diferentes sistemas, incluyendo la remineralización y la recuperación de una fracción del agua de rechazo.

Se utilizó el Costo Anual Equivalente (CAE) para evaluar las alternativas de los proyectos de inversión, ya que brindan los mismos beneficios, pero poseen distintos costos, se utilizó una tasa social de descuento de 10%. Este análisis mostró que el sistema más conveniente, es decir el de menor CAE, es el de Ósmosis Inversa con filtros de arena como pretratamiento y la remineralización empleando lechos de calcita en presencia de CO₂. En los costos se considera el cambio de membranas cada dos años, pero no se incluye la reposición de equipo de bombeo durante el tiempo de vida de la



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

instalación. El costo de inversión del tren de tratamiento es de \$361,729,784.00, de los cuales \$259,761,117.00 corresponden al sistema de potabilización principal, incluida la remineralización y \$101,968,667.00 al sistema de recuperación de agua de rechazo. El costo de operación se estima en \$5.1/m³.

Con base en lo anterior se desarrolló el proyecto funcional para el sistema de potabilización seleccionado que se describe a continuación: el caudal de agua que será conducido por bombeo desde la mina a la planta potabilizadora será de 1,165 L/s, el agua será filtrada para la remoción de partículas suspendidas como pretratamiento para protección del sistema de membranas, el sistema de filtración se compone de 12 filtros granulares a gravedad, de flujo descendente y con lecho dual arena-antracita, el diseño incluye un sistema de recuperación del agua de retrolavado de los filtros. El agua filtrada se colecta en un tanque de donde se envía mediante bombeo a cuatro módulos de ósmosis inversa de baja presión. Cada uno de los módulos está compuesto por una bomba de alimentación, un sistema de dosificación de dispersante para evitar la incrustación de productos químicos en las membranas, filtración en cartuchos de 5 µm, bomba de alta presión y módulos de membranas en dos etapas. De los sistemas de ósmosis inversa se tendrán dos corrientes: el permeado y el concentrado. La corriente del permeado de cada uno de los cuatro módulos, 200 L/s de cada uno, es decir 800 L/s en total, ingresaría a un tanque de agua potable previa cloración, empleando gas cloro. Por otro lado, la corriente de concentrado será tratada mediante filtración en arena y ósmosis inversa con membranas de alta presión, con la finalidad de reducir el caudal no aprovechable en 50%, por lo que se recuperaría un caudal de 167 L/s que también se dirigirían al tanque de agua potable. Por último y antes de ser distribuida a la población, el caudal total potabilizado, 967 L/s, se someterá a acidificación con dióxido de carbono y se enviará a 5 trenes de 6 filtros o contactores con lechos de calcita para realizar la remineralización, con lo que se evitaría la corrosividad del agua. El agua tratada cumplirá con todos los parámetros de calidad que establece la modificación del año 2000 de la NOM 127 SSA1-1994.

Como desecho del proceso de potabilización se obtendría un caudal de 167.9 L/s que, dada su alta concentración de sólidos disueltos 29,588 mg/L, no sería posible su aprovechamiento en la agricultura, más bien sería necesaria su disposición en lagunas de evaporación para evitar daños al ecosistema.

El proyecto funcional incluye la memoria de cálculo y dimensionamiento de las unidades de tratamiento, el diagrama de tubería e Instrumentación, el arreglo general de la planta y cortes longitudinales del mismo. Con base en la ingeniería básica se desarrolló también el documento Términos de referencia para el diseño y construcción de la planta potabilizadora que podrá servir de base para la elaboración de las bases de licitación para el diseño y construcción de la planta potabilizadora.

Por otro lado, se evaluaron y compararon tres alternativas para potabilizar agua en la región para un caudal total potabilizado de alrededor de 1000 L/s:

- a) Una planta potabilizadora con base en el proceso de clarificación convencional (CC) para el agua de la Presa Francisco Zarco-Río Nazas;
- b) Plantas a pie de pozo para tratar el agua subterránea del Acuífero Principal mediante filtración directa (FD) para la remoción de arsénico y
- c) La potabilizadora para el agua de la mina La Platosa con base en el proceso ya descrito de Filtración en arena y ósmosis inversa (FA(G)+OI).



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

Para el caso de la potabilización del agua de la mina La Platosa se empleó el costo de inversión y de operación del proceso principal (filtración en arena + ósmosis inversa + recarbonatación), así como el costo del tratamiento del rechazo de la Ósmosis Inversa, lo que permite obtener un porcentaje de recuperación global del 83%. En este análisis no se incluye la etapa de disposición de la corriente de rechazo del proceso (lagunas de evaporación).

El costo del sistema de disposición de la salmuera mediante lagunas de evaporación se estima en 776.6 millones de pesos que no están incluidos en este análisis de comparación.

En lo que respecta a la alternativa de potabilización de agua subterránea del acuífero principal mediante Filtración Directa, para la estimación de los costos de inversión y de operación se consideraron datos de caudales de diseño y concentración de arsénico de las trece plantas de este tipo que se tienen actualmente operando, en construcción o en etapa de asignación de contrato para la construcción en el Estado de Durango. Los costos de inversión estimados consideran plantas con el siguiente proceso de potabilización: pre-cloración, coagulación con cloruro férrico, filtración en lechos duales de arena antracita y post-cloración. Las plantas cuentan con un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: sedimentador y línea de recirculación del agua clarificada a la entrada de agua a la planta. También tienen un sistema para espesamiento de lodos y sistema de deshidratación de lodos mediante un filtro prensa de tal forma de facilitar su manejo y disposición adecuada. Es importante mencionar que la suma del caudal total de diseño de las trece plantas es de 1080.6 L/s. Los costos de operación incluyen el costo de reactivos y el consumo de energía eléctrica para la operación de la planta y para la extracción del agua considerando el nivel dinámico de los pozos del año 2015. El costo de extracción de agua se incluye debido a que son costos que el Organismo operador tendrá que asumir a diferencia de la alternativa del aprovechamiento de agua de La Platosa donde la extracción está siendo solventada por la compañía minera.

Por su parte para la alternativa de potabilización del agua de la presa Francisco Zarco se considera que, de acuerdo a los datos históricos de calidad del agua, la turbiedad generalmente es menor a 20 UTN, puede presentar problemas de color verdadero, así como concentraciones de arsénico entre 0.010 y 0.040 mg/L. Por lo que se establece que el tratamiento adecuado para la potabilización es el de clarificación convencional empleando como coagulante cloruro férrico. El tren de tratamiento consistiría en: pre-cloración, coagulación (mezcla rápida), floculación, sedimentación, filtración en lechos granulares arena-antracita y post-cloración. La planta deberá tener la infraestructura para poder operar en la modalidad de filtración directa o clarificación completa. En el primer caso después de la etapa de coagulación el agua se dirigirá directamente a los filtros sin pasar por las etapas de floculación y sedimentación; y será de utilidad en la época del año en que el agua que llegue a la planta tenga muy baja turbiedad. La planta deberá tener un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: tanque y línea de recirculación del agua clarificada hacia la unidad de mezcla rápida. También deberá tener un sistema para espesamiento y deshidratación de lodos que permita su manejo para la disposición adecuada. Para hacer posible la comparación con las otras alternativas de potabilización, se estableció un caudal de la planta de clarificación convencional de 1000 L/s, cuyo caudal aprovechable sería del 95% del agua alimentada, es decir de 950 L/s. Para estimar los costos de inversión se utilizaron datos de plantas construidas en el país con ese tipo de sistemas y los costos de operación incluyen costos de productos químicos: cloruro férrico como coagulante, cloro gas para la pre-cloración y la post-cloración y un polímero para el acondicionamiento químico de los lodos. Para el consumo de energía eléctrica se consideraron 25 metros de carga de bombeo para la



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

alimentación de la planta, además de la energía requerida para la operación del sistema de potabilización y deshidratación de lodos.

Para las tres alternativas se realizó el cálculo del Valor presente de Costos (VPC) para un período de 20 años, usando una tasa de actualización del 10%, así como el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE).

En la siguiente tabla se presentan para cada alternativa analizada los caudales de agua tratada y agua producto, los costos de inversión y los costos de operación por metro cúbico de agua producida, así como el Costo Anual Equivalente.

EVALUACIÓN DE TRES ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN								
Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de Operación Total		CAE (\$)
		Tratado	Producido			(\$/m3)	(\$/año)	
Agua Presa-Río Nazas	CC	1,000	980.0	115,828,199		0.84	25,960,435	39,565,572
Agua pozos-Acuífero Principal	FD	1,081	1,026.6	180,270,018		1.72	55,683,128	76,857,576
Agua Mina La Platosa	FA(G)+OI	1166	967.1	361,729,784	30,023,732	5.10	155,516,020	191,884,160

Del análisis anterior se obtuvo que el orden de conveniencia desde el punto de vista de rentabilidad es:

1° La potabilización del agua de la Presa Francisco Zarco- Río Nazas, 2° La potabilización del agua extraída de pozos del acuífero de la región y 3° La potabilización del agua extraída de la mina La Platosa.

Sin embargo, el aspecto social involucrado en las dos primeras opciones: 1) Disponibilidad real del agua de la presa que actualmente se usa para riego, debido a la concesión existente; y 2) Abatimiento del acuífero por la extracción de agua en pozos profundos, con la posibilidad de que cada vez el agua requiera tratamientos más costosos que los actuales, le da una ventaja importante al uso del agua de la mina. Otros puntos a favor de esta última opción es que se aprovecharía agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría, además de que para el abastecimiento público no se utilizaría todo el caudal extraído, por lo que seguiría habiendo disponibilidad para los agricultores que actualmente la emplean, lo que evitaría conflictos sociales.



1.2 Proyecto funcional hidráulico de abastecimiento de agua potable de la mina “la platosa” a localidades de Durango

Se recopiló y se revisó la información relacionada a la zona de estudio, de las instituciones: Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento del Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte de CONAGUA; de la Comisión de Agua del Estado de Durango (CAED) y organismos operadores de agua potable, como son: el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPA); el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Área Rural del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPAAR); el Sistema municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tlahualilo, Durango (SIMAPA Tlahualilo); y el Sistema de Agua del Municipio de Mapimí, Durango (SIDEAMM). En este caso en particular la localidad de Bermejillo.

Se realizaron visitas técnicas de campo, conjuntamente con personal de la CONAGUA, la CAED, de Organismos Operadores: (SIDEAPA); (SIDEAPAAR); (SIMAPA) de Tlahualilo; y (SIDEAMM). Con el objeto de conocer las principales características físicas del área de estudio, identificar la infraestructura existente y conocer de manera general el estado actual y las necesidades de infraestructura, así como posibles alternativas de solución y requerimientos de estudios y proyectos.

Se analizaron los posibles trazos del acueducto, tanto en gabinete como en recorridos de campo para determinar el trazo definitivo de las líneas de conducción y sitio de entrega. Se procuró evitar el menor número de conflictos sociales como de instituciones gubernamentales: Infraestructura de PEMEX, TELEMEX, de GASERAS, entre otros.

Se obtuvieron acuerdos con dos propietarios de terrenos para poder diseñar el proyecto de manera preliminar de la Planta Potabilizadora, son terrenos privados sin ningún problema social o conflictos con tierras Ejidales o Comunes, viables para su compra.

Situación actual de los Organismo Operadores

SIDEAPA de Gómez Palacio (Urbana).- En 2016, se reportan 29 pozos en operación para abastecer a Gómez Palacio (urbana), con una capacidad instalada en operación de 1,448 l/s, de los cuales; 14 pozos están propuestos para tratar su caudal, y 10 sitios para construir la infraestructura de filtros, la producción propuesta es: 897.6 l/s. *Por lo tanto: el 48% de los pozos en operación se mejora su calidad de agua a través de infraestructura de filtros. El gasto con problemas de arsénico es de 550.4 l/s, que lo cubren 15 pozos, es decir un 52% es el gasto que se puede sustituir por agua de la “Mina La Platosa” u otra alternativa.*

SIDEAPAAR de Gómez Palacio (Rural).- En 2016, se reportan 14 pozos en operación para abastecer a Gómez Palacio (Rural), con una capacidad instalada en operación de 293 l/s, de los cuales



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

4 pozos están propuestos para tratar su caudal, y 3 sitios para construir la infraestructura de filtros, la producción propuesta es: 183 l/s. *Por lo tanto: el 28% de los pozos en operación se mejora la calidad de agua a través de infraestructura de filtros. El gasto que no será tratado y con problemas de arsénico es de 110 l/s, que lo cubren 4 pozos, es decir un 72%, gasto que se puede sustituir por agua de la “Mina La Platosa” u otra alternativa.*

(SIDEAMM) de Bermejillo, Mapimí.- En 2016, se reportan 4 pozos en operación para abastecer la localidad de Bermejillo, con una capacidad instalada de 46 l/s. No cuenta con Macromedición ni medición domiciliaria. La calidad del agua presenta problemas de Arsénico. De los cuatro pozos, dos de ellos abastecen con un gasto del 50% a las localidades de Rancho Viejo y de Mapimi. *Por lo tanto, solo 2 pozos en operación serán cancelados o por sustitución de agua de la Mina La Platosa, el gasto a intercambiar sería de 26 l/s. Pero, para abastecer a toda la localidad de Bermejillo se requiere una producción total de 46 l/s.*

(SIMAPA) de Tlahualilo.- En el 2016, se reportan 4 pozos en operación para abastecer a 18 localidades de Municipio Tlahualilo, con una capacidad instalada de 115 l/s; el caudal total será tratado con la construcción de los filtros, se tiene un avance de 80%. Por lo tanto, el 100% del agua subterránea de los pozos en operación se mejorará su caudal. *Con respecto al proyecto del agua de la Platosa, Tlahualilo puede intercambiar su caudal solamente de un pozo. Se recomendaría evaluar la calidad del agua de los cuatro pozos y cancelar los más críticos, puede ser el pozo “El Quemado” que da un gasto de 65 l/s ó 2 pozos, como pueden ser El Cariño y El Cariño 2, sumando un caudal total de 50 l/s, ambos casos para sustituir caudal por agua de la Platosa. Es recomendable que se conserve un gasto del 50 l/s en promedio de agua subterránea en el Tanque “El Lucero” por la infraestructura de filtros que se dispondrá y no es conveniente que se abandone.*

El proyecto se integra por una Planta Potabilizadora, para un caudal de diseño de 1,166 lts/s y un caudal producido de 967 lts/s, con planta de bombeo en las cercanías de la mina La Platosa, un tanque de regularización de cambio de régimen de 7000 m³, con un acueducto y distribución desde dicho tanque hasta puntos de entrega de 94.68 km en total, se proponen cinco sitios principales para entrega de caudal potabilizado: uno en Bermejillo, tanque de 200 m³; rehabilitar el existente; otro en Tlahualilo, El Tanque “Ceceda” de 1120 m³; rehabilitar tanque de 500 m³ ubicado en Britinghan, un Tanque nuevo de 2640 m³ en la Popular y por último un Tanque nuevo de 7337 m³ en el Vergel, para abastecer la zona urbana y rural de Gómez Palacio.

El proyecto funcional hidráulico de la Platosa, se diseñó con un gasto de 967 l/s, para abastecer a una población total de 400,568 habitantes (Gómez Palacio Rural y Urbano; Bermejillo y Tlahualilo), el acueducto y líneas de entrega con tubería de acero al carbón, de diámetros variables. El caudal se distribuyó de la siguiente manera: 640 l/s para Gómez Palacio Urbano y 218 l/s para la Zona Rural; 71 l/s para Tlahualilo; y 38 l/s para Bermejillo.

Como proyecto funcional de cruces especiales.- El trazo de la línea de conducción propuesta se generó a partir de estar dentro del derecho de vía de los caminos, aunque inevitable se cruzan calles, puentes



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

vehiculares y de ferrocarriles, haciendo necesaria su identificación para establecer un costo aproximado de las obras. Se identificaron 18 cruces especiales, de los cuales 8 son pasos para atravesar canales (7 revestidos y uno de tierra), 5 son alcantarillas transversales a la carretera, un paso de ferrocarril y 5 pasos vehiculares. Se tiene la propuesta que para cada uno de los cruces se realice a través de una perforación dirigida, para evitar zanjas que generen obstrucciones a la población en general y coadyuve a evitar contratiempos con los habitantes de la zona.

Proyecto funcional de válvulas de admisión y expulsión de aire, se propusieron 140 VAEAS, que se diseñaron para el acueducto. Para presiones analizadas al inicio: 10, 70, 59, 71, 56, y 42 MCA; al final de: 6, 59, 53, 71, 40, 56, 41, 42, 33 y 32 MCA.

Como válvulas de desfogue se determinaron 32 válvulas a lo largo del acueducto.

Para el análisis transitorio en una conducción de bombeo generado por el paro de bombas, se diseñó el sistema hidráulico con tubería de acero al carbón grado A, con un esfuerzo permisible de 30,000 psi. De acuerdo con el manual de diseño (AWWA, 2004). Las presiones de operación en la red máximas determinadas de 2,109.21 kg/cm², se encuentran muy por debajo de las obtenidas en los resultados de la simulación del software Allievi; por lo tanto se concluye que las presiones generadas por un paro súbito de los equipos de bombeo, no sobrepasan los esfuerzos admisibles para las propiedades de la tubería propuesta en la conducción.

- **Análisis tarifario**

Estructura tarifaria de Gómez Palacio urbana y rural se muestran en la Tabla 1-1 y la Tabla 1-2.

Tabla 1-1 Tarifas de SIDEAPA y SIDEAPAR a 2017

Servicio Domestico		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)		
		Subsidiado	Domestica	Residencial
0	12	\$ 68.31	\$ 113.85	\$ 128.07
13	20	\$ 5.70	\$ 9.49	\$ 10.67
21	30	\$ 5.94	\$ 9.73	\$ 10.91
31	40	\$ 6.17	\$ 10.20	\$ 11.39
41	50	\$ 6.17	\$ 10.44	\$ 11.63
51	60	\$ 6.41	\$ 10.91	\$ 12.34
61	70	\$ 6.64	\$ 11.86	\$ 13.29
71	80	\$ 7.12	\$ 12.34	\$ 13.76
81	90	\$ 7.35	\$ 13.05	\$ 14.70
91	100	\$ 7.83	\$ 14.47	\$ 16.37
101	9999	\$ 9.73	\$ 17.79	\$ 20.16



Tabla 1-2 Tarifas de SIDEAPA y SIDEAPAR a 2017 (Continuación)

Consumos de tarifas Mixto, Pública, Comercial e Industrial		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)			
		MIXTA	PÚBLICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL
0	12	\$147.99	\$147.99	\$304.53	\$440.28
13	20	\$12.34	\$12.34	\$25.61	\$33.47
21	30	\$12.81	\$12.81	\$26.10	\$33.58
31	40	\$13.29	\$13.29	\$26.80	\$41.10
41	50	\$13.76	\$13.76	\$27.51	\$41.13
51	60	\$14.00	\$14.00	\$27.51	\$41.15
61	70	\$15.42	\$15.42	\$29.41	\$43.15
71	80	\$16.13	\$16.13	\$30.83	\$43.17
81	90	\$17.08	\$17.08	\$32.49	\$43.19
91	100	\$18.51	\$18.51	\$34.63	\$43.21
101	9999	\$23.25	\$23.25	\$43.40	\$60.58

❖ *Fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora*

Fortalezas

- ✓ En la legislación vigente se consideran todos los requerimientos necesarios que dan certeza jurídica para la actualización dinámica de tarifas.
- ✓ Se cuenta medios legales suficientes para realizar el proceso de cobro, toda vez que existen lineamientos específicos considerados en los diferentes niveles de reglamentación jurídica, incluso normados en la ley.
- ✓ La estructura tarifaria actual, considera la tarifa de equilibrio y permite al organismo operador funcionar con números negros.
- ✓ Las tarifas vigentes, permiten tener margen operacional, aun cuando se tiene una eficiencia física del 46.07%.

Debilidades

- ✓ Pérdida física de agua (53.93%), lo que impacta directamente en el volumen de producción, así como en sus costos, para hacer satisfacer el volumen total demandado.
- ✓ No existen procesos eficientes de recuperación de cartera vencida, lo que implica que el número de usuarios morosos ha aumentado, y con ello los usuarios que pagaban a tiempo ha disminuido pasando de 48,349 usuarios (55%) a 38,777 (43%), por lo tanto, incrementos en las tarifas podría tener consecuencias negativas en la recaudación, a consecuencia de la falta de sanciones por parte del organismo (el 30% del total de usuarios tienen adeudos de más de 30 meses).



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

- ✓ Existe solo un 37.3% de cobertura en micromedición y de este porcentaje el 41.8% de medidores tiene más de 6 años de antigüedad.
- ✓ Las tasas de crecimiento población esperadas (1.1% promedio anual) al 2030, implican un incremento sustancial durante el periodo de 14.3% acumulado, lo que presiona la rapidez con la que debe mejorar el organismo tanto en la mejora de la eficiencia física, la eficiencia de recaudación y la adaptación y mitigación del cambio climático, ya que incluso con mejoras en la eficiencia física (meta de 80%), al 2030 se tendrá un déficit de agua de 228 mil metros cúbicos de agua.

Oportunidades de mejora

- ✓ Considerar que la parte técnica del organismo se encuentra estrechamente ligada con la parte comercial, por lo que mejoras en la red de distribución mediante programas de detección de fugas, reparación y mantenimiento, terminaran impactando en forma directa los ingresos y las finanzas del organismo operador.
- ✓ Incrementar el número de usuarios con medidor, principalmente aquellos considerados de alto consumo, con la finalidad de reducir la cantidad demanda y/o en su defecto, incrementar la facturación y recaudación de dichos usuarios.
- ✓ Revisar y actualizar los manuales de procedimientos respecto a la facturación y cobranza, con la finalidad de hacerlos efectivos, lo que impactará directamente en la percepción ciudadana y finalmente en los ingresos del organismo operador.
- ✓ Analizar la plantilla de personal con el fin de canalizar personal a áreas prioritarias y/o donde sean más eficientes para el funcionamiento del organismo operador, considerando que únicamente uno de cada cuatro empleados pertenece al área comercial y que existen 4.09 empleados por cada mil tomas.
- ✓ Re tabular la tarifa base de cobro de las tarifas de agua para usos doméstico, comercial e industrial disminuyéndola de 12 a 10 metros cúbicos.
- ✓ Diferenciar verdaderamente las tarifas de uso doméstico subsidiado (bajo) y domestico medio, incrementando las segundas en un mínimo de 25% y un máximo de 35%.

❖ *Tarifa de autosuficiencia financiera*

El incremento justificable en la tarifa para el año 2018, es de 7% promedio considerando los incrementos históricos, así como la tasa de inflación actual misma que se ubica en 6.6% al 31 de noviembre de 2017, misma que se esperaría alcance un mínimo de 6.77% al cierre del 31 de diciembre.

Dichos incrementos deberían generarse de manera gradual en todas las clasificaciones de consumos, con la finalidad de mantener tarifas diferenciadas.



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

La construcción, puesta en marcha y operación de cualquier proyecto de suministro de agua potable para el municipio de Gomez Palacio, la comunidad de Bermejillo y Tlahualilo implicará un aumento de costo en la producción de agua potable.

De acuerdo con el plan de desarrollo integral de SIDEAPA se establece que el gasto unitario de operación por metro cúbico facturado para 2017 equivalea \$16.44/m³ del cual \$8.86 /m³ corresponde a los costos de alcantarillado, saneamiento y administración, por tanto el gasto unitario de operación por metro cúbico producido es de \$7.58/m³.

Tal como se muestra en la Tabla 1-3, la aplicación de alguna de las alternativas implicará la necesidad de verificar la tarifa a los usuarios, independientemente del crecimiento poblacional y las condiciones socioeconómicas de la población, el cobro por los servicios de agua potable deberá cubrir los costos de construcción, extracción, potabilización y transporte desde la planta hasta los sitios de distribución.

Tabla 1-3 Cuadro resumen de costos de las alternativas

Alternativas	Escenarios	ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN						
		Fuente de agua	Producido	Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de operación total (\$/m ³)	Costo de operación total (\$/año)	CAE (\$)
Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura”	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	3,728	\$ 738,100,000.00	N/A	\$ 1.70	\$ 199,858,265.00	-\$ 292,192,101.44
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”	Durango	Agua Mina La Platosa (Agua subterránea)	967	\$ 361,729,784.00	\$ 30,023,732.00	\$ 5.10	\$ 155,516,020.00	-\$ 182,740,928.04
Alternativas	Escenarios	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			Costo Anual Equivalente total (\$)	Costo de producción (\$/m ³)		
		Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$) anual	CAE (\$)				
Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura”	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	\$ 2,639,100,000.00	\$ 25,533,038.15	-\$ 354,174,496.90	\$ 646,366,598.34	\$ 5.72		
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”	Durango	\$ 846,081,400.53	\$ 12,247,261.83	-\$ 110,453,069.42	\$ 293,193,997.46	\$ 10.00		

Por tanto, considerando el incremento por costos de alcantarillado, saneamiento y administración el gasto unitario de operación por metro cúbico facturado para cada alternativa se presenta en la Tabla 1-4.

Como puede observarse en la Tabla 1-4, los costos de producir agua potable con el proyecto “Agua futura” son menores a los reportados por SIDEAPA, sin embargo debe considerarse que el monto de operación de la planta potabilizadora para esta alternativa son estimados con base en proyectos similares ya que como parte de ese estudio no se definieron dichos costos. En el caso de la alternativa “La Platosa”, la implementación de este proyecto implicaría un aumento del 14% del esquema actual. Esta situación se contrapone al límite recomendado de 7% como incremento máximo.



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

Tabla 1-4 Incremento al gasto unitario de operación

Alternativas	Escenarios	Gasto unitario de operación por metro cúbico producido \$/m ³	Gasto unitario de operación por metro cúbico facturado \$/m ³	Incremento al gasto unitario de operación por metro cúbico facturado \$/m ³
Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura”	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	\$ 5.72	4.58	-11.33%
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”	Durango	\$ 10.00	\$ 18.86	14.70%

Una forma de evitar un incremento excesivo en el costo de producción, potabilización, distribución y los montos adicionales con cualquier alternativa es considerar que la inversión se haga de forma tripartita, donde el Estado (o Estados) y la Federación aporten el 60% del monto total y el 40% corresponda al municipio (o municipios). De esta manera, en la estimación del costo de producción solo se consideraría el 40% del total de la inversión más los costos totales de operación tal como se presenta en la Tabla 1-5. Esto permitiría Disminuir el impacto en las tarifas y representaría para los organismos operadores un costo menor de producción, con ello la tarifa no se vería afectada en ninguna de las dos alternativas analizadas.

Esta consideración solo se propone para la estimación de la tarifa y no es aplicable para el análisis de beneficio costo que se presenta en el capítulo 5, por lo que la información generada en este apartado no es aplicable para otros fines.

Tabla 1-5 Cuadro resumen de costos de las alternativas considerando exclusivamente el 40% del costo total de la inversión

Alternativas	Escenarios	ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN						
		Fuente de agua	Producido	40% del costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	100% del costo de operación total (\$/m ³)	100% del costo de operación total (\$/año)	CAE ₄₀ (\$)
Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura”	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	3,728	\$ 295,240,000.00	N/A	\$ 1.70	\$ 199,858,265.00	-\$ 236,791,799.57
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”	Durango	Agua Mina La Platosa (Agua subterránea)	967	\$ 144,691,913.60	\$ 30,023,732.00	\$ 5.10	\$ 155,516,020.00	-\$ 156,542,983.47
Alternativas	Escenarios	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			Costo Anual Equivalente total ₄₀ (\$)	Costo de producción (\$/m ³)		
		40% del costo de Inversión (\$)		CAE ₄₀ (\$)				



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

			100% del costo de operación total (\$) anual			
Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura”	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	\$ 1,055,640,000.00	\$ 25,533,038.15	-\$ 156,989,621.65	\$ 393,781,421.23	\$ 3.48
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”	Durango	\$ 338,432,560.21	\$ 12,247,261.83	-\$ 51,529,584.87	\$ 208,072,568.34	\$ 7.09

Tabla 1-6 Disminución al gasto unitario de operación

Alternativas	Escenarios	Gasto unitario de operación por metro cúbico producido \$/m ³	Gasto untario de operación por metro cúbico facturado \$/m3	Incremento al gasto unitario de operación por metro cúbico facturado \$/m3
Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura”	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	\$ 3.48	\$ 12.34	-24.92%
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”	Durango	\$ 7.09	\$ 15.95	-2.96%

- **Revisión del marco legal y social de los derechos del uso del agua de la mina La Platosa**

❖ **Seguridad jurídica del agua de laboreo**

Explotación Minera la empresa Excellon de México S.A de C.V, debe solicitar y obtener título de concesión por extracción de agua del subsuelo y especialmente permiso de descarga de agua residual conforme a lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

La dificultad para obtener la concesión es que el Acuífero Principal de la Laguna es zona de veda y, además que la empresa alega no tener esa obligación amparándose en la Ley Minera. La Ley de la Materia en este caso es la Ley de Aguas Nacionales, misma que no hace ninguna excepción para ningún usuario que explote, use o aproveche aguas nacionales.

La confusión puede deberse a la redacción del artículo 124 del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, en la que no se menciona explícitamente la obligación a obtener la concesión para el agua



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

proveniente de laboreo de mina, pero la propia Ley no establece en ninguno de sus artículos un tratamiento especial para la extracción de aguas del subsuelo para laboreo de minas.

Por lo anterior dado que es un aprovechamiento de hecho sujeto a infracciones sanciones e incluso clausura (hasta la fecha no se tiene conocimiento de la imposición de alguna sanción a la minera) y con el fin de regularizar esa situación es necesario evaluar la posibilidad de que la CONAGUA otorgue la concesión de oficio tal como lo establece el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (aunque sea zona de veda).

El volumen disponible del laboreo de la mina es considerable, incluso superior al déficit anual que reporta Conagua (23 591 952 m³).

En cuanto el permiso de descarga el propio reglamento establece la obligación de que el agua proveniente de laboreo de minas debe cumplir con las normas oficiales mexicanas antes de su descarga y obtener permiso de descarga en cuerpos receptores que sean bienes nacionales (incluso descarga al suelo).

La empresa concesionaria de la Mina está obligada a pagar derechos de descarga conforme a la Ley Federal de Derechos, al ceder el agua de laboreo para que sea tratada, potabilizada y entregada a los municipios y localidades de Gómez Palacios Rural, Tlahualilo y Mapimí se desprendería de la obligación de pagar derechos por la cantidad de agua y entregada.

De acuerdo también al Reglamento de la Ley de Aguas nacionales el agua sobrante y disponible de laboreo de la mina debe ponerse a disposición de la CONAGUA. Lo que le permitiría a la minera cumplir con la disposición de entregar el agua a la autoridad y permitir lograr el equilibrio entre extracción y explotación del acuífero.

La regularización del aprovechamiento traerá mayor seguridad jurídica a la propia minera para garantizar la extracción de agua en la que sustenta en gran parte su actividad. Igualmente se podría incluir en algún convenio formal e incluso en la concesión, la obligación de entrega del agua proveniente del laboreo de la mina “La Platosa” para los fines del proyecto, con ello se garantizaría su permanencia y así evitar una cancelación unilateral de parte de la actividad de entrega del agua sobrante.

Habría que aprovechar la circunstancia de que la minera está actualmente en disposición de entregar el agua de laboreo, en los sitios de entrega convenidos en el proyecto y que es del interés del gobierno del estado que se desarrolle el proyecto. Y la Conagua está en disposición de que el agua extraída por la mina sea aprovechada por los organismos operadores locales y sea agua de sustitución, sin modificar los volúmenes concesionados a cada organismo, dicho de otra forma, deberán dejarse de operar la cantidad de pozos necesaria para igualar el volumen de agua entregado desde la mina.



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

Un problema que se puede presentar para disponer el agua de laboreo (que corresponde a un caudal de 1300 L/s, equivalente a 2, 480, 400 m³ por mes) es que actualmente se descarga y es aprovechada por 11 usuarios de riego, por lo que habría que negociar con los agricultores que seguramente serán afectados. Respecto a lo anterior, habría que explorar la posibilidad de financiar la tecnificación de sus sistemas de riego o se adquirieran (transmitan) los derechos de los agricultores sobre esa agua y se tenga la menor afectación posible en la producción y productividad agrícola.

❖ **Seguridad jurídica sobre la tenencia de la tierra necesaria para el proyecto**

La planta potabilizadora se propone en un terreno privado, el trazo del acueducto se propone por derechos de vía federal, caminos rurales y por un predio privado.

Respecto a los terrenos privados para la planta potabilizadora y parte del acueducto se tiene entendido de que los propietarios están en disposición de vender los terrenos necesarios. Habría que fijar el precio de venta en función de un avalúo comercial que tendría como base el precio del catastro local o un avalúo comercial realizado por una institución bancaria o bien recurrir al Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales para determinar un posible precio.

En cuanto a derechos de vía habría que solicitar concesión permiso o autorización de bienes federales en función de la Ley de Bienes Nacionales y celebrar ante Notario Público y escriturar un “contrato de servidumbre de acueducto” conforme al Código Civil del Estado de Durango.

Servidumbres

Será necesario constituir servidumbres de acueducto y considerar éstas para la determinación del costo del proyecto.

Autorización en materia de impacto ambiental

En su caso se requiere la evaluación de impacto ambiental en función de los artículos 17 y 18 fracción IV de la Ley de Gestión Ambiental Sustentable del Estado de Durango que establece la obligación de la autorización previa a la construcción, modificación, o ampliación de obras públicas o privadas, así como cualquier actividad que pueda ocasionar impacto ambiental por la cantidad y calidad de los recursos naturales que afecte.

Aspectos institucionales

Se debe procurar la participación y los consensos de todos los actores involucrados en todas las fases del proyecto: municipios, organismos operadores (de los tres municipios) CAED, Conagua y de la Empresa Excellon de México S.A de C.V. previo a la elaboración de convenios o contratos que sean necesarios.



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

Se recomienda que la CAED coordine todo el proceso. Incluso se debe evaluar la posibilidad de establecer un Comité técnico Supervisor que presida la CAED que supervise y se reúna periódicamente para evaluar el avance y el cumplimiento de los acuerdos y convenios celebrados.

Los Municipios y Organismos operadores involucrados deberán evaluar su estructura administrativa y física, a satisfacción de CAED para hacer posible el efectivo cumplimiento de todo el proyecto y en su caso realizar los ajustes estructurales y administrativos pertinentes.

Planeación

Es fundamental la participación y aprobación del proyecto de los ayuntamientos de Gómez Palacio, Mapimí y Tlahualilo en las fases de planeación (proyecto de factibilidad y proyecto ejecutivo) y en la supervisión de las fases de construcción y operación del acueducto y planta potabilizadora y otras obras necesarias.

Financiamiento

Evaluar las alternativas más convenientes para el financiamiento de la obra: recursos federales, estatales o municipales o una mezcla de ellos.

De acuerdo con la información obtenida en el presente proyecto concurren recursos federales (de programas federalizados) recursos estatales y recursos municipales. Debido a lo anterior, una posible forma de administración sea a través de la creación de un Fideicomiso Público en donde se ingresen todos los recursos captados (incluso los ingresos por pago de cuotas) lo que permitiría un mejor y más flexible acceso a los recursos que requiere el sistema de entrega de agua en bloque, además que no se dejaría a un solo municipio u organismo operador la administración de los fondos lo cual redundaría en una mayor transparencia y equidad en el manejo de los recursos. Para este efecto, se recomienda ver la estructura y forma de funcionamiento del Fideicomiso Irrevocable de Administración y Fuente de Pago Num. 1928, que opera en el Valle de México y crear una estructura propia adaptada a la condiciones y necesidades de los organismos operadores involucrados, así como del Estado de Durango.

Construcción

La licitación de obra y planta potabilizadora estaría a cargo de la CAED con la asesoría de CONAGUA en tanto se tenga el proyecto ejecutivo.

La contratación del proyecto y su ejecución estaría a cargo de la CAED, con la supervisión de CONAGUA (dado que se emplearían recursos federales) y probablemente con la asesoría técnica y el visto bueno de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.



Operación

El SIDEAPA (Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, Durango) se hará cargo de la operación de la obra y la potabilizadora para lo cual habrá celebrar y formalizar un convenio entre CAED, los municipios y Gómez Palacio, en donde éste último tenga el compromiso de la operación de la obra y la entrega en tiempo y forma del agua en bloque a los otros municipios y sus localidades involucrados, en que se defina los volumen a suministrar y los sitios de entrega en las facultades residual de CAED y los otros dos municipios para su cumplimiento, con supervisión de cumplimiento por parte de CONAGUA, o bien con supervisión de un Comité técnico Supervisor, creado exprefeso.

Se recomienda celebrar un convenio entre SIDEAPA y los otros organismos operadores de los municipios involucrados, en donde se comprometen las partes a dejar de extraer agua del subsuelo en la misma cantidad que se les esté suministrando del agua de laboreo de la Mina y los plazos de cumplimiento. Este convenio será ratificado, aprobado y evaluado en su cumplimiento por parte de CAED con el apoyo técnico de la CONAGUA.

Se recomienda negociar con CONAGUA la no caducidad de los derechos de agua que tienen ahora los organismos municipales, para conservar los pozos que tienen actualmente funcionando, que podrían utilizarse en caso extremo, de emergencia o desabasto.

El Organismo operador de Gómez Palacio podría acudir a financiamientos del PRODI (Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento) para mejorar la calidad del servicio de agua potable en poblaciones, preferentemente entre 50 mil y 900 mil habitantes que establece apoyos a fondo perdido para reducción de costos de operación, incremento de los ingresos propios, reducción de pérdidas físicas de agua y sostenibilidad de las acciones e inversiones.

Igualmente, en localidades pequeñas que ven beneficiadas con el acueducto se podría recurrir al programa federalizado APARURAL (Apartado Rural) que apoya la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales, mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades menores a 2,500.

- **Evaluación socioeconómica de las obras propuestas**

La evaluación socioeconómica tiene como objetivo dotar con agua de calidad a las localidades en estudio: Gómez Palacio (Urbano y Rural), Tlahualilo y Mapimí (Localidad de Bermejillo únicamente) sustituyendo el agua extraída de pozos actuales sin tratamiento por agua proveniente de la mina La Platosa, tratada con una planta potabilizadora. Los resultados de las obras propuestas, son las siguientes:



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

Indicadores financieros	Alternativa 1 Agua de laboreo de la mina "La Platosa"	Alternativa 2 Agua de presa Francisco Zarco-Río Nazas ("Agua Futura")			Alternativa 3 Batería de pozos en la zona de "Dinamita"		Alternativa 4 Agua de Pozos- Acuífero principal-IMTA
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	
Costo total del proceso de potabilización (Construcción + Operación) (\$)	517,245,804	291,117,832	937,958,265	141,788,634	101,637,829	296,954,888	235,953,146
Costo Anual Equivalente del proceso de potabilización (CAE) (\$)	-182,740,928	-63,245,907	-292,192,101	-39,565,572	-25,685,020	-105,410,205	-76,857,576
Costo total de inversión de infraestructura hidráulica (Acueducto) (Construcción + Operación) (\$)	858,328,662	1,061,465,080	2,664,633,038	1,102,731,512	204,135,081	204,135,081	0.00
Costo Anual Equivalente de infraestructura hidráulica (CAE) (\$)	-111,627,665	-133,915,145	-354,174,496	-139,668,325	-26,953,444	-26,953,444	N/A
Costo \$/m ³	10.46	4.33	5.50	4.91	2.70	8.55	2.05
Costo total de alternativa (\$)	1,207,811,184	1,309,200,000	3,377,200,000	1,207,068,004	286,824,776	417,801,078	180,270,018

De acuerdo a la comparación de costos de inversión, costos de operación y el Costo Anual Equivalente para las opciones de potabilización. Desde el punto de vista de rentabilidad el orden de conveniencia es: Alternativa 2 Agua de presa Francisco Zarco-Río Nazas ("Agua Futura") Escenario 3 y Alternativa 1 Agua de laboreo de la mina "La Platosa".

En la tabla siguiente se presentan las ventajas y desventajas de las dos alternativas como viables para resolver la problemática de abastecimiento de agua de calidad para los municipios de Gómez Palacio (rural y urbano), Tlahualilo y la localidad de Bermejillo (Mapimí).

Alternativa	Ventajas	Limitantes
Alternativa "1" Con agua de presa "Agua Futura" Escenario 3	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere un tratamiento de clarificación convencional para su potabilización. Este tratamiento es de baja complejidad tecnológica, es relativamente económico y no requiere de insumos de importación ni de mano de obra altamente calificada para su operación. Posibilidad de mayor disponibilidad (cantidad) de agua, en función de negociación con agricultores. Fuente renovable que reemplazará parcialmente el uso de agua subterránea, ayudará a disminuir la sobreexplotación local. 	<ul style="list-style-type: none"> Para utilizar los escurrimientos de la cuenca del río Nazas sería necesario adquirir derechos que actualmente están en manos de usuarios del Distrito de Riego 017 Es necesaria una línea de conducción y bombeo desde la planta potabilizadora hasta las localidades que serán abastecidas.
Alternativa "3" Agua de laboreo de la mina "La Platosa"	<ul style="list-style-type: none"> Ahorro en energía eléctrica por bombeo. Ahorro en mantenimiento de infraestructura hidráulica. Ahorro en costo de cloración. Se aprovecharía agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría. No se utilizaría todo el caudal extraído en la mina, por lo que seguiría habiendo disponibilidad para los agricultores que actualmente la emplean, evitando conflictos sociales. Disminución del abatimiento del acuífero principal al dejar de extraer agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Agua con alto contenido de sólidos disueltos que requiere procesos de membranas para su potabilización, lo que implica altos costos de inversión, operación e insumos de importación, así como mano de obra altamente calificada. Requiere adquisición de terreno, 700 Ha, para disposición del agua de rechazo en lagunas de evaporación. Costo de tratamiento de potabilización excesivamente alto.

Conclusión del Análisis del PPI: El proyecto de inversión de Agua de laboreo de la mina "La Platosa" es un proyecto con altos costos por proceso de potabilización, el resultado del cálculo del VPN dan como resultado cero (0), es decir los costos del proyecto de inversión son iguales a sus



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

beneficios, significando que al llevar a cabo ese proyecto no se obtendrá pérdida ni ganancia, es decir el proyecto solo producirá lo suficiente para que recuperemos la inversión.

El proyecto considera dentro de sus beneficios la recaudación derivada del ajuste de tarifa considerando el costo por metro cubico del proceso de potabilización del agua. Este proyecto no debe ejecutarse si se cuenta con otra alternativa que permita obtener un mayor rendimiento y a su vez permita dotar con agua de calidad para el suministro de agua potable a los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí (la localidad de Bermejillo) sin continuar abatiendo el mando freático del acuífero de inversión.

- **Evaluación de la factibilidad de tres opciones para potabilizar agua en la región**

Por otro lado, se evaluaron y compararon tres alternativas para potabilizar agua en la región para un caudal total potabilizado de alrededor de 1000 L/s:

- a) Una planta potabilizadora con base en el proceso de clarificación convencional (CC) para el agua de la Presa Francisco Zarco-Río Nazas;
- b) Plantas a pie de pozo para tratar el agua subterránea del Acuífero Principal mediante filtración directa (FD) para la remoción de arsénico y
- c) La potabilizadora para el agua de la mina La Platosa con base en el proceso ya descrito de Filtración en arena y ósmosis inversa (FA (G)+OI).

Para el caso de la potabilización del agua de la mina La Platosa se empleó el costo de inversión y de operación del proceso principal (filtración en arena + ósmosis inversa + recarbonatación), así como el costo del tratamiento del rechazo de la Ósmosis Inversa, lo que permite obtener un porcentaje de recuperación global del 83%. En este análisis no se incluye la etapa de disposición de la corriente de rechazo del proceso (lagunas de evaporación).

El costo del sistema de disposición de la salmuera mediante lagunas de evaporación se estima en 776.6 millones de pesos que no están incluidos en este análisis de comparación.

En lo que respecta a la alternativa de potabilización de agua subterránea del acuífero principal mediante Filtración Directa, para la estimación de los costos de inversión y de operación se consideraron datos de caudales de diseño y concentración de arsénico de las trece plantas de este tipo que se tienen actualmente operando, en construcción o en etapa de asignación de contrato para la



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

construcción en el Estado de Durango. Los costos de inversión estimados consideran plantas con el siguiente proceso de potabilización: pre-cloración, coagulación con cloruro férrico, filtración en lechos duales de arena antracita y post-cloración. Las plantas cuentan con un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: sedimentador y línea de recirculación del agua clarificada a la entrada de agua a la planta. También tienen un sistema para espesamiento de lodos y sistema de deshidratación de lodos mediante un filtro prensa de tal forma de facilitar su manejo y disposición adecuada. Es importante mencionar que la suma del caudal total de diseño de las trece plantas es de 1080.6 L/s. Los costos de operación incluyen el costo de reactivos y el consumo de energía eléctrica para la operación de la planta y para la extracción del agua considerando el nivel dinámico de los pozos del año 2015. El costo de extracción de agua se incluye debido a que son costos que el Organismo operador tendrá que asumir a diferencia de la alternativa del aprovechamiento de agua de La Platosa donde la extracción está siendo solventada por la compañía minera.

Por su parte para la alternativa de potabilización del agua de la presa Francisco Zarco se considera que, de acuerdo a los datos históricos de calidad del agua, la turbiedad generalmente es menor a 20 UTN, puede presentar problemas de color verdadero, así como concentraciones de arsénico entre 0.010 y 0.040 mg/L. Por lo que se establece que el tratamiento adecuado para la potabilización es el de clarificación convencional empleando como coagulante cloruro férrico. El tren de tratamiento consistiría en: pre-cloración, coagulación (mezcla rápida), floculación, sedimentación, filtración en lechos granulares arena-antracita y post-cloración. La planta deberá tener la infraestructura para poder operar en la modalidad de filtración directa o clarificación completa. En el primer caso después de la etapa de coagulación el agua se dirigirá directamente a los filtros sin pasar por las etapas de floculación y sedimentación; y será de utilidad en la época del año en que el agua que llegue a la planta tenga muy baja turbiedad. La planta deberá tener un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: tanque y línea de recirculación del agua clarificada hacia la unidad de mezcla rápida. También deberá tener un sistema para espesamiento y deshidratación de lodos que permita su manejo para la disposición adecuada. Para hacer posible la comparación con las otras alternativas de potabilización, se estableció un caudal de la planta de clarificación convencional de 1000 L/s, cuyo caudal aprovechable sería del 95% del agua alimentada, es decir de 950 L/s. Para estimar los costos de inversión se utilizaron datos de plantas construidas en el país con ese tipo de sistemas y los costos de operación incluyen costos de productos químicos: cloruro férrico como coagulante, cloro gas para la pre-cloración y la post-cloración y un polímero para el acondicionamiento químico de los lodos.



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

Para el consumo de energía eléctrica se consideraron 25 metros de carga de bombeo para la alimentación de la planta, además de la energía requerida para la operación del sistema de potabilización y deshidratación de lodos.

Para las tres alternativas se realizó el cálculo del Valor presente de Costos (VPC) para un período de 20 años, usando una tasa de actualización del 10%, así como el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE).

En la siguiente tabla se presentan para cada alternativa analizada los caudales de agua tratada y agua producto, los costos de inversión y los costos de operación por metro cúbico de agua producida, así como el Costo Anual Equivalente.

EVALUACIÓN DE TRES ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN								
Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de Operación Total		CAE (\$)
		Tratado	Producido			(\$/m3)	(\$/año)	
Agua Presa-Río Nazas	CC	1,000	980.0	115,828,199		0.84	25,960,435	39,565,572
Agua pozos-Acuífero Principal	FD	1,081	1,026.6	180,270,018		1.72	55,683,128	76,857,576
Agua Mina La Platosa	FA(G)+OI	1166	967.1	361,729,784	30,023,732	5.10	155,516,020	191,884,160

Del análisis anterior se obtuvo que el orden de conveniencia desde el punto de vista de rentabilidad es:

1° La potabilización del agua de la Presa Francisco Zarco- Río Nazas, 2° La potabilización del agua extraída de pozos del acuífero de la región y 3° La potabilización del agua extraída de la mina La Platosa.

Sin embargo, el aspecto social involucrado en las dos primeras opciones: 1) Disponibilidad real del agua de la presa que actualmente se usa para riego, debido a la concesión existente; y 2) Abatimiento del acuífero por la extracción de agua en pozos profundos, con la posibilidad de que cada vez el agua requiera tratamientos más costosos que los actuales, le da una ventaja importante al uso del agua de la mina. Otros puntos a favor de esta última opción es que se aprovecharía agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría, además de que para el abastecimiento público no se utilizaría todo el caudal extraído, por lo que seguiría habiendo disponibilidad para los agricultores que actualmente la emplean, lo que evitaría conflictos sociales.



2 PROYECTO FUNCIONAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA

2.1 Caracterización del agua de la mina La Platosa

2.1.1 Zona de estudio

2.1.1.1 Mina “La Platosa”

“La Platosa” es una mina de extracción de plata operada por la Minera Excellon de México S.A. de C.V., subsidiaria de la minera canadiense Excellon Resources Inc. La propiedad abarca 20,947 ha en el estado de Durango, en el centro-norte de México.

La mina es de operación subterránea a la que se accede por una rampa (Ilustración 2-1). La mayor parte de la minería en La Platosa ha ocurrido a partir de mantos de sulfuro masivo y se ha llevado a cabo usando un método modificado de habitación y pilares. El mineral producido de la mina es triturado en el sitio y se transporta para ser procesado en la planta de Miguel Auza ubicada en el estado de Zacatecas, en donde se benefician los minerales metálicos por el sistema de flotación para obtener concentrados de plata, plomo y zinc.



Ilustración 2-1 Entrada al interior de la mina “La Platosa”

La mina contiene 0.57 millones de toneladas de recursos valorados en 909 g/t de plata, 9.09% de plomo y 10.51% de zinc. Los recursos inferidos en la mina han sido estimados en 0.16 mega toneladas con 731 g/t de plata con 7.44% de plomo y 7.57% de zinc (Resources Excellon Inc., 2016).

2.1.1.2 Ubicación

La mina “La Platosa” se encuentra ubicada a 5 km al norte de Bermejillo, pueblo situado en el municipio de Mapimí, en el estado de Durango, México. Se localiza en el Km. 5 de la Carretera Bermejillo-Ceballos (Ilustración 2-2) (Secretaría de Minería, 2015).



Ilustración 2-2 Localización de la mina “La Platosa”
Fuente: Google Earth

Esta zona en específico se ubica dentro de la Unidad Hidrogeológica denominada Acuífero Principal – Región Lagunera.

2.1.1.3 Sistema de extracción de agua de la mina

Los acuíferos en la zona se han venido explotando con calidades de agua de tolerable a salobre y francamente salada; el principal uso que se destina es el riego agrícola. Actualmente estos valles están siendo sobreexplotados, condición que se refleja notoriamente en el descenso de los niveles de extracción estáticos de los pozos y que consumen las aguas dulces someras, llevando a la extracción posterior de aguas subterráneas profundas salobres. El uso del agua aprovechable en cultivos intensivos que consumen más del 85% del agua disponible, agrava la factibilidad de suministrar agua con la calidad adecuada a la población.

El acuífero presenta dos componentes, uno somero con aportaciones a profundidades entre 20 y 30 metros, de escurrimientos provenientes de la sierra de Bermejillo, y un componente profundo mayor a 150 metros. Esta agua subterránea profunda presenta concentraciones minerales elevadas, entre otras el arsénico, que excede los límites permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM 127 SSA 1994 y su modificación del año 2000 y por consiguiente no es apta para el consumo humano y es difícilmente aprovechable para uso urbano.

No existen cuerpos de aguas superficiales significativos y la zona pertenece a la Región Hidrogeológica No. 36 denominada Nasas Aguanaval.

Para poder realizar el trabajo de extracción, en la mina se extrae agua directamente del acuífero mediante bombeo.

2.1.1.3.1 Estaciones de bombeo

Existen dos estaciones de bombeo en el interior de la mina. La estación rampa 795 tiene 5 bombas sumergibles de 250 Hp c/u, que descargan a un cárcamo que tiene 4 bombas de 600 Hp cada una, el



CONVENIO DE COLABORACIÓN CAED – IMTA

otro cárcamo tiene 2 de 400 Hp y una de 1,000 (Ilustración 2-3)¹. De acuerdo a lo informado por el personal de la mina, la otra estación de bombeo es similar.



Ilustración 2-3 Sistema de bombeo al interior de la mina.

¹ Información proporcionada de forma verbal por personal de la mina

2.1.1.3.2 Piletas para descarga de agua

En terrenos de la mina, pero en la parte externa, se tienen dos piletas de recepción del agua extraída del interior de la mina, producto de laboreo o de la extracción directa del acuífero (Ilustración 2-4).



Ilustración 2-4 Localización de las piletas de agua de descarga.

2.1.1.3.2.1 Pileta “Guadalupe Sur”

A la pileta Guadalupe Sur descarga una tubería de 24”, la cual conduce agua extraída directamente del acuífero, a su vez, también descargan en ella tuberías de 14” las cuales conducen agua de laboreo, escurrimiento y excedentes (Ilustración 2-5).

El gasto promedio de agua extraída del acuífero y conducida a esta pileta es de aproximadamente 12,700 gpm (801.24 L/s).



Ilustración 2-5 Pileta “Guadalupe Sur”.

2.1.1.3.2.2 Pileta “623”

En la pileta 623 se descarga, a través de una tubería de 24”, el agua de sobre flujo de la pileta “Guadalupe Sur”. A la misma pileta llega una tubería de 20” con agua directamente extraída del acuífero, y a través de tuberías de 14”, agua de laboreo, escurrimiento y excedentes (Ilustración 2-6).

El gasto promedio de agua extraída del acuífero y conducida a esta pileta es de aproximadamente 9,000 gpm (567.81 L/s).



Ilustración 2-6 Pileta “623”

2.1.2 Descripción de la caracterización

Se realizaron 3 muestreos compuestos de 24 horas c/u (4 muestras en 24 horas), en cada una de las tuberías principales que llegan a las piletas de agua, es decir, las que llevan agua directamente del acuífero; el intervalo entre cada muestreo fue de un mes.

Una muestra compuesta es una combinación de muestras individuales de agua tomadas a intervalos predeterminados, a fin de minimizar los efectos de variabilidad de la muestra individual.

Para los muestreos realizados en la mina “La Platosa”, cada muestra compuesta fue la combinación de muestras individuales de agua tomadas cada 6 horas en el mismo sitio. El volumen de las submuestras individuales que componen la muestra compuesta fueron proporcionales al caudal al momento de extracción de la muestra.

El objetivo del muestreo y análisis de laboratorio fue determinar los parámetros que contempla la modificación del año 2000 a la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, incluida radiactividad, pero excluyendo la medición de cloro residual. Adicionalmente se midieron los siguientes parámetros: calcio (Ca), bario (Ba), magnesio (Mg), estroncio (Sr), plata (Ag), potasio (K), alcalinidad total, carbón orgánico total (COT), fosfatos (PO_4^{3-}), boro (B), sólidos suspendidos totales (SST) y óxido de silicio (SO_2).

Durante el muestreo se midieron parámetros de campo para cada una de las muestras individuales tales como: potencial eléctrico (pH), conductividad eléctrica (C.E.) y temperatura (T); esta última, tanto de la muestra de agua como la ambiental (Ilustración 2-7).

Como las muestras compuestas sólo son utilizadas para determinar parámetros de calidad del agua que no cambian bajo las condiciones de muestreo, preservación o almacenamiento de las sub muestras; las muestras para sólidos orgánicos volátiles sólo se tomaron en el último muestreo puntual de 24 horas, en cada uno de los tres muestreos.



Ilustración 2-7 Equipo de campo para medición.

La empresa INTERTEK + ABCANALITIC fue el laboratorio encargado del muestreo y análisis de las muestras, bajo la supervisión de personal del IMTA.

2.1.3 Primer muestreo

El primer muestreo se efectuó el día 21 de agosto de 2017 (Ilustración 2-8 e Ilustración 2-9) y se obtuvieron los datos del flujo (gpm) en el medidor de la tubería que llega a la pileta “Guadalupe Sur” (Ilustración 2-10). Para el caso del flujo de la “pileta 623” el dato fue proporcionado por el personal de la mina.

Los valores de los parámetros de calidad del agua medidos en campo para cada una de las piletas en el primer muestreo se observan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Caracterización en campo del primer muestreo.

PILETA GUADALUPE SUR							
Muestra	Hora	pH	C.E	T muestra	T ambiente	GASTO	
			μS/cm	°C	°C	gpm	L/s
1	11:00	7.21	3,710	33.5	29.5	12,320	777
2	17:00	7.19	4,510	34.7	29.7	12,970	818
3	23:00	7.17	3,810	29.9	27.3	12,810	808
4	05:00	7.18	4,318	30.1	22.7	12,915	814
Promedio						12,753	804

PILETA 623							
Muestra	Hora	pH	C.E μS/cm	T muestra °C	T ambiente °C	GASTO	
						gpm	L/s
1	11:30	7.35	3,950	29.7	29.5	9,000	568
2	17:30	7.33	4,073	29.1	29.8	9,000	568
3	23:30	7.31	4,010	27.9	27.5	9,000	568
4	05:30	7.37	3,480	28.5	22.9	9,000	568
Promedio						9,000	568



Ilustración 2-8 Toma de muestra Pileta “Guadalupe Sur”



Ilustración 2-9 Toma de muestra Pileta “623”



Ilustración 2-10 Medidor de flujo de la pileta “Guadalupe Sur”.



La Tabla 2-2 muestra los resultados analíticos de los parámetros de estudio.

Tabla 2-2. Reporte de resultados analíticos (primer muestreo).

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	GPE. SUR	PILETA 623
<i>CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS</i>		
COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	ND	8
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	ND	>8
<i>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS</i>		
COLOR VERDADERO (U Pt/Co)	5	3
OLOR No. UMBRAL (No. Umbral)	ND	ND
SABOR No. UMBRAL (No. Umbral)	NE	ND
TEMPERATURA EN CAMPO (°C)	34	30
TURBIEDAD (UTN)	4.4	0.75
<i>METALES Y METALOIDES</i>		
ALUMINIO TOTAL	ND	0.02
ARSÉNICO TOTAL	0.46	0.457
BARIO TOTAL	0.012	0.012
BORO TOTAL	1.52	2.02
CADMIO TOTAL	ND	ND
CROMO TOTAL	ND	ND
COBRE TOTAL	ND	ND
ESTRONCIO TOTAL	11.76	11.37
FIERRO TOTAL	0.36	0.074
MANGANESO TOTAL	0.263	0.07
MERCURIO TOTAL	ND	ND
SODIO TOTAL	339	351.01
PLATA TOTAL	ND	ND
PLOMO TOTAL	ND	0.0388
ZINC TOTAL	0.0287	0.106
<i>COMPUESTOS ORGÁNICOS</i>		
BENCENO (71-43-2) (ug/L)	ND	ND
BROMODICLOROMETANO (75-27-4) (ug/L)	ND	ND
BROMOFORMO (75-25-2) ug/L	ND	ND
CLORODIBROMOMETANO (124-48-1) (ug/L)	ND	ND
CLOROFORMO (67-66-3) (ug/L)	ND	ND
ETILBENCENO (100-41-4) (ug/L)	ND	ND
FENOLES TOTALES	ND	ND
m+p-XILENO (NA) (ug/L)	ND	ND
o-XILENO (95-47-6) (ug/L)	ND	ND
TOLUENO (108-88-3) (ug/L)	ND	ND
TRIHALOMETANOS TOTALES (ug/L)	ND	ND

Tabla 2-2. Reporte de resultados analíticos (primer muestreo).

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	GPE. SUR	PILETA 623
<i>PLAGUICIDAS Y HERBICIDAS</i>		
ALDRIN	ND	ND
DIELDRIN	ND	ND
CLORDANO (57-74-9)	ND	ND
DDT (4,4-DDT)	ND	ND
DDD (4,4-DDD)	ND	ND
DDE (4,4-DDE)	ND	ND
GAMA-BCH (LINDANO)	ND	ND
HEXACLOROBENCENO (118-74-1)	ND	ND
HEPTACLORO (76-44-8)	ND	ND
HEPTACLORO EPÓXIDO (1024-57-3)	ND	ND
METOXICLORO (72-43-5)	ND	ND
2,4-D	ND	ND
<i>FISICOQUÍMICOS</i>		
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA como CaCO ₃	ND	ND
ALCALINIDAD TOTAL como CaCO ₃	144	182
BICARBONATOS como CaCO ₃	144	182
CALCIO TOTAL	612.2	577.9
CARBONATOS como CaCO ₃	0.000	0.000
CARBONO ORGÁNICO FIJO TOTAL	ND	ND
CIANUROS TOTALES	0.001	0.001
CLORUROS	84	110
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA EN CAMPO (uS/cm)	3710	3950
DUREZA TOTAL como CaCO ₃	2578	2152
HIDROXILOS como CaCO ₃	0,000	0,000
FÓSFORO TOTAL	0.08	0.012
FOSFATOS TOTALES (A PARTIR DEL P TOTAL)	0.244	0.037
FLUORUROS	2.0595	2.3049
MAGNESIO TOTAL	162.5	165
NITRÓGENO AMONICAL	0.06	0.09
NITRITOS (NITRÓGENO DE)	0.003	0.003
NITRATOS (NITRÓGENO DE)	0.0115	0.304
pH EN CAMPO (U pH)	7.2	7.4
POTASIO TOTAL	14.66	16
SAAM	ND	ND
SÍLICE TOTAL (SiO ₂ , A PARTIR DEL Si)	25.48	23.04
SILICIO TOTAL	11.91	10.76
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	4058	3332
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ND	ND

Tabla 2-2. Reporte de resultados analíticos (primer muestreo).

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	GPE. SUR	PILETA 623
SULFATOS	2461.55	2378.38
<i>CARACTERÍSTICAS RADIOACTIVAS</i>		
RADIATIVIDAD ALFA TOTAL (Bq/L)	2.37	1.18
RADIATIVIDAD BETA TOTAL (Bq/L)	0.708	0.821

NE = Análisis No Efectuado.

ND = Analito No Detectado.

De acuerdo a los resultados obtenidos y en comparación con la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, los parámetros que se encuentran fuera de norma se muestran en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Parámetros fuera de norma (primer muestreo)

PILETA "GUADALUPE SUR"			PILETA "623"		
Parámetro (Unidades)	NOM 127	Valor	Parámetro (Unidades)	NOM 127	Valor
DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)	500	2,578	DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)	500	2,152
RADIATIVIDAD ALFA TOTAL (Bq/L)	0.56	2.37	RADIATIVIDAD ALFA TOTAL (Bq/L)	0.56	1.18
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	1,000	4,058	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	1,000	3,332
FLUORUROS (mg/L)	1.5	2.05	COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	AUSENCIA	8
SULFATOS (mg/L)	400	2,461	COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	AUSENCIA	>8
ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	0.05	0.46	FLUORUROS (mg/L)	1.5	2.30
FIERRO TOTAL (mg/L)	0.3	0.36	SULFATOS (mg/L)	400	2,378
MANGANESO TOTAL (mg/L)	0.15	0.26	ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	0.05	0.46
SODIO TOTAL (mg/L)	200	339	SODIO TOTAL (mg/L)	200	351
			PLOMO TOTAL (mg/L)	0.01	0.04

2.1.4 Segundo muestreo

El segundo muestreo se efectuó el día 19 de septiembre de 2017 (Ilustración 2-11 e Ilustración 2-12). Se obtuvieron los datos del flujo del medidor de la Guadalupe Sur y el de la Pileta 623 fue proporcionado por personal de la mina.

La Tabla 2-4 muestra los valores de los parámetros de calidad del agua medidos en campo durante el segundo muestreo realizado en las instalaciones de la mina “La Platosa”. La Tabla 2-5 muestra los resultados analíticos de las muestras colectadas en el segundo muestreo.



Ilustración 2-11 Segundo muestreo, Pileta “Guadalupe Sur”



Ilustración 2-12 Segundo muestreo, Pileta “623”

Tabla 2-4. Caracterización en campo del segundo muestreo.

PILETA “GUADALUPE SUR”							
Muestra	Hora	pH	C.E μS/cm	T muestra °C	T ambiente °C	GASTO	
						gpm	L/s
1	13:00	7.01	3,910	33.5	31.1	12,485	788
2	19:00	7.05	3,890	34.8	36.1	12,303	776
3	01:00	6.99	3,890	36.1	28.1	12,260	773
4	07:00	7.07	4,000	32.2	23.3	12,350	779
Promedio						12,349	779
PILETA “623”							
Muestra	Hora	pH	C.E μS/cm	T muestra °C	T ambiente °C	GASTO	
						gpm	L/s
1	13:30	7.03	3,895	32.2	31.4	9,000	568
2	19:30	6.99	4,000	30.5	34.5	9,000	568
3	01:30	7.00	4,040	29.7	28.7	9,000	568
4	07:30	6.98	4,060	28.3	23.2	9,000	568
Promedio						9,000	568

Tabla 2-5. Reporte de resultados analíticos (segundo muestreo).

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	GPE. SUR	PILETA 623
CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS		
COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	ND	ND
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	ND	2.6

Tabla 2-5. Reporte de resultados analíticos (segundo muestreo).

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	GPE. SUR	PILETA 623
<i>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS</i>		
COLOR VERDADERO (U Pt/Co)	3	3
OLOR No. UMBRAL (No. Umbral)	1	1
SABOR No. UMBRAL (No. Umbral)	NE	NE
TEMPERATURA EN CAMPO (°C)	34	32
TURBIEDAD (UTN)	6	1.7
<i>METALES Y METALOIDES</i>		
ALUMINIO TOTAL	0.01	0.02
ARSÉNICO TOTAL	0.443	0.459
BARIO TOTAL	0.013	0.01
BORO TOTAL	1.48	1.97
CADMIO TOTAL	ND	ND
CROMO TOTAL	ND	ND
COBRE TOTAL	ND	ND
ESTRONCIO TOTAL	11.27	12.42
FIERRO TOTAL	0.4079	0.07208
MANGANESO TOTAL	0.23	0.057
MERCURIO TOTAL	ND	ND
SODIO TOTAL	419.62	413.08
PLATA TOTAL	ND	ND
PLOMO TOTAL	ND	ND
ZINC TOTAL	0.0309	0.0991
<i>COMPUESTOS ORGÁNICOS</i>		
BENCENO (71-43-2) (ug/L)	ND	ND
BROMODICLOROMETANO (75-27-4) (ug/L)	ND	ND
BROMOFORMO (75-25-2) ug/L	ND	ND
CLORODIBROMOMETANO (124-48-1) (ug/L)	ND	ND
CLOROFORMO (67-66-3) (ug/L)	ND	ND
ETILBENCENO (100-41-4) (ug/L)	ND	ND
FENOLES TOTALES	0.00008	0.0006
m+p-XILENO (NA) (ug/L)	ND	ND
o-XILENO (95-47-6) (ug/L)	ND	ND
TOLUENO (108-88-3) (ug/L)	ND	ND
TRIHALOMETANOS TOTALES (ug/L)	ND	ND
<i>PLAGUICIDAS Y HERBICIDAS</i>		
ALDRIN	ND	ND
DIELDRIN	ND	ND
CLORDANO (57-74-9)	ND	ND
DDT (4,4-DDT)	ND	ND
DDD (4,4-DDD)	ND	ND

Tabla 2-5. Reporte de resultados analíticos (segundo muestreo).

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	GPE. SUR	PILETA 623
DDE (4,4-DDE)	ND	ND
GAMA-BCH (LINDANO)	ND	ND
HEXACLOROBENCENO (118-74-1)	ND	ND
HEPTACLORO (76-44-8)	ND	ND
HEPTACLORO EPÓXIDO (1024-57-3)	ND	ND
METOXICLORO (72-43-5)	ND	ND
2,4-D	ND	ND
FISICOQUÍMICOS		
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA como CaCO ₃	ND	ND
ALCALINIDAD TOTAL como CaCO ₃	138	173
BICARBONATOS como CaCO ₃	138	173
CALCIO TOTAL	594.7	637.9
CARBONATOS como CaCO ₃	0.000	0.000
CARBONO ORGÁNICO FIJO TOTAL	ND	ND
CIANUROS TOTALES	ND	ND
CLORUROS	130	147
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA EN CAMPO (uS/cm)	3910	3895
DUREZA TOTAL como CaCO ₃	2307	1793
HIDROXILOS como CaCO ₃	0,000	0,000
FÓSFORO TOTAL	0.043	0.03
FOSFATOS TOTALES (A PARTIR DEL P TOTAL)	0.133	0.091
FLUORUROS	2.7108	2.5446
MAGNESIO TOTAL	132.6	150.9
NITRÓGENO AMONIACAL	0.1	0.04
NITRITOS (NITRÓGENO DE)	0.003	0.004
NITRATOS (NITRÓGENO DE)	0.0306	0.1402
pH EN CAMPO (U pH)	7	7
POTASIO TOTAL	15.3	16.6
SAAM	ND	ND
SÍLICE TOTAL (SiO ₂ , A PARTIR DEL Si)	31.37	27.81
SILICIO TOTAL	14.66	12.99
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	3952	4170
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ND	ND
SULFATOS	2264.3	2302.96
CARACTERÍSTICAS RADIOACTIVAS		
RADIOACTIVIDAD ALFA TOTAL (Bq/L)	0.44	0.38
RADIOACTIVIDAD BETA TOTAL (Bq/L)	0.69	<0,15

NE = Análisis No Efectuado.

ND = Analito No Detectado.

De acuerdo a los resultados obtenidos, y en comparación con la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, los parámetros que se encuentran fuera de norma se muestran en la Tabla 2-6.

2.1.5 Tercer muestreo

El tercer muestreo se realizó el día 16 de octubre de 2017 (Tabla 2-6). Se obtuvieron los datos del flujo del medidor de la Guadalupe Sur y para la Pileta 623 fue proporcionado por personal de la mina. La Tabla 2-7 muestra los valores registrados en campo y la Tabla 2-8 los resultados analíticos de las muestras colectadas durante el tercer muestreo.

Tabla 2-6. Parámetros fuera de norma (segundo muestreo).

PILETA "GUADALUPE SUR"			PILETA "623"		
Parámetro (Unidades)	NOM 127	Valor	Parámetro (Unidades)	NOM 127	Valor
DUREZA TOTAL (mg/L CaCO₃)	500	2,307	DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)	500	1,793
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	1,000	3,952	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	1,000	4,170
FLUORUROS (mg/L)	1.5	2.71	COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	AUSENCIA	2.60
SULFATOS (mg/L)	400	2,264	FLUORUROS (mg/L)	1.5	2.54
TURBIEDAD (UNT)	5	6	SULFATOS (mg/L)	400	2,303
ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	0.05	0.44	ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	0.05	0.45
FIERRO TOTAL (mg/L)	0.3	0.40	SODIO TOTAL (mg/L)	200	413
MANGANESO TOTAL (mg/L)	0.15	0.23			
SODIO TOTAL (mg/L)	200	420			



Ilustración 2-13 Tercer muestreo, Pileta "Guadalupe Sur"



Ilustración 2-14 Tercer muestreo, Pileta "623"

Tabla 2-7. Caracterización en campo del tercer muestreo.

PILETA GUADALUPE SUR						
Muestra	Hora	pH.	C.E	T muestra	GASTO	
			µS/cm	°C	gpm	L/s
1	12:30	7.05	3,807	32.8	12,111	764
2	18:30	7.1	3,884	33.2	12,381	781

PILETA GUADALUPE SUR						
Muestra	Hora	pH.	C.E	T muestra	GASTO	
			µS/cm	°C	gpm	L/s
3	00:30	7.18	3,899	33.5	12,465	786
4	06:30	7.21	3,939	30.3	12,162	767
Promedio					12,280	775
PILETA 623						
Muestra	Hora	pH.	C.E	T muestra	GASTO	
			µS/cm	°C	gpm	L/s
1	13:00	6.82	3,964	31.4	9,000	568
2	19:00	7.1	3,999	29	9,000	568
3	01:00	7.09	3,999	28.7	9,000	568
4	07:00	7.08	3,999	29.4	9,000	568
Promedio					9,000	568

Tabla 2-8. Reporte de resultados analíticos (tercer muestreo).

CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS		
COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	ND	ND
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	ND	4.6
<i>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS</i>		
COLOR VERDADERO (U Pt/Co)	ND	3
OLOR No. UMBRAL (No. Umbral)	ND	2
SABOR No. UMBRAL (No. Umbral)	ND	NE
TEMPERATURA EN CAMPO (°C)	32	29
TURBIEDAD (UTN)	ND	4.1
<i>METALES Y METALOIDES</i>		
ALUMINIO TOTAL	0.0134	0.0354
ARSÉNICO TOTAL	0.462	0.49
BARIO TOTAL	0.019	0.012
BORO TOTAL	1.57	2.07
CADMIO TOTAL	ND	ND
CROMO TOTAL	ND	ND
COBRE TOTAL	ND	ND
ESTRONCIO TOTAL	12.08	11.94
FIERRO TOTAL	0.4671	0.0722
MANGANESO TOTAL	0.253	0.067
MERCURIO TOTAL	ND	ND
SODIO TOTAL	355.9	374
PLATA TOTAL	ND	ND
PLOMO TOTAL	ND	ND
ZINC TOTAL	0.0326	0.1066

CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS		
<i>COMPUESTOS ORGÁNICOS</i>		
BENCENO (71-43-2) (ug/L)	ND	ND
BROMODICLOROMETANO (75-27-4) (ug/L)	ND	ND
BROMOFORMO (75-25-2) ug/L	ND	ND
CLORODIBROMOMETANO (124-48-1) (ug/L)	ND	ND
CLOROFORMO (67-66-3) (ug/L)	ND	ND
ETILBENCENO (100-41-4) (ug/L)	ND	ND
FENOLES TOTALES	ND	ND
m+p-XILENO (NA) (ug/L)	ND	ND
o-XILENO (95-47-6) (ug/L)	ND	ND
TOLUENO (108-88-3) (ug/L)	ND	ND
TRIHALOMETANOS TOTALES (ug/L)	ND	ND
<i>PLAGUICIDAS Y HERBICIDAS</i>		
ALDRIN	ND	ND
DIELDRIN	ND	ND
CLORDANO (57-74-9)	ND	ND
DDT (4,4-DDT)	ND	ND
DDD (4,4-DDD)	ND	ND
DDE (4,4-DDE)	ND	ND
GAMA-BCH (LINDANO)	ND	ND
HEXACLOROBENCENO (118-74-1)	ND	ND
HEPTACLORO (76-44-8)	ND	ND
HEPTACLORO EPÓXIDO (1024-57-3)	ND	ND
METOXICLORO (72-43-5)	ND	ND
2,4-D	ND	ND
<i>FISICOQUÍMICOS</i>		
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA como CaCO ₃	ND	ND
ALCALINIDAD TOTAL como CaCO ₃	148	174
BICARBONATOS como CaCO ₃	148	174
CALCIO TOTAL	651.6	639.9
CARBONATOS como CaCO ₃	0.000	0.000
CARBONO ORGÁNICO FIJO TOTAL	3.1	ND
CIANUROS TOTALES	ND	ND
CLORUROS	127	144
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA EN CAMPO (uS/cm)	3882	3990
DUREZA TOTAL como CaCO ₃	1894	1706
HIDROXILOS como CaCO ₃	0,000	0,000
FÓSFORO TOTAL	0.041	0.52
FOSFATOS TOTALES (A PARTIR DEL P TOTAL)	0.124	1.591
FLUORUROS	2.6688	2.8
MAGNESIO TOTAL	175.6	180.7
NITRÓGENO AMONICAL	0.04	0.04

CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS		
NITRITOS (NITRÓGENO DE)	0.002	0.004
NITRATOS (NITRÓGENO DE)	0.0019	0.1313
pH EN CAMPO (U pH)	7.1	6.8
POTASIO TOTAL	19	20.06
SAAM	ND	0.0392
SÍLICE TOTAL (SiO ₂ , A PARTIR DEL Si)	30.1	28.08
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	3948	4106
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ND	ND
SULFATOS	2852.29	2742.1
<i>CARACTERÍSTICAS RADIOACTIVAS</i>		
RADIATIVIDAD ALFA TOTAL (Bq/L)	<0,06	<0,06
RADIATIVIDAD BETA TOTAL (Bq/L)	<0.38	<0,38

NE = Análisis No Efectuado.

ND = Analito No Detectado.

De acuerdo a los resultados obtenidos y en comparación con la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, los parámetros que se encuentran fuera de norma se muestran en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9. Parámetros fuera de norma en el tercer muestreo.

PILETA "GUADALUPE SUR"			PILETA "623"		
Parámetro (Unidades)	NOM 127	Valor	Parámetro (Unidades)	NOM 127	Valor
DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)	500	1,894	DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)	500	1,706
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	1,000	3,948	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)	1,000	4,106
FLUORUROS (mg/L)	1.5	2.66	COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	AUSENCIA	4.6
SULFATOS (mg/L)	400	2,852	FLUORUROS (mg/L)	1.5	2.80
ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	0.05	0.46	SULFATOS (mg/L)	400	2,742
FIERRO TOTAL (mg/L)	0.3	0.46	ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	0.05	0.49
MANGANESO TOTAL (mg/L)	0.15	0.25	SODIO TOTAL (mg/L)	200	374
SODIO TOTAL (mg/L)	200	356			

2.1.6 Comparativa de resultados

La Tabla 2-10 muestra un promedio de los resultados obtenidos en los tres muestreos para cada parámetro analizado, los parámetros que se encuentran fuera de norma están resaltados en rojo.

Tabla 2-10. Comparativa de resultados promedio de los tres muestreos

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	NOM 127/OMS	GPE. SUR	PILETA 623
<i>CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS</i>			
COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	AUSENCIA	ND	8
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	AUSENCIA	ND	5.06
<i>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS</i>			

Tabla 2-10. Comparativa de resultados promedio de los tres muestreos

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	NOM 127/OMS	GPE. SUR	PILETA 623
COLOR VERDADERO (U Pt/Co)	20	4	3
OLOR No. UMBRAL (No. Umbral)	AGRADABLE	1	1.5
SABOR No. UMBRAL (No. Umbral)	AGRADABLE	ND	ND
TEMPERATURA EN CAMPO (°C)		33.3	30.3
TURBIEDAD (UTN)	5	5.2	2.18
METALES Y METALOIDES			
ALUMINIO TOTAL	0.2	0.01	0.02
ARSÉNICO TOTAL	0.01	0.45	0.47
BARIO TOTAL	0.7	0.01	0.01
BORO TOTAL	2.5	1.52	2.02
CADMIO TOTAL	0.005	ND	ND
CROMO TOTAL	0.05	ND	ND
COBRE TOTAL	2	ND	ND
ESTRONCIO TOTAL		11.70	11.91
FIERRO TOTAL	0.3	0.41	0.07
MANGANESO TOTAL	0.15	0.24	0.06
MERCURIO TOTAL	0.001	ND	ND
SODIO TOTAL	200	371.50	379.36
PLATA TOTAL		ND	ND
PLOMO TOTAL	0.01	ND	0.03
ZINC TOTAL	5	0.03	0.10
COMPUESTOS ORGÁNICOS			
BENCENO (71-43-2) (ug/L)	10	ND	ND
BROMODICLOROMETANO (75-27-4) (ug/L)		ND	ND
BROMOFORMO (75-25-2) ug/L		ND	ND
CLORODIBROMOMETANO (124-48-1) (ug/L)		ND	ND
CLOROFORMO (67-66-3) (ug/L)		ND	ND
ETILBENCENO (100-41-4) (ug/L)	300	ND	ND
FENOLES TOTALES	0.3	0.0008	0.0006
m+p-XILENO (NA) (ug/L)	500	ND	ND
o-XILENO (95-47-6) (ug/L)	500	ND	ND
TOLUENO (108-88-3) (ug/L)	700	ND	ND
TRIHALOMETANOS TOTALES (ug/L)	0.2	ND	ND
PLAGUICIDAS Y HERBICIDAS			
ALDRIN	0.03	ND	ND
DIELDRIN	0.03	ND	ND
CLORDANO (57-74-9)	0.2	ND	ND
DDT (4,4-DDT)	1	ND	ND

Tabla 2-10. Comparativa de resultados promedio de los tres muestreos

Parámetro (mg/L excepto en donde se indique otra unidad)	NOM 127/OMS	GPE. SUR	PILETA 623
DDD (4,4-DDD)		ND	ND
DDE (4,4-DDE)		ND	ND
GAMA-BCH (LINDANO)	2	ND	ND
HEXACLOROBENCENO (118-74-1)	1	ND	ND
HEPTACLORO (76-44-8)	0.03	ND	ND
HEPTACLORO EPÓXIDO (1024-57-3)	0.03	ND	ND
METOXICLORO (72-43-5)	20	ND	ND
2,4-D	30	ND	ND
FISICOQUÍMICOS			
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA como CaCO ₃		ND	ND
ALCALINIDAD TOTAL como CaCO ₃		143.33	176
BICARBONATOS como CaCO ₃		143.33	176
CALCIO TOTAL		619.50	618.57
CARBONATOS como CaCO ₃		0.000	0.000
CARBONO ORGÁNICO FIJO TOTAL		3.1	ND
CIANUROS TOTALES	0.07	0.001	0.001
CLORUROS	250	113.66	133.66
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA EN CAMPO (uS/cm)		3,834	3,945
DUREZA TOTAL como CaCO ₃	500	2,259.67	1,883.67
HIDROXILOS como CaCO ₃		0	0
FÓSFORO TOTAL		0.05	0.19
FOSFATOS TOTALES (A PARTIR DEL P TOTAL)		0.17	0.57
FLUORUROS	1.5	2.48	2.55
MAGNESIO TOTAL		156.90	165.53
NITRÓGENO AMONIACAL	0.5	0.06	0.06
NITRITOS (NITRÓGENO DE)	1	0.002	0.003
NITRATOS (NITRÓGENO DE)	10	0.01	0.19
pH EN CAMPO (U pH)	6.5-8.5	7.1	7.1
POTASIO TOTAL		16.32	17.55
SAAM	0.5	ND	0.03
SÍLICE TOTAL (SiO ₂ , A PARTIR DEL Si)		28.98	26.31
SILICIO TOTAL		13.28	11.88
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	1000	3,986	3,869
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES		ND	ND
SULFATOS	400	2,526.05	2,474.48
CARACTERÍSTICAS RADIOACTIVAS			
RADIOACTIVIDAD ALFA TOTAL (Bq/L)	0.56	1.40	0.78
RADIOACTIVIDAD BETA TOTAL (Bq/L)	1.85	0.59	0.82

En las dos piletas los parámetros que se encuentran fuera de norma son: dureza total, radiactividad alfa total, sólidos disueltos totales, fluoruros, sulfatos, arsénico y sodio. Para el caso de la pileta “Guadalupe Sur”, se encuentran también fuera de norma el hierro y el manganeso; y para la pileta “623” los coliformes y el plomo.

El tratamiento adecuado de esta agua es importante debido a las elevadas concentraciones de los contaminantes mencionados, a continuación, se enlistan las razones por las cuales se deben eliminar del agua, si se quiere utilizar para uso y consumo humano (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Un parámetro en especial, el **arsénico**, excede por mucho los valores estipulados por la norma y representa un riesgo importante por los altos valores presentes en el agua y en especial para la población más vulnerable: niños, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas, degenerativas o convalecientes. Hay pruebas abrumadoras, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones.

Se han llevado a cabo muchos estudios epidemiológicos sobre los posibles efectos adversos resultantes de la ingestión prolongada de **fluoruro** a través del agua de consumo. Estos estudios demuestran claramente que el fluoruro afecta principalmente a los tejidos óseos (huesos y dientes). En muchas regiones con un índice alto de exposición al fluoruro, éste es una causa significativa de morbilidad. Las concentraciones bajas protegen de las caries dentales sobre todo a los niños, no obstante, el fluoruro también puede producir un efecto adverso en el esmalte dental y puede provocar fluorosis dental leve en concentraciones de 0.9 a 1.2 mg/l en el agua de consumo, en función de la ingesta. Asimismo, las ingestas elevadas de fluoruro pueden producir efectos más graves en los tejidos óseos. Se ha concluido que existe un claro riesgo adicional de efectos óseos adversos si la ingesta total es de 14 mg/día e indicios que sugieren un incremento del riesgo de efectos en el esqueleto cuando la ingesta total de fluoruro supera los 6 mg/día aproximadamente.

El **plomo** es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos. El plomo también interfiere con el metabolismo del calcio, tanto directamente, como por interferencia con el metabolismo de la vitamina D. El plomo es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos extra encefálicos y efectos conductuales. El CIIC (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) ha clasificado el plomo y los compuestos inorgánicos de plomo en el Grupo 2B (posiblemente cancerígenos para el ser humano) (Organización Mundial de la Salud, 2011).

No se fijan valores de referencia formales para **radionúclidos** individuales en agua de consumo, sino que se utiliza un sistema basado en el análisis de la radiactividad alfa total y beta total en el agua de consumo. Se ha comprobado, en estudios realizados tanto con seres humanos como con animales, que la exposición a dosis bajas y moderadas de radiación puede aumentar la incidencia de cáncer a largo plazo. No se prevén efectos radiológicos perjudiciales para la salud debidos al consumo de agua, si ésta contiene concentraciones de radionúclidos menores que los niveles de referencia (equivalentes a una dosis efectiva comprometida menor que 0.1 mSv/año).

En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, publicada en 1984, se concluyó que no había pruebas suficientes para justificar el establecimiento de un valor de referencia para el **sodio** en el agua basándose en consideraciones relativas al riesgo para la salud, pero se señaló que la ingesta de sodio en el agua de consumo puede afectar más a las personas que requieren una dieta baja en sodio y a los lactantes alimentados con biberón.

Varios estudios epidemiológicos ecológicos y analíticos han demostrado la existencia de una relación entre la **dureza** del agua de consumo y las enfermedades cardiovasculares. Existen algunos indicios de que las aguas muy blandas pueden producir un efecto adverso en el equilibrio mineral, pero no se dispone de estudios detallados para su evaluación. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. No obstante, puede afectar su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones.

Los **sulfatos** se presentan de forma natural en las aguas subterráneas y no se proponen niveles máximos en el agua debido a efectos adversos para la salud. No obstante, a concentraciones elevadas puede ocasionar un efecto laxante y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución.

2.1.7 Índice de ensuciamiento SDI

2.1.7.1 Introducción

El índice de densidad de sedimentos (Silt Density Index = SDI) o índice de "ensuciamiento", es un procedimiento sencillo para estimar el grado de bloqueo o "ensuciamiento" de las membranas debido a la contaminación en forma de partículas coloidales, que comúnmente incluyen bacteria, hierro y arcillas. Estas partículas no pasan a través de las membranas de Ósmosis Inversa, Nano Filtración o Ultra Filtración, sino que se depositan sobre ellas produciendo taponamiento o ensuciamiento de las mismas. Este ensuciamiento se traduce en un mayor paso de sales (aumento de la concentración de sales en el permeado) y en una disminución del caudal de permeado.

El procedimiento SDI determina la caída en el flujo a través de una membrana de 47 mm de diámetro con un tamaño de poro de 0.45 μm . Este tamaño de poro es susceptible de ser obstruido por materia coloidal y no por arena o incrustantes.

La disminución en el flujo de agua es representada entre 1 y 100 unidades. Un rápido taponamiento indica niveles altos de contaminación coloidal, por lo que el SDI será un número relativamente grande, en comparación con el agua con bajas tendencias a ensuciarse.

La tendencia del agua de alimentación a ensuciar las membranas deberá ser mantenida a un nivel **menor o igual a 5** para asegurar una operación económica y eficiente.

Todos los módulos en espiral, incluyendo los de acetato de celulosa (CA), Thin Film Composite (TFC) y polisulfona de alto flujo (PSRO) deberán ser alimentados con agua tratada cuando el SDI sea igual a **5 o menor**. En membranas de fibra hueca (Hollow Fiber) es más recomendable un SDI de **3**. Algunos métodos de pretratamiento sugeridos para reducir el SDI incluyen:

- Micro filtración (Filtros de cartucho)
- Ultra Filtración
- Suavización
- Filtros multimedia
- Filtros de arena
- Filtros para remoción de hierro
- Flocculación

El SDI mide cuan rápidamente una muestra de agua bombeada a 30 psi de presión (2 bar), ensucia un filtro Standard Millipore de 0.45 μm . El tiempo (T_i) que se tarda en colectar un determinado volumen de muestra (habitualmente 500 mL) a través de un filtro limpio, es comparado con el tiempo (T_f) necesario para obtener el mismo volumen de muestra un cierto tiempo después (T_e) (normalmente 15 minutos). Obviamente, cuando más “sucia” sea el agua, mayor será el tiempo necesario para colectar el volumen final.

2.1.7.2 Toma de muestras

Se llevaron a cabo dos tomas de muestra en 4 puntos distintos (8 pruebas) el 16 de octubre de 2017. Se consideró la salida del agua de bombeo (directamente de la tubería) en la pileta “Guadalupe Sur” y en la pileta “623” y también una muestra a la salida de cada una de las piletas. La primera serie de muestras se tomó a las 12:30 p.m. y la segunda a las 18:30 p.m. (Ilustración 2-15 a Ilustración 2-18).



Ilustración 2-15 Toma de muestra para SDI del bombeo a la pileta “Guadalupe Sur”



Ilustración 2-16 Toma de muestra para SDI a la salida de la pileta “Guadalupe Sur”



Ilustración 2-17 Toma de muestra para SDI directamente de bombeo a la pileta “623”



Ilustración 2-18 Toma de muestra para SDI a la salida de la pileta “623”

2.1.7.3 Metodología

Para la realización de las pruebas se utilizó un equipo de medición automático portable AUTO SDI TESTER. Para efectuar el ensayo debe conectarse el equipo al recipiente que contenga el agua a medir; el procedimiento es el siguiente:

1. Colocar un disco filtrante Millipore de 0.45 μm (triacetato de celulosa) en el porta filtros.
2. Purgar el aire dentro del filtro abriendo y cerrando la válvula. Luego cerrar la válvula y ajustar los tornillos del porta filtros. Verificar que la válvula autorreguladora esté ajustada en 30 psi (2 bar).
3. Abrir la válvula, prender la bomba y dejar fluir el agua. Es importante controlar que la presión oscile entre los 25 y 30 psi. El equipo registra el tiempo requerido para coleccionar 500 ml de agua filtrada (T_i en minutos).
4. Sin interrumpir el flujo de agua, el equipo registra el tiempo requerido para coleccionar 500 ml de agua filtrada, comenzando la colección a los 5 (Tf_5), 10 (Tf_{10}) y 15 (Tf_{15}) minutos de iniciada la prueba.
5. Para calcular los valores del SDI se emplean las siguientes ecuaciones:

$$SDI_5 = \frac{\frac{1 - T_i}{Tf_5} * 100}{5}$$

$$SDI_{10} = \frac{\frac{1 - T_i}{Tf_{10}} * 100}{10}$$

$$SDI_{15} = \frac{\frac{1 - T_i}{Tf_{15}} * 100}{15}$$

Se deberá utilizar preferentemente la ecuación del SDI_{15} , excepto que se obtengan valores mayores a 5, en cuyo caso se deberá considerar el SDI_{10} . Si este último diera valores mayores a 7.5 se deberá desechar y utilizar el SDI_5 . Si este último muestra valores superiores a 15, el agua es demasiado ensuciante y se sale del intervalo de validez del método. Recordemos que para trabajar con cierta comodidad en equipos de ósmosis Inversa se requieren valores de SDI_{15} no superiores a 3. Aún con valores de alrededor de 5 es posible trabajar sin demasiados problemas.

Valores de SDI_{15} menores a 2 por lo general implican la necesidad de dos a cuatro limpiezas químicas anuales de las membranas. Esto puede considerarse un ensuciamiento mínimo.

Valores de SDI_{15} de 3 por lo general implican la necesidad de cuatro a 12 limpiezas químicas anuales de las membranas. Esto puede considerarse un ensuciamiento moderado.

Valores de SDI_{15} mayores a 5 por lo general implican la necesidad de una o dos limpiezas químicas mensuales de las membranas, o aún una frecuencia mayor. Esto puede considerarse un ensuciamiento severo (Consultora de Aguas, 2012).

Adicionalmente se define un parámetro adimensional llamado “factor de taponamiento” (Plugging factor) de la siguiente manera:

$$Pf = \left[1 - \left(\frac{T_i}{T_f} \right) \right] * 100$$

El SDI se deriva del factor de ensuciamiento a través de la siguiente expresión:

$$SDI = \frac{Pf}{T_e}$$

Donde T_e está expresado en minutos. Si el agua fuera muy limpia, T_f será apenas mayor que T_i y el cociente T_i/T_f apenas menor que uno, con lo que el Pf será muy bajo, al igual que el SDI. Contrariamente, con agua sucia, T_f es mucho mayor que T_i , con lo que el cociente T_i/T_f tenderá al valor cero y el Pf se acercará al 100 %. El SDI, si T_e fue de 15 minutos, se aproximará al valor límite de 6.67. Para que el ensayo tenga una cierta precisión se considera que el Pf no debe superar el valor de 75 %.

2.1.7.4 Resultados SDI

La Tabla 2-11 muestra los resultados obtenidos de las muestras. Para el caso de la muestra de la *pileta 623* a las 12:30 p.m., el agua tenía mucha turbiedad al momento de tomar la muestra y al someterla a la prueba el equipo no pudo terminar la misma, por lo que el valor no fue registrado.

Tabla 2-11. Resultados de las mediciones de SDI en el agua de la Platosa

Hora de muestreo	Muestra	SDI ()	Factor de taponamiento
12:30 p.m.	Tubería "Guadalupe Sur"	2.32	34%
	Pileta "Guadalupe Sur"	4.30	64%
	Tubería "623"	3.98	59%
	Pileta "623"	x	x
18:30 p.m.	Tubería "Guadalupe Sur"	3.87	58%
	Pileta "Guadalupe Sur"	4.04	60%
	Tubería "623"	3.68	55%
	Pileta "623"	4.84	72%

Obteniendo un promedio de ambas muestras para cada punto se obtiene un $SDI_{promedio}$ como el que se muestra en la Tabla 2-12.

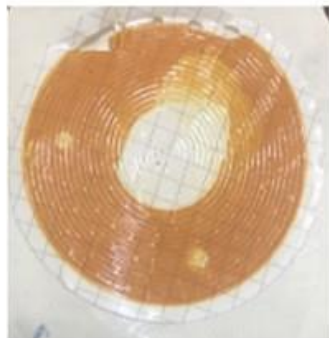
Tabla 2-12. SDI promedio para el agua de La Platosa

Muestra	SDI _{promedio}	Factor de taponamiento
Tubería "Guadalupe Sur"	3.10	46%
Pileta "Guadalupe Sur"	4.17	62%
Tubería "623"	3.83	57%
Pileta "623"	4.84	72%

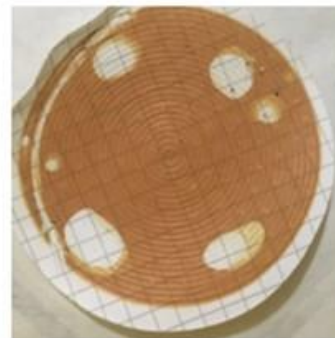
El agua que llega a través de la tubería principal a ambas piletas tiene una mejor calidad que la mezcla que se encuentra en las piletas, lo que es explicable, ya que en las piletas se mezcla el agua extraída del acuífero (el que se transporta por las tuberías principales) con el agua de escurrimientos y laboreo.

Los valores de SDI del agua que proviene del acuífero, que es la que se tratará para su potabilización, están entre 3.0 y 4.0, por lo que deberá preverse una etapa de pre filtración con arena o MF y lavados químicos, para las membranas de NF o OI con una frecuencia mensual.

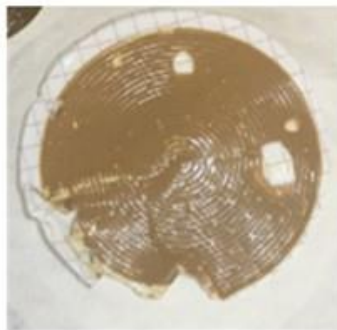
En la Ilustración 2-19 se muestra el aspecto de los filtros usados para cada una de las muestras. Destaca la diferencia de color de los sólidos retenidos: el color café rojizo es característico de óxidos de hierro y en los resultados de calidad del agua se observa que el hierro está presente en el agua que llega a la pileta Guadalupe Sur en una concentración casi 4 veces mayor que en el agua que llega a la pileta 623.



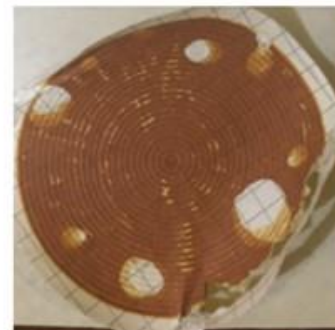
Tubería "Guadalupe Sur" 12:30 p.m.



Tubería "Guadalupe Sur" 18:30 p.m.



Pileta "Guadalupe Sur" 12:30 p.m.



Pileta "Guadalupe Sur" 18:30 p.m.

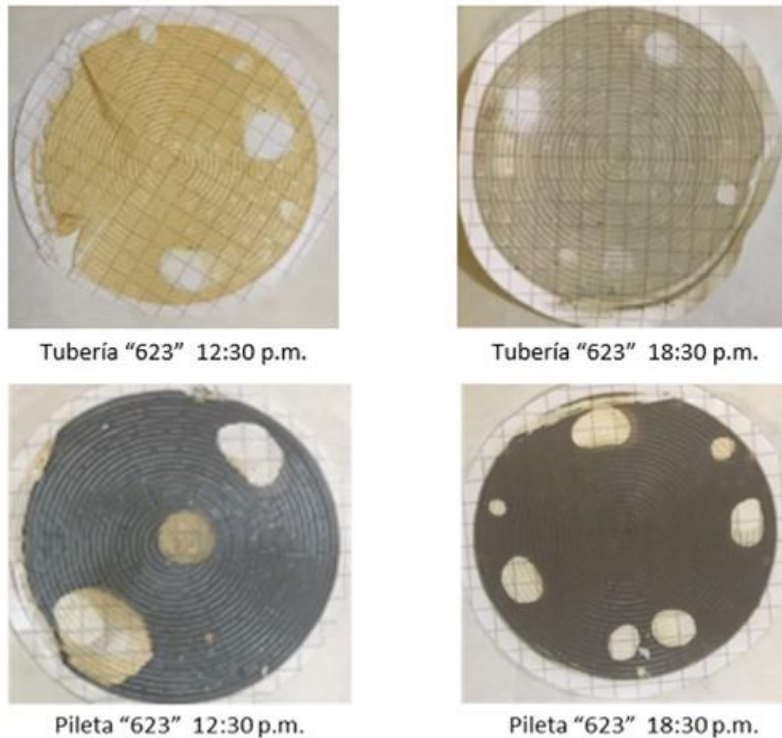


Ilustración 2-19 Filtros de la prueba SDI en los cuatro puntos de muestreo

2.1.8 Conclusiones

Los tres muestreos y análisis del agua de la mina la Platosa, realizados en tres meses diferentes, mostraron que la calidad del agua no sufre una gran variación en el tiempo ni entre las dos tuberías. Esto es importante para establecer las posibles opciones de tratamiento que permitan eliminar los contaminantes que se encuentran fuera de norma.

De los contaminantes encontrados, el arsénico, los sulfatos, los fluoruros, el plomo, la radiactividad, la dureza y los sólidos disueltos totales, son los que determinarán el tipo de proceso más adecuado, siendo las membranas el sistema más recomendable.

2.2 Ingeniería Básica del Proyecto Funcional de la planta potabilizadora

2.2.1 Marco teorico sistemas de tratamiento

Para información sobre los fundamentos y tipos de procesos de filtración por membranas, remineralización del agua tratada y del tratamiento de salmueras refiérase al anexo 1.1 Marco teorico sistemas de tratamiento

2.2.2 Opciones de tratamiento del agua de la Mina

De acuerdo a los resultados obtenidos de la caracterización de agua anteriormente analizada, se presentan los posibles tratamientos a los que se pudiera someter el agua extraída en la mina La Platosa. Para cada uno de los casos se presenta el balance iónico y el índice de Langelier correspondiente.

Como ya se indicó en la sección anterior, en el agua de la mina los contaminantes que se encuentran fuera de norma son: dureza total, radiactividad alfa total, sólidos disueltos totales, fluoruros, sulfatos, arsénico, sodio, hierro, manganeso, plomo y coliformes. De acuerdo a la literatura (Faust y Aly, 1998), las eficiencias de los sistemas de tratamiento varían dependiendo del tipo de contaminante, sin embargo, los procesos seleccionados para su comparación remueven la mayoría o el total de los elementos problema, ya sea solos o combinados (Tabla 2-13).

Tabla 2-13 Eficiencias de los sistemas propuestos

Categoría de contaminantes	(Coagulación-sedimentación-filtración) o (Coagulación-MF)	Ósmosis Inversa
Arsénico (+3)	R-B	R-B
Arsénico (+5)	B-E	B-E
Fluoruros	R-B	E
Plomo	E	E
Radio	P-R	E
Uranio	G-E	E
Dureza	P	E
Hierro	R-E	B-E
Manganeso	R-E	B-E
Sulfatos	P	E

P - POBRE (0-20 % REMOCIÓN); R - RAZONABLE (20-60 % REMOCIÓN); B - BUENO (60-90 % REMOCIÓN); E - EXCELENTE (90-100 % REMOCIÓN).

La remoción de arsénico del agua de La Platosa es un tema que merece especial atención debido a la alta concentración en la que se encuentra, arsénico total 0.46 mg/L valor promedio y 0.49 mg/L como valor máximo.

Existen diferentes procesos para la remoción eficiente de este elemento, incluido el proceso de filtración por membranas. Dadas las características del agua a tratar en este caso, el empleo de un proceso de filtración por membranas es necesario por el contenido de los diferentes contaminantes disueltos en dicha agua.

Dado que los programas de simulación para el diseño de membranas no incluyen al arsénico entre los parámetros de calidad del agua de los cuales predicen su rechazo, es necesario guiarse por las experiencias de la aplicación de la tecnología y estudios realizados reportados por la literatura.

El arsénico es un metaloide que pertenece al grupo VA de la tabla periódica y sus principales estados de oxidación son 0, +3 y +5. El arsenito As(III) y el arsenato (V) son los estados de oxidación predominantes en medio acuoso. Generalmente, el agua subterránea contiene arsenito bajo condiciones anaeróbicas.

La forma del arsénico presente influye en la eficiencia de remoción. En medio acuoso el As(III) y el As(V) se encuentran en forma neutra o ionizada, dependiendo del pH del agua. En el rango de pH natural del agua, 5.5 a 8.5, la forma dominante del arsenito es la molécula neutral protonada (H_3AsO_3), mientras que la forma dominante de arsenato es la forma iónica disociada ($H_2AsO_4^-$).

Comparado con la remoción de As(V), la eficiencia de remoción de As(III) es mucho menor. Debido a que la mayoría de As(III) está presente en forma de ácido arsenito neutral no ionizado en el intervalo de pH del agua subterránea, la mayoría de las tecnologías de tratamiento que son efectivas para la remoción de As(V) muestran una remoción más pobre para As(III).

A continuación se presenta una tabla en la que se resumen las eficiencias de remoción de As (III) y As(V) por diferentes membranas obtenidas en diferentes investigaciones.

Tabla 2-14 Eficiencias de remoción de arsénico

Fabricante	Modelo de membrana	Tipo	Remoción de As(III)	Remoción de As(V)	Referencia
DOW	SWHR	Agua de mar	78%	95%	(Akin et al., 2011)
DOW	BW30	Agua salobre	60%	94%	(Ning R. , 2002)
Nitto-Denko	ES-10	NF	58%	90%	(Urase et al., 1998)
Hydranautics	ESPA-2	Membrana en espiral MWC aprox 100 Da	93%	98%	(Pawlak et al., 2006)
Koch	TFC-UPL4	Membrana hueca MWC aprox 300 a 500 Da			
DOW	XLP	Agua salobre	40 a 54%	98%	(Hou, 2017)
DOW	NF90	NF	81 a 95%	95 a 99 %	(Akbari et al., 2010)

Debido a la importancia del estado de oxidación de las especies de arsénico para la obtención de altos porcentajes de remoción de este elemento se recomienda que, antes de realizar un proyecto definitivo para La Platosa, se efectúe un análisis de especiación del arsénico en el agua con el objetivo de contar con la información necesaria para decidir si será necesaria la implementación de un proceso de oxidación para lograr en el permeado un valor máximo de arsénico total de 0.01 mg/L. De seleccionar finalmente un sistema de membranas, se sugiere el uso de cloro, que se dosificaría en el punto más cercano a la extracción de agua; como complemento del proceso sería necesaria una etapa de eliminación de cloro residual antes de que el agua ingrese al equipo de membranas, para ello puede emplearse una disolución de metabisulfito de sodio, el punto de aplicación de este último sería en el efluente de los filtros de arena.

A continuación se describen las opciones de tratamiento analizadas.

2.2.2.1 Coagulación Convencional (CC)+ Nano Filtración (NF)

La coagulación convencional (CC), como un proceso que precede a un sistema de membranas, está considerada como un pre tratamiento. Se compone de una etapa de coagulación (mediante la aplicación de una sal de hierro o aluminio), floculación, sedimentación y finalmente filtración granular en arena.

La coagulación convencional se propuso como una barrera de desbaste para eliminar sobre todo el arsénico, ya que con la NF no se logra remover el 100% de este contaminante. En este caso se requeriría además una etapa de cloración para asegurar que, en caso de tener arsénico (III), éste se

oxide a arsénico (V) y la CC y la NF sean eficientes en removerlo. Después de la sedimentación tendría que ir una etapa de filtración en arena, así como la adición de bisulfito de sodio, para eliminar cualquier traza de cloro residual como protección para las membranas. El agua así pre tratada pasaría a un sistema de Nano Filtración de alta presión en dos etapas, de la cual se obtendría el agua tratada y una corriente de rechazo.

Considerando un influente al proceso de 1,200 L/s, se obtendría al final del proceso una corriente producto de 800 L/s y una corriente de rechazo de 343 L/s. Si se da tratamiento al rechazo con una OI de agua de mar, se obtendrían 968 L/s de producto y 168 L/s de rechazo.

Al pasar el agua por la primera etapa de tratamiento (CC) se lograrían, mínimo, remociones del 70% As, 5% F, 100% Fe, 100% Mn, 20% Pb y 20% radiactividad α . En esta misma etapa se obtendrían 58 L/s de agua de agua de retrolavado y 1,142 L/s de agua producto que posteriormente pasarían a la etapa de Nano Filtración de alta presión. En la segunda etapa del proceso de tratamiento (NF) se lograrían remociones de 95% As, 96.5% SO₄, 77% F, 88.8% Na, 92% Pb, 97% dureza total, 80% radiactividad α , 94% SDT, 97% Ca, 97% Mg, 80.8% Cl y 79.5% K.

Al agua producto de la Nano Filtración se añade la corriente recuperada del rechazo, una vez que pasa por un sistema de OI con membranas de agua de mar (ver sección 2.2.2.5). La concentración de la corriente obtenida con la mezcla del producto de la NF y el producto de la OI para el rechazo, se calculó utilizando el software PHREEQC Interactive, Versión 3.3.12.12704 (Released: May 10, 2017).

Las concentraciones (Balances másicos) en cada una de las corrientes se muestran en la Tabla 2-15 y la Ilustración 2-20. Dentro de la misma tabla se hace la comparativa con la NOM-127-SSA1-1994 (modificación del año 2000) que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización y se observa que en la corriente de salida final se cumple completamente con todos los parámetros de norma.

Los balances iónicos (BI) para entradas y salidas de cada una de las etapas del tratamiento permiten establecer la confiabilidad de los resultados obtenidos (Tabla 2-16). Los resultados de la modelación con el programa Rosa 9.1 FILMTEC™ Membranes, para la Nano Filtración, se describen en la Tabla 2-17.

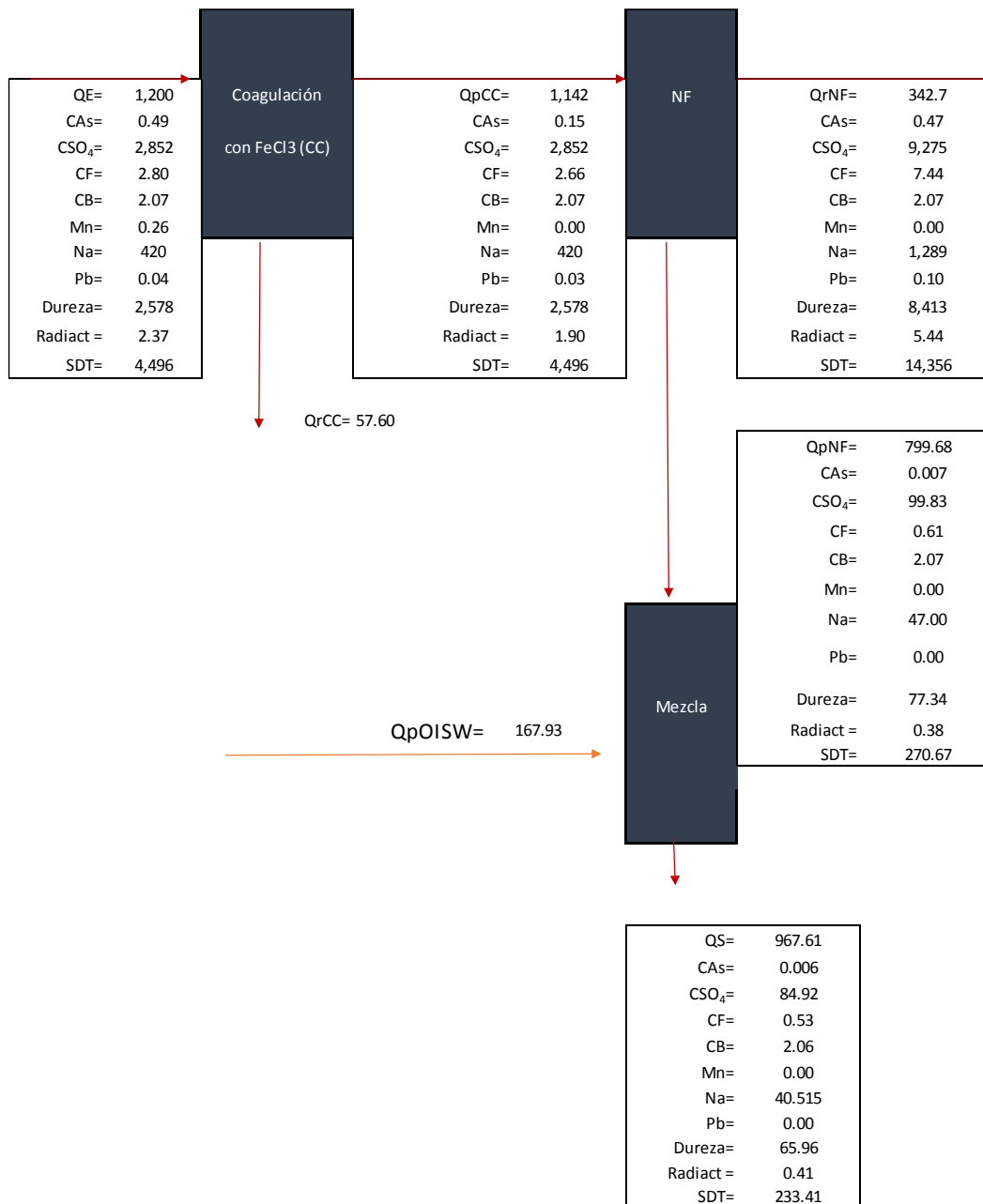


Ilustración 2-20 Diagrama del balance para tratamiento por Coagulación Convencional + Nano Filtración.

Donde: QE= Corriente de entrada; QpCC= Corriente producto de la Coagulación Convencional; QrCC= Corriente de rechazo de la coagulación convencional; QrNF = Corriente de rechazo de la Nano Filtración; QpNF= Corriente producto de la nano Filtración; QpOISW = Corriente producto de la Ósmosis Inversa con membranas para agua de mar; QS= Corriente de salida. Todas las concentraciones de los iones están en mg/L, excepto la radiactividad (Bq/L)

Tabla 2-15. Balances máxicos para el tratamiento por Coagulación Convencional + Nano Filtración.

	As	SO ₄	F	B	Fe	Mn	Na	Pb	Dureza T	Radiact α	SDT	Ca	Mg	Cl	K	HCO ₃	pH
NOM 127	0.01	400	1.5	2.5	0.3	0.15	200	0.01	500	0.56	1,000			250			6.5-8.5
CE (mg/L) =	0.49	2,852	2.8	2.07	0.47	0.26	420	0.04	2,578	2.37	4,496	652	181	147	20.06	222	7.4
Eficiencia CC (%)=	70.0	0.0	5.0	0.0	100.0	100.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CpCC (mg/L) =	0.15	2,852	2.7	2.07	0.00	0.00	420	0.03	2,578	1.90	4,496	652	181	147	20	222	7.4
Eficiencia NF (%)=	95.0	96.5	77.0	0.0	0.0	0.0	88.8	92.0	97.0	80.0	94.0	97.0	97.0	80.8	79.5	81.0	
CpNF (mg/L)=	0.007	99.8	0.61	2.07	0.00	0.00	47.0	0.00	77.3	0.38	271	19.5	5.51	28.2	4.1	42.2	6.8
CrNF (mg/L)=	0.47	9,275	7.4	2.07	0.00	0.00	1,289	0.10	8,412.87	5.44	14,356	2,126	589	424	57.27	642	7.5
CpOISW (mg/L)=	0.00	14.84	0.14	2.07	0.00	0.00	10.05	0.00	11.78	0.54	55.99	2.98	0.83	6.36	1.03	10.27	6.0
Cs (mg/L) =	0.006	84.9	0.53	2.06	0.00	0.00	40.5	0.00	66.0	0.41	233	16.6	4.7	24.4	3.56	44.2	6.7

Donde:

- CE = Concentración de entrada
- Eficiencia CC = Porcentaje de remoción esperada en la Coagulación Convencional
- CpCC = Concentración del agua producto de la Coagulación Convencional
- Eficiencia NF = Porcentaje de remoción esperada en la Nano Filtración
- CpNF = Concentración del agua producto de la Nano Filtración
- CrNF = Concentración del agua de rechazo de la Nano Filtración
- QpOISW = Concentración producto proveniente del tratamiento del rechazo de la Nano Filtración
- Cs = Concentración del agua de salida

Los cuadros en rojo indican que los valores de remoción esperada de esos contaminantes no son muy precisos porque no hay información en el programa de simulación para el desempeño de las membranas.

Tabla 2-16. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Coagulación Convencional + Nano Filtración

QE					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		651.60	40.08	32.51	16.2575
Mg		180.70	24.31	14.87	7.43
Na		419.62	22.99	18.25	18.25
K		20.06	39.10	0.51	0.51
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		1,271.98		66.15	42.46
HCO ₃		222.10	61.02	3.64	3.6400
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		2,852.29	96.06	59.38	29.69
Cl		147.00	35.45	4.15	4.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		2.80	18.99	0.15	0.15
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		3,224.19		67.32	37.63
SDT (medidos)		4,170			
SDT (calculado)		4,496			
Error SDT %		7.25			
Iones totales			133.47		80.08
Error BI (%)					0.87

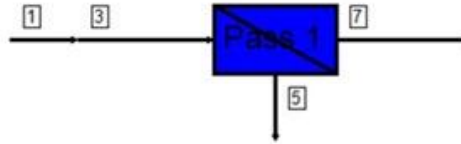
QpCC					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		651.60	40.08	32.51	16.26
Mg		180.70	24.31	14.87	7.43
Na		419.62	22.99	18.25	18.25
K		20.06	39.10	0.51	0.51
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		1,271.98		66.15	42.46
HCO ₃		222.10	61.02	3.64	3.64
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		2,852.29	96.06	59.38	29.69
Cl		147.00	35.45	4.15	4.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		2.66	18.99	0.14	0.14
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		3,224.05		67.31	37.62
SDT (Programa)		4,496			
SDT (calculado)		4,496			
Error SDT %		0.00			
Iones totales			133.46		80.08
Error BI (%)					0.87

QpNF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		19.55	40.08	0.98	0.49
Mg		5.51	24.31	0.45	0.23
Na		47.00	22.99	2.04	2.04
K		4.11	39.10	0.11	0.11
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		76.17		3.58	2.86
HCO ₃		42.20	61.02	0.69	0.69
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		99.83	96.06	2.08	1.04
Cl		28.22	35.45	0.80	0.80
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.61	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		170.87		3.60	2.56
SDT (Programa)		271			
SDT (calculado)		247			
Error SDT %		9.57			
Iones totales			7.18		5.42
Error BI (%)					0.28

QrNF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2,126.39	40.08	106.11	53.05
Mg		589.47	24.31	48.51	24.25
Na		1,289.07	22.99	56.07	56.07
K		57.27	39.10	1.46	1.46
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		4,062.21		212.15	134.85
HCO ₃		641.88	61.02	10.52	10.52
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		9,274.70	96.06	193.09	96.55
Cl		424.14	35.45	11.96	11.96
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		7.44	18.99	0.39	0.39
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		10,348.16		215.97	119.42
SDT (Programa)		14,356			
SDT (calculado)		14,410			
Error SDT %		0.38			
Iones totales			428.12		254.27
Error BI (%)					0.89

Qs					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		16.61	40.08	0.83	0.41
Mg		4.69	24.31	0.39	0.19
Na		40.51	22.99	1.76	1.76
K		3.56	39.10	0.09	0.09
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		65.37		3.07	2.46
HCO ₃		44.23	61.02	0.72	0.72
CO ₃		0.01	60.01	0.00	0.00
SO ₄		84.92	96.06	1.77	0.88
Cl		24.36	35.45	0.69	0.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.53	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		154.05		3.21	2.32
SDT (Programa)		233			
SDT (calculado)		219			
Error SDT %		6.37			
Iones totales			6.28		4.78
Error BI (%)					2.24

Tabla 2-17 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la NF



Raw Water TDS	4541.54 mg/l	% System Recovery (7/1)	70.00 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Flow Factor (Pass 1)	1.00
Feed Temperature	30.0 C		

Pass #	Pass 1	
	1	2
Stage #	1	2
Element Type	NF90-400	NF90-400
Pressure Vessels per Stage	100	50
Elements per Pressure Vessel	6	6
Total Number of Elements	600	300
Pass Average Flux	21.53 lmh	
Stage Average Flux	23.26 lmh	18.06 lmh
Permeate Back Pressure	3.10 bar	0.40 bar
Booster Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-	
Energy Consumption	0.42 kWh/m ³	

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Pass 1			
Stream #	Flow (m ³ /h)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	1028.57	0.00	4541.54
3	1028.57	8.45	4563.79
5	308.56	5.16	14617.74
7	720.01	-	251.17
7/1	% Recovery	70.00	

Project Information:

Design Warnings:

-None-

Solubility Warnings:

Langelier Saturation Index > 0

Stiff & Davis Stability Index > 0

CaSO₄ (% Saturation) > 100%

BaSO₄ (% Saturation) > 100%

SrSO₄ (% Saturation) > 100%

CaF₂ (% Saturation) > 100%

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Tabla 2-17 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la NF

System Details

Feed Flow to Stage 1	1028.57 m ³ /h	Pass 1 Permeate Flow	720.01 m ³ /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	1028.57 m ³ /h	Pass 1 Recovery	70.00 %	Feed	1.57 bar
Feed Pressure	8.45 bar	Feed Temperature	30.0 C	Concentrate	4.47 bar
Flow Factor	1.00	Feed TDS	4563.79 mg/l	Average	3.02 bar
Chem. Dose (100% H ₂ SO ₄)	0.00 mg/l	Number of Elements	900	Average NDP	4.36 bar
Total Active Area	33444.00 M ²	Average Pass 1 Flux	21.53 lmh	Power	301.85 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	0.42 kWh/m ³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	NF90-400	100	6	1028.57	8.11	0.00	509.89	6.87	518.68	23.26	3.10	0.00	191.07
2	NF90-400	50	6	509.89	6.52	0.00	308.56	5.16	201.33	18.06	0.40	0.00	406.00

2.2.2.2 Micro Filtración (MF) + Nano Filtración (NF)

Este esquema es muy parecido al anterior, sólo que en lugar de coagular-flocular-sedimentar y filtrar en arena-antracita, se haría una coagulación en línea con cloruro férrico, se descartan las etapas de floculación y sedimentación, y la etapa de filtración se realiza por membranas de Micro Filtración en lugar de filtros granulares de arena-antracita. La etapa de Nano Filtración (también de alta presión y en dos etapas) se mantiene igual que en el proceso con Coagulación Convencional, así como los requerimientos de cloración, anti-incrustante y bisulfito.

Considerando un gasto de entrada a la planta de 1,200 L/s, se obtendría al final del proceso una corriente producto de 968 L/s, si se añade el permeado del tratamiento del rechazo de la Nano Filtración, más una corriente de rechazo concentrado de 168 L/s.

Al pasar el agua por la primera etapa de tratamiento (Micro Filtración) se lograrían remociones de 70% As, 10% F, 95% Fe, 95% Mn, 20% Pb y 20% Radiactividad α . De esta misma etapa se obtendrían 57.6 L/s de agua de rechazo y 1,142 L/s de agua producto que posteriormente pasarían a la etapa de Nano Filtración.

En la segunda etapa del proceso de tratamiento (Nano Filtración) se lograrían remociones de 95% As, 96.5% SO₄, 77% F, 88.8% Na, 92% Pb, 97% Dureza total, 80% Radiactividad α , 93.98% SDT, 97% Ca, 96.95% Mg, 80.8% Cl y 79.5% K.

Las concentraciones (Balances máxicos) en cada una de las corrientes se pueden observar en la Tabla 2-18 y la Ilustración 2-20 Dentro de la misma tabla se hace la comparación con la Modificación del año 2000 de la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, y se observa que la corriente de salida final se cumple completamente con dicha norma para todos los parámetros de calidad del agua.

Los balances iónicos (BI) para entradas y salidas de cada una de las etapas del tratamiento muestran la confiabilidad de los resultados obtenidos y se muestran en la Tabla 2-19.

Los datos de la modelación para la Nano Filtración son los mismos mostrados en la Tabla 2-17.

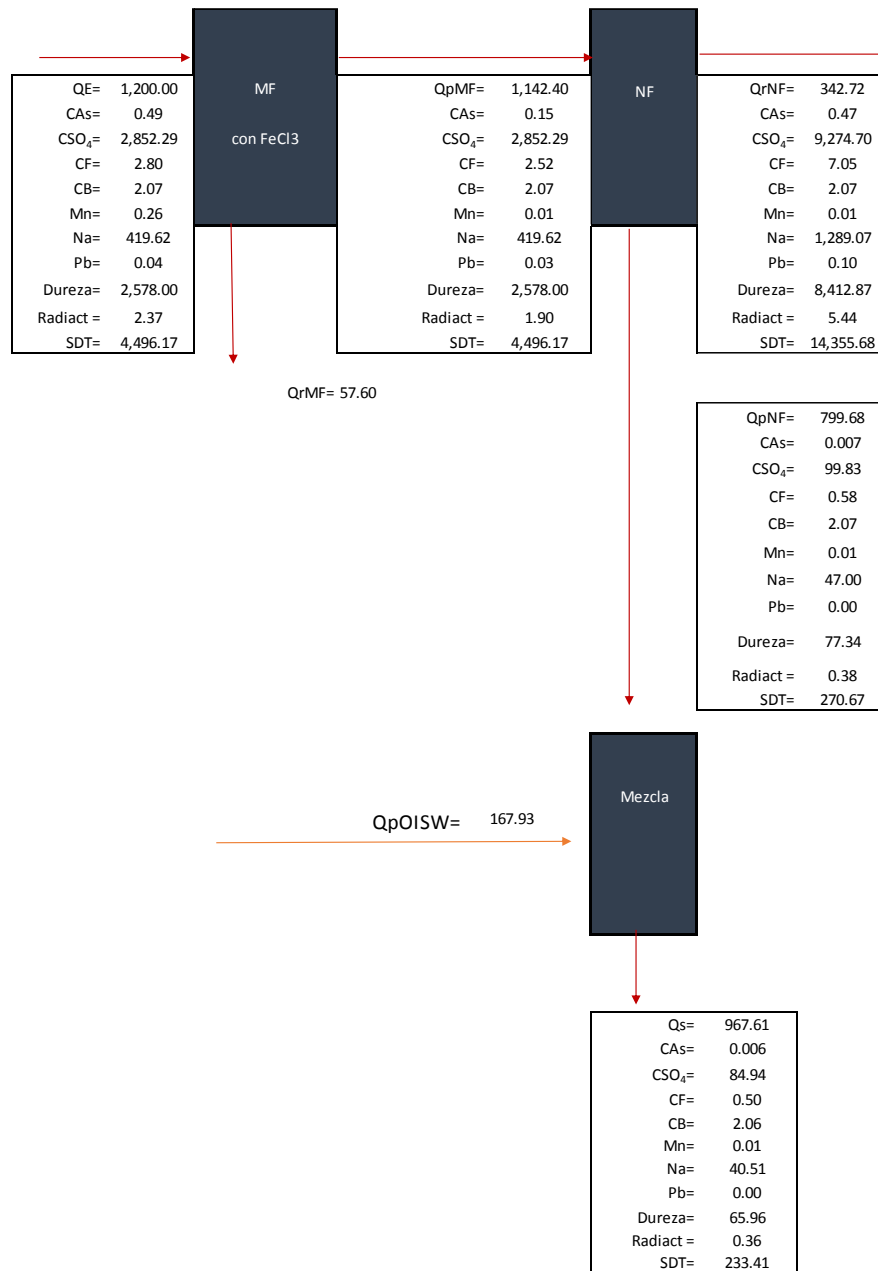


Ilustración 2-21 Diagrama del balance para tratamiento por Micro Filtración + Nano Filtración.

Donde: QE= Corriente de entrada; QpMF= Corriente producto de la Micro Filtración; QrMF= Corriente de rechazo de la Micro Filtración; QrNF = Corriente de rechazo de la Nano Filtración; QpNF= Corriente producto de la Nano Filtración; QpOISW = Corriente producto de la Ósmosis Inversa con membranas para agua de mar; Qs= Flujo de salida. Todas las concentraciones de los iones están en mg/L, excepto la radiactividad (Bq/L).

Tabla 2-18. Balances máxicos para el tratamiento por Micro Filtración + Nano Filtración.

	As	SO ₄	F	B	Fe	Mn	Na	Pb	Dureza T	Radiact α	SDT	Ca	Mg	Cl	K	HCO ₃	pH
NOM 127	0.01	400.00	1.50	2.50	0.30	0.15	200.00	0.01	500.00	0.56	1,000.00			250.00			6.5-8.5
CE (mg/L) =	0.49	2,852.29	2.80	2.07	0.47	0.26	419.62	0.04	2,578.00	2.37	4,496.17	651.60	180.70	147.00	20.06	222.10	7.40
Eficiencia MF (%)=	70.00	0.00	10.00	0.00	95.00	95.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CpMF (mg/L) =	0.15	2,852.29	2.52	2.07	0.02	0.01	419.62	0.03	2,578.00	1.90	4,496.17	651.60	180.70	147.00	20.06	222.10	7.30
Eficiencia NF (%)=	95.00	96.50	77.00	0.00	0.00	0.00	88.80	92.00	97.00	80.00	93.98	97.00	96.95	80.80	79.50	81.00	
CpNF (mg/L)=	0.01	99.83	0.58	2.07	0.02	0.01	47.00	0.00	77.34	0.38	270.67	19.55	5.51	28.22	4.11	42.20	6.84
CrNF (mg/L)=	0.47	9,274.70	7.05	2.07	0.02	0.01	1,289.07	0.10	8,412.87	5.44	14,355.68	2,126.39	589.47	424.14	57.27	641.88	7.47
CpOISW (mg/L)=	0.000	14.840	0.136	2.070	0.000	0.000	10.055	0.000	11.778	0.272	55.987	2.977	0.825	6.362	1.031	10.270	5.980
Cs (mg/L) =	0.006	84.936	0.502	2.059	0.017	0.008	40.515	0.000	65.961	0.361	233.411	16.646	4.687	24.375	3.568	44.221	6.724

Nota:

- CE = Concentración de entrada;
 Eficiencia MF = Eficiencia de remoción esperada en la Micro Filtración
 CpMF = Concentración del agua producto de la Micro Filtración
 Eficiencia NF = Porcentaje de remoción esperada en la Nano Filtración
 CpNF = Concentración del agua producto de la Nano Filtración
 CrNF = Concentración del agua de rechazo de la Nano Filtración
 CpOISW = Concentración producto proveniente del tratamiento del rechazo de la Nano Filtración
 Cs = Concentración del agua de salida

Los cuadros en rojo indican que los valores de remoción esperada de esos contaminantes no son muy precisos.

Tabla 2-19. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Micro Filtración + Nano Filtración

QE					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		651.60	40.08	32.51	16.26
Mg		180.70	24.31	14.87	7.43
Na		419.62	22.99	18.25	18.25
K		20.06	39.10	0.51	0.51
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		1,271.98		66.15	42.46
HCO ₃		222.10	61.02	3.64	3.64
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		2,852.29	96.06	59.38	29.69
Cl		147.00	35.45	4.15	4.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		2.80	18.99	0.15	0.15
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		3,224.19		67.32	37.63
SDT (medidos)	4,170				
SDT (calculado)	4,496				
Error SDT %	7.25				
Iones totales			133.47		80.08
Error BI (%)					0.87

QpMF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		651.60	40.08	32.51	16.26
Mg		180.70	24.31	14.87	7.43
Na		419.62	22.99	18.25	18.25
K		20.06	39.10	0.51	0.51
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		1,271.98		66.15	42.46
HCO ₃		222.10	61.02	3.64	3.64
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		2,852.29	96.06	59.38	29.69
Cl		147.00	35.45	4.15	4.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		2.52	18.99	0.13	0.13
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		3,223.91		67.30	37.61
SDT (Programa)	4,496				
SDT (calculado)	4,496				
Error SDT %	0.01				
Iones totales			133.45		80.07
Error BI (%)					0.86

QpNF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		19.55	40.08	0.98	0.49
Mg		5.51	24.31	0.45	0.23
Na		47.00	22.99	2.04	2.04
K		4.11	39.10	0.11	0.11
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		76.17		3.58	2.86
HCO ₃		42.20	61.02	0.69	0.69
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		99.83	96.06	2.08	1.04
Cl		28.22	35.45	0.80	0.80
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.58	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		170.83		3.60	2.56
SDT (Programa)	271				
SDT (calculado)	247				
Error SDT %	9.58				
Iones totales			7.18		5.42
Error BI (%)					0.25

QrNF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2,126.39	40.08	106.11	53.05
Mg		589.47	24.31	48.51	24.25
Na		1,289.07	22.99	56.07	56.07
K		57.27	39.10	1.46	1.46
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		4,062.21		212.15	134.85
HCO ₃		641.88	61.02	10.52	10.52
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		9,274.70	96.06	193.09	96.55
Cl		424.14	35.45	11.96	11.96
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		7.05	18.99	0.37	0.37
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		10,347.77		215.95	119.40
SDT (Programa)	14,356				
SDT (calculado)	14,410				
Error SDT %	0.38				
Iones totales			428.10		254.25
Error BI (%)					0.89

Qs					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		16.65	40.08	0.83	0.42
Mg		4.69	24.31	0.39	0.19
Na		40.51	22.99	1.76	1.76
K		3.57	39.10	0.09	0.09
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		65.42		3.07	2.46
HCO ₃		44.22	61.02	0.72	0.72
CO ₃		0.02	60.01	0.00	0.00
SO ₄		84.94	96.06	1.77	0.88
Cl		24.38	35.45	0.69	0.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.50	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		154.05		3.21	2.32
SDT (Programa)	233				
SDT (calculado)	219				
Error SDT %	6.35				
Iones totales			6.28		4.78
Error BI (%)					2.19

2.2.2.3 Filtración en arena+ Ósmosis Inversa

El proceso consistiría en hacer pasar el agua cruda primeramente por una etapa de filtración con arena-antracita (pueden ser filtros a presión o a gravedad) para eliminar los sólidos suspendidos que pudiera llevar el agua, y posteriormente por un sistema de Ósmosis Inversa de baja presión en dos etapas. Se obtendría, al igual que en los procesos anteriores, un efluente tratado y una corriente de rechazo concentrada.

Considerando un caudal de entrada al proceso de 1,166 L/s, se obtendría al final del proceso una corriente producto de 968 L/s si se recuperan los 168 L/s del tratamiento del rechazo, dejando finalmente una corriente concentrada de 168 L/s. Al pasar el agua por la primera etapa de tratamiento (filtración con arena a presión o gravedad) se obtendrían 23 L/s de agua de retrolavado y 1,143 L/s de agua producto, que posteriormente pasarían a la etapa de Ósmosis Inversa.

Después de la OI se lograrían remociones de 99% As, 96.3% SO₄, 90% F, 90% B, 95% Fe, 95% Mn, 92.5% Na, 98% Pb, 96.1% dureza total, 95% radiactividad α , 95.55% SDT, 96.80% Ca, 97% Mg, 91% Cl y 90% K. Con estos porcentajes de remoción, al final del tratamiento se cumpliría con todos los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, modificada en el año 2000.

Las concentraciones en cada una de las corrientes se pueden observar en la Tabla 2-20 y Ilustración 2-22, donde se muestran los balances para entradas y salidas de cada una de las etapas del tratamiento.

Los balances iónicos para cada una de las corrientes se muestran en la Tabla 2-21. Los datos obtenidos de la modelación con el programa Rosa 9.1 FILMTEC™ Membranes, para la Ósmosis Inversa, se describen en la Tabla 2-21.

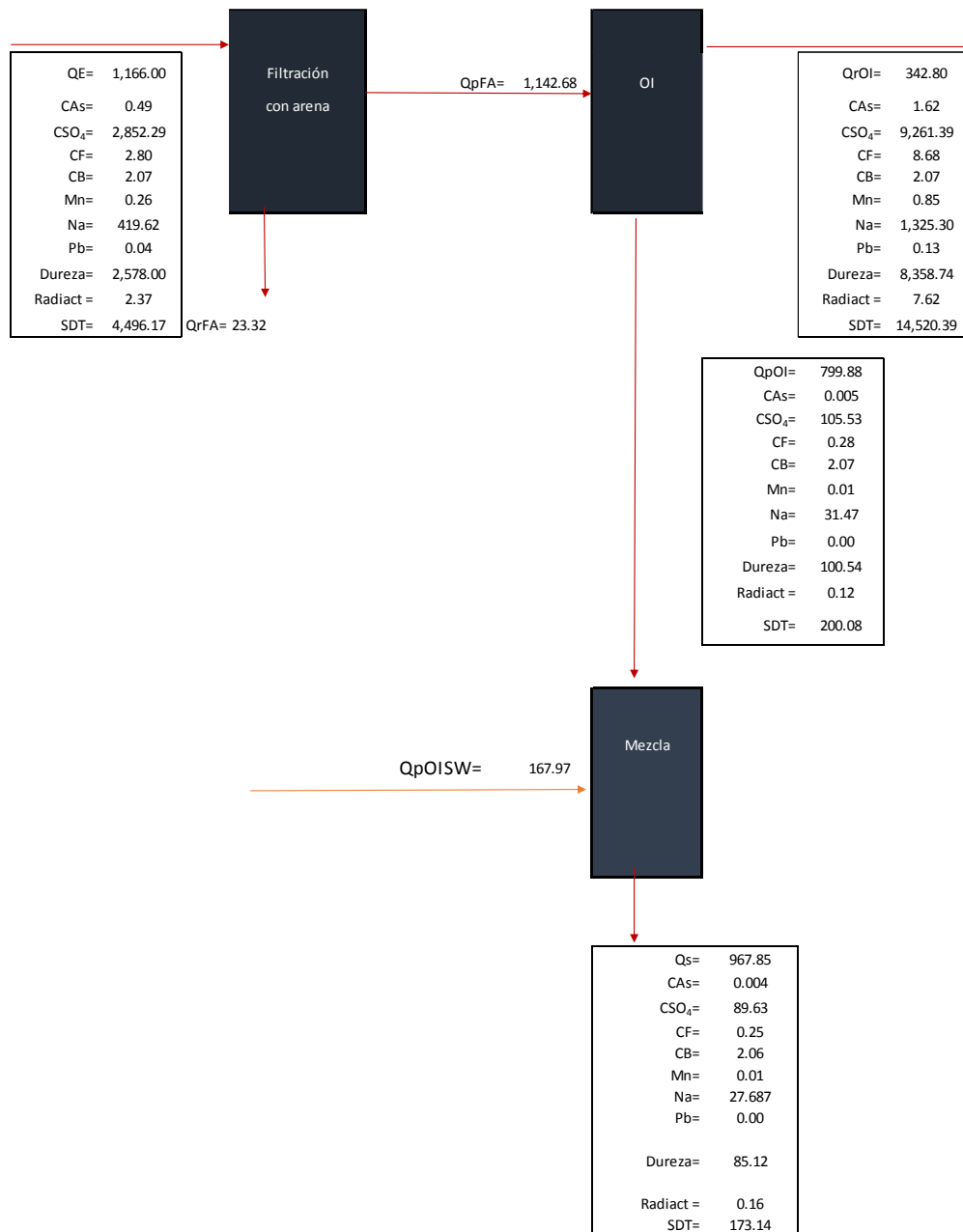


Ilustración 2-22 Diagrama del balance para tratamiento por filtración en arena + Ósmosis Inversa.

Donde: QE= Corriente de entrada; QpFA= Corriente producto de la filtración en arena; QrFA= Corriente de rechazo de la filtración en arena; QrOI = Corriente de rechazo de la Ósmosis Inversa; QpOI= Corriente producto de la Ósmosis Inversa; QpOISW = Corriente producto de la Ósmosis Inversa con membranas para agua de mar; Qs= Corriente de salida. Todas las concentraciones de los iones están en mg/L, excepto la radiactividad (Bq/L).

Tabla 2-20. Balances máxicos para el tratamiento por filtración con arena + Ósmosis Inversa.

	As	SO ₄	F	B	Fe	Mn	Na	Pb	Dureza T	Radiact α	SDT	Ca	Mg	Cl	K	HCO ₃	pH
NOM 127	0.01	400.00	1.50	2.50	0.30	0.15	200.00	0.01	500.00	0.56	1,000.00			250.00			6.5-8.5
CE (mg/L) =	0.49	2,852.29	2.80	2.07	0.47	0.26	419.62	0.04	2,578.00	2.37	4,496.17	651.60	180.70	147.00	20.06	222.10	7.40
Eficiencia OI (%)=	99.00	96.30	90.00	0.00	95.00	95.00	92.50	98.00	96.10	95.00	95.55	96.80	97.00	91.00	90.00	90.50	
CpOI (mg/L)=	0.005	105.53	0.28	2.07	0.02	0.01	31.47	0.00	100.54	0.12	200.08	20.85	5.42	13.23	2.01	21.10	6.52
CrOI (mg/L)=	1.62	9,261.39	8.68	2.07	1.50	0.85	1,325.30	0.13	8,358.74	7.62	14,520.39	2,123.35	589.68	459.13	62.19	691.11	7.49
CpOISW (mg/L)=	0.000	14.840	0.136	2.070	0.000	0.000	10.055	0.000	11.778	0.381	44.86	2.977	0.825	6.362	1.031	10.270	5.980
Cs (mg/L)=	0.004	89.634	0.254	2.059	0.017	0.008	27.687	0.000	85.137	0.164	173.14	17.718	4.612	11.999	1.834	23.193	6.429

Nota:

CE = Concentración de entrada;

Eficiencia OI = Porcentaje de remoción esperada en la Ósmosis Inversa

CpOI = Concentración del agua producto de la Ósmosis Inversa

CrOI = Concentración del agua de rechazo de la Ósmosis Inversa

CpOISW = Concentración producto proveniente del tratamiento del rechazo de la Ósmosis Inversa

Cs = Concentración del agua de salida

Los cuadros en rojo indican que los valores de remoción esperada de esos contaminantes no son muy precisos.

Tabla 2-21 Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Filtración en arena + Ósmosis Inversa

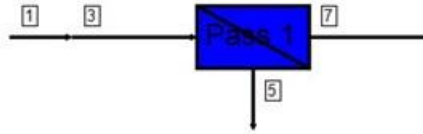
QE					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		651.60	40.08	32.51	16.26
Mg		180.70	24.31	14.87	7.43
Na		419.62	22.99	18.25	18.25
K		20.06	39.10	0.51	0.51
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		1,271.98		66.15	42.46
HCO ₃		222.10	61.02	3.64	3.64
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		2,852.29	96.06	59.38	29.69
Cl		147.00	35.45	4.15	4.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		2.80	18.99	0.15	0.15
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		3,224.19		67.32	37.63
SDT (medidos)	4,170				
SDT (calculado)	4,496				
Error SDT %	7.25				
Iones totales				133.47	80.08
Error BI (%)					0.87

QpOI					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		20.85	40.08	1.04	0.52
Mg		5.42	24.31	0.45	0.22
Na		31.47	22.99	1.37	1.37
K		2.01	39.10	0.05	0.05
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		59.75		2.91	2.16
HCO ₃		21.10	61.02	0.35	0.35
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		105.53	96.06	2.20	1.10
Cl		13.23	35.45	0.37	0.37
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.28	18.99	0.01	0.01
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		140.14		2.93	1.83
SDT (Programa)	200				
SDT (calculado)	200				
Error SDT %	0.09				
Iones totales				5.84	4.00
Error BI (%)					0.41

QrOI					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2,123.35	40.08	105.96	52.98
Mg		589.68	24.31	48.52	24.26
Na		1,325.30	22.99	57.65	57.65
K		62.19	39.10	1.59	1.59
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		4,100.52		213.72	136.48
HCO ₃		691.11	61.02	11.33	11.33
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		9,261.39	96.06	192.82	96.41
Cl		459.13	35.45	12.95	12.95
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		8.68	18.99	0.46	0.46
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		10,420.31		217.55	121.14
SDT (Programa)	14,520				
SDT (calculado)	14,521				
Error SDT %	0.00				
Iones totales				431.27	257.62
Error BI (%)					0.89

Qs					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		17.72	40.08	0.88	0.44
Mg		4.61	24.31	0.38	0.19
Na		27.69	22.99	1.20	1.20
K		1.83	39.10	0.05	0.05
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		51.85		2.51	1.88
HCO ₃		23.19	61.02	0.38	0.38
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		89.63	96.06	1.87	0.93
Cl		12.00	35.45	0.34	0.34
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.25	18.99	0.01	0.01
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		125.08		2.60	1.67
SDT (Programa)	173				
SDT (calculado)	177				
Error SDT %	2.14				
Iones totales				5.11	3.55
Error BI (%)					1.63

Tabla 2-22 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI



Raw Water TDS	4541.54 mg/l	% System Recovery (7/1)	70.00 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Flow Factor (Pass 1)	1.00
Feed Temperature	30.0 C		

Pass #	Pass 1	
	1	2
Stage #	1	2
Element Type	XLE-440	XLE-440
Pressure Vessels per Stage	81	36
Elements per Pressure Vessel	7	7
Total Number of Elements	567	252
Pass Average Flux	21.51 lnh	
Stage Average Flux	23.56 lnh	16.90 lnh
Permeate Back Pressure	3.00 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-	
Energy Consumption	0.47 kWh/m ³	

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Pass 1			
Stream #	Flow (m ³ /h)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	1028.57	0.00	4541.54
3	1028.57	9.56	4563.79
5	308.59	4.96	14728.46
7	719.98	-	202.36
7/1	% Recovery	70.00	

Project Information:

Design Warnings:

-None-

Solubility Warnings:

Langelier Saturation Index > 0

Stiff & Davis Stability Index > 0

CaSO₄ (% Saturation) > 100%

BaSO₄ (% Saturation) > 100%

SrSO₄ (% Saturation) > 100%

CaF₂ (% Saturation) > 100%

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Tabla 2-22 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI

System Details

Feed Flow to Stage 1	1028.57 m ³ /h	Pass 1 Permeate Flow	719.98 m ³ /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	1028.57 m ³ /h	Pass 1 Recovery	70.00 %	Feed	1.57 bar
Feed Pressure	9.56 bar	Feed Temperature	30.0 C	Concentrate	4.54 bar
Flow Factor	1.00	Feed TDS	4563.79 mg/l	Average	3.06 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	819	Average NDP	4.97 bar
Total Active Area	33477.44 MF	Average Pass 1 Flux	21.51 lmh	Power	341.35 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	0.47 kWh/m ³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	XLE-440	81	7	1028.57	9.21	0.00	482.64	7.49	545.93	23.56	3.00	0.00	150.43
2	XLE-440	36	7	482.64	7.15	0.00	308.59	4.96	174.05	16.90	0.00	0.00	365.26

2.2.2.4 Filtración Directa + Ósmosis Inversa + Nano Filtración

El proceso consistiría en hacer pasar el caudal de entrada por tres etapas de tratamiento: primeramente, una etapa de Filtración Directa en arena-antracita (pueden ser filtros a presión o a gravedad), en la cual se agrega cloruro férrico y cloro en línea para remover un 20% del arsénico contenido en el agua cruda. Con la Filtración Directa no se pueden remover más de 0.10 mg/L de As, porque para remover más se necesitaría añadir más coagulante y los filtros se colmatarían en pocas horas, por lo que se requerirían retrolavados frecuentes y se perdería mucha agua en dicha actividad.

Posteriormente se pasaría el agua por una etapa de Ósmosis Inversa de baja presión, de la cual la corriente de rechazo se haría pasar por una etapa de Nano Filtración de alta presión.

Las corrientes producto de la Ósmosis Inversa y de la Nano Filtración, así como del rechazo tratado por Ósmosis para agua de mar, se combinarían para crear una mezcla que sería la corriente producto final del proceso.

Considerando un influente al proceso de 1,165 L/s, se obtendría al final del proceso, una corriente producto de 968 L/s y una corriente de rechazo final de 168 L/s.

Al pasar el agua por la primera etapa de tratamiento (Filtración Directa) se obtendrían 23 L/s de agua de rechazo y 1,142 L/s de agua producto, que posteriormente pasarían a la etapa de Ósmosis Inversa. De esta etapa se obtendrían 616.5 L/s de agua producto y 525 L/s de agua de rechazo, esta última pasaría a la etapa de Nano Filtración.

En esta segunda etapa del proceso se lograrían remociones de 99% As, 97.2% SO₄, 91.7% F, 95% Fe, 95% Mn, 94.5% Na, 95% Pb, 97.6% dureza total, 90% radiactividad α, 96.7% SDT, 97.6% Ca, 97.6% Mg, 93.40% Cl y 92.5% K.

En la etapa de Nano Filtración se obtendrían 184 L/s de agua producto y 341 L/s de agua de rechazo, con las siguientes eficiencias de remoción: 95% As, 97.2% SO₄, 81.5% F, 70% Fe, 70% Mn, 90.9% Na, 70% Pb, 97.6% dureza total, 90% radiactividad α, 95.57% SDT, 97.6% Ca, 97.6% Mg, 84.4% Cl y 82.8% K.

El principal problema de este sistema es que no se logra obtener el arsénico por debajo de la norma internacional de 0.01 mg/L al mezclar el agua producto con el agua recuperada del tratamiento del rechazo.

Las concentraciones en cada una de las corrientes se pueden observar en la Tabla 2-23 y Ilustración 2-23, donde se muestran los balances para entradas y salidas de cada una de las etapas del tratamiento.

Los balances iónicos para cada una de las corrientes se muestran en la Tabla 2-24 . Los datos obtenidos de la modelación con el programa Rosa 9.1 FILMTEC™ Membranes, para la OI seguida de NF, se describen en la Tabla 2-25.

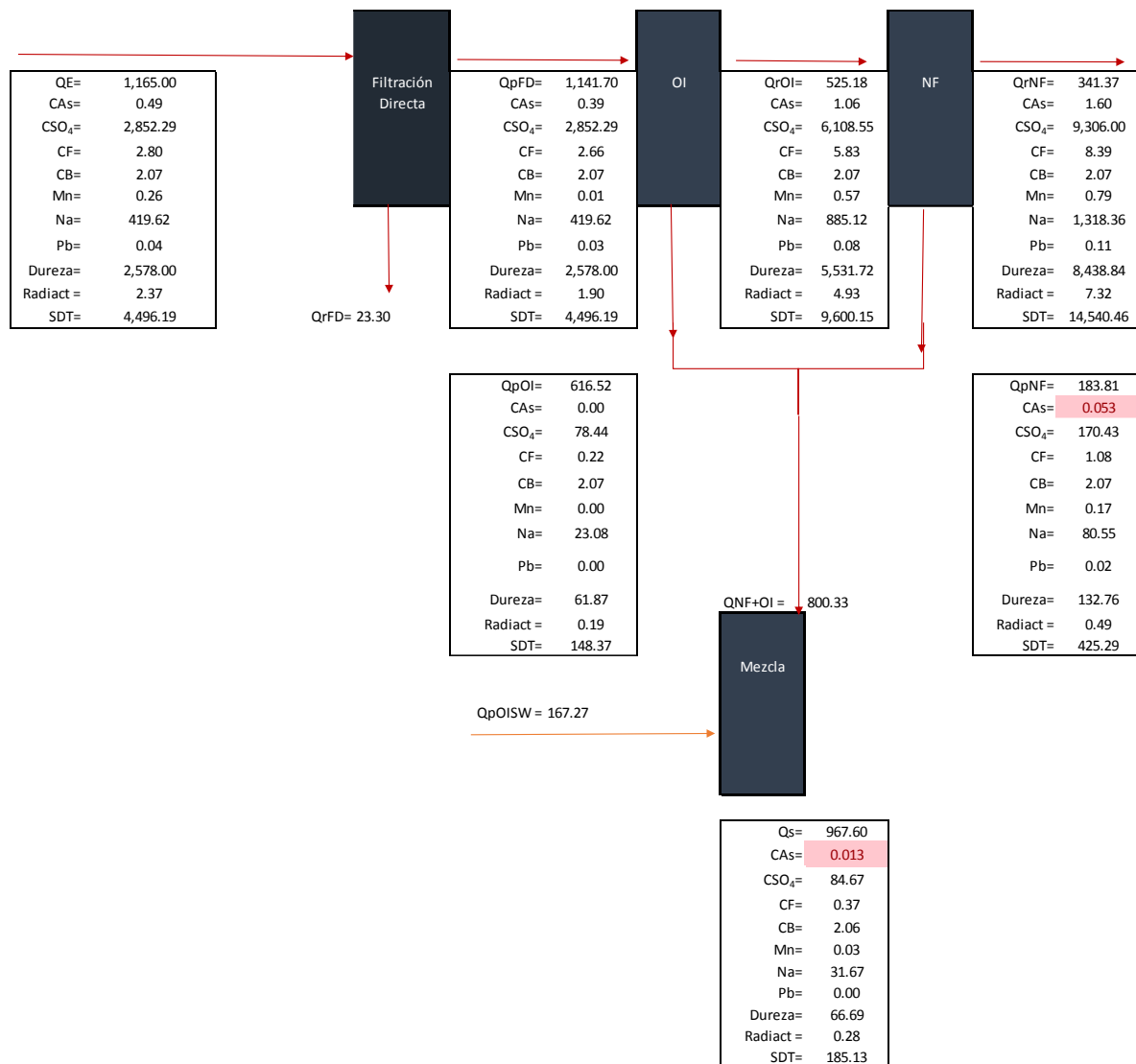


Ilustración 2-23 Diagrama del balance para tratamiento por Filtración Directa + Ósmosis Inversa + Nano Filtración

Donde: QE= Corriente de entrada; QpFD= Corriente producto de la filtración Directa; QrFD= Corriente de rechazo de la filtración Directa; QpOI= Corriente producto de la Ósmosis Inversa; QrOI = Corriente de rechazo de la Ósmosis Inversa; QpNF= Corriente producto de la Nano Filtración; QrNF= Corriente de rechazo de la Nano Filtración; QpOISW = Corriente producto de la Ósmosis Inversa con membranas para agua de mar; Qs= Corriente de salida. Todas las concentraciones de los iones están en mg/L, excepto la radiactividad (Bq/L).

Tabla 2-23. Balances máxicos para el tratamiento por Filtración Directa + Ósmosis Inversa + Nano Filtración

	As	SO ₄	F	B	Fe	Mn	Na	Pb	Dureza T	Radiact α	SDT	Ca	Mg	Cl	K	HCO ₃	pH
NOM 127	0.01	400.00	1.50	2.50	0.30	0.15	200.00	0.01	500.00	0.56	1,000.00			250.00			6.5-8.5
CE (mg/L) =	0.49	2,852.29	2.80	2.07	0.47	0.26	419.62	0.04	2,578.00	2.37	4,496.19	651.60	180.70	147.00	20.06	222.10	7.40
Eficiencia FD (%)=	20.0	0.0	5.0	0.0	95.0	95.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CpFD (mg/L) =	0.39	2,852.29	2.66	2.07	0.02	0.01	419.62	0.03	2,578.00	1.90	4,496.19	651.60	180.70	147.00	20.06	222.10	7.40
Eficiencia OI (%)=	99.00	97.25	91.75	0.00	95.00	95.00	94.50	95.00	97.60	90.00	96.70	97.60	97.60	93.40	92.50	93.00	
CpOI (mg/L) =	0.004	78.44	0.22	2.07	0.00	0.00	23.08	0.00	61.87	0.19	148.37	15.64	4.34	9.70	1.50	15.55	6.43
CrOI (mg/L)=	1.06	6,108.55	5.83	2.07	1.01	0.57	885.12	0.08	5,531.72	4.93	9,600.15	1,398.16	387.74	308.18	41.84	464.58	7.51
Eficiencia NF (%)=	95.00	97.21	81.50	0.00	70.00	70.00	90.90	70.00	97.60	90.00	95.57	97.61	97.58	84.40	82.85	84.55	
CpNF (mg/L)=	0.05	170.43	1.08	2.07	0.30	0.17	80.55	0.02	132.76	0.49	425.29	33.42	9.38	48.08	7.18	71.78	6.97
CrNF (mg/L)=	1.60	9,306.00	8.39	2.07	1.40	0.79	1,318.36	0.11	8,438.84	7.32	14,540.46	2,133.03	591.46	448.23	60.51	676.09	7.48
CpOISW (mg/L)=	0.00	14.89	0.16	2.07	0.01	0.01	10.28	0.00	11.81	0.37	56.71	2.99	0.83	6.72	1.09	10.82	5.98
Cs (mg/L)	0.0128	84.67	0.37	2.06	0.06	0.03	31.67	0.00	66.69	0.28	185.13	16.78	4.67	16.40	2.50	30.59	6.55

Nota:

CE = Concentración de entrada

Eficiencia FD = Porcentaje de remoción esperada en la Filtración Directa

CpFD = Concentración del agua producto de la Filtración Directa

Eficiencia OI = Porcentaje de remoción esperada en la Ósmosis Inversa

CpOI = Concentración del agua producto de la Ósmosis Inversa

CrOI = Concentración del agua de rechazo de la Ósmosis Inversa

Eficiencia NF = Porcentaje de remoción esperada en la Nano Filtración

CpNF = Concentración del agua producto de la Nano Filtración

CrNF = Concentración del agua de rechazo de la Nano Filtración

CpOISW = Concentración producto proveniente del tratamiento del rechazo de la Ósmosis Inversa

Cs = Concentración del agua de salida

Los cuadros en rojo indican que los valores de remoción esperada de esos contaminantes no son muy precisos.

Tabla 2-24. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Filtración Directa+ Ósmosis Inversa + Nano Filtración

QE					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		651.60	40.08	32.51	16.26
Mg		180.70	24.31	14.87	7.43
Na		419.62	22.99	18.25	18.25
K		20.06	39.10	0.51	0.51
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.02	137.33	0.00	0.00
Cationes		1,272.00		66.15	42.46
HCO ₃		222.10	61.02	3.64	3.64
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		2,852.29	96.06	59.38	29.69
Cl		147.00	35.45	4.15	4.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		2.80	18.99	0.15	0.15
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		3,224.19		67.32	37.63
SDT (medidos)		4,170			
SDT (calculado)		4,496	Iones totales	133.47	80.08
Error SDT %		7.25	Error BI (%)		0.87

QpOI					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		15.64	40.08	0.78	0.39
Mg		4.34	24.31	0.36	0.18
Na		23.08	22.99	1.00	1.00
K		1.50	39.10	0.04	0.04
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		44.56		2.18	1.61
HCO ₃		15.55	61.02	0.25	0.25
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		78.44	96.06	1.63	0.82
Cl		9.70	35.45	0.27	0.27
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.22	18.99	0.01	0.01
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		103.91		2.17	1.36
SDT (Programa)		148			
SDT (calculado)		148	Iones totales	4.35	2.97
Error SDT %		0.06	Error BI (%)		0.15

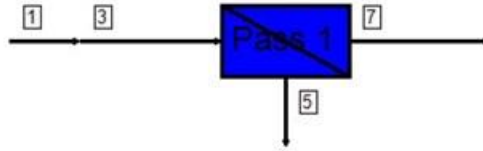
QrOI					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		1,398.16	40.08	69.77	34.88
Mg		387.74	24.31	31.91	15.95
Na		885.12	22.99	38.50	38.50
K		41.84	39.10	1.07	1.07
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		2,712.87		141.25	90.41
HCO ₃		464.58	61.02	7.61	7.61
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		6,108.55	96.06	127.18	63.59
Cl		308.18	35.45	8.69	8.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		5.83	18.99	0.31	0.31
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		6,887.14		143.79	80.20
SDT (Programa)		9,600			
SDT (calculado)		9,600	Iones totales	285.04	170.61
Error SDT %		0.00	Error BI (%)		0.89

QpNF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		33.42	40.08	1.67	0.83
Mg		9.38	24.31	0.77	0.39
Na		80.55	22.99	3.50	3.50
K		7.18	39.10	0.18	0.18
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		130.52		6.13	4.91
HCO ₃		71.78	61.02	1.18	1.18
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		170.43	96.06	3.55	1.77
Cl		48.08	35.45	1.36	1.36
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		1.08	18.99	0.06	0.06
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		291.36		6.14	4.36
SDT (Programa)		425			
SDT (calculado)		422	Iones totales	12.26	9.27
Error SDT %		0.81	Error BI (%)		0.09

QrNF					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2,133.03	40.08	106.44	53.22
Mg		591.46	24.31	48.67	24.34
Na		1,318.36	22.99	57.35	57.35
K		60.51	39.10	1.55	1.55
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		4,103.36		214.00	136.45
HCO ₃		676.09	61.02	11.08	11.08
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		9,306.00	96.06	193.75	96.87
Cl		448.23	35.45	12.64	12.64
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		8.39	18.99	0.44	0.44
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		10,438.71		217.91	121.04
SDT (Programa)		14,540			
SDT (calculado)		14,542	Iones totales	431.92	257.49
Error SDT %		0.01	Error BI (%)		0.90

Qs					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		16.78	40.08	0.84	0.42
Mg		4.67	24.31	0.38	0.19
Na		31.67	22.99	1.38	1.38
K		2.50	39.10	0.06	0.06
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		55.62		2.66	2.05
HCO ₃		30.59	61.02	0.50	0.50
CO ₃		0.01	60.01	0.00	0.00
SO ₄		84.67	96.06	1.76	0.88
Cl		16.40	35.45	0.46	0.46
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.37	18.99	0.02	0.02
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		132.04		2.75	1.86
SDT (Programa)		185			
SDT (calculado)		188	Iones totales	5.41	3.92
Error SDT %		1.34	Error BI (%)		1.53

Tabla 2-25. Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI+NF



Raw Water TDS	4541.53 mg/l	% System Recovery (7/1)	69.99 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Flow Factor (Pass 1)	1.00
Feed Temperature	30.0 C		

Pass #	Pass 1	
Stage #	1	2
Element Type	XLE-440	NF90-400
Pressure Vessels per Stage	81	36
Elements per Pressure Vessel	7	7
Total Number of Elements	567	252
Pass Average Flux	22.12 lmh	
Stage Average Flux	23.94 lmh	17.63 lmh
Permeate Back Pressure	2.50 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-	
Energy Consumption	0.45 kWh/m ³	

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Pass 1			
Stream #	Flow (m ³ /h)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	1028.57	0.00	4541.53
3	1028.57	9.13	4563.79
5	308.64	4.39	14699.08
7	719.93	-	214.12
7/1	% Recovery	69.99	

Project Information:

Design Warnings:

-None-

Solubility Warnings:

Langelier Saturation Index > 0
Stiff & Davis Stability Index > 0
CaSO₄ (% Saturation) > 100%
BaSO₄ (% Saturation) > 100%
SrSO₄ (% Saturation) > 100%
CaF₂ (% Saturation) > 100%

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Tabla 2-25. Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI+NF

System Details

Feed Flow to Stage 1	1028.57 m ³ /h	Pass 1 Permeate Flow	719.93 m ³ /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	1028.57 m ³ /h	Pass 1 Recovery	69.99 %	Feed	1.57 bar
Feed Pressure	9.13 bar	Feed Temperature	30.0 C	Concentrate	4.52 bar
Flow Factor	1.00	Feed TDS	4563.79 mg/l	Average	3.04 bar
Chem. Dose (100% H ₂ SO ₄)	0.00	Number of Elements	819	Average NDP	4.53 bar
Total Active Area	32541.01 M ²	Average Pass 1 Flux	22.12 l/mh	Power	326.11 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	0.45 kWh/m ³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	XLE-440	81	7	1028.57	8.78	0.00	473.78	7.08	554.79	23.94	2.50	0.00	150.09
2	NF90-400	36	7	473.78	6.74	0.00	308.64	4.39	165.13	17.63	0.00	0.00	429.21

2.2.2.5 Tratamiento del rechazo con Ósmosis Inversa para agua de mar

Con la finalidad de reducir el volumen de agua que se obtiene como rechazo de todas las opciones analizadas, se propone concentrar más el agua mediante un sistema de Ósmosis Inversa de alta presión con membranas para agua de mar.

El proceso consistiría en hacer pasar primero el gasto de rechazo por filtros de arena-antracita, con la finalidad de eliminar los precipitados que se pudieran generar en un agua sobresaturada como lo es el producto de los procesos de membranas. El flujo filtrado se sometería a un tratamiento por Ósmosis Inversa para agua de mar en dos pasos. De dicho tratamiento se obtendría una corriente de rechazo y una de producto; esta última se mezclaría con las corrientes producto del tratamiento principal, para dar el efluente final de agua tratada.

Considerando un caudal de entrada al proceso de 343 L/s, se obtendría una corriente producto de 168 L/s y una corriente de rechazo de 168 L/s. En la ósmosis inversa para agua de mar se lograrían remociones de 99.9% As, 99.9% SO₄, 98.5% F, 99% Fe, 99% Mn, 99.4% Na, 99.5% Pb, 99.9% dureza total, 95% radiactividad α, 99.7% SDT, 99.9% Ca, 99.9% Mg, 98.8% Cl y 98.6% K. Con estos porcentajes de remoción, al final del tratamiento se cumpliría con todos los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994.

Las concentraciones en cada una de las corrientes, para el caso del tratamiento del rechazo del esquema FA+OI, se pueden observar en la Tabla 2-26 y Ilustración 2-24, donde se muestran los balances para entradas y salidas del tratamiento. Los balances iónicos para cada una de las corrientes se muestran en la Tabla 2-27. Los datos obtenidos de la modelación con el programa Rosa 9.1 FILMTEC™ Membranes, para la OI con membranas de agua de mar, se describen en la Tabla 2-28.

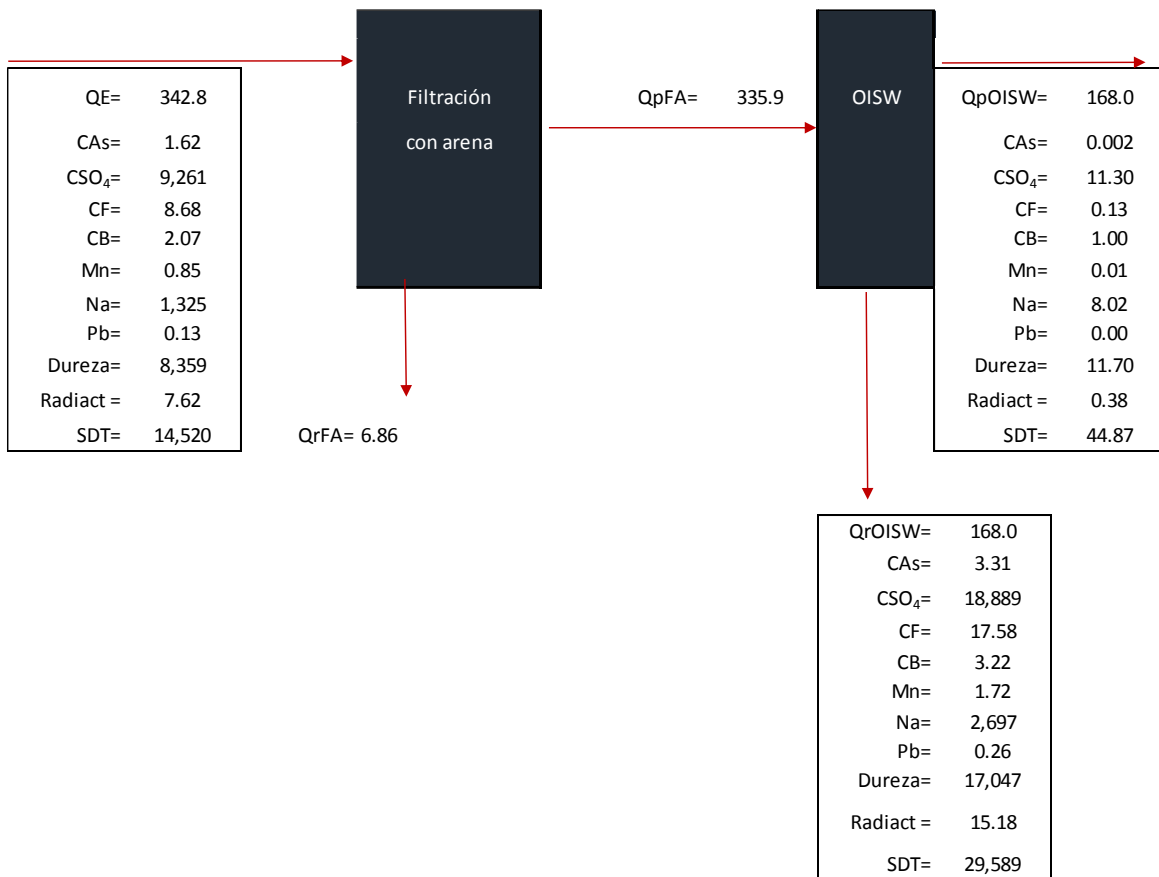


Ilustración 2-24 Diagrama del balance para tratamiento del rechazo con Ósmosis Inversa para agua de mar

Donde: QE= Corriente de entrada; QpFA= Corriente producto de la filtración en arena; QrFA= Corriente de rechazo de la filtración en arena; QpOISW = Corriente producto de la Ósmosis Inversa con membranas para agua de mar; QrOISW = Corriente de rechazo de la Ósmosis Inversa con membranas para agua de mar. Todas las concentraciones de los iones están en mg/L, excepto la radiactividad (Bq/L).

Tabla 2-26. Balances máxicos para el tratamiento de rechazo con Ósmosis Inversa para agua de mar.

	As	SO ₄	F	B	Fe	Mn	Na	Pb	Dureza T	Radiact α	SDT	Ca	Mg	Cl	K	HCO ₃	pH
NOM 127	0.01	400.00	1.50	2.50	0.30	0.15	200.00	0.01	500.00	0.56	1,000.00			250.00			6.5-8.5
CE (mg/L) =	1.62	9,261.39	8.68	2.07	1.50	0.85	1,325.30	0.13	8,358.74	7.62	14,520.39	2,123.35	589.68	459.13	62.19	691.11	7.49
Eficiencia OI (%)=	99.9	99.9	98.5	51.5	99.0	99.0	99.4	99.5	99.9	95.0	99.7	99.9	99.9	98.8	98.6	98.8	
CpOISW (mg/L)=	0.0016	11.30	0.13	1.00	0.02	0.01	8.02	0.00	11.70	0.38	44.87	2.23	0.61	5.37	0.88	8.57	5.89
CrOISW (mg/L)=	3.31	18,889.49	17.58	3.22	3.05	1.72	2,696.68	0.26	17,046.94	15.18	29,588.58	4,331.13	1,202.83	931.63	126.03	1,401.86	7.37

Nota:

CE = Concentración de entrada;

Eficiencia OI = Porcentaje de remoción esperada en la Ósmosis Inversa para agua de mar

CpOISW = Concentración producto de la Ósmosis Inversa para agua de mar

CrOISW = Concentración de rechazo de la Ósmosis Inversa para agua de mar

Los cuadros en rojo indican que los valores de remoción esperada de esos contaminantes no son muy precisos.

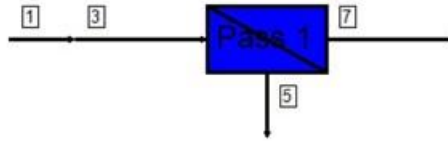
Tabla 2-27. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del tratamiento de rechazo por Ósmosis Inversa para agua de mar.

QE					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2,123.35	40.08	105.96	52.98
Mg		589.68	24.31	48.52	24.26
Na		1,325.30	22.99	57.65	57.65
K		62.19	39.10	1.59	1.59
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		4,100.52		213.72	136.48
HCO ₃		691.11	61.02	11.33	11.33
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		9,261.39	96.06	192.82	96.41
Cl		459.13	35.45	12.95	12.95
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		8.68	18.99	0.46	0.46
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		10,420.31		217.55	121.14
SDT (del rechazo)	14,520				
SDT (calculado)	14,521		iones totales	431.27	257.62
Error SDT %	0.00		Error BI (%)	0.89	

QpOISW					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2.23	40.08	0.11	0.06
Mg		0.61	24.31	0.05	0.02
Na		8.02	22.99	0.35	0.35
K		0.88	39.10	0.02	0.02
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		11.73		0.53	0.45
HCO ₃		8.57	61.02	0.14	0.14
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		11.30	96.06	0.24	0.12
Cl		5.37	35.45	0.15	0.15
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.13	18.99	0.01	0.01
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		25.37		0.53	0.42
SDT (Programa)	45				
SDT (calculado)	37		iones totales	1.07	0.87
Error SDT %	20.93		Error BI (%)	0.15	

QrOISW					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		4,331.13	40.08	216.12	108.06
Mg		1,202.83	24.31	98.98	49.49
Na		2,696.68	22.99	117.30	117.30
K		126.03	39.10	3.22	3.22
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		8,356.67		435.63	278.08
HCO ₃		1,401.86	61.02	22.97	22.97
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		18,889.49	96.06	393.27	196.64
Cl		931.63	35.45	26.28	26.28
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		17.58	18.99	0.93	0.93
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		21,240.56		443.45	246.81
SDT (Programa)	29,589				
SDT (calculado)	29,597		iones totales	879.08	524.89
Error SDT %	0.03		Error BI (%)	0.89	

Tabla 2-28 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI con membranas de agua de mar



Raw Water TDS	14715.67 mg/l	% System Recovery (7/1)	50.01 %
Water Classification	Surface Supply SDI < 5	Flow Factor (Pass 1)	1.00
Feed Temperature	30.0 C		

Pass #	Pass 1	
	1	2
Stage #	1	2
Element Type	SW30ULE-440i	SW30ULE-440i
Pressure Vessels per Stage	90	54
Elements per Pressure Vessel	7	7
Total Number of Elements	630	378
Pass Average Flux	14.86 lmh	
Stage Average Flux	16.21 lmh	12.59 lmh
Permeate Back Pressure	4.00 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-	
Energy Consumption	1.18 kWh/m ³	

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. **DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS, IS GIVEN.** Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Pass 1			
Stream #	Flow (m ³ /h)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	1224.00	0.00	14715.67
3	1224.00	16.92	14715.88
5	611.92	10.88	29358.07
7	612.08	-	57.19
7/1	% Recovery	50.01	

Project Information:

Design Warnings:

-None-

Solubility Warnings:

Langelier Saturation Index > 0

Stiff & Davis Stability Index > 0

CaSO₄ (% Saturation) > 100%

BaSO₄ (% Saturation) > 100%

SrSO₄ (% Saturation) > 100%

CaF₂ (% Saturation) > 100%

SiO₂ (% Saturation) > 100%

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Tabla 2-28 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI con membranas de agua de mar

System Details

Feed Flow to Stage 1	1224.00 m ³ /h	Pass 1 Permeate Flow	612.08 m ³ /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	1224.00 m ³ /h	Pass 1 Recovery	50.01 %	Feed	4.52 bar
Feed Pressure	16.92 bar	Feed Temperature	30.0 C	Concentrate	8.65 bar
Flow Factor	1.00	Feed TDS	14715.88 mg/l	Average	6.58 bar
Chem. Dose (100% H2SO4)	0.00 mg/l	Number of Elements	1008	Average NDP	7.92 bar
Total Active Area	41203.01 MF	Average Pass 1 Flux	14.86 lnh	Power	719.25 kW
Water Classification: Surface Supply	SDI < 5			Specific Energy	1.18 kWh/m ³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Avg Flux (lnh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	SW30ULE-440i	90	7	1224.00	16.58	0.00	806.51	14.20	417.49	16.21	4.00	0.00	46.57
2	SW30ULE-440i	54	7	806.51	13.85	0.00	611.92	10.88	194.59	12.59	0.00	0.00	79.97

2.2.2.6 Remineralización del agua producto

Según el tipo de sistema los requerimientos de remineralización son distintos, lo que aumenta o disminuye los costos de operación. Para este estudio se consideraron dos opciones como las más viables: la adición de KOH o la filtración a través de lechos de calcita en presencia de CO₂. Para decidir cuál es la más adecuada se calculó en cada sistema de tratamiento las necesidades de reactivos para llegar a un Índice de Langelier cercano a cero, utilizando el software PHREEQC Interactive, Versión 3.3.12.12704 (Released: May 10, 2017) y partiendo de la composición y el Índice de Langelier del agua tratada.

Para el cálculo de los lechos de calcita se consideraron filtros a presión empacados con carbonato de calcio. El proceso incluye alimentadores de carbonato de calcio para que el lecho se rellene automáticamente a medida que se vaya consumiendo. Este sistema se instalaría a la salida del tanque de almacenamiento de agua tratada y operaría con el equipo de bombeo utilizado para la conducción del agua hacia las comunidades.

Los índices de Langelier para los diferentes sistemas de tratamiento y las diferentes corrientes del proceso en cada caso; los balances iónicos del agua final con los dos procesos de remineralización; así como las cantidades requeridas de reactivos para llegar al equilibrio con un índice de Langelier cercano a cero, se muestran a continuación.

Tabla 2-29 Índices de Langelier para el caso CC+NF

	Balance iónico (% error)	Fuerza iónica	pK ₂	pK _{ps}	ε	pH _s	I _L
QE	0.87	0.1201	10.2591	8.5361	0.2642	6.61	0.79
QpCC	0.87	0.1201	10.2591	8.5361	0.2642	6.61	0.79
QpNF	0.28	0.0053	10.2591	8.5361	0.0686	8.37	-1.53
QrNF	0.89	0.3879	10.2591	8.5361	0.3991	5.97	1.50
Qs	2.24	0.0046	10.2591	8.5361	0.0641	8.41	-1.71
Qajust KOH	1.37	0.0049	10.2591	8.5361	0.0660	8.29	0.04
Qajust CaCO ₃	1.47	0.0049	10.2591	8.5361	0.0659	8.25	0.03

Tabla 2-30 Índices de Langelier para el caso MF+NF

	Balance iónico (% error)	Fuerza iónica	pK ₂	pK _{ps}	ε	pH _s	I _L
QE	0.87	0.1201	10.2591	8.5361	0.2642	6.61	0.79
QpMF	0.86	0.1201	10.2591	8.5361	0.2642	6.61	0.69
QpNF	0.25	0.0053	10.2591	8.5361	0.0686	8.37	-1.53
QrNF	0.89	0.3879	10.2591	8.5361	0.3991	5.97	1.50
Qs	2.19	0.0046	10.2591	8.5361	0.0641	8.40	-1.68
Qajust KOH	1.32	0.0049	10.2591	8.5361	0.0660	8.29	0.04
Qajust CaCO ₃	1.42	0.0049	10.2591	8.5361	0.0659	8.25	0.03

Tabla 2-31 Índices de Langelier para el caso FA + OI

	Balance iónico (% error)	Fuerza iónica	pK ₂	pK _{ps}	ε	pH _s	I _L
QE	0.87	0.1201	10.2591	8.5361	0.2642	6.61	0.79
QpOI	0.41	0.0048	10.2591	8.5361	0.0650	8.63	-2.11
QrOI	0.89	0.3893	10.2591	8.5361	0.3996	5.94	1.55
Qs	1.63	0.0041	10.2591	8.5361	0.0607	8.65	-2.22
Qajust KOH	0.55	0.0047	10.2591	8.5361	0.0647	8.27	0.04
Qajust CaCO ₃	0.69	0.0048	10.2591	8.5361	0.0649	8.19	0.03

Tabla 2-32 Índices de Langelier para el caso FD+OI+NF

	Balance iónico (% error)	Fuerza iónica	pK ₂	pK _{ps}	ε	pH _s	I _L
QE	0.87	0.1201	10.2591	8.5361	0.2642	6.61	0.79
QpOI	0.15	0.0036	10.2591	8.5361	0.0566	8.87	-2.44
QrOI	0.89	0.2569	10.2591	8.5361	0.3481	6.17	1.34
QpNF	0.09	0.0091	10.2591	8.5361	0.0880	7.95	-0.98
QrNF	0.90	0.3904	10.2591	8.5361	0.3999	5.95	1.53
Qs	1.53	0.0042	10.2591	8.5361	0.0612	8.55	-2.00
Qajust KOH	0.53	0.0047	10.2591	8.5361	0.0646	8.29	0.04
Qajust CaCO ₃	0.65	0.0047	10.2591	8.5361	0.0646	8.22	0.03

Donde:

pK ₂	Segunda constante de disociación del ácido carbónico
pK _{ps}	Producto de solubilidad del carbonato de calcio
ε	Actividad a través de la fuerza iónica
pH _s	El pH de saturación
I _L	Índice de Langelier
Qajust	Corriente ajustada

pH Ajustado		8.33	Dosis de KOH (mmol/L)		0.301
			Dosis de KOH (mg/L)		16.86
Qajust KOH					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		16.61	40.08	0.83	0.41
Mg		4.69	24.31	0.39	0.19
Na		40.52	22.99	1.76	1.76
K		15.26	39.10	0.39	0.39
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		77.07		3.37	2.76
HCO ₃		57.99	61.02	0.95	0.95
CO ₃		0.83	60.01	0.03	0.01
SO ₄		84.92	96.06	1.77	0.88
Cl		24.36	35.45	0.69	0.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.53	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		168.63		3.46	2.56
SDT (calculado)	246		iones totales	6.83	5.32
			Error BI (%)		1.37

pH Ajustado		8.28	Dosis de CO ₂ (mmol/L)		0.0971
			Dosis de CO ₂ (mg/L)		4.3
			Dosis de CaCO ₃ (mmol/L)		0.0971
			Dosis de CaCO ₃ (mg/L)		9.7
Qajust CaCO ₃ + CO ₂					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		20.48	40.08	1.02	0.51
Mg		4.69	24.31	0.39	0.19
Na		40.52	22.99	1.76	1.76
K		3.56	39.10	0.09	0.09
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		69.24		3.26	2.56
HCO ₃		52.04	61.02	0.85	0.85
CO ₃		0.67	60.01	0.02	0.01
SO ₄		84.92	96.06	1.77	0.88
Cl		24.36	35.45	0.69	0.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.53	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		162.52		3.36	2.46
SDT (calculado)	232		iones totales	6.62	5.02
			Error BI (%)		1.47

Ilustración 2-25 Balances iónicos del agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso CC+NF

pH Ajustado		8.33	Dosis de KOH (mmol/L)		0.305
			Dosis de KOH (mg/L)		17.08
Qajust KOH					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		16.65	40.08	0.83	0.42
Mg		4.69	24.31	0.39	0.19
Na		40.52	22.99	1.76	1.76
K		15.43	39.10	0.39	0.39
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		77.28		3.37	2.77
HCO ₃		58.19	61.02	0.95	0.95
CO ₃		0.84	60.01	0.03	0.01
SO ₄		84.94	96.06	1.77	0.88
Cl		24.38	35.45	0.69	0.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.50	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		168.84		3.46	2.57
SDT (calculado)	246		iones totales	6.84	5.33
			Error BI (%)		1.32

pH Ajustado		8.28	Dosis de CO ₂ (mmol/L)		0.0969
			Dosis de CO ₂ (mg/L)		4.3
			Dosis de CaCO ₃ (mmol/L)		0.0969
			Dosis de CaCO ₃ (mg/L)		9.7
Qajust CaCO ₃ + CO ₂					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		20.51	40.08	1.02	0.51
Mg		4.69	24.31	0.39	0.19
Na		40.52	22.99	1.76	1.76
K		3.57	39.10	0.09	0.09
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		69.28		3.26	2.56
HCO ₃		52.00	61.02	0.85	0.85
CO ₃		0.67	60.01	0.02	0.01
SO ₄		84.94	96.06	1.77	0.88
Cl		24.38	35.45	0.69	0.69
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.50	18.99	0.03	0.03
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		162.49		3.36	2.46
SDT (calculado)	232		iones totales	6.62	5.02
			Error BI (%)		1.42

Ilustración 2-26 Balances iónicos del agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso MF+NF

pH Ajustado		8.32	Dosis de KOH (mmol/L)		0.620
			Dosis de KOH (mg/L)		34.72
Qajust KOH					
	en mg/L de CaCO ₃	ión (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		17.72	40.08	0.88	0.44
Mg		4.61	24.31	0.38	0.19
Na		27.69	22.99	1.20	1.20
K		25.94	39.10	0.66	0.66
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		75.96		3.13	2.50
HCO ₃		56.28	61.02	0.92	0.92
CO ₃		0.78	60.01	0.03	0.01
SO ₄		89.64	96.06	1.87	0.93
Cl		12.00	35.45	0.34	0.34
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.25	18.99	0.01	0.01
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		158.95		3.17	2.22
SDT (calculado)	235		iones totales	6.30	4.72
			Error BI (%)		0.55

pH Ajustado		8.23	Dosis de CO ₂ (mmol/L)		0.2156
			Dosis de CO ₂ (mg/L)		9.5
			Dosis de CaCO ₃ (mmol/L)		0.2156
			Dosis de CaCO ₃ (mg/L)		21.6
Qajust CaCO ₃ + CO ₂					
	en mg/L de CaCO ₃	ión (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		26.31	40.08	1.31	0.66
Mg		4.61	24.31	0.38	0.19
Na		27.69	22.99	1.20	1.20
K		1.83	39.10	0.05	0.05
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		60.45		2.94	2.10
HCO ₃		45.72	61.02	0.75	0.75
CO ₃		0.52	60.01	0.02	0.01
SO ₄		89.64	96.06	1.87	0.93
Cl		12.00	35.45	0.34	0.34
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.25	18.99	0.01	0.01
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		148.13		2.98	2.04
SDT (calculado)	209		iones totales	5.93	4.14
			Error BI (%)		0.69

Ilustración 2-27 Balances iónicos agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso FA + OI

pH Ajustado		8.33	Dosis de KOH (mmol/L)		0.520
			Dosis de KOH (mg/L)		29.12
Qajust KOH					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		16.78	40.08	0.84	0.42
Mg		4.68	24.31	0.38	0.19
Na		31.67	22.99	1.38	1.38
K		22.72	39.10	0.58	0.58
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		75.84		3.18	2.57
HCO ₃		57.51	61.02	0.94	0.94
CO ₃		0.82	60.01	0.03	0.01
SO ₄		84.67	96.06	1.76	0.88
Cl		16.40	35.45	0.46	0.46
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.37	18.99	0.02	0.02
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		159.77		3.21	2.32
SDT (calculado)	236		iones totales	6.40	4.89
			Error BI (%)		0.53

pH Ajustado		8.25	Dosis de CO ₂ (mmol/L)		0.1751
			Dosis de CO ₂ (mg/L)		7.7
			Dosis de CaCO ₃ (mmol/L)		0.1751
			Dosis de CaCO ₃ (mg/L)		17.5
Qajust CaCO₃ + CO₂					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		23.76	40.08	1.19	0.59
Mg		4.68	24.31	0.38	0.19
Na		31.67	22.99	1.38	1.38
K		2.50	39.10	0.06	0.06
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		62.60		3.01	2.23
HCO ₃		48.04	61.02	0.79	0.79
CO ₃		0.57	60.01	0.02	0.01
SO ₄		84.67	96.06	1.76	0.88
Cl		16.40	35.45	0.46	0.46
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		0.37	18.99	0.02	0.02
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		150.05		3.05	2.16
SDT (calculado)	213		iones totales	6.06	4.39
			Error BI (%)		0.65

Ilustración 2-28 Balances iónicos del agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso FD+OI+NF

2.2.2.7 Comparación de las tecnologías

La selección del tren de tratamiento más adecuado para el agua de la mina La Platosa, se realizó comparando los costos de operación e inversión de los diferentes sistemas analizados.

2.2.2.7.1 Datos de los sistemas de membranas analizados

Para el cálculo de los costos de los sistemas de membranas se consideró la información base mostrada en la Tabla 2-33, la cual fue proporcionada por un proveedor de servicio dedicado a la instalación de este tipo de sistemas.

Tabla 2-33. Datos referentes a las tecnologías de membranas analizadas

		VALOR	UNIDAD
DATOS DE DISEÑO			
Todos los cálculos están referidos al agua producto salvo en donde se diga lo contrario			
Zona del país en donde se encuentra la planta		Norte	-
Horas de operación de la planta		24	horas
Tipo de cambio		19.5	\$/USD
Evaporación promedio máxima en la zona		9.03	L/m ² d
Evaporación promedio mínima en la zona		3.54	L/m ² d
Factor de eficiencia de evaporación		0.7	-
ENERGÍA ELÉCTRICA			
Eficiencia Eléctrica		70%	%
Costo de energía eléctrica		1.13	\$/kW-h
Micro Filtración (MF)	Presión	2.00	Bar
	Consumo	0.20	kw-h/m ³
Nano Filtración	Presión	8.45	Bar
	Consumo	0.42	kw-h/m ³
Ósmosis Inversa	Presión	9.56	Bar
	Consumo	0.47	kw-h/m ³
Ósmosis Inversa+Nano Filtración	Presión	9.13	Bar
	Consumo	0.45	kw-h/m ³
Ósmosis Inversa para agua salina	Presión	16.92	Bar
	Consumo	1.18	kw-h/m ³
MEMBRANAS			
Costos de Inversión base MF		16,016	\$/USD/lps
Costos de Inversión base OI o NF (Incluye: Ind.+Fin.+Uti.+flete)		2,647	\$/USD/pza
Costos de Inversión base OISW (Incluye: Ind.+Fin.+Uti.+Flete)		3,387	\$/USD/pza
Tiempo de vida		2.0	años
Rechazo	MF	4.4	%
	NF	30	%
	OI	30	%
	OISW	50	%

Tabla 2-33. Datos referentes a las tecnologías de membranas analizadas

		VALOR	UNIDAD	
Micro Filtración (MF)		PALL Aria MF PVDF	Tipo	
		200	lps/Módulo	
		23	Recipientes/Módulo	
		7	pza/recipiente	
		161	pzas/Módulo	
		0.81	pza/lps	
		2,350	\$USD/pza	
		3,203,125	\$USD/Módulo	
Nano Filtración (NF) sola		NF90-400	Tipo	
		200	lps/Módulo	
		150	Recipientes/Módulo	
		6	pza/recipiente	
		900	pzas/Módulo	
		4.50	pza/lps	
		650.00	\$USD/pza	
		2,381,850	\$USD/Módulo	
Ósmosis Inversa agua salobre (OI) sola		XLE 440	Tipo	
		200	lps/Módulo	
		117	Recipientes/Módulo	
		7	pza/recipiente	
		819	pzas/Módulo	
		4.10	pza/lps	
		700	\$USD/pza	
		2,167,484	\$USD/Módulo	
Ósmosis Inversa + Nano Filtración (OI+NF)		2,167,484	\$USD/Módulo	
		200	lps/Módulo	
	OI (Trata el total del agua)		XLE 440	Tipo
			81	Recipientes/Módulo
			7	pza/recipiente
			567	pzas/Módulo
			2.84	pza/lps
			700	\$USD/pza
			700	\$USD/pza
	NF (Trata el rechazo de la OI)		NF90-400	Tipo
			36	Recipientes/Módulo
			7	pza/recipiente
			252	pzas/Módulo
			1.26	pza/lps
		650	\$USD/pza	

Tabla 2-33. Datos referentes a las tecnologías de membranas analizadas

		VALOR	UNIDAD
Ósmosis Inversa agua salina (OISW) para rechazo	SW30ULE440		Tipo
		350	lps (entrada)/Módulo
		144	Recipientes/Módulo
		7	pza/recipiente
		1,008	pzas/Módulo
		2.88	pza/lps (entrada)
		800	\$USD/pza
		3,414,096	\$USD/Módulo
MANO DE OBRA			
Operadores		16	personas
		16,667	\$/mes/persona
Analistas		1	personas
		20,000	\$/mes/persona
Personal de mantenimiento		4	personas
		23,333	\$/mes/persona
Supervisor		1.00	personas
		28,333	\$/mes/persona
OTROS INSUMOS			
Filtro cartucho	Capacidad	40	gpm
	Tiempo de vida	30	días
		2.52	lps/cartucho
	Costo	20	\$USD/pieza
		7.93	\$USD/lps
Materiales para mantenimiento		50	% costo membranas
Análisis de laboratorio		15,000	\$/mes

2.2.2.7.2 Precios de energía y reactivos

Los costos de energía eléctrica se obtuvieron de la tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más (CFE, 2017) (Tabla 2-34). Los precios de base para reactivos se muestran en la Tabla 2-35.

Tabla 2-34 Costos de reactivos

Reactivo	Estado	Concentración %	Densidad	Presentación	USD\$/L	USD\$/Kg (\$/kg)
Hipoclorito de sodio	Solución	12.5	1.2	Bote 200 L	0.39	0.325
Hidróxido de sodio	Solución	50	1.52	Bote, 200 L	0.56	0.368
Calcita	Sólido	98		Saco, 50 kg		(0.4)
CO ₂	Gas	99.5		Cilindro, 25 kg		(24)
Ácido cítrico	Sólido	99.5		Saco, 50 lb		3.080

Tabla 2-34 Costos de reactivos

Reactivo	Estado	Concentración %	Densidad	Presentación	USD\$/L	USD\$/Kg (\$/kg)
Meta bisulfito de sodio	Sólido	99				(31)
Na DDaSO ₄		100				(19)
HCl		33				(5.6)
Anti incrustante	Líquido	100	1.2	Galón	7.93	6.608
Hidróxido de potasio	Sólido	90				(56)

Los consumos de reactivos para los diferentes tipos de membranas, se muestran de la Tabla 2-35 a la Tabla 2-37.

Tabla 2-35 Reactivos para limpieza membranas de MF

Reactivo	Concentración aplicación (mg/L)	Volumen solución por lavado (gal)	Número de lavados al año	Cantidad producto comercial por lavado (Kg)	Consumo (Kg/año)
(Limpieza química a fondo)					
Hipoclorito de sodio	2,000	41,369	12	2,505	30,063
Hidróxido de sodio	10,000	26,234	12	1,986	23,830
Ácido cítrico	20,000	29,261	12	2,226	26,580
Bisulfito de sodio	1,096	41,369	12	173	2,080
(Limpieza química ligera)					
Hipoclorito de sodio	500	41,369	365	626	228,609
Bisulfito de sodio	274	41,369	365	43	15,503

Tabla 2-36 Reactivos para limpieza de membranas de NF

Reactivo	Dosis (mg/L)	Consumo (Kg/año)
Anti incrustante (ChemTreat RL9003)- entrada	6.7	217,808
Hidróxido de sodio, permeado	5.0	325,087

Tabla 2-37 Reactivos para limpieza de membranas de OI

Reactivo	Número de lavados/ año (mg/L)	Cantidad (kg/lavado)	Consumo (Kg/año)
(Lavado alcalino)			
Hidróxido de sodio	12	492	5,904
NaDDaSO ₄	12	31	370
(Lavado ácido)			
HCl	12	745	8,946

Tabla 2-38 tarifa horaria para servicio general en media tensión (Sin IVA)

$$Cargoprom\ anual = (C_{Prom\ Abril-Octubre} \cdot No_{Dias\ Abril-Octubre} + C_{Prom\ Octubre-Abril} \cdot No_{Dias\ Octubre-Abril}) / (No_{Dias\ Abril-Octubre} + No_{Dias\ Octubre-Abril})$$

$$Cargoprom = (C_{EP} \cdot No_{HrP} + C_{EI} \cdot No_{HrI} + C_{EB} \cdot No_{HrB}) / (No_{HrP} + No_{HrI} + No_{HrB})$$

REGIÓN	CARGO POR KILOWATT DE DEMANDA FACTURABLE/mes	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA DE PUNTA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA INTERMEDIA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA DE BASE	CARGO PROMEDIO POR KILOWATT-HORA (ABRIL-OCTUBRE)	CARGO PROMEDIO POR KILOWATT-HORA (OCTUBRE-ABRIL)	CARGO PROMEDIO POR KILOWATT-HORA (ANUAL)
Norte	\$203.52	\$2.17	\$1.11	\$0.90	\$1.10	\$1.17	\$1.13

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

DÍA DE LA SEMANA	BASE		INTERMEDIO		PUNTA		Días	Base(hrs)	Intermedio (hrs)	Punta (hrs)
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6	6:00 - 20:00	14	20:00 - 22:00	2	148	888	2072	296
			22:00 - 24:00	2					296	
sábado	0:00 - 7:00	7	7:00 - 24:00	17	-	-	29	203	493	-
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19	19:00 - 24:00	5	-	-	34	646	170	-
Total							211	1737	3031	296

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

DÍA DE LA SEMANA	BASE		INTERMEDIO		PUNTA		Días	Base(hrs)	Intermedio (hrs)	Punta (hrs)
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6	6:00 - 18:00	12	18:00 - 22:00	4	106	636	1272	424
			22:00 - 24:00	2					212	
sábado	0:00 - 8:00	8	8:00 - 19:00	11	19:00 - 21:00	2	22	176	242	44
			21:00 - 24:00	3					66	
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18	18:00 - 24:00	6	-	-	26	468	156	-
Total							154	1280	1948	468

Donde: C_{prom} = Cargo promedio. $No_{días}$ = Número de días, C_{EP} = Cargo de energía punta, No_{HrP} = Número de horas punta, C_{EI} = Cargo de energía intermedio, No_{HrI} = Número de horas intermedio, C_{EB} = Cargo de energía base, No_{HrB} = Número de horas base

2.2.2.7.3 Costos de operación de los sistemas de membranas

Con la información de la sección anterior, se calcularon los costos de operación de los diferentes sistemas de membranas evaluados (Tabla 2-39).

Tabla 2-39 Costos de operación de los sistemas a membranas

	VALOR	UNIDAD	
COSTOS POR ENERGÍA ELÉCTRICA			
Micro Filtración (MF)	0.33	\$/m3	
Nano Filtración (NF)	0.68	\$/m3	
Ósmosis Inversa (OI)	0.76	\$/m3	
Ósmosis Inversa+Nano Filtración (OI+NF)	0.73	\$/m3	
Ósmosis Inversa agua salobre (OISW)	1.91	\$/m3	
COSTOS POR REACTIVOS (Dispersantes, oxidantes, limpieza, etc.)			
MF	1.16	\$/m3	
OI o NF	1.21	\$/m3	
COSTOS POR MEMBRANAS			
Micro Filtración (MF)	0.585	\$/m3	
Nano Filtración (NF)	0.904	\$/m3	
Ósmosis Inversa (OI)	0.886	\$/m3	
Ósmosis Inversa+Nano Filtración (OI+NF)	0.867	\$/m3	
Ósmosis Inversa agua salobre (OISW)	0.712	\$/m3	
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Filtros cartucho	0.06	\$/m3	
Materiales para mantenimiento	Micro Filtración (MF)	0.16	\$/m3
	Nano Filtración (NF)	0.34	\$/m3
	Ósmosis Inversa (OI)	0.38	\$/m3
	Ósmosis Inversa+Nano Filtración	0.36	\$/m3
	Ósmosis Inversa agua salobre (OISW)	0.96	\$/m3
Mano de Obra	408,333	\$/mes	
Análisis de laboratorio	15,000	\$/mes	

2.2.2.7.4 Costos de operación de los sistemas de filtración en arena-antracita

Se escogieron filtros a gravedad para los cálculos, considerando que el agua va a tener que ser llevada por bombeo desde la mina hasta la planta potabilizadora, venciendo la altura total de los filtros que

se proponen construirlos sobre el nivel del terreno. De los filtros, por gravedad, se descargaría el agua a un tanque para, mediante un sistema de bombeo, llevar posteriormente el agua hasta la bomba de alta presión de la OI.

La tasa de operación de este tipo de filtros puede estar entre 18-22 m/h. En el caso de los filtros utilizados para remover SST antes de los sistemas de OI, el cálculo de costos de operación considera el bombeo desde la mina hasta los filtros, la carga de bombeo requerida para llegar con una presión mínima de 2.5 kg a los filtros cartucho, los requerimientos de bombeo para el retrolavado, así como la extracción y filtrado de los lodos obtenidos.

Con este esquema, los costos de operación de este tipo de filtros se muestran en la Tabla 2-40.

Tabla 2-40. Costos de operación de la filtración con arena-antracita

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	1.1660	m ³ /s	
Numero de filtros retrolavados por día	F_{RET}	4	-	
Días necesarios para retrolavar todos los filtros	-	3	días	
Frecuencia de retrolavado de filtros	$FREC_{RET}$	4	días	
Número de equipos de bombeo para filtración	-	4	-	
Potencia del equipo de bombeo para filtración	P_F	69.43	hp	
Número de equipos de bombeo para retrolavado	-	1	-	
Potencia del equipo de bombeo para retrolavado	P_{RET}	31.16	hp	
Potencia del equipo de recirculación	P_{REC}	1.77	hp	
Potencia del equipo de extracción de lodos	P_L	2.49	hp	
Número de equipos de bombeo para OI	-	4	-	
Potencia del equipo de bombeo para OI	P_{DIS}	190.43	hp	
Horas de operación de la planta por día	t_{OP}	24.0	h	
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	0.17	h	
Tiempo de recirculación	t_{REC}	3.00	h	
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	2.00	h	
Precio de energía eléctrica	$\$E$	1.13	\$/kW-h	
Costos de mantenimiento preventivo (0.5% de la inversión)	$\$MTO$	33,748	\$/mes	

Tabla 2-40. Costos de operación de la filtración con arena-antracita

RESULTADOS				
Costos por día				
Energía eléctrica				
Bombeo a filtros	-	5,623	\$/día	$\$_{EE/día} = P * t * \$_E$
Filtrado de lodos	-	1.05	\$/día	
Carga de salida	-	15,387	\$/día	
Recirculación	-	13.42	\$/día	$\frac{\$_{EE}}{día} = P * t * \$_E * N_F$
Retrolavado	-	13.10	\$/día	
Mano de obra y mantenimiento				
Mantenimiento	-	1125	\$/día	$\$_{MTO/día} = \$_{Ref}/30$
Costos por metro cubico de agua tratada				
Energía eléctrica				
Bombeo a filtros	-	0.0558	\$/m ³	$\$_{EE/m^3} = \frac{\$_{EE/día}}{Q_D}$
Recirculación	-	0.0001	\$/m ³	
Retrolavado	-	0.0001	\$/m ³	
Carga de salida a OI	-	0.1527	\$/m ³	
Mano de obra y mantenimiento				
Mantenimiento	-	0.011	\$/m ³	
COSTO TOTAL				
Costo de bombeo a filtros + potabilización + carga para OI + filtrado de lodos	-	664,890	\$/mes	
	-	8,089,494	\$/año	
	-	0.22	\$/m ³	

2.2.2.7.5 Costos de operación de los sistemas de Filtración Directa y Coagulación Convencional

En el caso de la Coagulación Convencional y Filtración Directa, los costos considerados son los de los reactivos utilizados (Cloro y cloruro férrico), así como la energía requerida en los filtros. Estos sistemas están considerados, como ya se mencionó en las secciones anteriores para eliminar parte del arsénico contenido en el agua problema, así como todos los SST que lleguen a aparecer en la misma.

La Filtración Directa consiste básicamente del mismo tipo de filtros que se proponen como pretratamiento en la OI, con la diferencia en que en la FD se agrega cloro y cloruro férrico y las tasas de operación son mucho más bajas (6-7 m/h).

La Coagulación Convencional requiere, además de los filtros, una etapa de floculación y otra de sedimentación, sólo que para costos de operación no se están tomando en cuenta ya que estos pueden ser construidos para operar a gravedad.

La diferencia principal para el cálculo de los costos de operación en esta etapa del estudio, es la cantidad de coagulante que se va a dosificar en cada caso. Con la FD sólo se puede remover hasta 0.10 mg/L de arsénico, mientras que con la Coagulación Convencional se propone eliminar hasta el 70% del arsénico contenido en el agua de entrada.

Con estos criterios, los costos de operación de ambos procesos se muestran, en la Tabla 2-41 y Tabla 2-42.

Tabla 2-41. Costos de operación de la Filtración Directa

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	1.1660	m ³ /s	
Numero de filtros retrolavados por día	F_{RET}	4	-	
Días necesarios para retrolavar todos los filtros	-	5	días	
Frecuencia de retrolavado de filtros	$FREC_{RET}$	4	días	
Flujo másico de Cl ₂	W_{Cl_2}	105.59	kg/día	
Flujo másico de FeCl ₃	W_{FeCl_3}	2925.77	kg/día	
Flujo másico de Polímero	$W_{Polimero}$	6.24	kg/día	
Número de equipos de bombeo para filtración	-	4	-	
Potencia del equipo de bombeo para filtración	P_F	72.47	hp	
Número de equipos de bombeo para retrolavado	-	2	-	
Potencia del equipo de bombeo para retrolavado	P_{RET}	64.82	hp	
Potencia del equipo de recirculación	P_{REC}	6.65	hp	
Potencia del equipo de extracción de lodos	P_L	8.96	hp	
Número de equipos de bombeo para enviar a OI	-	4	-	
Potencia del equipo de bombeo para enviar a OI	P_{DIS}	190.43	hp	
Horas de operación de la planta por día	t_{OP}	24.0	h	
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	0.17	h	
Tiempo de recirculación	t_{REC}	3.00	h	
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	2.00	h	
Precio del gas cloro	$\$_{Cl_2}$	16.05	\$/kg	
Precio del hipoclorito de sodio	$\$_{NaOCl}$	-	\$/kg	
Precio del cloruro férrico	$\$_{FeCl_3}$	10.70	\$/kg	
Precio del Polímero Bulab 5370	$\$_{Polimero}$	117.70	\$/kg	
Precio de energía eléctrica	$\$_E$	1.13	\$/kW-h	

Tabla 2-41. Costos de operación de la Filtración Directa

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Costos de mantenimiento preventivo (0.5% de la inversión)	\$MTO	33,748.43	\$/mes	
RESULTADOS				
Costos por día				
Reactivos				
Cl ₂	-	1694.76	\$/día	$\$_{REAC}/día = W_{REAC} \cdot \$_{REAC}$
NaOCl	-	-	\$/día	
FeCl ₃	-	31305.72	\$/día	
Polímero	-	127.43	\$/día	
Energía eléctrica				
Bombeo a filtros	-	5,855.81	\$/día	$\$_{EE}/día = P \cdot t \cdot \$_E$
Filtrado de lodos	-	6.28	\$/día	
Distribución o carga a la salida de la planta	-	15,387.19	\$/día	
Recirculación	-	83.82	\$/día	$\frac{\$_{EE}}{día} = P \cdot t \cdot \$_E \cdot N_F$
Retrolavado	-	90.85	\$/día	
Mantenimiento				
Mantenimiento	-	1124.95	\$/día	$\$_{MTO}/día = \$_{Ref}/30$
Costos por metro cubico de agua tratada				
Reactivos				
Cl ₂	-	0.0168	\$/m ³	$\$_{REAC}/m^3 = \frac{\$_{REAC}/día}{Q_D}$
NaOCl	-	-	\$/m ³	
FeCl ₃	-	0.3108	\$/m ³	
Polímero	-	0.0013	\$/m ³	
Energía eléctrica				
Filtración y extracción (si no hay tanque de agua cruda)	-	0.0581	\$/m ³	$\$_{EE}/m^3 = \frac{\$_{EE}/día}{Q_D}$
Filtrado de lodos	-	0.0001	\$/m ³	
Recirculación	-	0.0008	\$/m ³	
Retrolavado	-	0.0009	\$/m ³	
Distribución o carga a la salida de la planta	-	0.1527	\$/m ³	
Mano de obra y mantenimiento				
Mantenimiento	-	0.011	\$/m ³	
COSTO TOTAL				
Costo de bombeo a filtros + Potabilización + carga de salida + Filtrado de lodos	-	1,670,305	\$/mes	
	-	20,322,038	\$/año	
	-	0.55	\$/m ³	

Tabla 2-42 Costos de operación de la Coagulación Convencional

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q _D	1.1660	m ³ /s	
Numero de filtros retrolavados por día	F _{RET}	4	-	
Días necesarios para retrolavar todos los filtros	-	5	días	
Frecuencia de retrolavado de filtros	FREC _{RET}	4	días	
Flujo másico de Cl ₂	W _{Cl₂}	175.64	kg/día	
Flujo másico de FeCl ₃	W _{FeCl₃}	9947.61	kg/día	
Flujo másico de Polímero	W _{Polímero}	6.24	kg/día	
Número de equipos de bombeo para filtración	-	4	-	
Potencia del equipo de bombeo para filtración	P _F	72.47	hp	
Número de equipos de bombeo para retrolavado	-	2	-	
Potencia del equipo de bombeo para retrolavado	P _{RET}	64.82	hp	
Potencia del equipo de recirculación	P _{REC}	6.65	hp	
Potencia del equipo de extracción de lodos	P _L	8.96	hp	
Número de equipos de bombeo para enviar a OI	-	4	-	
Potencia del equipo de bombeo para enviar a OI	P _{DIS}	190.43	hp	
Horas de operación de la planta por día	t _{OP}	24.0	h	
Tiempo de retrolavado	t _{RET}	0.17	h	
Tiempo de recirculación	t _{REC}	3.00	h	
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t _{LC}	2.00	h	
Precio del gas cloro	\$ _{Cl₂}	16.05	\$/kg	
Precio del cloruro férrico	\$ _{FeCl₃}	10.70	\$/kg	
Precio del Polímero Bulab 5370	\$ _{Polímero}	117.70	\$/kg	
Precio de energía eléctrica	\$ _E	1.13	\$/kW-h	
Costos de mantenimiento preventivo (0.5% de la inversión)	\$ _{MTO}	33,748	\$/mes	
Sueldo por operador	\$ _{SO}	7,490	\$/mes	
RESULTADOS				
Costos por día				
Reactivos				
Cl ₂	-	2818.96	\$/día	

Tabla 2-42 Costos de operación de la Coagulación Convencional

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
FeCl ₃	-	106,439.46	\$/día	
Polímero	-	127.43	\$/día	
Energía eléctrica				
Bombeo a filtros	-	5,855.81	\$/día	$\$_{EE/día} = P * t * \$_E$
Filtrado de lodos	-	6.28	\$/día	
Distribución o carga a la salida de la planta	-	15,387.19	\$/día	$\frac{\$_{EE}}{día} = P * t * \$_E * N_F$
Recirculación	-	83.82	\$/día	
Retrolavado	-	90.85	\$/día	
Mano de obra y mantenimiento				
Mantenimiento	-	1124.95	\$/día	$\$_{MTO/día} = \$_{Ref}/30$
Costos por metro cubico de agua tratada				
Reactivos				
Cl ₂	-	0.0280	\$/m ³	
NaOCl	-	-	\$/m ³	$\$_{REAC/m^3} = \frac{\$_{REAC/día}}{Q_D}$
FeCl ₃	-	1.0566	\$/m ³	
Polímero	-	0.0013	\$/m ³	
Energía eléctrica				
Filtración y extracción (si no hay tanque de agua cruda)	-	0.0581	\$/m ³	$\$_{EE/m^3} = \frac{\$_{EE/día}}{Q_D}$
Filtrado de lodos	-	0.0001	\$/m ³	
Recirculación	-	0.0008	\$/m ³	
Retrolavado	-	0.0009	\$/m ³	
Distribución o carga a la salida de la planta	-	0.1527	\$/m ³	
Mano de obra y mantenimiento				
Mantenimiento	-	0.011	\$/m ³	
COSTO TOTAL				
Costo de bombeo a filtros + Potabilización + carga de salida + Filtrado de lodos	-	3,958,043	\$/mes	
	-	48,156,184	\$/año	
	-	1.31	\$/m ³	

Para estimar los costos de inversión de los sistemas de Coagulación Convencional y Filtración Directa, se utilizaron datos de plantas construidas en el país con ese tipo de sistemas.

2.2.2.7.6 Cálculo del Costo Anual Equivalente

Los cuatro sistemas se compararon agregando el costo de operación e inversión requerido para la recarbonatación, considerando que se recupera parte del rechazo, por lo tanto el flujo de agua final será la suma del producto del proceso, más el recuperado del tratamiento del rechazo.

De acuerdo a lo indicado en los “Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión” publicados en el Diario Oficial de La Federación del Lunes 30 de diciembre de 2013 (Segunda Sección), se utilizará el Costo Anual Equivalente (CAE) para evaluar las alternativas de los proyectos de inversión, ya que brindan los mismos beneficios, pero poseen distintos costos.

El CAE es la anualidad del valor presente de los costos relevantes, menos el valor presente del valor de rescate de un programa o proyecto de inversión, considerando el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas.

El CAE puede ser calculado de la siguiente manera:

$$CAE = (VPC) \frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1}$$

Donde:

VPC= Valor presente del costo total del proyecto de inversión

r= Indica la tasa social de descuento, la cual, de acuerdo al DOF, debe ser del 10%.

m= Indica el número de años de vida útil del activo

El VPC debe calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

C_t= Costos totales en el año t

t= Año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

n= Número de años del horizonte de evaluación

La alternativa más conveniente será aquella con el menor CAE. Si la vida útil de los activos bajo las alternativas analizadas es la misma, la comparación entre éstas se puede realizar únicamente a través del valor presente de los costos de las alternativas.

2.2.2.8 Análisis y conclusión

El resumen de costos de operación e inversión de los cuatro sistemas se muestran Tabla 2-43.

La comparación del Costo Anual Equivalente de los cuatro sistemas propuestos se muestra en la Tabla 2-44 y Tabla 2-45, para un periodo de vida de 20 años. En ellas se observa que la recarbonatación con KOH da costos más elevados que utilizar filtros de calcita. Cabe mencionar que, además, en el caso del KOH no se están considerando los costos de inversión requeridos por bombas de

dosificación, ni tanques de almacenamiento o de preparación. En el caso de la calcita, sí se añadió el costo de los filtros.

En los cuatro casos, en los costos de inversión y operación se incluye también el tratamiento del agua de rechazo.

De la Tabla 2-45 se observa que el sistema con menor CAE es el de Ósmosis Inversa con filtros de arena como pretratamiento. En todos los costos está considerado el cambio de membranas cada dos años, pero no se está incluyendo la reposición de equipo de bombeo durante el tiempo de vida de la instalación.

Tabla 2-43 Costos de inversión y operación calculados para los cuatro sistemas

CC+NF		MF+NF	
\$INV CC =	128,782,899	\$INV MF =	249,743,813
\$INV NF =	185,709,986	\$INV NF =	185,709,986
\$ INV. PROCESO =	314,492,886	\$ INV. PROCESO =	435,453,799
\$INV. RC/CALCITA =	15,000,000	\$INV. RC/CALCITA =	15,000,000
<hr/>		<hr/>	
\$/m3 CC=	1.31	\$/m3 MF=	2.23
\$/m3 NF=	3.40	\$/m3 NF =	3.40
\$/m3 PPROCESO =	4.71	\$/m3 PPROCESO =	5.63
\$/m3 RC/OH =	1.05	\$/m3 RC/OH =	1.06
\$/m3 RC/CALCITA =	0.107	\$/m3 RC/CALCITA =	0.11
FA(G)+OI		FD (G) +OI+NF+OISW	
\$INV FA =	75,697,404	\$INV FD =	75,659,094
\$INV OI =	169,063,713	\$INV NF+OI =	169,063,713
\$ INV. PROCESO =	244,761,117	\$ INV. PROCESO =	244,722,807
\$INV. RC/CALCITA =	15,000,000	\$INV. RC/CALCITA =	15,000,000
<hr/>		<hr/>	
\$/m3 FA=	0.22	\$/m3 FD=	0.55
\$/m3 OI=	3.50	\$/m3 OI+NF=	3.40
\$/m3 PPROCESO =	3.72	\$/m3 PPROCESO =	3.95
\$/m3 RC/OH =	2.16	\$/m3 RC/OH =	1.81
\$/m3 RC/CALCITA =	0.24	\$/m3 RC/CALCITA =	0.19

Donde:

\$INV CC	Costo de inversión de la Coagulación Convencional
\$INV NF	Costo de inversión de la Nano Filtración
\$INV MF	Costo de inversión de la Micro Filtración
\$INV FA	Costo de inversión de la Filtración con arena-antracita
\$INV OI	Costo de inversión de la Ósmosis Inversa
\$INV FD	Costo de inversión de la Filtración Directa
\$INV NF+OI	Costo de inversión de la Nano Filtración + Ósmosis Inversa

\$ INV. PROCESO	Costo de inversión del proceso
\$INV. RC/CALCITA	Costo de inversión de recarbonatación con calcita
\$/m3 CC	Costo por metro cúbico de agua tratada por Coagulación Convencional
\$/m3 NF	Costo por metro cúbico de agua tratada por Nano Filtración
\$/m3 MF	Costo por metro cúbico de agua tratada por Micro Filtración
\$/m3 FA	Costo por metro cúbico de agua tratada por filtración con arena-antracita
\$/m3 OI	Costo por metro cúbico de agua tratada por Ósmosis Inversa
\$/m3 FD	Costo por metro cúbico de agua tratada por Filtración Directa
\$/m3 NF+OI	Costo por metro cúbico de agua tratada por Nano Filtración + Ósmosis Inversa
\$/m3 PPROCESO	Costo por metro cúbico de agua tratado en el proceso
\$/m3 RC/OH	Costo por metro cúbico de agua recarbonatada con hidróxido
\$/m3 RC/CALCITA	Costo por metro cúbico de agua recarbonatado con calcita

Tabla 2-44 Costo Anual Equivalente con recarbonatación con KOH

Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas		Costos por Recarbonatación		Costo de Operación Total		CAE (\$)	\$/m3 prorrateado con tratamiento de rechazo
	Tratado	Producido		(\$/m ³)	(\$/año)	(\$/m3)	(\$/año)	(\$/m3)	(\$/año)		
CC+NF	1,200	799.7	314,492,886	0.90	22,805,874	1.05	31,982,387	5.76	150,670,656	247,814,928	6.73
MF+NF	1,200	799.7	435,453,799	1.49	37,555,622	1.06	32,407,402	6.69	174,392,313	282,737,790	7.50
FA(G)+OI	1,166	799.9	244,761,117	0.89	22,355,234	2.16	65,890,695	5.88	159,720,168	248,765,638	7.02
FD(P) +OI+NF	1,165	800.3	244,722,807	0.87	21,876,367	1.81	55,289,203	5.76	154,889,575	244,028,165	6.86
Rechazo con OI_SW	341.4	167.3	101,968,667	0.71	7,668,497			5.06	54,439,224		

Tabla 2-45 Costo Anual Equivalente con recarbonatación con CaCO₃ + CO₂

Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas		Costos por Recarbonatación		Costo de Operación Total		CAE (\$)	\$/m3 prorrateado con tratamiento de rechazo
	Tratado	Producido		(\$/m ³)	(\$/año)	(\$/m3)	(\$/año)	(\$/m3)	(\$/año)		
CC+NF	1,200	799.7	329,492,886	0.90	22,805,874	0.11	3,263,323	4.81	121,951,592	220,857,758	5.78
MF+NF	1,200	799.7	450,453,799	1.49	37,555,622	0.11	3,256,265	5.74	145,241,176	255,348,548	6.55
FA(G)+OI	1,166	799.9	259,761,117	0.89	22,355,234	0.24	7,247,323	3.96	101,076,796	191,884,160	5.10
FD(P) +OI+NF	1,165	800.3	259,722,807	0.87	21,876,367	0.19	5,888,702	4.14	105,489,074	196,389,558	5.24
Rechazo con OI_SW	341.4	167.3	101,968,667	0.71	7,668,497			5.06	54,439,224		

2.2.3 Memorias de cálculo y arreglos generales

2.2.3.1 Descripción general del Sistema

Una vez comparados las cuatro opciones de tratamiento del agua de mina, finalmente el sistema propuesto consiste en una planta de Ósmosis Inversa (OI) de baja presión en dos etapas, para remoción de dureza, radioactividad alfa, sulfatos, fluoruros, arsénico, hierro, manganeso, sodio y plomo; precedida de filtración en arena-antracita como pretratamiento para remover turbiedad. El sistema se dividirá en cuatro módulos de 200 L/s de agua producto.

Para producir los 800 L/s esperados se requiere suministrar al sistema aproximadamente 1166 L/s, esto debido a las pérdidas de agua para el retrolavado de los filtros y los rechazos de la OI (30%).

El agua cruda llegará directamente por bombeo del tanque de la mina hasta doce filtros granulares a gravedad empacados con antracita y arena (también llamados multimedia) de los cuales por gravedad el agua se recibirá en un tanque enterrado (con volumen efectivo de 15 min de operación) y nuevamente por bombeo el agua se conducirá hacia cada módulo de OI mediante cuatro tuberías de 20" (el material será propuesto por el licitante). Sobre cada tubería se instalará un turbidímetro en línea.

Cada tren de alimentación, para cada módulo de ósmosis inversa, estará constituido por una bomba centrífuga vertical, equipada con su respectivo variador de velocidad.

La tubería de alimentación de cada módulo llegará directamente a un sistema de filtros cartucho de 5 μm y de ahí a una bomba centrífuga para elevar la presión a valores entre 6 y 10 bares, suficientes para hacer pasar el agua a través de las membranas del sistema de Ósmosis Inversa. En cada tren de alimentación se debe asegurar una carga de, al menos, 2.5 kg/cm^2 .

El agua de retrolavado de los filtros granulares se conducirá a un tanque sedimentador, de donde el agua clarificada se regresará a la línea de agua cruda y los lodos a un cárcamo para su posterior disposición en un relleno sanitario.

El puerto de dosificación de anti incrustante se colocará antes de los filtros cartucho. El rechazo producido en la primera etapa de Ósmosis Inversa entrará a una segunda etapa, para posteriormente mezclar el permeado de ambas etapas. El rechazo total producido será conducido a un módulo de Ósmosis Inversa de alta presión con membranas para agua de mar, del cual el permeado obtenido se mezclará con los permeados de la OI de baja presión, para conducirse al tanque de almacenamiento de agua tratada. El tanque deberá tener al menos un volumen de 7,000 m^3 de capacidad para un tiempo de autonomía de 60 minutos aproximadamente.

El agua tratada se enviará, mediante una línea de conducción de 48" de diámetro, a los diferentes tanques de almacenamiento de las comunidades integradas en el sistema, pero antes deberá ser sometida a una remineralización mediante lechos de carbonato de calcio y CO_2 .

El agua de rechazo del sistema de OI de agua de mar se enviará a lagunas de evaporación para su tratamiento final.

2.2.3.2 Diagrama de flujo de proceso

El diagrama general del proceso se observa en la Ilustración 2-29, y el diagrama de flujo por módulo en la Ilustración 2-30.

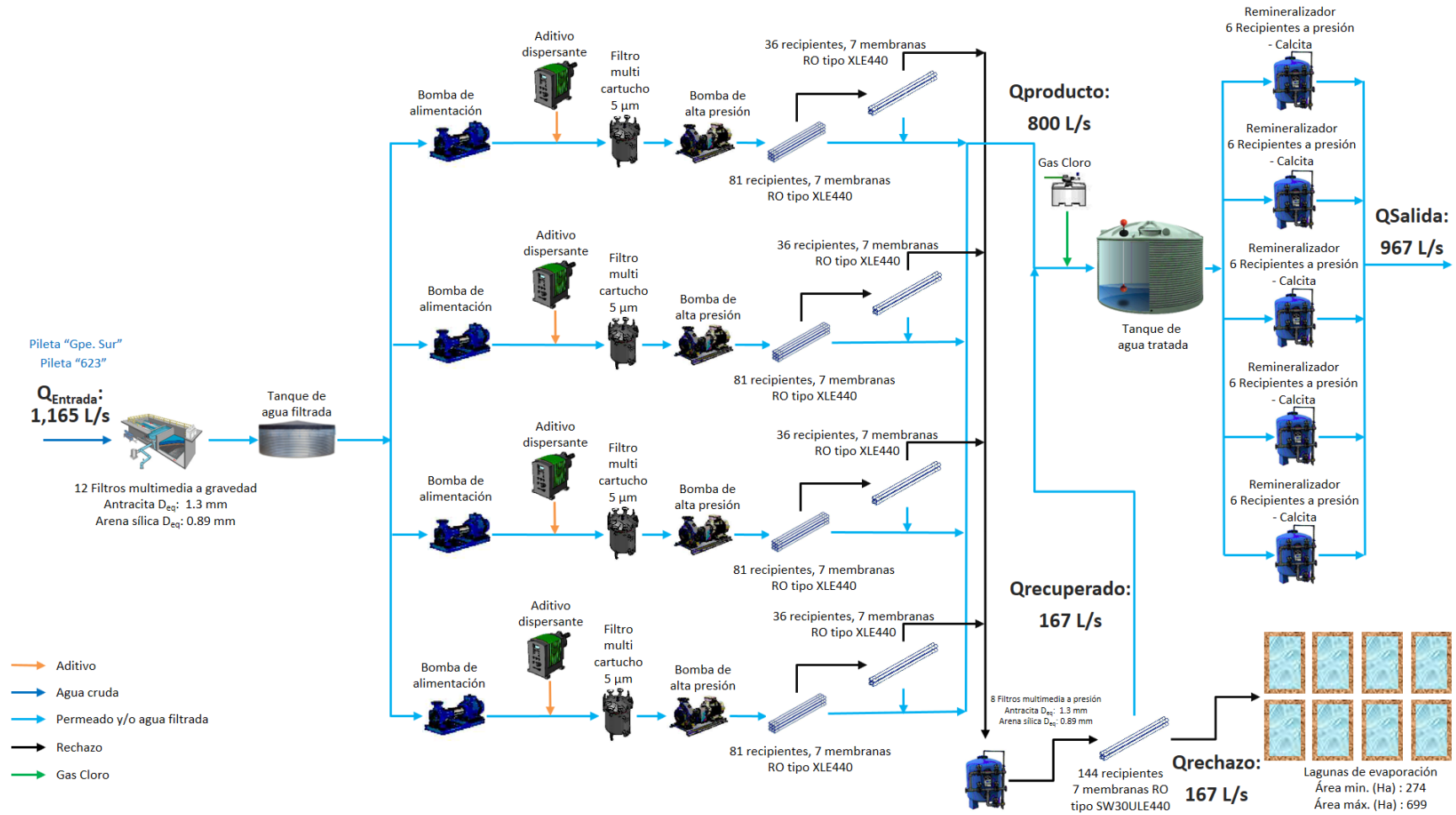


Ilustración 2-29 Diagrama de flujo del proceso

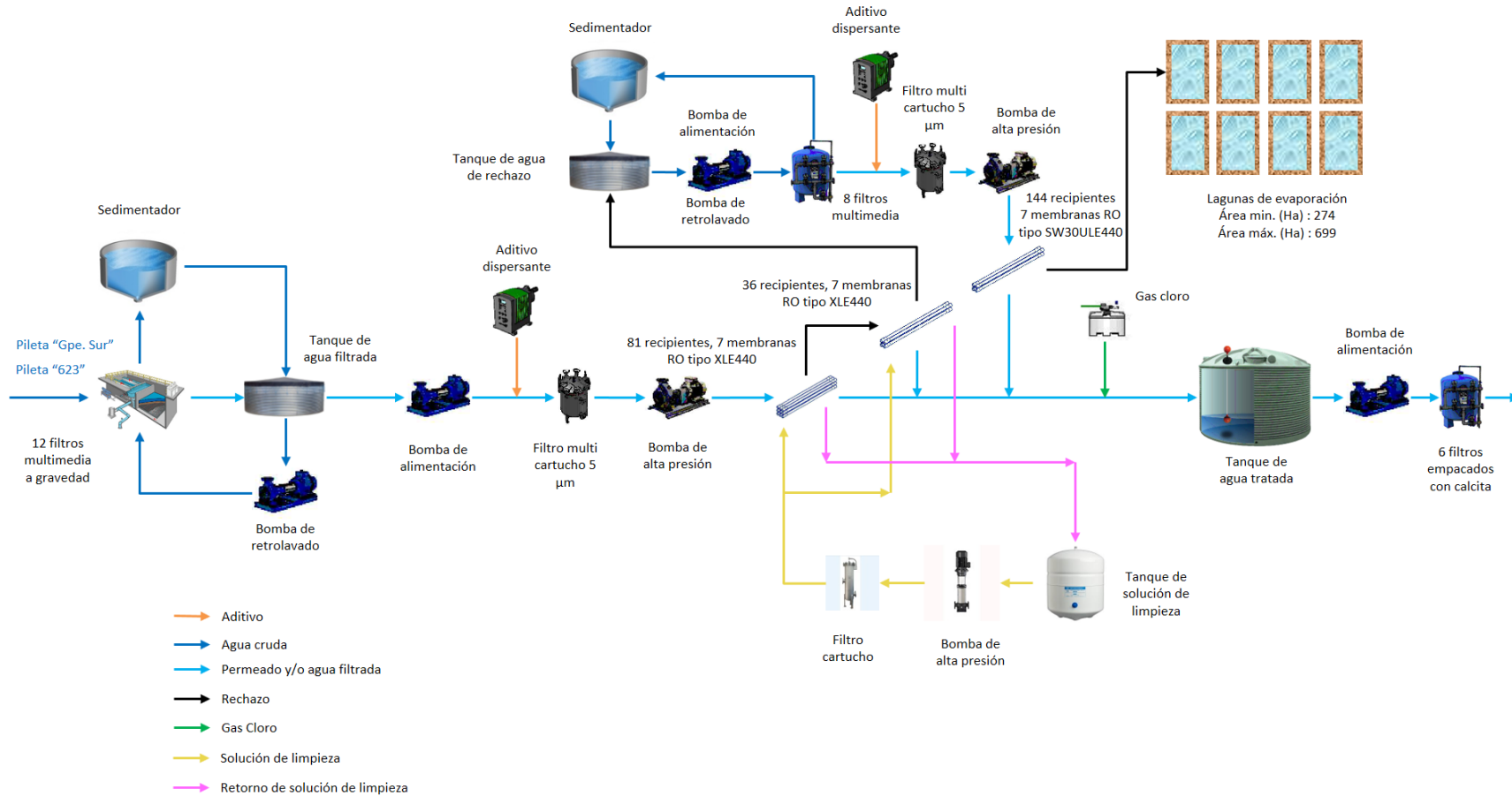


Ilustración 2-30 Diagrama de flujo del proceso por módulo

2.2.3.3 Arreglo general de la planta

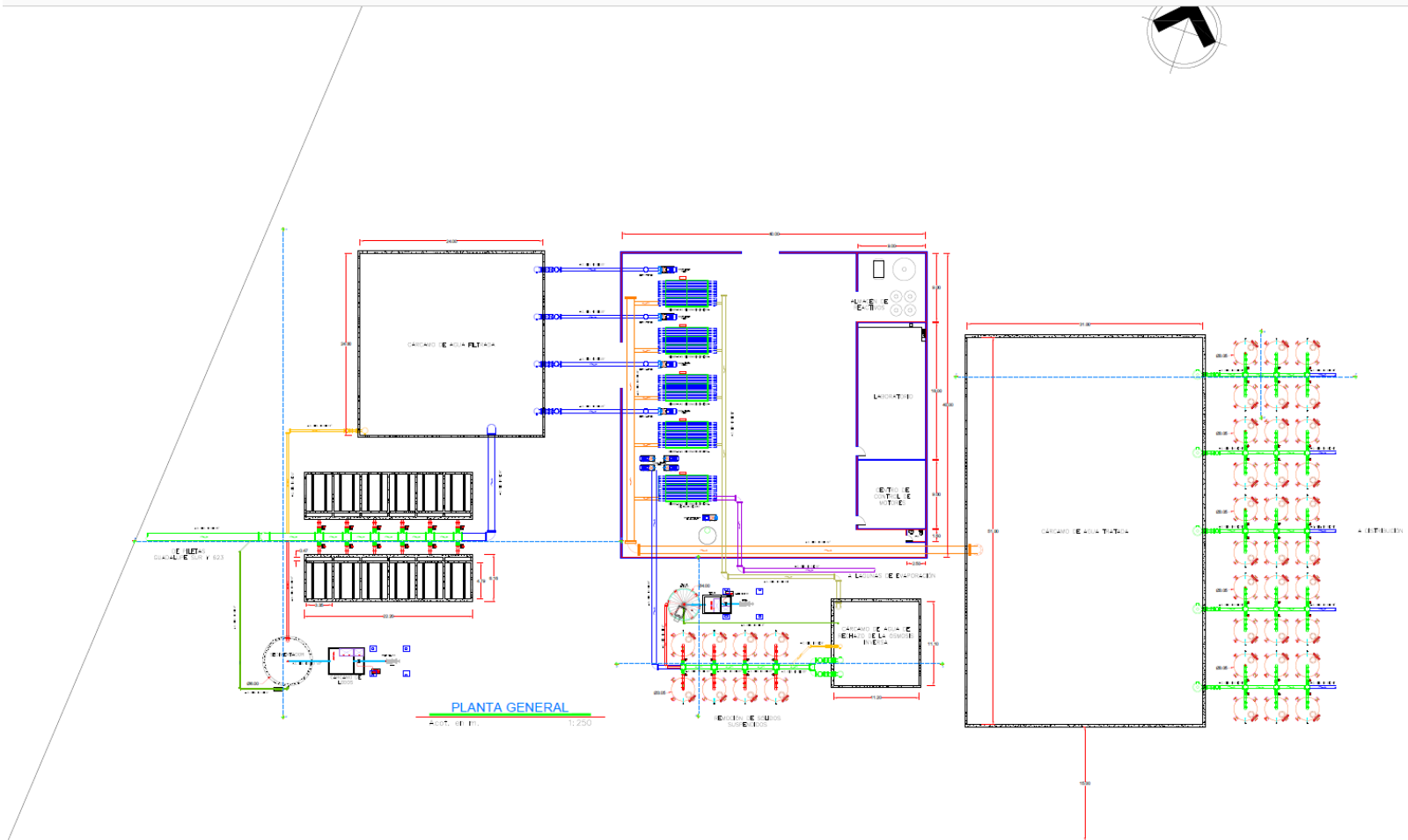


Ilustración 2-31 Distribución de los diferentes componentes de la planta potabilizadora

2.2.3.4 Filtros multimedia a gravedad

El pretratamiento del agua antes de ser alimentada a los equipos de Ósmosis Inversa consiste en la filtración del agua en medios granulares de lecho doble arena-antracita. Este proceso puede eliminar microorganismos, sólidos en suspensión y precipitados de hierro y manganeso.

Se decidió utilizar este sistema debido a que el SDI (ver apartado 2.6) del agua a tratar, dio valores cercanos al límite requerido para membranas de OI. Mediante este tratamiento se deberá asegurar un SDI menor a 3 y una turbiedad menor a 0.2 NTU. No se requiere la adición de coagulante, dado que el agua proviene directamente del acuífero y no se esperan turbiedades superiores a las 10 UNT.

Cada filtro estará equipado con cuatro válvulas (entrada de agua cruda, salida de agua filtrada, entrada de agua de retrolavado y salida de agua de retrolavado) y cada una de ellas con su respectivo actuador eléctrico que será controlado desde un sistema lógico programable (PLC).

El medio filtrante se compone de una capa de antracita y una de arena. Las características de la antracita son: tamaño efectivo de 1.09 mm, diámetro equivalente de 1.30 mm y con un coeficiente de uniformidad 1.41 o menor. Por su parte, la arena sílice debe tener un tamaño efectivo de 0.65 mm, diámetro equivalente de 0.89 y un coeficiente de uniformidad de 1.69 o menor. Se debe considerar también una cama de grava sobre el falso fondo.

La limpieza de los filtros se realizará por retrolavado, considerando una duración de aproximadamente 10 minutos y una frecuencia aproximada de cada 4 días (esto se deberá ajustar en operación). El inicio de los retrolavado y la secuencia del mismo se llevará a cabo automáticamente.

El retrolavado de los filtros se efectuará con agua filtrada y mediante la bomba de retrolavado se aplicará agua en sentido inverso a la dirección del flujo de filtración, para expandir el lecho en al menos 70%. La tasa de retrolavado a aplicar es de 30 m/h. El agua de retrolavado se conducirá a un tanque sedimentador y el agua clarificada se regresará a la tubería de entrada a los filtros.

2.2.3.4.1 Datos generales

A continuación, se enumera la información general requerida para el diseño de los filtros.

Tabla 2-46. Datos generales para el diseño de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
Caudal de diseño	Q_D	1.166	m ³ /s
Frecuencia de retrolavado de filtros (revisar hoja de retrolavado)	$FREC_{RET}$	4	días
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	10.0	min
Tiempo de sedimentación de agua retrolavada	t_{SED}	2.0	h
Tiempo de recirculación de agua clarificada	t_{REC}	3.0	h
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t_{LE}	10.0	min
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	120.0	min
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua cruda	t_{TAC}	0.25	h
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua tratada	t_{TAT}	0.25	h
Tiempo de operación de la planta por día	t_{OP}	24.0	h
Temperatura del agua	T_{AGUA}	20	°C

Tabla 2-46. Datos generales para el diseño de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE DISEÑO			
Tipo de cambio	-	19.5	\$/dólar
Zona del país en donde se encuentra la planta	-	Norte	-
Incluye costo de bombeo a filtros	-	Si	-
Incluye cárcamo de agua cruda	-	Si	-
Incluye distribución a red o carga a la salida de la planta	-	Si	-
Incluye filtrado de lodos	-	Si	-
Fuente de alimentación a la batería de filtros	-	Cárcamo	-
Criterio de selección de la configuración del sistema	-	Menor costo total	-
VELOCIDADES Y TASAS			
Tasa de filtración de trabajo mínima	V _{FTMIN}	21.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo recomendada	V _{FTR}	22.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo máxima	V _{FTMAX}	23.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo máxima durante el retrolavado	V _{FTRMAX}	24.00	m/h
Tasa de retrolavado recomendada	V _{RETR}	30.00	m/h
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	V _{AMAX}	2.00	m/s
Velocidad máxima en tuberías de retrolavado	V _{DMAX}	2.50	m/s
Velocidad máxima de succión en cárcamo	V _{SMAX}	1.00	m/s
MEDIO FILTRANTE			
Material filtrante (1)	-	Antracita	-
Material filtrante (2)	-	Arena Sílice	-
Medio soporte	-	Grava	-
Espesor del medio filtrante (1)	L ₁	0.30	m
Espesor del medio filtrante (2)	L ₂	0.70	m
Espesor del medio soporte	L _S	0.30	m
Porosidad del medio filtrante (1)	n ₁	0.58	-
Porosidad del medio filtrante (2)	n ₂	0.45	-
Porosidad del medio soporte	n _S	0.50	-
Coefficiente de esfericidad medio filtrante (1)	CE ₁	0.53	-
Coefficiente de esfericidad del medio filtrante (2)	CE ₂	0.75	-
Coefficiente de esfericidad medio soporte	CE _{MS}	0.60	-
Factor de forma del medio filtrante (1)	φ ₁	0.73	-
Factor de forma del medio filtrante (2)	φ ₂	0.70	-
Densidad real del medio filtrante (1)	ρ _{R1}	1473.00	kg/m ³
Densidad aparente del medio filtrante (1)	ρ _{A1}	972.00	kg/m ³
Densidad real del medio filtrante (2)	ρ _{R2}	2650.00	kg/m ³
Densidad aparente del medio filtrante (2)	ρ _{A2}	1540.00	kg/m ³

Tabla 2-46. Datos generales para el diseño de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Densidad del medio soporte	ρ_s	2400.00	kg/m ³
Porcentaje de expansión máxima del medio filtrante	exp	74.00	%
FILTROS			
Geometría del filtro	-	Rectangular	-
Bordo libre	B _{LF}	0.30	m
Espesor aproximado de los muros	E _{SMF}	0.30	m
Altura preliminar del filtro	h _{PF}	4.00	m
Velocidad máxima del agua a la salida de las canaletas	v _{SCAN}	0.706	m/s
Numero preliminar de canaletas	N _{PCAN}	2.00	-
FALSO FONDO			
Material	-	PEAD	-
Largo	L _{LS}	0.96	m
Ancho	b _{LS}	0.42	m
Alto	h _{LS}	0.20	m
Área del bloque Leopold	A _{LS}	0.40	m ²
ESPESADOR Y CÁRCAMOS			
Bordo libre	B _L	0.20	m
Altura propuesta del cuerpo del espesador	h _{CE}	3.00	m
Ángulo de fondo del espesador	θ_{FE}	30.00	° Grados
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h _{CL}	1.00	m
Profundidad o altura total de los cárcamos de agua cruda y tratada	h _{CMAX}	3.50	m
Profundidad aproximada de la plantilla de los cárcamos con respecto a la cota de terreno	h _{PLANTILLA}	3.50	m
Espesor aproximado de los muros	E _{SMC}	0.30	m
Espesor aproximado de las mamparas de las cámaras de succión	E _{SMCS}	0.15	m
DATOS DE EQUIPOS			
Carga a la salida de la planta	H _{DIS}	25.00	m
Eficiencia del equipo de bombeo	η	75.00	%
Presión de operación del sistema de deshidratación	P _{FP}	8.00	kg/cm ²
Concentración en peso esperada de deshidratación	C _{DESH}	30	%
Tipo de motor de la bomba para filtración	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para retrolavado	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para distribución	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para recirculación	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para lodos	-	Externo	-
DATOS CONSTANTES			
Densidad del agua	ρ_{AGUA}	998.20	kg/m ³
Viscosidad cinemática del agua	v _{AGUA}	1.00E-06	m ² /s

Tabla 2-46. Datos generales para el diseño de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Peso específico del agua	γ_{AGUA}	9792.34	N/m ³
Presión de vapor del agua	H_{VAP}	0.24	m
Peso específico del lodo	γ_L	9890.27	N/m ³
Presión atmosférica	H_{ATM}	9.00	m
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²
Rugosidad absoluta del material de las tuberías	ϵ_T	5.00E-05	m
Pérdida de carga adicional en filtro sucio (con respecto a filtro limpio)	%hMF	100.00	%

2.2.3.4.2 Selección del número y diámetro de filtros

Para seleccionar el número y área de filtros que más convenga al gasto de diseño, primero se hizo una comparación general del costo de materiales de los cuerpos de los filtros, consumo de energía por retrolavado y área ocupada por los filtros, con el objetivo de escoger el que resulte más adecuado a las condiciones de operación requeridas según el criterio establecido:

- Menor terreno.
- Menor costo de operación.
- Menor costo total.

Para el caso de estudio la mejor opción fue: 12 filtros de 16.04 m² de área cada uno. La Tabla 2-47 muestra el resumen de los cálculos realizados. En las secciones siguientes se muestra el dimensionamiento de todos los componentes.

Tabla 2-47. Selección del número de filtros

Numero de filtros	Área por filtro (m ²)	Área total de la Planta (m ²)	Costo de energía por retrolavado (\$/año)	Costo de inversión (\$)	Costo total (\$)
12.00	16.04	698.04	7,082.39	9,505,580.27	9,512,662.66
14.00	14.03	700.08	6,610.95	9,696,303.09	9,702,914.04
20.00	9.62	713.94	5,078.45	10,491,520.52	10,496,598.97

2.2.3.4.3 Dimensionamiento de filtros

La Tabla 2-48 muestra el dimensionamiento de los filtros.

Tabla 2-48. Dimensionamiento de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	1.166	m ³ /s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0074	m ³ /s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.1337	m ³ /s	

Tabla 2-48. Dimensionamiento de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Tasa de filtración de trabajo recomendada	v_{FTR}	22.00	m/h	
Altura del falso fondo tipo Leopold	h_{LS}	0.20	m	
Pérdida de carga por filtración	h_{TF}	1.71	m	
Pérdida de carga local en línea de agua tratada	h_{AFAT}	0.53	m	
Pérdida de carga por fricción en línea de agua tratada	h_{FFAC}	0.07	m	
Bordo libre en filtros	B_{LF}	0.30	m	
Numero preliminar de canaletas	N_{PCAN}	2.00	-	
Velocidad máxima a la salida de las canaletas	v_{SCAN}	0.706	m/s	
RESULTADOS				
Área de filtración total requerida	A_T	190.80	m ²	$A_T = \frac{Q_D}{v_{FTR}}$
Número de filtros	N_F	12	-	De Selección
Área por filtro	A_F	16.04	m ²	De Selección
Caudal de trabajo	Q_T	1.1734	m ³ /s	$Q_T = Q_D + Q_{REC}$
Tasa de filtración de diseño	v_{FD}	21.81	m/h	$v_{FD} = \frac{Q_D}{(A_F * N_F)}$
Tasa de filtración de trabajo	v_{FT}	21.95	m/h	$v_{FT} = \frac{Q_T}{(A_F * N_F)}$
Tasa de filtración de trabajo durante el retrolavado	v_{FTR}	23.79	m/h	$v_{FTR} = \frac{Q_D}{(A_F * (N_F - 1))}$
Altura del filtro	H_F	4.20	m	$H_F = Max(H_{CANh}; H_{CANEXP}) + B_{LF}$
Largo del filtro	L_F	4.79	m	De Selección
Ancho del filtro	b_F	3.35	m	De Selección
Altura del borde de la canaleta considerando la pérdida de carga por filtración	H_{CANh}	3.90	m	$H_{CANh} = L_1 + L_2 + L_S + 0.1 + h_{LS} + h_{TF} + h_{AFAT} + h_{FFAC}$
Distancia preliminar entre canaletas	DIS_{PCAN}	1.676	m	$DIS_{PCAN} = \frac{b_F}{N_{PCAN}}$
Caudal de diseño de las canaletas	Q_{DCAN}	0.067	m ³ /s	$Q_{DCAN} = \frac{Q_{RET}}{N_{PCAN}}$
Área transversal de diseño de las canaletas	A_{DCAN}	0.0947	m ²	$A_{DCAN} = \frac{Q_{DCAN}}{v_{SCAN}}$
Profundidad de la canaleta comercial	D_{CANC}	40.64	cm	De Tablas
Ancho de la canaleta comercial	B_{CANC}	30.48	cm	De Tablas

Tabla 2-48. Dimensionamiento de filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Área de la canaleta comercial	A_{CANC}	0.0984	m ²	De Tablas
Velocidad en la canaleta comercial	v_{CANC}	0.679	m/s	$v_{CANC} = \frac{Q_{DCAN}}{A_{CANC}}$
Altura del borde de la canaleta considerando la expansión de los medios filtrantes	H_{CANEXP}	2.65	m	$H_{CANEXP} = L_1 + L_2 + L_S + h_{LS} + exp + D_{CANC}$
Área hidráulica del canal de agua cruda	A_{CAC}	0.19	m ²	$A_{CAC} = \frac{Q_{RET}}{v_{SCAN}}$
Profundidad del canal de agua cruda	D_{CAC}	0.71	m	$D_{CAC} = D_{CANC} + B_{LF}$
Ancho del canal de agua cruda	B_{CAC}	0.47	m	$B_{CAC} = \frac{A_{CAC}}{D_{CANC}}$

El dimensionamiento de los filtros se basa en la configuración mostrada en la Ilustración 2-32 y Ilustración 2-33.

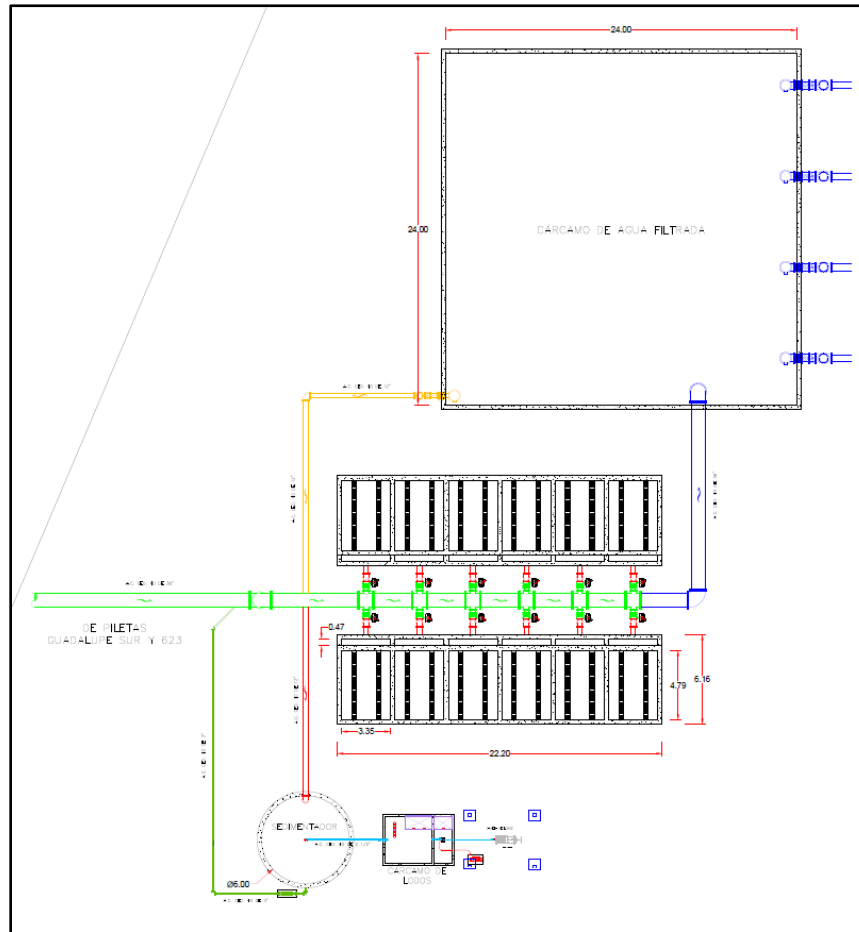


Ilustración 2-32 Vista de planta de los filtros a gravedad.

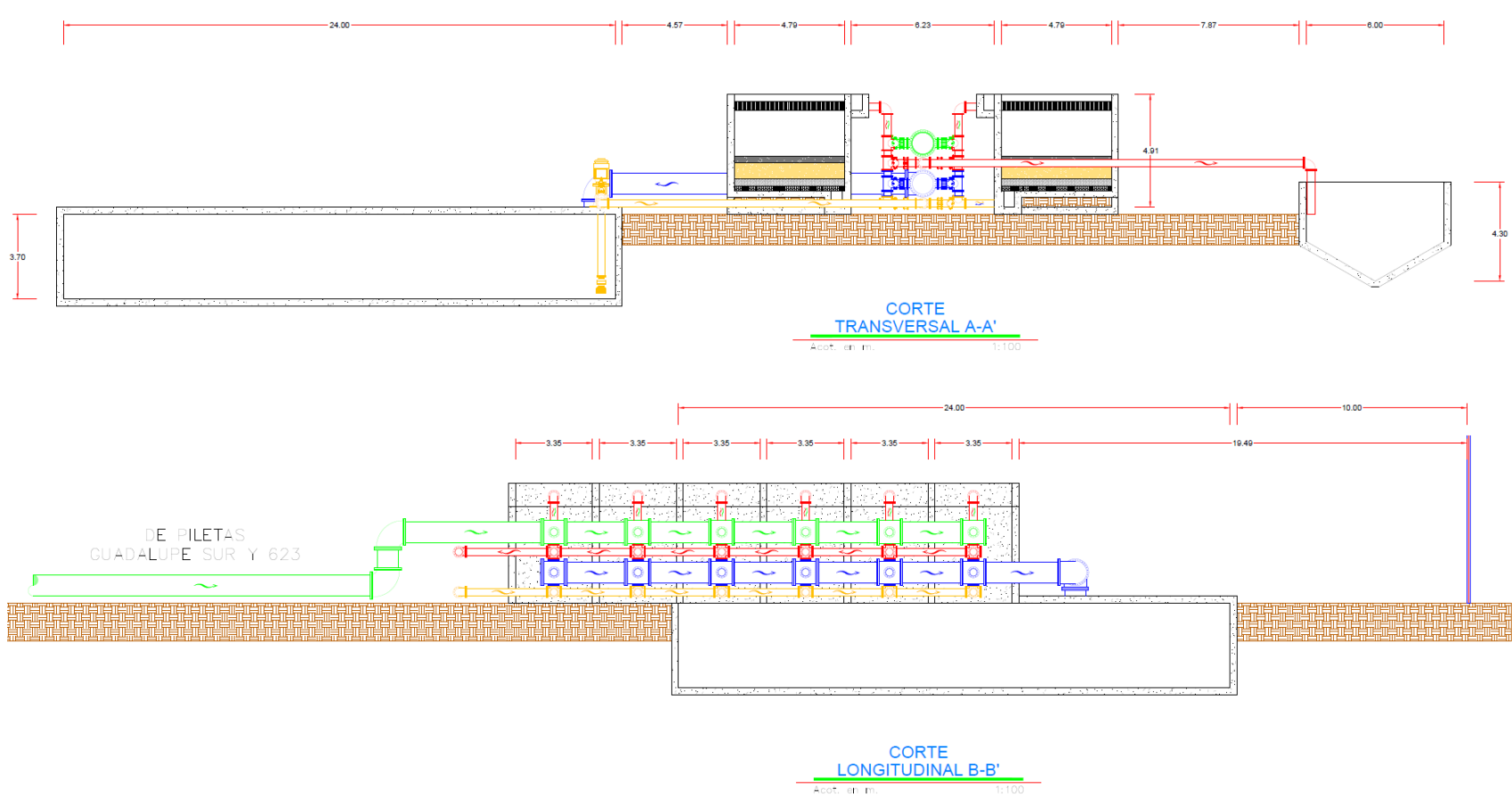


Ilustración 2-33 Distribución general de los filtros a gravedad

2.2.3.4.4 Tuberías de distribución

La información de las tuberías se muestra en la Tabla 2-49.

Tabla 2-49. Tuberías de distribución

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
DATOS				
Caudal de diseño	Q _D	1.1660	m ³ /s	
Caudal de recirculación	Q _{REC}	0.0074	m ³ /s	
Caudal de trabajo	Q _T	1.1734	m ³ /s	
Caudal de retrolavado	Q _{RET}	0.1337	m ³ /s	
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	V _{AMAX}	2.00	m/s	
Velocidad máxima en tuberías de retrolavado	V _{DMAX}	2.50	m/s	
Número de filtros	N _F	12	-	
Volumen de lodo líquido por día	V _{LDP}	3.21	m ³	
Volumen del cárcamo de lodos	V _{CL}	9.62	m ³	
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t _{LE}	10.00	min	
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t _{LC}	120.00	min	
RESULTADOS				
Diámetro del múltiple de agua cruda o agua tratada				
Diámetro comercial	D _{M AC/AT}	36.00	plg	$D_{M AC/AT} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi v_{AMAX}}}$ $A_M = \frac{\pi (D_{M AC/AT})^2}{4}$ $v_M = \frac{Q_T}{A_M}$
Área de tubería	A _M	0.6567	m ²	
Velocidad	v _M	1.79	m/s	
Diámetro de tubería de filtros agua cruda o agua tratada, durante retrolavado de uno de ellos				

Tabla 2-49. Tuberías de distribución

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.1060	m ³ /s	$Q_{FTR} = \frac{Q_D}{(N_F - 1)}$
Diámetro comercial	$D_{FAC/AT}$	12.0	plg	$D_{FAC/AT} = \sqrt{\frac{4 * Q_{FTR}}{\pi v_{AMAX}}}$
Área de tubería	A_F	0.0730	m ²	$A_F = \frac{\pi(D_{FAC/AT})^2}{4}$
Velocidad	v_F	1.45	m/s	$v_F = \frac{Q_{FTR}}{A_F}$
Diámetro de tubería de retrolavado				
Diámetro comercial	D_{RET}	12.0	plg	$D_{RET} = \sqrt{\frac{4 * Q_{RET}}{\pi v_{DMAX}}}$
Área de tubería	A_{RET}	0.0730	m ²	$A_{RET} = \frac{\pi(D_{RET})^2}{4}$
Velocidad	v_{RET}	1.83	m/s	$v_{RET} = \frac{Q_{RET}}{A_{RET}}$
Tubería de recirculación de agua clarificada				
Diámetro comercial	D_{REC}	3.0	plg	$D_{REC} = \sqrt{\frac{4 * Q_{REC}}{\pi v_{DMAX}}}$
Área de tubería	A_{REC}	0.0046	m ²	$A_{REC} = \frac{\pi D_{REC}^2}{4}$
Velocidad	v_{REC}	1.61	m/s	$v_{REC} = \frac{Q_{REC}}{A_{REC}}$
Tubería de extracción de lodos del espesador al cárcamo de lodos				
Caudal de lodos del espesador	Q_{LE}	0.0053	m ³ /s	$Q_{LE} = \frac{V_{LPD}}{t_{LE}}$
Diámetro comercial	D_{EL}	2.5	plg	$D_{LE} = \sqrt{\frac{4 * Q_{LE}}{\pi v_{DMAX}}}$
Área de tubería	A_{LE}	0.0032	m ²	$A_{LE} = \frac{\pi D_{LE}^2}{4}$
Velocidad	v_{LE}	1.69	m/s	$v_{LE} = \frac{Q_{LE}}{A_{LE}}$
Tubería de extracción de lodos del cárcamo de lodos al filtro prensa				

Tabla 2-49. Tuberías de distribución

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
Caudal de lodos del cárcamo	Q_{LC}	0.0032	m ³ /s	$Q_L = \frac{V_{CL}}{t_{LC}}$ $D_{LC} = \sqrt{\frac{4*Q_{LC}}{\pi v_{D_{MAX}}}}$ $A_{LC} = \frac{\pi D_{LC}^2}{4}$ $v_{LC} = \frac{Q_{LC}}{A_{LC}}$
Diámetro comercial	D_{LC}	2.0	plg	
Área de tubería	A_{LC}	0.0020	m ²	
Velocidad	v_{LC}	0.66	m/s	

2.2.3.4.5 Equipo de bombeo

Las especificaciones de los equipos requeridos para el funcionamiento de los filtros de arena-antracita, se muestran en la Tabla 2-50.

Tabla 2-50 Equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	1.1660	m ³ /s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.1337	m ³ /s	
Caudal de lodos del cárcamo	Q_{LC}	0.0013	m ³ /s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0074	m ³ /s	
Caudal por equipo de filtración	Q_{RF}	0.2915	m ³ /s	
Caudal por equipo de retrolavado	Q_{ER}	0.1337	m ³ /s	
Caudal por equipo de distribución	Q_{ED}	0.2915	m ³ /s	
Peso específico del agua	γ_{AGUA}	9792	N/m ³	
Peso específico del lodo	γ_L	9890	N/m ³	
Presión máxima de trabajo del filtro prensa	P_{FP}	8.0	kg/cm ²	

Tabla 2-50 Equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Carga a la salida de la planta	H_{DIS}	25.0	m	
Pérdida de carga local en línea de agua cruda	h_{AFAC}	0.88	m	
Pérdida de carga por fricción en línea de agua cruda	h_{FFAC}	1.71	m	
Pérdida de carga total en el filtro durante el retrolavado	h_{TR}	1.15	m	
Pérdida de carga local en línea de retrolavado de entrada	h_{ARE}	0.87	m	
Pérdida de carga por fricción en línea de retrolavado de entrada	h_{FRE}	0.32	m	
Profundidad máxima de los cárcamos de agua cruda y tratada (profundidad más bordo libre)	h_{CMAX}	3.70	m	
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AC	$H_{MIN AC}$	1.51	m	
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AT	$H_{MIN AT}$	1.51	m	
Nivel de descarga en cárcamo de AC	$h_{DESCARGA}$	0.00	m	
Nivel de succión en el tanque espesador	$h_{SUCCIÓN}$	-1.17	m	
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h_{CL}	1.00	m	
Altura total del filtro	h_{FTOTAL}	4.20	m	
Eficiencia de equipo de bombeo	η	75.00	%	
Presión atmosférica	H_{ATM}	9.00	m	
Presión de vapor	H_{VAP}	0.238	m	
RESULTADOS				
Equipo de bombeo a filtros (centrifuga vertical)				
Carga de bombeo	H_{BF}	10.49	m	$H_B = (z_2 - z_1) + \sum H + h$ $P = \frac{1}{\eta} \gamma Q H_B$
Potencia de salida de la bomba	P_F	53.53	hp	

Tabla 2-50 Equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM F}$	60.00	%	$P_E = \frac{P}{\eta_{EM}} \times 100$
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	$P_{EF 2}$	69.59	hp	
Equipo de bombeo para retrolavado (centrífuga vertical)				
Carga de bombeo	H_{BRET}	10.24	m	
Potencia de salida de la bomba	P_{RET}	23.97	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM RET}$	56.00	%	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	$P_{ERET 2}$	31.16	hp	
Equipo de bombeo para recirculación (centrífuga horizontal)				
Carga de bombeo	H_{BREC}	10.49	m	
Potencia de salida de la bomba	P_{REC}	1.36	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{EREC}	1.77	hp	
Equipo de bombeo para lodos de cárcamo al filtro (neumática)				
Carga de bombeo	H_{BL}	81.00	m	
Potencia de salida de la bomba	P_L	1.91	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{EL}	2.49	hp	
Equipo de bombeo para distribución (centrífuga vertical)				
Carga de bombeo	H_{DIS}	28.70	m	

Tabla 2-50 Equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Potencia de salida de la bomba	P_{DIS}	146.48	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM DIS}$	64.00	%	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	$P_{EDIS 2}$	190.43	hp	
Carga neta de succión positiva disponible (NPSH)				$NPSH = H_{ATM} - (H_{VAP} + h_s + \Delta H_s)$ ΔH_s = Pérdida por fricción en la columna El valor es muy pequeño para columnas de cárcamo, por lo que se desprecia h_s – Altura del eje de la bomba sobre el nivel mínimo de agua en el cárcamo $h_s = (h_{CMAX} + 0.5) - H_{MIN}$ 0.5 - Altura aproximada del centro del tubo de descarga de la bomba a la losa del cárcamo más el grosor de la losa.
Altura estática de succión en cárcamo de AC	h_{SAC}	2.69	m	
Altura estática de succión en cárcamo de AT	h_{SAT}	2.69	m	
NPSH en cárcamo AC	$NPSH_{DIS AC}$	6.08	m	
NPSH en cárcamo AT	$NPSH_{DIS AT}$	6.08	m	
Diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire en el tren de descarga de los equipos de bombeo				
Bomba para filtración	-	6.00	plg	De tablas
Bomba para retrolavado	-	6.00	plg	
Bomba para distribución	-	6.00	plg	

2.2.3.5 Filtros de cartucho

Los filtros de cartucho se utilizan como última medida de protección para las membranas de Ósmosis Inversa, ya que cualquier partícula mayor de 5 μm podría dañarlas. Los filtros de cartucho consisten en unos tubos de PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio) dentro de los cuales están los cartuchos (Colomina-Montava, 2016).

Para esta planta se van a requerir, por módulo, 114 cartuchos de Polipropileno de 40 gal/min y los tubos deberán ser construidos para una presión de trabajo de 6 bar y supondrán unas pérdidas de carga de 10 m a filtro sucio. La Ilustración 2-34 muestra un ejemplo de este tipo de filtros.



Ilustración 2-34 Filtro de cartucho

Los filtros de cartucho no precisan de un lavado periódico, se deben sustituir en el momento en que la suciedad no permita su correcto funcionamiento, es decir, cuando la pérdida de carga llegue a los 0.7 kg/cm^2 o la turbiedad residual supere los 0.2 NTU . La caída de presión de un filtro operando en condiciones normales es alrededor de 0.20 a 0.30 Bar y los filtros se reemplazan al llegar la presión diferencial a valores de 0.7 a 1.0 Bar . Para fines de cálculo de costos se considera una vida útil de 30 días en promedio, sin embargo, se espera una duración mayor debido a la calidad del agua.

2.2.3.6 Ósmosis Inversa

2.2.3.6.1 Diseño conceptual

El tratamiento se realizará en cuatro trenes idénticos, tanto en número de membranas, bombas e instrumentación, así como equipos necesarios para la operación. Como resultado de esta decisión, en cada uno de los trenes se producirán 200 L/s de agua potabilizada y el caudal de entrada será de 285.5 L/s . Un sistema así ofrece una confiabilidad alta ya que, si hay un problema con uno de los módulos, los otros pueden operar normalmente.

Los datos de calidad del agua que se utilizarán para los balances, son en realidad los valores máximos obtenidos en los tres monitoreos (Tabla 2-51), con la finalidad de hacer la modelación de las membranas con las peores condiciones del agua. Cabe mencionar que esta agua “fabricada”, tiene un balance iónico totalmente aceptable, como se puede ver en la Tabla 2-52.

Tabla 2-51. Calidad del agua para diseño

Parámetro (Unidades)	NOM 127 (OMS)	Valores
BORO TOTAL mg/L	(2.5)	2.07
CALCIO TOTAL mg/L		651.60
DUREZA TOTAL mg/L CaCO ₃	500	2,578
POTASIO TOTAL mg/L		20.06
MAGNESIO TOTAL mg/L		180.70
RADIATIVIDAD ALFA TOTAL Bq/L	0.56	2.37
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES mg/L	1000	4,170
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA EN CAMPO uS/cm		3950.00
pH EN CAMPO U pH	6.5-8.5	7.40
SÍLICE TOTAL (SiO ₂ , A PARTIR DEL Si) mg/L		31.37
SILICIO TOTAL mg/L		14.66
ESTRONCIO TOTAL mg/L		12.42
TEMPERATURA EN CAMPO °C		34.00
FLUORUROS mg/L	1.5	2.80
NITRÓGENO AMONIACAL mg/L	0.5	0.10
NITRATOS (NITRÓGENO DE) mg/L	10	0.30
SULFATOS mg/L	400	2,852
CLORUROS mg/L	250	147.00
COLOR VERDADERO (Pt-Co) U Pt/Co	20	5.00
TURBIEDAD UTN	5	6.00
ARSÉNICO TOTAL mg/L	0.05	0.49
FIERRO TOTAL mg/L	0.3	0.47
MANGANESO TOTAL mg/L	0.15	0.26
SODIO TOTAL mg/L	200	419.62
PLOMO TOTAL mg/L	0.01	0.04
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO ₃		182.00
BICARBONATOS mg/L CaCO ₃		182.00
CARBONATOS mg/L CaCO ₃		0.00
TEMPERATURA °C		30

Tabla 2-52 Balance iónico del agua de estudio

Maximo					
	en mg/L de CaCO3	ion (mg/L)	Peso molecular o atómico	meq/L	mM
Ca		651.600	40.08	32.515	16.257
Mg	-	180.700	24.31	14.869	7.435
Na		419.620	22.99	18.253	18.253
K		20.060	39.10	0.513	0.513
NH4	0.10	0.129	18.01	0.007	0.007
Ba		0.019	137.33	0.000	0.000
Cationes	0.100	1,272.128		66.158	42.466
HCO3	182.000	222.103	61.02	3.640	3.640
CO3	-	-	60.01	-	-
SO4		2,852.290	96.06	59.383	29.692
Cl		147.000	35.45	4.146	4.146
NO3	0.304	1.338	62.00	0.022	0.022
F		2.800	18.99	0.147	0.147
PO4		1.591	94.97	0.050	0.017
Aniones	182.304	3,227.122		67.389	37.664
SDT (medidos)		4,170			
SDT (calculado)		4,499		iones totales: 133.55	80.13
Error SDT %		7.32		Error BI (%)	0.92

Las corridas con el paquete de membranas es el mostrado en la Tabla 2-22, considerando un factor de flujo de 0.85, correspondiente a un estado de envejecimiento de entre 1 y 2 años y una temperatura de 30°C.

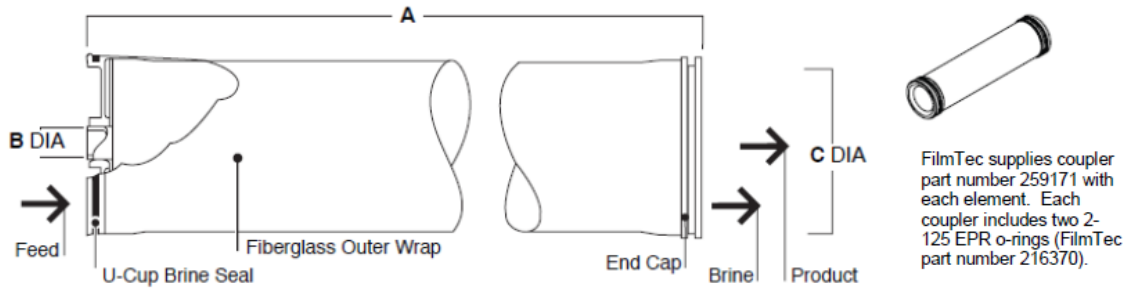
Las membranas que garantizaron la mejor remoción son las XLE 440, elementos en espiral, fabricados con película delgada compuesta (TFC) de poliamida, con un área activa de 41 m², permeado nominal de 53 m³/día, rechazo nominal del 97%, ocho pulgadas nominales de diámetro, un metro nominal de largo, con las siguientes características:

Product Type Spiral-wound element with polyamide thin-film composite membrane

Product Specifications

DOW FILMTEC™ Element	Active Area		Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flow Rate		Typical Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)
	(ft ²)	(m ²)		(GPD)	(m ³ /d)		
XLE-440	440	41	28	14,000	53	99.0%	97.0%

1. Permeate flow and salt (NaCl) rejection based on the following standard test conditions: 2,000 ppm NaCl, 125 psi (8.6 bar), 77°F (25°C), pH 8, 15% recovery.
2. Flow rates for individual elements may vary but will be no more than ±15%.
3. Stabilized salt rejection is generally achieved within 24-48 hours of continuous use; depending upon feedwater characteristics and operating conditions.
4. Sales specifications may vary as design revisions take place.
5. Active area guaranteed ± 5%. Active area as stated by Dow Water & Process Solutions is not comparable to nominal membrane area often stated by some manufacturers. Measurement method described in Form No. 609-00434.



DOW FILMTEC™ Element	A		B		C	
	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)
XLE-440	40.0	1,016	1.50 ID	38 ID	7.9	201

Maximum Operating Temperature ^a	113°F (45°C)
Maximum Operating Pressure	600 psig (41 bar)
Maximum Element Pressure Drop	15 psig (1.0 bar)
pH Range, Continuous Operation ^a	2 – 11
pH Range, Short-Term Cleaning (30 min.) ^b	1 – 13
Maximum Feed Silt Density Index (SDI)	SDI 5
Free Chlorine Tolerance ^c	< 0.1 ppm

^a Maximum temperature for continuous operation above pH 10 is 95°F (35°C).

^b Refer to Cleaning Guidelines in specification sheet 609-23010.

^c Under certain conditions, the presence of free chlorine and other oxidizing agents will cause premature membrane failure. Since oxidation damage is not covered under warranty, Dow Water & Process Solutions recommends removing residual free chlorine by pretreatment prior to membrane exposure. Please refer to technical bulletin "[Dechlorinating Feedwater](#)" for more information.

El contratipo (similares) para las membranas XLE 440, en otras marcas es como sigue:

Hydranautics (ESPA4-LD)
Toray (TMH20A-440)
GE/Suez (AK 440 LE)
Koch (8823 ULP 440)

En cualquier caso, se pueden validar libremente los resultados utilizando las membranas mencionadas, con el software de los respectivos fabricantes.

La primera fase del cálculo consiste en establecer preliminarmente el número de elementos necesarios para poder realizar la purificación del agua. Para esto se hace uso de la información específica de las membranas, como el flujo de permeado por cada elemento máximo posible, el flujo mínimo de concentrado por cada elemento que asegure el arrastre de partículas en suspensión (ya sea que se formen por la sobre saturación o simplemente vengan en la alimentación) y el flujo máximo de alimentación por elemento filtrante, que evita la abrasión hidráulica de la superficie de la membrana.

Tomando en cuenta estos parámetros y el tipo y características del agua de alimentación, hay guías prácticas útiles disponibles por cada fabricante (Tabla 2-53), basados en su experiencia en laboratorio y en campo, que permiten realizar un diseño seguro del sistema. Existe un valor adicional, el flux,

que es la cantidad de flujo por unidad de tiempo por área superficial de membrana del elemento filtrante, normalmente expresado en galones por día por cada pie cuadrado, o metros cúbicos por día por metro cuadrado de membrana.

Al hacer el diseño tomando en cuenta los rangos de flux sugeridos por el fabricante, dependiendo del tipo de membrana y de las características del agua de alimentación, se asegura casi automáticamente cumplir con las restricciones hidráulicas sugeridas.

En cada módulo, la Ósmosis Inversa de dos pasos con membranas del tipo XLE 440, estará conformada por:

- Primer paso: 81 recipientes incluyendo 7 membranas cada uno.
- Segundo paso: 36 recipientes incluyendo 7 membranas cada uno.

El número total de recipientes y membranas por módulo es de 117 y 819 respectivamente. Los recipientes propuestos se muestran en Ilustración 2-35.

El caudal de entrada por módulo a la OI será de 285.5 L/s y se producirán 200 L/s de permeado con 85.5 L/s de rechazo. La conversión mínima establecida para la mayor eficiencia fue de 70% global.

La representación del proceso de tratamiento por membranas en su primera y segunda etapa se observa en la Ilustración 2-36.

Tabla 2-53 Guías para el diseño de sistemas de OI

Feed source	RO Permeate	Well Water	Surface Water			Wastewater (Filtered Municipal Effluent or Industrial Effluent)			Seawater			
			Surface Water with Ultrafiltration pretreatment	Generic membrane filtration or advanced conventional pretreatment	Generic conventional pretreatment	Dow Ultrafiltration (Generic membrane filtration MBR/MF/UF)	Conventional pretreatment	Well or Open Intake with Ultrafiltration	Open Intake with generic membrane filtration or advanced conventional pretreatment	Open intake with generic conventional pretreatment	
Feed silt density index (%/min)	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 2.5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 2.5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 2.5	SDI < 3	SDI < 5	
Maximum element recovery %	30	19	19	17	15	14		13	12	15	14	13
Active Membrane Area	Maximum permeate flow rate, gpd or m³/d											
365 ft ² elements	10,200	8,500	8,500	7,200	6,600	6,300		5,900	5,200	—	—	Not Recommended
370 ft ² elements	10,200	8,500	8,500	7,200	6,600	6,300		5,900	5,200	7,800	7,400	7,000
380 ft ² elements	10,700	8,900	8,900	7,500	6,900	6,500		6,000	5,300	7,900	7,600	7,200
390 ft ² elements	10,920	9,200	— Not Recommended —			— Not Recommended —			— Not Recommended —			
400 ft ² elements	11,200	9,300	9,300	7,900	7,300	6,800		6,400	5,700	8,400	8,000	7,600
440 ft ² elements	12,300	10,300	10,300	8,700	8,000	7,600		7,100	6,300	9,200	8,800	8,360
Maximum element flux (gfd)	28	22.7	22.7	20	18	17		16	14	21	20	19
<i>Design Flux range</i>	<i>21-25</i>	<i>16-20</i>	<i>16-20</i>	<i>13-17</i>	<i>dic-16</i>	<i>nov-15</i>		<i>oct-14</i>	<i>08-dic</i>	<i>09-nov</i>	<i>08-oct</i>	<i>07-oct</i>
Element type	Minimum concentrate flow rate², gpm (m³/h)											
BW elements (365 ft ²)	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	16 (3.6)	18 (4.1)		—	—	Not Recommended
BW elements (400 ft ² and 440 ft ²)	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	18 (4.1)	20 (4.6)		—	—	Not Recommended
NF elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	18 (4.1)	18 (4.1)		—	—	Not Recommended
Full-fit elements	25 (5.7)	25 (5.7)	— Not Recommended —			— Not Recommended —			— Not Recommended —			
SW elements	10 (2.3)	— NR —	— Not Recommended —			— Not Recommended —			13 (3.0)	14 (3.2)	15 (3.4)	
Element type Active area ft² (m²)	Maximum feed flow rate², gpm (m³/h)											
BW elements	365 (33.9)	65 (15)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)	52 (12)	52 (12)	—	—	Not Recommended
BW/NF elements	400 (37.2)	75 (17)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61(14)	61(14)	61(14)	—	—	Not Recommended
BW elements	440 (40.9)	75 (17)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61(14)	61(14)	61(14)	—	—	Not Recommended
Full-fit elements SW elements	390 (36.2) 370 (34.4)	85 (19) 65 (15)	75 (17)	— Not Recommended —			— Not Recommended —			— Not Recommended —		
		— NR —	— Not Recommended —			— Not Recommended —			63 (14)	60 (13.5)	56 (13)	
SW elements	380 (35.3)	72 (16)	— NR —	— Not Recommended —			— Not Recommended —			70 (16)	66 (15)	62 (14)
SW elements	400 (37.2)	72 (16)	— NR —	— Not Recommended —			— Not Recommended —			70 (16)	66 (15)	62 (14)

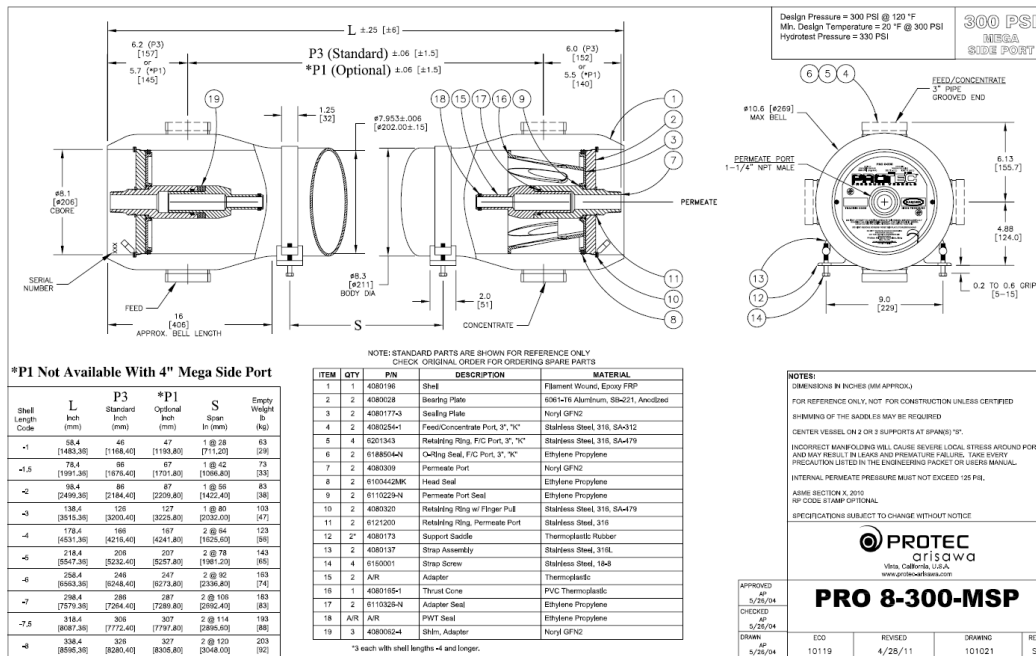


Ilustración 2-35 Recipientes propuestos para el sistema de OI

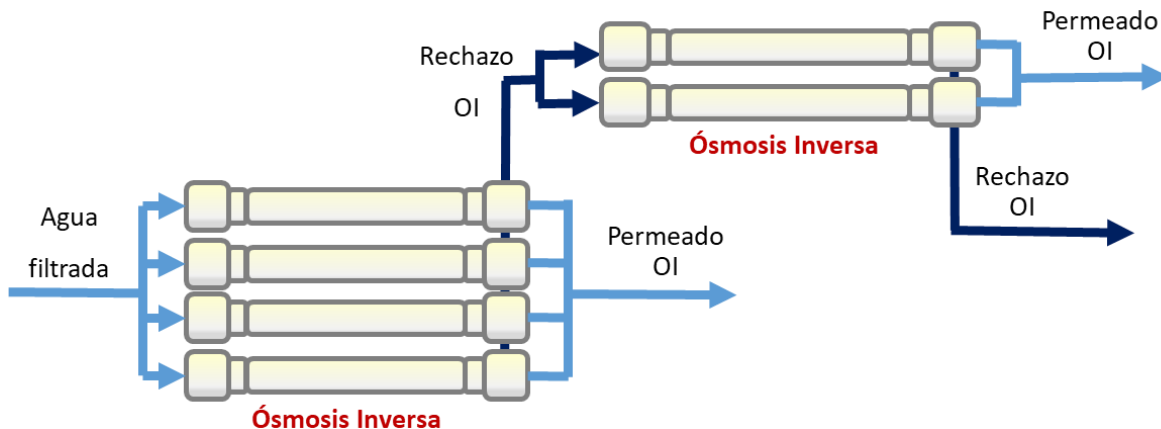


Ilustración 2-36 Etapas 1 y 2 del tratamiento por membranas

Toda la tubería será plástica de PVC hidráulico cédula 80 (para presiones de trabajo de 14 kg/cm²) y los recipientes de 8' x 7 m de largo en fibra de vidrio embebidas en resinas de poliéster, para soportar presiones de 300 psi.

2.2.3.6.2 Anti incrustante

El software utilizado para el diseño de la planta recomienda la adición de un anti incrustante antes de la entrada de los filtros cartucho, que impida la formación de precipitados (en este caso sobre todo de sulfato de calcio) y para prevenir la atracción de más iones desde la solución sobresaturada hacia el cristal, con esto se evita que los cristales alcancen un tamaño suficiente como para precipitar.

Será necesario añadir dos tipos de productos químicos grado agua potable (certificado NSF de preferencia), mezclados en una sola presentación: Inhibidores de incrustación y dispersantes. El primer grupo de químicos permiten que los nuevos compuestos y sales que se forman, a medida que el agua sufre concentración de las sales por el efecto de migración del agua pura a través de la membrana, precipiten en tiempos más prolongados o lo hagan en forma de cristales más pequeños y menos duros.

Los dispersantes ayudan a que algunos compuestos como sales de calcio, hierro, bario o magnesio y pequeñas partículas de sedimento, se mantengan en suspensión y no precipiten en el interior del elemento o membrana.

Normalmente la combinación de estos productos que se adicionan en base al caudal total de alimentación, estaría entre 1 y 10 ppm. Es importante mencionar que una vez que se alcanza la dosificación mínima requerida, cualquier exceso sólo se desperdicia, incluso, cuando la dosificación excede en demasía a la recomendación de dosificación, existe el peligro de ensuciar las membranas de manera prematura; esto es reversible si se detecta el problema a tiempo. En cualquier caso, siempre se deberá contar con las recomendaciones del fabricante del producto químico.

Los índices de incrustación (LSI, RSI o PSI) y los balances de masa (Iones en la alimentación = los iones en el permeado + los iones en el agua rechazada), son herramientas valiosas para monitorear la efectividad de los programas de control de incrustación.

La dosis máxima recomendada es de 10 mg/L con un valor de operación de 6.7 mg/L, por lo que el consumo por módulo se estima de la siguiente forma:

Consumo de anti incrustante = (caudal/módulo) (dosis de anti incrustante) = (285.5 L/s) (10 mg/L) (3600 s/h) / (1x10⁶ mg/kg) = 10.27 kg/h

La presentación del anti incrustante es líquida, con una densidad de 1.2 kg/L. La sugerencia es preparar la solución al 50%, diluida en agua producto de la Osmosis Inversa y colocar las perillas de control de la bomba al 50%.

Se requiere una bomba dosificadora por módulo que permita, con el 50% de su capacidad, suministrar ((10.27 kg/h)/0.5)/(1.2 kg/L) = 17 L/h y vencer 2.5 kg/cm² de presión en la línea. Por lo que se recomienda tener cisternas de 3,000 litros por módulo, para tener una autonomía de siete días.

Sin embargo, antes de hacer pruebas no es posible saber exactamente cuánto se va a dosificar.

2.2.3.6.3 Sistema de limpieza en sitio (CIP).

Durante el funcionamiento normal, las membranas pueden incrustarse por depósitos minerales, materia biológica, partículas coloidales y/o constituyentes orgánicos insolubles.

Los depósitos se acumulan en la superficie de la membrana durante el funcionamiento normal, hasta que causan pérdida en flujo de permeado normalizado; pérdida en la selectividad o rechazo de sal normalizado o ambos.

Los elementos deben limpiarse cuando uno o más de los parámetros mencionados a continuación sean aplicables:

- El flujo de permeado normalizado cae un 10%
- El pasaje de sal a través de la membrana se incrementa de 5 a 10%
- La caída de presión normalizada cae un 5 o 10%

Si se espera demasiado, la limpieza puede no restaurar el rendimiento del elemento de membrana con éxito. El cálculo del volumen de limpieza se hace considerando los recipientes vacíos (sin membranas) y que se lavan primero las membranas de OI de la primera etapa y después las de la segunda, por lo tanto, el volumen es el del mayor número de recipientes:

Numero de recipientes primera etapa de OI (#1):	81
Numero de recipientes segunda etapa de OI (#2):	36
Diámetro de los recipientes (D):	8" (0.2032 m)
Longitud de recipientes (L):	7 m
Volumen por recipiente (V_r):	$V_r = \frac{\pi D^2}{4} L = \frac{\pi(0.2032)^2}{4} (7) = 227 L$
Volumen primera etapa ($V_{\#1}$):	$V_{\#1} = (\#1) (V_r) = (81)(227) = 18,387 L$
Volumen segunda etapa ($V_{\#2}$):	$V_{\#2} = (\#2) (V_r) = (36)(227) = 8,172 L$
Volumen por módulo (V_m):	$V_m = V_{\#1} = 18,387 L$

Se sugiere utilizar tanque de 20,000 litros de polietileno para realizar la limpieza por etapa de cada módulo.

El flujo y presión máximos de lavado, recomendados por la mayoría de los fabricantes de membranas y de productos químicos, es de 45 galones por minuto (2.5 L/s) y 4 Bares, respectivamente, para cada recipiente a lavar. Por lo tanto:

Flujo máximo de la bomba para las membranas de la primera etapa = $(2.5)(81) = 202.5 L/s @ 58 psi$ (máxima)

Flujo máximo de la bomba para las membranas de la segunda etapa = $(2.5)(36) = 90 L/s @ 58 psi$ (máxima)

Es posible que las limpiezas se puedan realizar cada dos o tres meses, dependiendo de la calidad del agua.

2.2.3.7 Tratamiento del rechazo

2.2.3.7.1 Descripción general

Para tratar el agua de rechazo producida en el proceso se instalará una tercera etapa de tratamiento, una Ósmosis Inversa en dos etapas, con membranas para agua de mar para recuperación del 50% (Ver Ilustración 2-37), la finalidad es incrementar la recuperación del proceso global a valores entre 80 y el 85% del agua total alimentada al sistema de tratamiento y por lo tanto disminuir el agua rechazada o no aprovechable.

Se propone un módulo de Ósmosis Inversa para agua de mar con membranas del tipo SW30ULE440i, elementos en espiral, fabricados con película delgada compuesta (TFC) de poliamida, con un área activa de 440 ft² (41 m²), permeado nominal de 45.4 m³/día, rechazo nominal del 99.7%, ocho pulgadas nominales de diámetro, un metro nominal de largo, con 144 recipientes incluyendo 7 membranas cada uno. El número total de membranas es de 1008. En la primera etapa serían 90 recipientes (630 elementos) y en la segunda 54 recipientes (378 membranas).

El caudal de entrada a esta etapa será de 343 L/s, con una pérdida de aproximadamente el 2% en la filtración de lecho dual. Se producirán 168 L/s de permeado y 168 L/s de agua de rechazo que será conducida a lagunas de evaporación.

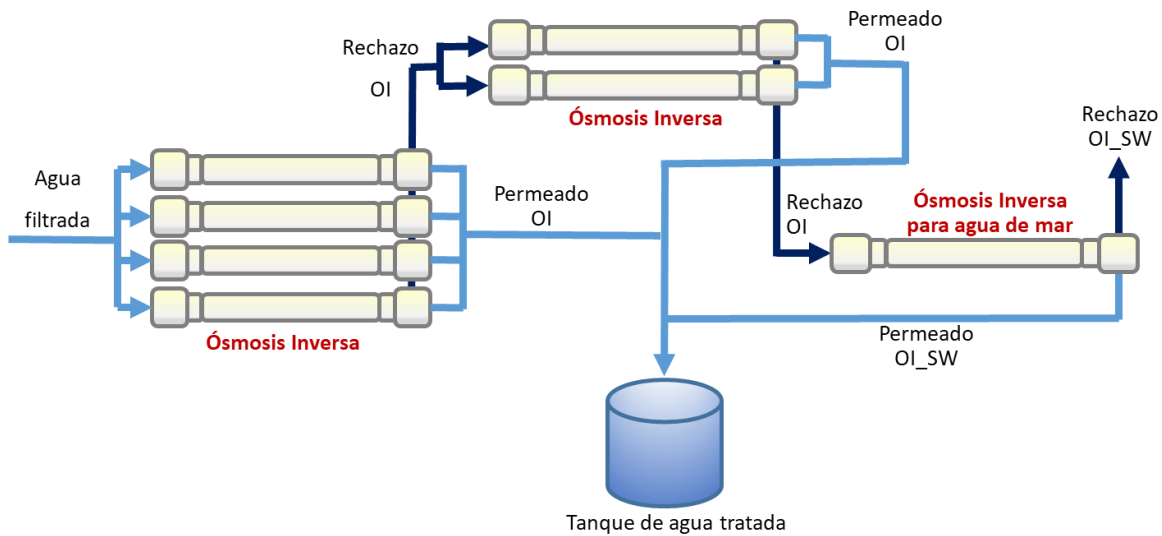


Ilustración 2-37 Tratamiento completo por membranas

2.2.3.7.2 Diseño del sistema de membranas

Para el diseño del sistema se realizaron corridas con distintas membranas utilizando el programa “Rosa” versión 9, disponible públicamente y de distribución libre en la página www.dow.com (proveedor de las membranas Dow Filmtec), y las que garantizaron la mejor remoción son las SW30ULE440i, con las siguientes condiciones de operación:

Temperatura máxima de operación:	45 °C
Presión máxima de operación:	41 Bar
pH de operación continua:	3 a 10
pH de tolerancia a corta exposición:	1 – 12
Máximo SDI en la alimentación sugerido:	< 5
Tolerancia al cloro libre:	Intolerante, no recomendado.

La conversión mínima establecida para la mayor eficiencia fue de 50%.

2.2.3.7.3 Consideraciones de diseño

El tratamiento se realizará en un solo módulo de dos etapas, con un pretratamiento de filtros a presión multimedia. Los datos de calidad del agua que se van a utilizar para los balances, son los obtenidos en el agua de rechazo de la OI (Tabla 2-54). El balance iónico de esta agua se muestra en la Tabla 2-55.

Tabla 2-54. Calidad del agua para diseño de la OI-SW

Parámetro (Unidades)	NOM 127 (OMS)	Valores
BORO TOTAL mg/L	(2.5)	2.07
CALCIO TOTAL mg/L		2,123
DUREZA TOTAL mg/L CaCO ₃	500	8,359
POTASIO TOTAL mg/L		62.19

Parámetro (Unidades)	NOM 127 (OMS)	Valores
MAGNESIO TOTAL mg/L		589.68
RADIATIVIDAD ALFA TOTAL Bq/L	0.56	7.62
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES mg/L	1000	14,520
pH EN CAMPO U pH	6.5-8.5	7.49
FLUORUROS mg/L	1.5	8.68
SULFATOS mg/L	400	9,261
CLORUROS mg/L	250	459
FIERRO TOTAL mg/L	0.3	1.50
MANGANESO TOTAL mg/L	0.15	0.85
SODIO TOTAL mg/L	200	1,325
PLOMO TOTAL mg/L	0.01	0.13
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO ₃		691
BICARBONATOS mg/L CaCO ₃		691

Considerando un factor de flujo de 0.85, correspondiente a un estado de envejecimiento de entre 1 y 2 años, y una temperatura de 30°C, el programa arroja lo que ya se mostró en la Tabla 2-28.

Tabla 2-55 Balance iónico del agua de rechazo de la OI

QE					
	en mg/L de CaCO ₃	ion (mg/L)	PM	meq/L	mM
Ca		2,123.35	40.08	105.96	52.98
Mg		589.68	24.31	48.52	24.26
Na		1,325.30	22.99	57.65	57.65
K		62.19	39.10	1.59	1.59
NH ₄		0.00	18.01	0.00	0.00
Ba		0.00	137.33	0.00	0.00
Cationes		4,100.52		213.72	136.48
HCO ₃		691.11	61.02	11.33	11.33
CO ₃		0.00	60.01	0.00	0.00
SO ₄		9,261.39	96.06	192.82	96.41
Cl		459.13	35.45	12.95	12.95
NO ₃		0.00	62.00	0.00	0.00
F		8.68	18.99	0.46	0.46
PO ₄		0.00	94.97	0.00	0.00
Aniones		10,420.31		217.55	121.14
SDT (del rechazo)	14,520				
SDT (calculado)	14,521				
Error SDT %	0.00				
			iones totales	431.27	257.62
			Error BI (%)		0.89

Toda la tubería será plástica de PVC hidráulico cédula 80 (para presiones de trabajo de 14 kg/cm²) y los recipientes de 8” x 7 m de largo en fibra de vidrio embebidas en resinas de poliéster, para soportar presiones de 600 psi.

2.2.3.7.4 Filtros a presión

Debido a la elevada concentración de los sólidos disueltos que van a llegar a las membranas de agua de mar, y para evitar que los precipitados que se generen bajo estas condiciones dañen las membranas, se propone una batería de filtros a presión empacados con arena-antracita.

Las características y memorias de cálculo de dichos filtros se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 2-56 Datos generales para dimensionamiento de filtros a presión

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
Caudal de diseño	QD	0.342	m ³ /s
Frecuencia de retrolavado de filtros (revisar hoja de retrolavado)	FREC _{RET}	5	días
Tiempo de retrolavado	t _{RET}	10.0	min
Tiempo de sedimentación de agua retrolavada	t _{SED}	2.0	h
Tiempo de recirculación de agua clarificada	t _{REC}	3.0	h
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t _{LE}	10.0	min
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t _{LC}	120.0	min
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua cruda	t _{TAC}	0.25	h
Tiempo de operación de la planta por día	t _{OP}	24.0	h
Temperatura del agua	T _{AGUA}	20	°C
DATOS DE DISEÑO			
Tipo del cambio	-	19.5	\$/dólar
Zona del país en donde se encuentra la planta	-	Norte	-
Incluye cárcamo de agua cruda	-	Si	-
Incluye cárcamo de agua tratada	-	Sí	-
Incluye filtrado de lodos	-	No	-
Fuente de alimentación a la batería de filtros	-	Carcamo	-
Agua para retrolavado	-	Cruda	-
Criterio de selección de la configuración del sistema	-	Menor costo total	-
Tiempo de almacenamiento de coagulante y/o polímero	t _{A OTROS}	7.00	días
VELOCIDADES Y TASAS			
Tasa de filtración de trabajo mínima	v _{F_{MIN}}	20.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo recomendada	v _{F_{TR}}	21.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo máxima	v _{F_{MAX}}	22.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo máxima durante el retrolavado	v _{F_{TRMAX}}	25.00	m/h
Tasa de retrolavado recomendada	v _{RETR}	30.00	m/h
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	v _{AMAX}	2.00	m/s
Velocidad máxima en tuberías de retrolavado	v _{D_{MAX}}	2.50	m/s

Tabla 2-56 Datos generales para dimensionamiento de filtros a presión

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Velocidad máxima de succión en cárcamo	vSMAX	1.00	m/s
MEDIO FILTRANTE			
Material filtrante (1)	-	Antracita	-
Material filtrante (2)	-	Arena Sílice	-
Medio soporte	-	Grava	-
Espesor del medio filtrante (1)	L ₁	0.30	m
Espesor del medio filtrante (2)	L ₂	0.70	m
Espesor del medio soporte	L _S	0.30	m
Porosidad del medio filtrante (1)	n ₁	0.58	-
Porosidad del medio filtrante (2)	n ₂	0.45	-
Porosidad del medio soporte	n _S	0.50	-
Coefficiente de esfericidad medio filtrante (1)	CE ₁	0.53	-
Coefficiente de esfericidad del medio filtrante (2)	CE ₂	0.75	-
Coefficiente de esfericidad medio soporte	CE _{MS}	0.60	-
Factor de forma del medio filtrante (1)	Φ ₁	0.73	-
Factor de forma del medio filtrante (2)	φ ₂	0.70	-
Densidad real del medio filtrante (1)	ρ _{R1}	1473.00	kg/m ³
Densidad aparente del medio filtrante (1)	ρ _{A1}	972.00	kg/m ³
Densidad real del medio filtrante (2)	ρ _{R2}	2650.00	kg/m ³
Densidad aparente del medio filtrante (2)	ρ _{A2}	1540.00	kg/m ³
Densidad del medio soporte	ρ _S	2400.00	kg/m ³
Porcentaje de expansión máxima del medio filtrante	exp	74.00	%
CUERPO DE FILTROS			
Presión de Trabajo	P _T	3	kg/cm ²
Material mínimo requerido para el cuerpo del filtro	-	ASTM A-285 Gr C	-
Esfuerzo máximo de tensión del material requerido para el filtro	S _F	970.00	kg/cm ²
Material mínimo requerido para el cuerpo del espesador	-	ASTM A-283 Gr C	-
Esfuerzo máximo de tensión del material requerido para el espesador	S _E	970.00	kg/cm ²
Eficiencia de soldadura para juntas a tope del cuerpo del filtro	E _C	0.85	-
Eficiencia de soldadura para juntas a tope de la tapa del filtro	E _T	0.85	-
Espesor por corrosión	e _C	1.59E-03	m
TOBERAS			
Material de Toberas para bajo dren	-	AI 304 o 316	-
Caudal máximo de retrolavado por tobera	Q _{TOBMAX}	9.19E-04	m ³ /s
Diámetro de conexión de tobera	D _{TOB}	0.0254	m

Tabla 2-56 Datos generales para dimensionamiento de filtros a presión

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Diámetro del elemento microrranurado	D _{MICRO}	0.0500	m
Área total de la tobera para el flujo	A _{TFLUJO}	6.50	cm ²
Apertura de microrranura	a _{P_{MICRO}}	3.00E-04	m
Distancia óptima de colocación entre centros de dos toberas	L _{TOB}	0.12	m
Distancia máxima de colocación entre centros de dos toberas	L _{MTOB}	0.30	m
Longitud de conexión de tobera	l _{CTOB}	0.08	m
Longitud de microrranurado	l _{MICRO}	0.060	m
ESPEADOR Y CÁRCAMOS			
Bordo libre	B _L	0.20	m
Altura propuesta del cuerpo del espesador	h _{CE}	3.00	m
Ángulo de fondo del espesador	θ _{FE}	30.00	° Grados
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h _{CL}	1.00	m
Profundidad o altura total de los cárcamos de agua cruda y tratada	h _{C_{MAX}}	3.50	m
Profundidad aproximada de la plantilla de los carcamos con respecto a la cota de terreno	h _{PLANTILLA}	3.50	m
Espesor aproximado de los muros	E _{SMC}	0.30	m
Espesor aproximado de las mamparas de las camaras de succión	E _{SMCS}	0.15	m
DATOS DE EQUIPOS			
Carga de salida	H _{DIS}	25.00	m
Eficiencia del equipo de bombeo	η	75.00	%
Presión de operación del sistema de deshidratación	P _{FP}	8.00	kg/cm ²
Concentración en peso esperada de deshidratación	C _{DESH}	30	%
Tipo de motor de la bomba para filtración	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para retrolavado	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para distribución	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para recirculación	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para lodos	-	Externo	-
DATOS CONSTANTES			
Densidad del agua	ρ _{AGUA}	998.20	kg/m ³
Viscosidad cinemática del agua	ν _{AGUA}	1.00E-06	m ² /s
Peso específico del agua	γ _{AGUA}	9792.34	N/m ³
Gravedad específica del agua	SG	1.00	-
Presión de vapor del agua	H _{VAP}	0.24	m
Peso específico del lodo	γ _L	9890.27	N/m ³
Presión atmosférica	H _{ATM}	9.00	m
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²
Rugosidad absoluta del material de tobera	ε _{TOB}	6.00E-07	m

Tabla 2-56 Datos generales para dimensionamiento de filtros a presión

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Rugosidad absoluta del material de las tuberías	ϵ_T	5.00E-05	m
Pérdida de carga adicional en filtro sucio	h_{FS}	0.40	m

Tabla 2-57 Dimensionamiento de los filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.342	m^3/s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0033	m^3/s	
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.0489	m^3/s	
Espesor mínimo con corrosión	e_{TF}	0.019	m	
Diámetro comercial tubería de retrolavado	D_{RET}	8.00	plg	
Longitud de codo de 90°	L_{CODO}	0.2286	m	
Tasa de filtración de trabajo recomendada	v_{FTR}	21.00	m/h	
Espesor del medio filtrante (1)	L_1	0.30	m	
Espesor del medio filtrante (2)	L_2	0.70	m	
Espesor del medio soporte (Grava)	L_S	0.30	m	
Porcentaje de expansión máxima del medio filtrante	exp	74.00	%	
RESULTADOS				
Área de filtración total requerida	A_T	58.6	m^2	$A_T = \frac{Q_D}{v_{FTR}}$
Número de filtros	N_F	8	-	
Diámetro comercial	D_{CF}	3.05	m	
Área filtro comercial	A_{FC}	7.30	m^2	$A_{FC} = \frac{\pi * D_{CF}^2}{4}$
Caudal de trabajo	Q_T	0.3420	m^3/s	$Q_T = Q_D + Q_{REC}$
Tasa de filtración de diseño	v_{FD}	21.09	m/h	$v_{FD} = \frac{Q_D}{(A_{FC} * N_F)}$

Tabla 2-57 Dimensionamiento de los filtros

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Tasa de filtración de trabajo	v_{FT}	21.09	m/h	$v_{FT} = \frac{Q_T}{(A_{FC} * N_F)}$
Tasa de filtración de trabajo durante el retrolavado	v_{FTR}	24.11	m/h	$v_{FTR} = \frac{Q_D}{(A_{FC}(N_F - 1))}$
Altura recta de filtro (cuerpo cilíndrico)	h_{CF}	2.262	m	$h_{CF} = L_1 + L_2 + L_S + exp$
Altura de tapa toriesferica (Fondos Klopper)	h_{TF}	0.665	m	$h_{TF} = (0.1935D_{CF} - 0.455e_{TF}) + 3.5e_{TF} + e_{TF}$
Altura del filtro (cuerpo cilíndrico más tapas)	h_F	3.59	m	$h_F = h_{CF} + (2 * h_{TF})$
Altura libre entre tapa inferior del filtro y piso	h_{LIBREF}	0.580	m	$h_{LIBREF} = 0.15 + L_{CODO} + \frac{D_{RET}}{2} + 0.1$
Altura total del filtro con apoyos	h_{FTOTAL}	4.173	m	$h_{FTOTAL} = h_F + h_{LIBREF}$
Diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire	-	3.00	plg	De tablas

Tabla 2-58 Dimensionamiento del sistema de retrolavado y lodos

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Número de filtros	N_F	8	-	
Área filtro comercial	A_{FC}	7.30	m ²	
Caudal de diseño	Q_D	0.342	m ³ /s	
Tasa de retrolavado recomendada	v_{RETR}	30.0	m/h	
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	10	min	
Tiempo de sedimentación de agua retrolavada	t_{SED}	120	min	
Tiempo de recirculación de agua clarificada	t_{REC}	3	h	
Ángulo de fondo del espesador	θ_{FE}	30	Grados	

Tabla 2-58 Dimensionamiento del sistema de retrolavado y lodos

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Altura propuesta del cuerpo del espesador	h_{CE0}	3.00	m	
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h_{CL}	1.00	m	
Bordo libre	B_L	0.20	m	
Diámetro de tubería de extracción de lodo del espesador	D_L	2.00	plg	
Longitud del cono de 90° de la tubería de extracción de lodos del espesador	L_{codoE}	0.11	m	
Densidad del lodo seco	\square_{Lodo}	5.03	g/cm^3	
RESULTADOS				
Volumen de agua y lodo de retrolavado y a recircular				
Ciclo completo de retrolavado de un filtro	C_{RET}	5.17	h	$C_{RET} = (t_{RET} + t_{SED} + t_{REC})$
Número máximo de filtros retrolavados por día	F_{RET}	4	-	$F_{RET} = \frac{24 \text{ horas}}{C_{RET}}$
Días necesarios para retrolavar todos los filtros	-	2	días	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0608	m^3/s	$Q_{RET} = A_{FC} \cdot v_{RETR}$
Volumen de agua de retrolavado por filtro	V_{RET}	36.48	m^3	$V_{RET} = Q_{RET} \cdot t_{RET}$
Volumen de agua de retrolavado total por día	V_{RETT}	145.93	$m^3/día$	$V_{RETT} = V_{RET} \cdot F_{RET}$
Volumen de lodo líquido por retrolavado	V_L	0.36	m^3	$V_L = V_{RET} \cdot 1\%$
Volumen de lodo líquido por día	V_{LPD}	1.46	m^3	$V_{lpd} = V_L \cdot F_{RET}$
Volumen mínimo del espesador	V_{EMIN}	36.48	m^3	$V_{EMIN} = V_{RET}$
Volumen de agua a recircular por retrolavado	V_{REC}	36.12	m^3	$V_{REC} = V_{RET} - V_L$

Tabla 2-58 Dimensionamiento del sistema de retrolavado y lodos

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Volumen de agua a recircular por día	V_{RPD}	144.47	m ³ /día	$V_{RPD} = V_{REC} * F_{RET}$
Tiempo y caudal de recirculación hacia tubería de agua cruda				
Caudal de recirculación desde el espesador	Q_{REC}	3.34	L/s	$Q_{REC} = \frac{V_{REC}}{t_{REC}}$ $\%_{rec} = \frac{Q_{REC}}{Q_D}$
Porcentaje de recirculación (<20% de Q_D)	$\%_{REC}$	0.98	%	
Tanque espesador				
Diámetro del espesador circular	D_E	4.0	m	$D_E = \sqrt{\frac{4 * V_{EMIN}}{\pi * h_{CE0}}}$ $h_{TOL} = (Tan \theta_{FE}) \left(\frac{D_E}{2}\right)$ $V_{TOL} = \frac{h_{TOL} \cdot \pi \cdot (D_E/2)^2}{3}$ $V_{DTOL} = V_{TOL} - V_{LPD}$ $V_{RCE} = V_{EMIN} - V_{DTOL}$ $h_{CE} = \frac{4 \cdot V_{RCE}}{\pi \cdot D_E^2}$ $h_{LIBREE} = 0.15 + L_{CODO} + \frac{D_L}{2} + 0.10$ $h_E = h_{CE} + h_{TOL} + B_L + h_{LIBREE}$
Altura de la tolva	h_{TOL}	1.15	m	
Volumen de la tolva	V_{TOL}	4.84	m ³	
Volumen de la tolva disponible para agua de retrolavado	V_{DTOL}	3.38	m ³	
Volumen requerido en el cuerpo del cilindro	V_{RCE}	33.11	m ³	
Altura final del cilindro	h_{CE}	2.63	m	
Altura libre entre la parte inferior del cono y el piso	h_{LIBREE}	0.39	m	
Altura total del espesador	h_E	4.38	m	
Cárcamo de lodos				
Volumen del cárcamo	V_{CL}	4.38	m ³	$V_{CL} = 3 * V_{LPD}$ $A_{CL} = \frac{V_{CL}}{h_{CL}}$
Área de la superficie del cárcamo	A_{CL}	4.38	m ²	

Tabla 2-58 Dimensionamiento del sistema de retrolavado y lodos

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Largo del cárcamo de lodos (a)	b_{CL}	2.1	m	$b_{CL} = \sqrt{A_{CL}}$
Ancho del cárcamo de lodos (b)	a_{CL}	2.1	m	$a_{CL} = b_{CL}$
Salida Filtro Prensa				
Volumen de sólidos secos por día	V_{SSPD}	0.0015	m ³ /día	$V_{SSPD} = V_{LPD} * 0.1\%$
Masa de sólidos secos por día	M_{SSPD}	7.3404	Kg/día	$M_{SSPD} = V_{SSPD} * \rho_{Lodo}$
Masa de sólidos secos por mes	M_{SSPM}	220.2	Kg/mes	$M_{SSPM} = M_{SPD} * 30$

Tabla 2-59 Dimensionamiento de tuberías de distribución

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.3420	m ³ /s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0033	m ³ /s	
Caudal de trabajo	Q_T	0.3420	m ³ /s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0608	m ³ /s	
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	v_{AMAX}	2.00	m/s	
Velocidad máxima en tuberías de retrolavado	v_{DMAX}	2.50	m/s	
Número de filtros	N_F	8	-	
Volumen de lodo líquido por día	V_{LPD}	1.46	m ³	
Volumen del cárcamo de lodos	V_{CL}	4.38	m ³	
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t_{LE}	10.00	min	

Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	120.00	min	
RESULTADOS				
Diámetro del múltiple de agua cruda o agua tratada				
Diámetro comercial	$D_{MAC/AT}$	20.00	plg	$D_{MAC/AT} = \sqrt{\frac{4*Q_T}{\pi v_{AMAX}}}$ $A_M = \frac{\pi(D_{MAC/AT})^2}{4}$ $v_M = \frac{Q_T}{A_M}$
Área de tubería	A_M	0.2027	m ²	
Velocidad	v_M	1.69	m/s	
Diámetro de tubería de filtros agua cruda o agua tratada, durante retrolavado de uno de ellos				
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.0489	m ³ /s	$Q_{FTR} = \frac{Q_D}{(N_F - 1)}$ $D_{FAC/AT} = \sqrt{\frac{4*Q_{FTR}}{\pi v_{AMAX}}}$ $A_F = \frac{\pi(D_{FAC/AT})^2}{4}$ $v_F = \frac{Q_{FTR}}{A_F}$
Diámetro comercial	$D_{FAC/AT}$	8.0	plg	
Área de tubería	A_F	0.0324	m ²	
Velocidad	v_F	1.51	m/s	
Diámetro de tubería de retrolavado				
Diámetro comercial	D_{RET}	8.0	plg	$D_{RET} = \sqrt{\frac{4*Q_{RET}}{\pi v_{DMAX}}}$ $A_{RET} = \frac{\pi(D_{RET})^2}{4}$ $v_{RET} = \frac{Q_{RET}}{A_{RET}}$
Área de tubería	A_{RET}	0.0324	m ²	
Velocidad	v_{RET}	1.88	m/s	
Tubería de recirculación de agua clarificada				
Diámetro comercial	D_{REC}	2.0	plg	$D_{REC} = \sqrt{\frac{4*Q_{REC}}{\pi v_{DMAX}}}$ $A_{REC} = \frac{\pi D_{REC}^2}{4}$ $v_{REC} = \frac{Q_{REC}}{A_{REC}}$
Área de tubería	A_{REC}	0.0020	m ²	
Velocidad	v_{REC}	1.65	m/s	

Tubería de extracción de lodos del espesador al cárcamo de lodos				
Caudal de lodos del espesador	Q_{LE}	0.0024	m^3/s	$Q_{LE} = \frac{V_{LPD}}{t_{LE}}$ $D_{LE} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{LE}}{\pi v_{D_{MAX}}}}$ $A_{LE} = \frac{\pi D_{LE}^2}{4}$ $v_{LE} = \frac{Q_{LE}}{A_{LE}}$
Diámetro comercial	D_{LE}	2.0	plg	
Área de tubería	A_{LE}	0.0020	m^2	
Velocidad	v_{LE}	1.20	m/s	
Tubería de extracción de lodos del cárcamo de lodos al filtro prensa				
Caudal de lodos del cárcamo	Q_{LC}	0.0006	m^3/s	$Q_L = \frac{V_{CL}}{t_{LC}}$ $D_{LC} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{LC}}{\pi v_{D_{MAX}}}}$ $A_{LC} = \frac{\pi D_{LC}^2}{4}$ $v_{LC} = \frac{Q_{LC}}{A_{LC}}$
Diámetro comercial	D_{LC}	2.0	plg	
Área de tubería	A_{LC}	0.0020	m^2	
Velocidad	v_{LC}	0.30	m/s	

Tabla 2-60 Cálculo del equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.3420	m^3/s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0608	m^3/s	
Caudal de lodos del carcamo	Q_{LC}	0.0006	m^3/s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0033	m^3/s	
Caudal por equipo de filtración	Q_{RF}	0.1710	m^3/s	
Caudal por equipo de retrolavado	Q_{ER}	0.0608	m^3/s	
Peso específico del agua	γ_{AGUA}	9792	N/m^3	

Tabla 2-60 Cálculo del equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Peso específico del lodo	γ_L	9890	N/m ³	
Presión máxima de trabajo del filtro prensa	P_{FP}	8.0	kg/cm ²	
Pérdidas totales durante la filtración en la batería de filtros	H_{FF}	2.96	m	
Pérdidas totales durante el retrolavado en la batería de filtros	H_{FRET}	7.44	m	
Carga de salida	H_{DIS}	25.00	m	
Profundidad máxima del cárcamo de agua cruda (profundidad mas bordo libre)	h_{CMAX}	3.70	m	
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AC	$H_{MIN AC}$	1.20	m	
Nivel de succión en el tanque espesador	$h_{SUCCIÓN}$	1.54	m	
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h_{CL}	1.00	m	
Altura total del filtro con apoyos	h_{FTOTAL}	4.17	m	
Altura total de líquido en el espesador	h_{TE}	4.38	m	
Eficiencia de equipo de bombeo	η	75.00	%	
Presión atmosférica	H_{ATM}	9.00	m	
Presión de vapor	H_{VAP}	0.238	m	
RESULTADOS				
Equipo de bombeo a filtros				
Carga de bombeo	H_{BF}	35.83	m	
Potencia de salida de la bomba	P_F	107.29	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM F}$	60.00	%	
				$P_E = \frac{P}{\eta_{EM}} \times 100$

Tabla 2-60 Cálculo del equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{EF2}	139.48	hp	$P = \frac{1}{\eta} \gamma Q H_B$
Equipo de bombeo para retrolavado (centrífuga vertical)				
Carga de bombeo	H_{BRET}	15.52	m	
Potencia de salida de la bomba	P_{RET}	16.52	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM RET}$	52.00	%	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{ERET2}	21.48	hp	
Equipo de bombeo para lodos de cárcamo al filtro (neumática)				
Carga de bombeo	H_{BL}	81.00	m	
Potencia de salida de la bomba	P_L	0.87	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{EL}	1.13	hp	$NPSH = H_{ATM} - (H_{VAP} + h_s + \Delta H_s)$ $\Delta H_s =$ Pérdida por fricción en la columna El valor es muy pequeño para columnas de cárcamo, por lo que se desprecia
Carga neta de succión positiva disponible (NPSH)				
Altura estática de succión en cárcamo de AC	h_{SAC}	3.00	m	$h_s =$ Altura del eje de la bomba sobre el nivel mínimo de agua en el cárcamo
NPSH en cárcamo AC	$NPSH_{DIS AC}$	5.76	m	$h_s = (h_{CMAX} + 0.5) - H_{MIN}$
Diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire en el tren de descarga de los equipos de bombeo				

0.5 - Altura aproximada del centro del tubo de descarga de la bomba a la losa del cárcamo más el grosor de la losa.

Tabla 2-60 Cálculo del equipo de bombeo

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Bomba para filtración	-	6.00	plg	De tablas
Bomba para retrolavado	-	3.00	plg	

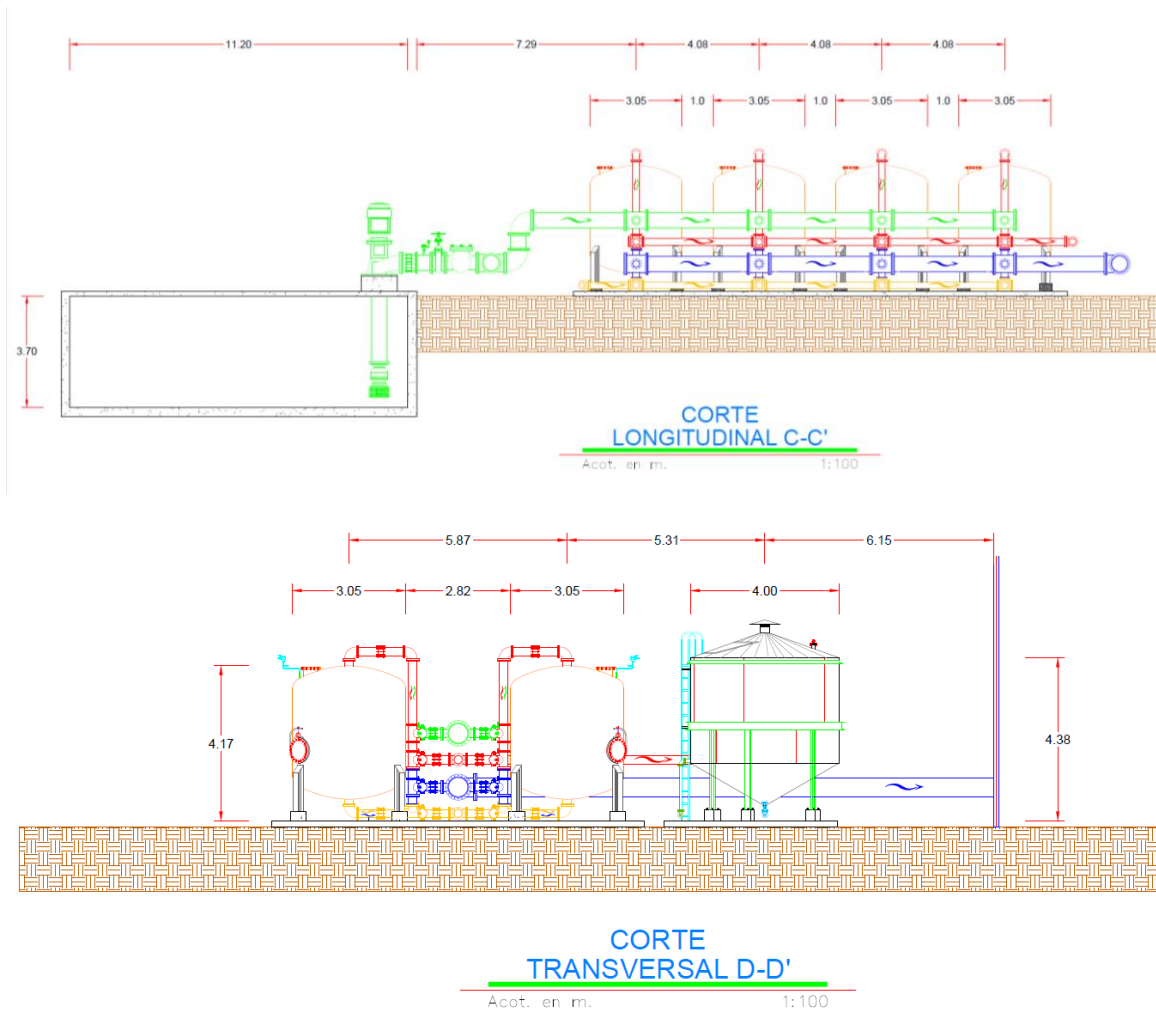


Ilustración 2-38 Diagrama general de los filtros a presión para la OISW

2.2.3.8 Sistema de bombeo de la OI

En esta sección se calcularán las capacidades de los equipos de bombeo para el correcto funcionamiento de los procesos de Ósmosis Inversa de baja presión (OI), Ósmosis Inversa con membranas de agua de mar (OISW), así como el equipo necesario para la limpieza de las membranas; considerando las presiones de operación de las membranas y las pérdidas de carga en la conducción, tanto locales como por fricción.

Igualmente se realiza el cálculo de los diámetros de tubería para el cabezal de distribución de cada módulo de Ósmosis Inversa, el diámetro de los ramales y el diámetro de conexión con los recipientes de las membranas.

2.2.3.8.1 Datos generales

En la Tabla 2-61 se muestran los datos de entrada para el cálculo de los equipos de bombeo de los tres sistemas.

Tabla 2-61. Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
Caudal de diseño para Ósmosis Inversa de baja presión	$Q_{D\ OI}$	0.2857	m ³ /s
Caudal de diseño para Ósmosis Inversa de agua de mar	$Q_{D\ OISW}$	0.3420	m ³ /s
Caudal de limpieza de membranas	$Q_{D\ CIP}$	0.2000	m ³ /s
Temperatura del agua	T_{AGUA}	25	°C
Velocidad máxima en cabezal de alimentación OI	$V_{CMAX\ OI}$	1.70	m/s
Velocidad máxima en ramal de alimentación OI	$V_{RMAX\ OI}$	2.00	m/s
Velocidad máxima en conexión con vasijas OI	$V_{VMAX\ OI}$	2.50	m/s
Velocidad máxima en cabezal de alimentación OISW	$V_{CMAX\ OISW}$	1.20	m/s
Velocidad máxima en ramal de alimentación OISW	$V_{RMAX\ OISW}$	1.50	m/s
Velocidad máxima en conexión con vasijas OISW	$V_{VMAX\ OISW}$	2.50	m/s
Presión de operación de las membranas de ósmosis inversa	P_{OI}	9.31	kg/cm ²
Presión de operación de las membranas de ósmosis inversa de agua de mar	P_{OISW}	17.23	kg/cm ²
Presión de limpieza de las membranas	P_{CIP}	4.07	kg/cm ²
DATOS TUBERÍAS			
Ósmosis inversa			
Longitud del cabezal de alimentación	$L_{C\ OI}$	3.33	m
Numero de ramales de alimentación	$N_{R\ OI}$	3	-
Longitud de cada ramal de alimentación	$L_{R\ OI}$	3.17	m
Número de conexiones a vasijas por ramal	$N_{V\ OI}$	9	-
Longitud de conexión a vasijas	$L_{V\ OI}$	0.05	m
Ósmosis Inversa de agua de mar			
Longitud del cabezal de alimentación	$L_{C\ OISW}$	3.33	m
Numero de ramales de alimentación	$N_{R\ OISW}$	3	-
Longitud de cada ramal de alimentación	$L_{R\ OISW}$	3.17	m

Tabla 2-61. Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Número de conexiones a vasijas por ramal	$N_{V\ OISW}$	10	-
Longitud de conexión a vasijas	$L_{V\ OISW}$	0.05	m
DATOS DE EQUIPOS DE BOMBEO			
Número de equipos para ósmosis inversa	$N_{B\ OI}$	1	-
Número de equipos para ósmosis inversa de agua de mar	$N_{B\ OISW}$	4	-
Número de equipos para limpieza de membranas	$N_{B\ CIP}$	1	-
Eficiencia del equipo de bombeo de ósmosis inversa	η_{OI}	86.8	%
Eficiencia del equipo de bombeo de ósmosis inversa de agua de mar	η_{OISW}	73.4	%
Eficiencia del equipo de bombeo de limpieza	η_{CIP}	79.8	%
DATOS CONSTANTES			
Densidad del agua	ρ_{AGUA}	997.00	kg/m ³
Viscosidad cinemática del agua	ν_{AGUA}	8.93E-07	m ² /s
Peso específico del agua	γ_{AGUA}	9780.57	N/m ³
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²
Rugosidad absoluta del material de las tuberías	ϵ_T	1.50E-06	m

2.2.3.8.2 Diámetro de tuberías

Para el caso de la Ósmosis Inversa, se calcula el diámetro del cabezal principal, el diámetro de los tres ramales que alimentan a cada sección de recipientes y el diámetro de las nueve conexiones con los recipientes.

Para el módulo de ósmosis de agua de mar se calcula el diámetro del cabezal principal, el diámetro de los tres ramales de alimentación de cada sección de recipientes y el diámetro de las diez conexiones con los recipientes.

En ambos módulos las tuberías son de PVC hidráulico cedula 80, con velocidades de 1.7 a 2.5 m/s para la ósmosis inversa y de 1.2 a 2.5 para la Ósmosis Inversa de agua de mar.

En la Tabla 2-62 se muestran los resultados del cálculo.

Tabla 2-62. Diámetro de tuberías

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULA
DATOS				
Caudal de diseño para ósmosis inversa	$Q_{D\ OI}$	0.2857	m ³ /s	
Caudal de diseño para ósmosis inversa de agua de mar	$Q_{D\ OISW}$	0.3420	m ³ /s	
Velocidad máxima en cabezal de alimentación OI	$V_{C\ MAX\ OI}$	1.70	m/s	
Velocidad máxima en ramal de alimentación OI	$V_{R\ MAX\ OI}$	2.00	m/s	
Velocidad máxima en conexión con vasijas OI	$V_{V\ MAX\ OI}$	2.50	m/s	
Velocidad máxima en cabezal de alimentación OISW	$V_{C\ MAX\ OISW}$	1.20	m/s	

Tabla 2-62. Diámetro de tuberías

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULA
Velocidad máxima en ramal de alimentación OISW	$V_{RMAX OISW}$	1.50	m/s	
Velocidad máxima en conexión con vasijas OISW	$V_{VMAX OISW}$	2.50	m/s	
Número de ramales de alimentación OI	$N_{R OI}$	3	-	
Número de ramales de alimentación OISW	$N_{R OISW}$	3	-	
Número de conexiones a vasijas por ramal OI	$N_{V OI}$	9	-	
Número de conexiones a vasijas por ramal OISW	$N_{V OISW}$	10	-	
RESULTADOS				
Ósmosis inversa				
Diámetro del cabezal de distribución				
Diámetro comercial	$D_{CD OI}$	20.00	plg	$D_{CD OI} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{D OI}}{\pi v_{CMAX OI}}}$
Área de tubería	$A_{CD OI}$	0.2027	m ²	$A_{CD OI} = \frac{\pi (D_{CD OI})^2}{4}$
Velocidad	$v_{CD OI}$	1.41	m/s	$v_{CD OI} = \frac{Q_{D OI}}{A_{CD OI}}$
Diámetro de cada ramal				
Caudal por ramal	$Q_{RAM OI}$	0.0952	m ³ /s	$Q_{RAM OI} = \frac{Q_{D OI}}{N_{R OI}}$
Diámetro comercial	$D_{RAM OI}$	10.0	plg	$D_{RAM OI} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{RAM OI}}{\pi v_{RMAX OI}}}$
Área de tubería	$A_{RAM OI}$	0.0507	m ²	$A_{RAM OI} = \frac{\pi (D_{RAM OI})^2}{4}$
Velocidad	$v_{RAM OI}$	1.88	m/s	$v_{RAM OI} = \frac{Q_{RAM OI}}{A_{RAM OI}}$
Diámetro de conexión a vasijas				
Caudal en conexión a vasijas	$Q_{VAS OI}$	0.0106	m ³ /s	$Q_{VAS OI} = \frac{Q_{RAM OI}}{N_{V OI}}$
Diámetro comercial	$D_{VAS OI}$	3.0	plg	$D_{VAS OI} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{VAS OI}}{\pi v_{VMAX OI}}}$
Área de tubería	$A_{VAS OI}$	0.0046	m ²	$A_{VAS OI} = \frac{\pi (D_{VAS OI})^2}{4}$
Velocidad	$v_{VAS OI}$	2.32	m/s	$v_{VAS OI} = \frac{Q_{VAS OI}}{A_{VAS OI}}$
Ósmosis inversa de agua de mar				
Diámetro del cabezal de distribución				
Diámetro comercial	$D_{CD OISW}$	24.00	plg	$D_{CD OISW} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{D OISW}}{\pi v_{CMAX OISW}}}$
Área de tubería	$A_{CD OISW}$	0.2919	m ²	$A_{CD OISW} = \frac{\pi (D_{CD OISW})^2}{4}$

Tabla 2-62. Diámetro de tuberías

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULA
Velocidad	$V_{CD\ OISW}$	1.17	m/s	$v_{CD\ OISW} = \frac{Q_{D\ OISW}}{A_{CD\ OISW}}$
Diámetro de cada ramal				
Caudal por ramal	$Q_{RAM\ OISW}$	0.1140	m ³ /s	$Q_{RAM\ OISW} = \frac{Q_{D\ OISW}}{n}$
Diámetro comercial	$D_{RAM\ OISW}$	14.0	p/g	$D_{RAM\ OISW} = \sqrt[4]{\frac{4 * Q_{RAM\ OISW}}{\pi * v_{RMAX\ OISW}}}$
Área de tubería	$A_{RAM\ OISW}$	0.0993	m ²	$A_{RAM\ OISW} = \frac{\pi (D_{RAM\ OISW})^2}{4}$
Velocidad	$V_{RAM\ OISW}$	1.15	m/s	$v_{RAM\ OISW} = \frac{Q_{RAM\ OISW}}{A_{RAM\ OISW}}$
Diámetro de conexión a vasijas				
Caudal en conexión a vasijas	$Q_{VAS\ OISW}$	0.0114	m ³ /s	$Q_{VAS\ OISW} = \frac{Q_{RAM\ OISW}}{n}$
Diámetro comercial	$D_{VAS\ OISW}$	3.0	p/g	$D_{VAS\ OISW} = \sqrt[4]{\frac{4 * Q_{VAS\ OISW}}{\pi * v_{VMAX\ OISW}}}$
Área de tubería	$A_{VAS\ OISW}$	0.0046	m ²	$A_{VAS\ OISW} = \frac{\pi (D_{VAS\ OISW})^2}{4}$
Velocidad	$V_{VAS\ OISW}$	2.50	m/s	$v_{VAS\ OISW} = \frac{Q_{VAS\ OISW}}{A_{VAS\ OISW}}$

2.2.3.8.3 Equipo de bombeo sistema OI baja presión

De la Tabla 2-63 a la Tabla 2-65 se presenta el procedimiento y los resultados de cálculo de los equipos de bombeo, y en la Tabla 2-66 se presenta un cuadro resumen de los equipos calculados.

Tabla 2-63. Bomba para el sistema de Ósmosis Inversa de baja presión

		NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS			
DATOS								
Caudal de diseño para ósmosis inversa		$Q_{D\ OI}$	0.286	m^3/s				
Caudal por ramal OI		$Q_{RAM\ OI}$	0.095	m^3/s				
Caudal en conexión a vasija OI		$Q_{VAS\ OI}$	0.011	m^3/s				
Diámetro del cabezal de distribución OI		$D_{CD\ OI}$	20	plg				
Diámetro de ramal OI		$D_{RAM\ OI}$	10	plg				
Diámetro de conexión a vasijas OI		$D_{VAS\ OI}$	3	plg				
Presión de operación de las membranas de ósmosis inversa		P_{OI}	9.31	kg/cm^2				
Rugosidad absoluta del material de las tuberías		ϵ_T	1.50E-06	m				
Número de equipos de bombeo para ósmosis inversa		$N_{B\ OI}$	1	-				
Eficiencia del equipo de bombeo de ósmosis inversa		η_{OI}	86.80	%				
Viscosidad cinemática del agua		ν_{AGUA}	8.93E-07	m^2/s				
Peso específico del agua		γ_{AGUA}	9780.57	N/m^3				
Aceleración de la gravedad		g	9.81	m/s^2				
RESULTADOS								
Pérdidas Locales					$h_a = k \frac{v^2}{2g}$			
No.	Accesorio	Q (m^3/s)	Diámetro (plg)	Área (m^2)	Vel. (m/s)	$v^2/2g$	k	h_a (m)
1	Codo de 90° de 20"	0.286	20	0.20268	1.41	0.101	0.36	0.0365
2	Tee flujo desviado de 10"	0.095	10	0.05067	1.88	0.180	0.84	0.3025
1	Tee flujo desviado de 3"	0.011	3	0.00456	2.32	0.274	1.08	0.2964

Tabla 2-63. Bomba para el sistema de Ósmosis Inversa de baja presión

				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS	
Perdida de carga por pérdidas locales							0.6353	
Pérdidas por Fricción				$Re = \frac{v \cdot D}{\nu_{AGUA}} \quad f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon_T/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$				
Tramo	Q (m ³ /s)	Diam (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	Re	f	L (m)	h _f (m)
Cabezal de distribución	0.2857	0.5080	0.2027	1.4096	801,872.26	0.0121	3.33	0.008
Ramal	0.0952	0.2540	0.0507	1.8795	534,581.50	0.0130	3.17	0.029
Llegada a vasijas	0.0106	0.0762	0.0046	2.3203	197,993.15	0.0157	0.05	0.003
Pérdida de carga por fricción en la alimentación a las membranas							0.040	
Equipo de bombeo para osmosis inversa								
Caudal de bombeo				Q _{BOI}	0.286	m ³ /s		
Carga de bombeo				H _{OI}	93.78	m		
Potencia de salida de la bomba				P _{OI}	404.84	hp		
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico				P _{EM}	526.29	hp		

Para este equipo de bombeo se recomienda la bomba centrífuga horizontal marca Grundfos modelo NK 250-450/449 A1-F-B-E-BAQE, con motor eléctrico tipo MMG355L de 315 kW de potencia. En la Ilustración 2-39 se presentan las curvas características del equipo proporcionadas por el fabricante.

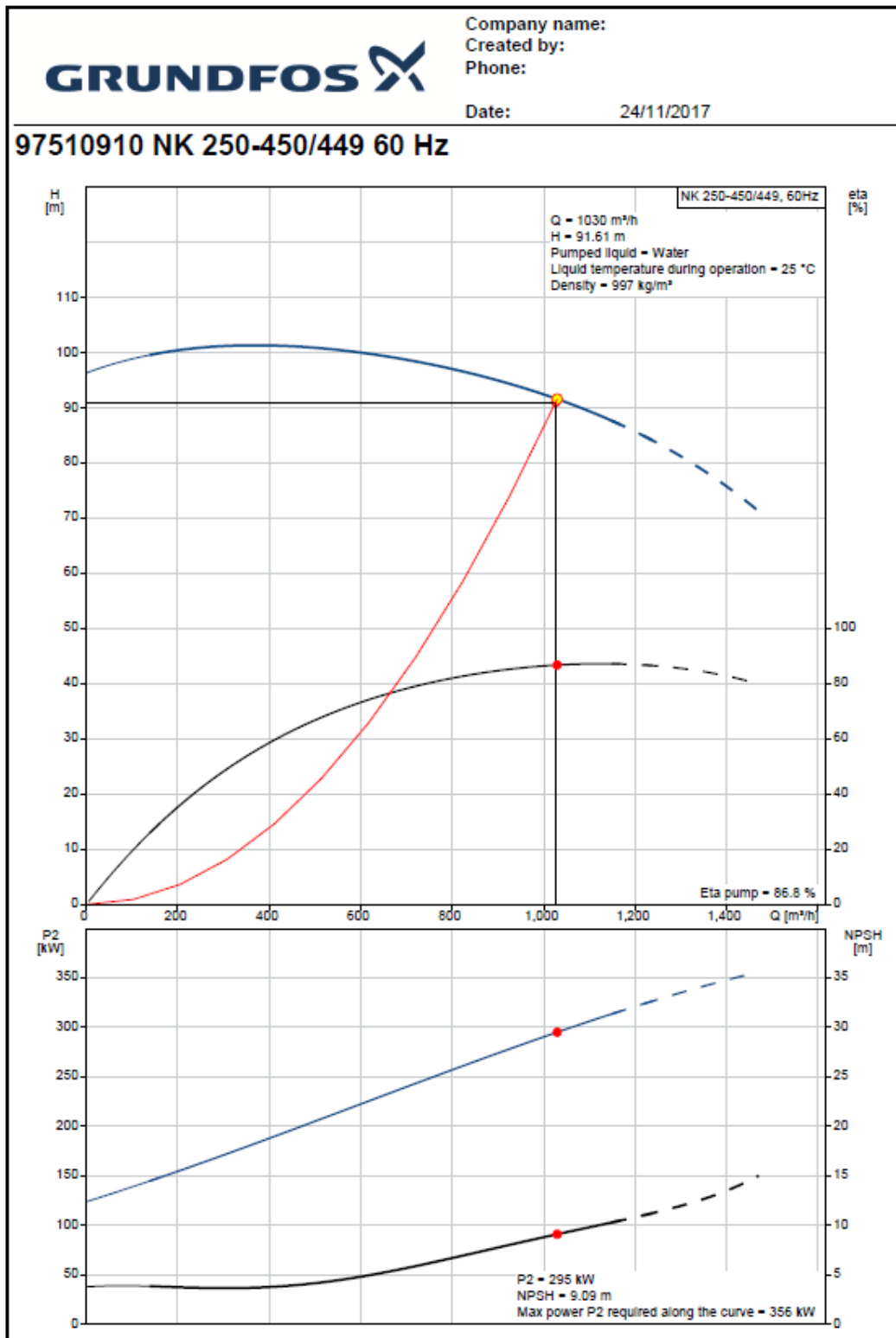


Ilustración 2-39. Curvas características de la bomba para Ósmosis Inversa de baja presión

2.2.3.8.4 Equipo para Ósmosis Inversa de agua de mar

Tabla 2-64. Bomba de ósmosis inversa de agua de mar

		NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS			
DATOS								
Caudal de diseño para ósmosis inversa de agua de mar		Q_D OISW	0.342	m^3/s				
Caudal por ramal OISW		Q_{RAM} OISW	0.114	m^3/s				
Caudal en conexión a vasija OISW		Q_{VAS} OISW	0.011	m^3/s				
Diámetro del cabezal de distribución OISW		D_{CD} OISW	24	plg				
Diámetro de ramal OISW		D_{RAM} OISW	14	plg				
Diámetro de conexión a vasijas OISW		D_{VAS} OISW	3	plg				
Presión de operación de las membranas de ósmosis inversa de agua de mar		P_{OISW}	17.23	kg/cm^2				
Rugosidad absoluta del material de las tuberías		ϵ_T	1.50E-06	m				
Número de equipos de bombeo para ósmosis inversa de agua de mar		N_B OISW	4	-				
Eficiencia del equipo de bombeo de ósmosis inversa de agua de mar		η_{OISW}	73.40	%				
Viscosidad cinemática del agua		ν_{AGUA}	8.93E-07	m^2/s				
Peso específico del agua		γ_{AGUA}	9780.57	N/m^3				
Aceleración de la gravedad		g	9.81	m/s^2				
RESULTADOS								
Pérdidas Locales								$h_a = k \frac{v^2}{2g}$
No.	Accesorio	Q (m^3/s)	Diámetro (plg)	Área (m^2)	Vel. (m/s)	$v^2/2g$	k	h_a (m)
1	Codo de 90° de 24"	0.342	24	0.29186	1.17	0.070	0.36	0.0252
2	Tee flujo desviado de 14"	0.114	14	0.09931	1.15	0.067	0.78	0.1048
1	Tee flujo desviado de 3"	0.011	3	0.00456	2.50	0.319	1.08	0.3440
Perdida de carga por pérdidas locales								0.4739

Tabla 2-64. Bomba de ósmosis inversa de agua de mar

				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS	
Pérdidas por Fricción							$Re = \frac{v \cdot D}{\nu_{AGUA}} \quad f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon_T/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$	
Tramo	Q (m ³ /s)	Diam (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	Re	f	L (m)	h _f (m)
Cabezal de distribución	0.3420	0.6096	0.2919	1.1718	799,907.57	0.0121	3.33	0.005
Ramal	0.1140	0.3556	0.0993	1.1479	457,090.04	0.0134	3.17	0.008
Llegada a vasijas	0.0114	0.0762	0.0046	2.4998	213,308.69	0.0155	0.05	0.003
Pérdida de carga por fricción en la alimentación a las membranas								0.016
Equipo de bombeo para ósmosis inversa								
Caudal de bombeo				Q _{B OISW}	0.086	m ³ /s		
Carga de bombeo				H _{OI}	172.79	m		
Potencia de salida de la bomba				P _{OI}	263.99	hp		
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico				P _{EM}	343.19	hp		

Para el módulo de ósmosis inversa de agua de mar, se proponen 4 bombas tipo centrifuga horizontal marca Grundfos modelo NKG 125-80-315/304 A1-F-N-E-DAQF con motor eléctrico topo MMG315LB de 200 kW de potencia. En la Ilustración 2-40 se presentan las curvas características del equipo proporcionadas por el fabricante.

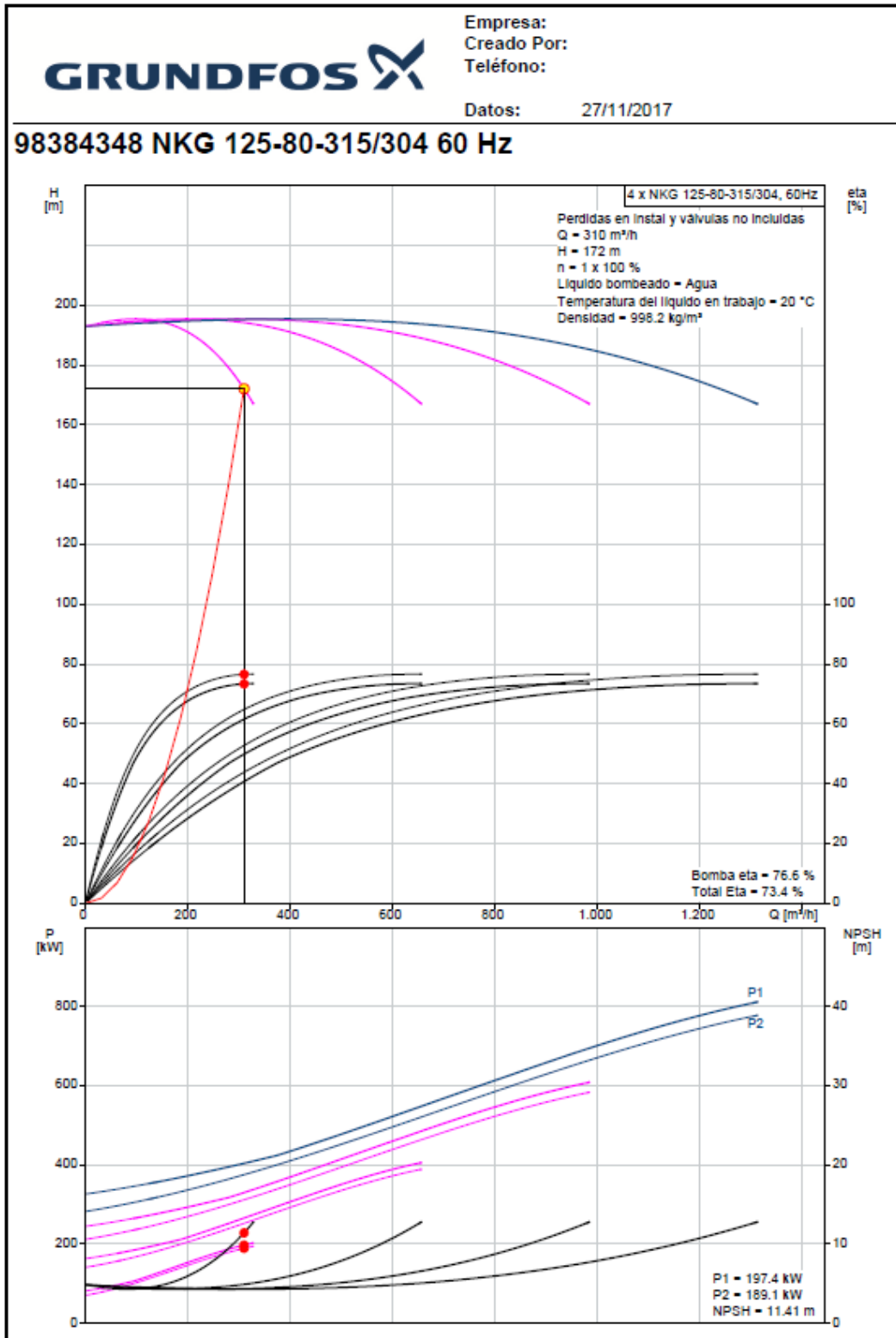


Ilustración 2-40 Curvas características de la bomba para ósmosis inversa de agua de mar

2.2.3.8.5 Equipo para limpieza de membranas

Tabla 2-65. Bomba de limpieza de membranas

		NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS			
DATOS								
Caudal de limpieza de membranas		$Q_{D\ CIP}$	0.200	m^3/s				
Caudal por ramal OI (durante el lavado)		$Q_{RAM\ OI}$	0.067	m^3/s				
Caudal en conexión a vasija OI (durante el lavado)		$Q_{VAS\ OI}$	0.007	m^3/s				
Diámetro del cabezal de distribución OI		$D_{CD\ OI}$	20	plg				
Diámetro de ramal OI		$D_{RAM\ OI}$	10	plg				
Diámetro de conexión a vasijas OI		$D_{VAS\ OI}$	3	plg				
Presión de limpieza de las membranas		P_{CIP}	4.07	kg/cm^2				
Rugosidad absoluta del material de las tuberías		ϵ_T	1.50E-06	m				
Número de equipos de bombeo para limpieza de membranas		$N_{B\ CIP}$	1	-				
Eficiencia del equipo de bombeo de limpieza		η_{CIP}	79.80	%				
Viscosidad cinemática del agua		ν_{AGUA}	8.93E-07	m^2/s				
Peso específico del agua		γ_{AGUA}	9780.57	N/m^3				
Aceleración de la gravedad		g	9.81	m/s^2				
RESULTADOS								
Pérdidas Locales					$h_a = k \frac{v^2}{2g}$			
No.	Accesorio	Q (m^3/s)	Diámetro (plg)	Área (m^2)	Vel. (m/s)	$v^2/2g$	k	h_a (m)
1	Codo de 90° de 20"	0.200	20	0.20268	0.99	0.050	0.36	0.0179
2	Tee flujo desviado de 10"	0.067	10	0.05067	1.32	0.088	0.84	0.1482
1	Tee flujo desviado de 3"	0.007	3	0.00456	1.62	0.134	1.08	0.1452
Perdida de carga por pérdidas locales								0.3113

Tabla 2-65. Bomba de limpieza de membranas

				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS	
Pérdidas por Fricción				$Re = \frac{v \cdot D}{\nu_{AGUA}}$		$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon_T/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$	$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$	
Tramo	Q (m ³ /s)	Diam (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	Re	f	L (m)	h _f (m)
Cabezal de distribución	0.2000	0.5080	0.2027	0.9868	561,338.65	0.0129	3.33	0.004
Ramal	0.0667	0.2540	0.0507	1.3157	374,225.76	0.0139	3.17	0.015
Llegada a vasijas	0.0074	0.0762	0.0046	1.6243	138,602.13	0.0168	0.05	0.001
Pérdida de carga por fricción en la alimentación a las membranas								0.021
Equipo de bombeo para osmosis inversa								
Caudal de bombeo				Q _{B CIP}	0.200	m ³ /s		
Carga de bombeo				H _{OI}	41.03	m		
Potencia de salida de la bomba				P _{OI}	134.88	hp		
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico				P _{EM}	175.35	hp		

Para la limpieza de las membranas de ósmosis inversa se propone una bomba centrífuga horizontal marca Grundfos modelo NKG 200-150-315/326 A1-F-K-E-BQQE con motor eléctrico tipo SIEMENS de 110 kW de potencia. En la Ilustración 2-41 se presentan las curvas características del equipo proporcionadas por el fabricante.

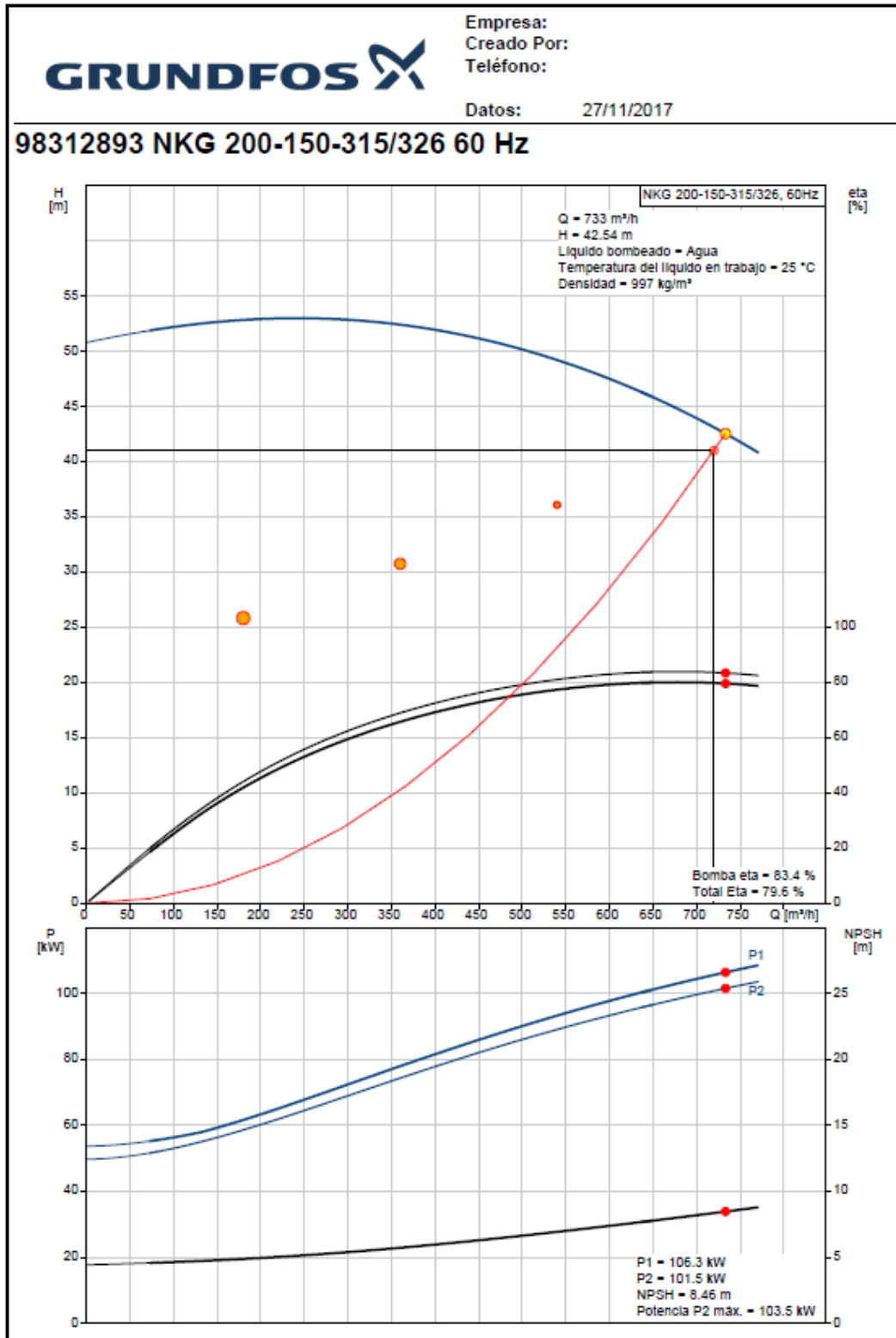


Ilustración 2-41. Curvas características de la bomba de limpieza de membranas

2.2.3.8.6 Cuadro resumen

Tabla 2-66. Cuadro resumen de equipos de bombeo

Proceso	Caudal (L/s)	Carga (m)	Potencia (HP)	Número de equipos
Ósmosis Inversa	285.7	93.78	404.84	1
Ósmosis Inversa de agua de mar	342	172.79	263.99	4
Limpieza de membranas	200	41.03	134.88	1

2.2.3.9 Lechos de calcita

En la sección anterior se llegó a la conclusión que el sistema más económico de remineralización son los lechos de calcita en presencia de CO₂.

2.2.3.9.1 Velocidad superficial o tasa de carga

La velocidad de flujo del fluido a través del contactor dividido por el área de la sección transversal se define como velocidad superficial. También se conoce como la tasa de carga del contactor.

La Tabla 2-67 describe la velocidad superficial y el tamaño de partícula de calcita utilizados en contactores diseñados para plantas desalinizadoras a gran escala (Hernandez-Suarez, 2005) (Carmical et al., 2002).

Tabla 2-67. Velocidades superficiales para contactores de calcita a partir de estudios de referencia.

Sitio de referencia	Tamaño de planta (mgd)	Velocidad superficial (m/h)	Tamaño de partícula de calcita (mm)
Alicante II, España	18	8.77	1-3
Barcelona, España	53	12.25	1-3
Blue Hills, Bahamas	3.6	10.24	1
Stellenbosch, Sudáfrica	38	10.058	11-14

Las partículas finas de los lechos de calcita que se arrastran debido al flujo ascendente, pueden afectar la turbidez del efluente. La relación entre velocidad superficial y la turbidez depende de la calidad de la calcita. Si hay demasiadas partículas finas (<80 micrómetros) en la calcita, la turbidez es una fuente de preocupación (Hernandez et al., 2009).

2.2.3.9.2 Tiempo de contacto

Se define como la medición de la duración del contacto entre el agua y el medio a través del cual está fluyendo y se calcula usando la siguiente ecuación.

$$TC = \frac{V_B}{Q}$$

Donde: TC es el tiempo de contacto, V_B es el volumen de calcita en el contactor y Q es la tasa de flujo. Para un contactor de calcita, es importante permitir un tiempo de contacto adecuado en el lecho de calcita para lograr la saturación de carbonato de calcio. Sin embargo, la velocidad a la que ocurre esta saturación dependerá de varios parámetros, incluida la temperatura del agua, el tamaño de partícula de calcita, la pureza de la calcita y la alcalinidad del agua de alimentación (Yi-Shin et al., 2012).

Tomando en cuenta la mínima velocidad superficial y la profundidad mínima de lecho recomendadas en la literatura, se tiene un $TC = 1.68$ minutos por cada m^2 de lecho.

2.2.3.9.3 Altura del lecho de calcita

La selección de la velocidad superficial y el tiempo de contacto determinará el volumen del lecho de calcita. El valor del área de la sección transversal del contactor deberá obtenerse en función del equipo disponible. A partir de estos criterios, la altura de la profundidad del lecho será determinada. En el diseño del contactor se debe considerar una altura para la zona de distribución de agua sobre el lecho. Es recomendable una altura mínima de 25 cm (Mackintosh et al., 2002).

Durante la operación, la pérdida de carga a través del contactor dependerá de la velocidad superficial y del tamaño de partícula. En general, la pérdida de carga aumentará a medida que disminuya el tamaño de partícula y/o la velocidad superficial aumente.

2.2.3.9.4 Pureza de la calcita

Los tipos de calcita recomendados que se utilizan en un contactor deben contener mínimas impurezas. Las principales impurezas en la calcita pueden incluir magnesio, hierro, aluminio y sílice. Los efectos de estas impurezas en el rendimiento de un contactor de calcita son (Yi-Shin et al., 2012):

1. **Disminución de la velocidad de disolución:** las impurezas pueden reducir la velocidad de disolución de la calcita formando capas residuales de dolomita, aluminosilicatos y óxidos de hierro en la superficie de la partícula. A medida que esta capa se espesa, la velocidad de transporte del ion calcio desde la superficie de la calcita a la solución disminuye, requiriendo posiblemente tiempo de contacto adicional con el agua para alcanzar el equilibrio.
2. **Mayor cantidad de partículas:** las impurezas que no se han disuelto, como el óxido de hierro y aluminosilicatos, pueden contribuir a un aumento de la materia particulada en el agua. Dependiendo de la velocidad superficial del agua, estos pueden arrastrarse a través del contactor produciendo una turbidez elevada en el efluente.
3. **Mayor concentración de impurezas en el agua** – A medida que la concentración de las impurezas aumenta en la calcita, la probabilidad de que se disuelvan en el agua también se incrementa.

Los medios con la pureza más alta de calcita y el menor contenido de dolomita tienen las tasas iniciales más altas de disolución (Ruggieri et al., 2008) (Carmical et al., 2002). Otros estudios (Letterman, Calcium carbonate dissolution rate in limestone contactors., 1995) corroboran este hallazgo con una recomendación de que la calcita no contenga más del cinco por ciento de carbonato

de magnesio, y la suma ponderada del aluminio y el hierro no deben exceder los 10 miligramos por galón (mg/gal).

2.2.3.9.5 Tamaño de partícula

El tamaño de partícula de la calcita tiene tres influencias principales en el diseño de un contactor de flujo ascendente. Primero, la tasa de disolución de calcita disminuye a medida que aumenta el tamaño de partícula, requiriendo tiempo de reacción más altos. En segundo lugar, la pérdida de carga a través del lecho de calcita aumentará a medida que el tamaño de partícula disminuye. En tercer lugar, a medida que disminuye el tamaño de partícula, la velocidad superficial tendrá que reducirse para evitar arrastrar las partículas del lecho de calcita (Yi-Shin et al., 2012).

2.2.3.9.6 Nivel de saturación de la calcita

El índice de saturación de Langelier proporciona una indicación del nivel inicial de saturación. Si el I_L es mayor o igual a cero, el agua no aceptará más CaCO_3 . Los niveles de calcio recomendados en el influente deben ser menores a 60 mg/L y la alcalinidad debe ser menor que 100 mg/L como CaCO_3 (Carmical et al., 2002).

2.2.3.9.7 pH

El pH del influente de agua suele ser ligeramente ácido y varía de 5 a poco menos de 7. Entre un pH de 5 y 6 el agua contiene principalmente ácido carbónico, que es lo que se necesita para reaccionar con la calcita para producir bicarbonatos y calcio para mayor alcalinidad y dureza. Prácticamente, cuando el pH del influente es casi neutro (pH 7.2) se debe acidificar con CO_2 para cambiar el pH del influente a un valor de 6 (BingSong et al., 2008).

2.2.3.9.8 Temperatura y fuerza iónica

A medida que la temperatura y la fuerza iónica del agua aumentan, la velocidad de disolución también aumenta (Rickard y Sjoberg, 1983). Estudios comprueban que valores bajos de pH y altas temperaturas favorecen la disolución de la calcita (BingSong et al., 2008).

2.2.3.9.9 Filtros a presión

Para nuestro caso de estudio se recomiendan contactores de flujo descendente como se describe a continuación:

- Cinco trenes de filtración conectados a la línea de conducción final del agua tratada
- En cada tren, seis filtros a presión de flujo descendente y 3 m de diámetro c/u.
- Diámetro equivalente de la calcita = 0.89 mm
- Tasas de filtración alrededor de 20 m/h
- Espesor de lecho cuatro veces superior al mínimo recomendado en la literatura (1 m). Bajo este esquema, se tendría un $\text{TC} = 3$ minutos por metro cuadrado de lecho.

En las tablas siguientes se indica la información básica recomendada por tren, para los filtros remineralizadores.

Tabla 2-68 Dimensionamiento (por tren) de los filtros a presión empacados de calcita

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.194	m ³ /s	
Tasa de filtración de trabajo recomendada	v_{FTR}	17.00	m/h	
Espesor de calcita	L_1	1.00	m	
Espesor del medio soporte (Grava)	L_S	0.30	m	
RESULTADOS				
Área de filtración total requerida	A_T	41.0	m ²	$A_T = \frac{Q_D}{v_{FTR}}$
Número de filtros	N_F	6	-	
Diámetro comercial	D_{CF}	3.05	m	
Área filtro comercial	A_{FC}	7.30	m ²	$A_{FC} = \frac{\pi * D_{CF}^2}{4}$
Caudal de trabajo	Q_T	0.1934	m ³ /s	$Q_T = Q_D + Q_{REC}$
Tasa de filtración de diseño	v_{FD}	15.90	m/h	$v_{FD} = \frac{Q_D}{(A_{FC} * N_F)}$
Tasa de filtración de trabajo	v_{FT}	15.90	m/h	$v_{FT} = \frac{Q_T}{(A_{FC} * N_F)}$
Altura recta de filtro (cuerpo cilíndrico)	h_{CF}	2.262	m	$h_{CF} = L_1 + L_2 + L_S + exp$
Altura de tapa toriesférica (Fondos Klopper)	h_{TF}	0.665	m	$h_{TF} = (0.1935D_{CF} - 0.455e_{TF}) + 3.5e_{TF} + e_{TF}$
Altura del filtro (cuerpo cilíndrico más tapas)	h_F	3.59	m	$h_F = h_{CF} + (2 * h_{TF})$
Altura libre entre tapa inferior del filtro y piso	h_{LIBREF}	0.580	m	$h_{LIBREF} = 0.15 + L_{CODO} + \frac{D_{RET}}{2} + 0.1$
Altura total del filtro con apoyos	h_{FTOTAL}	4.173	m	$h_{FTOTAL} = h_F + h_{LIBREF}$
Diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire	-	3.00	plg	De tablas

Tabla 2-69 Dimensionamiento de tuberías de filtros para recarbonatación

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
DATOS				
Caudal de trabajo	Q_T	0.1934	m ³ /s	
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	v_{AMAX}	2.00	m/s	
Número de filtros	N_F	6	-	
RESULTADOS				
Diámetro del múltiple de agua cruda o agua tratada				
Diámetro comercial	$D_{MAC/AT}$	14.00	plg	$D_{MAC/AT} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi v_{AMAX}}}$
Área de tubería	A_M	0.0993	m ²	$A_M = \frac{\pi (D_{MAC/AT})^2}{4}$
Velocidad	v_M	1.95	m/s	$v_M = \frac{Q_T}{A_M}$

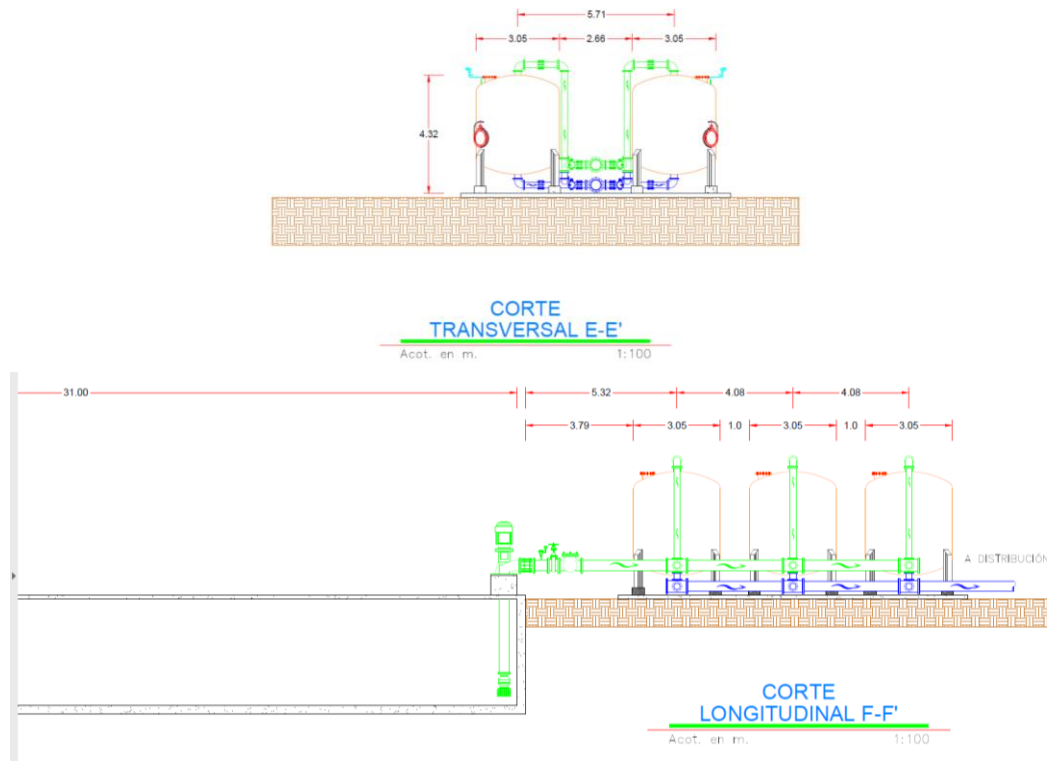


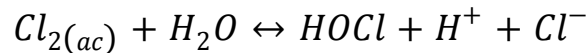
Ilustración 2-42 Esquema general de filtros recomendados para recarbonatación

2.2.3.10 Desinfección

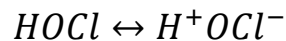
Por la naturaleza del tratamiento con membranas, el agua a la salida del proceso no tendrá ni materia orgánica, ni bacterias ni virus, por lo que únicamente se dejará un residual de cloro que permita su transporte hasta los tanques de distribución.

La dosificación se efectuará en la tubería de llegada al tanque, utilizando gas cloro (pureza del 98%), para mantener un residual de 1.5 mg/L de HOCl.

El gas cloro (Cl_2) reacciona con el agua para formar tanto el ácido hipocloroso (HOCl) como el clorhídrico (HCl):



El ácido hipocloroso se disocia en agua para formar los iones hidrógeno e hipoclorito (OCl^-):



El grado de disociación depende del pH y de la temperatura del agua. El ácido hipocloroso es la forma predominante de cloro en el agua hasta un pH de 7.8. Un porcentaje considerable del cloro aún se encuentra en la forma de ácido hipocloroso entre un pH de 8 y 9.

La relación estequiométrica $Cl_2/HOCl = 1.35$, por lo tanto, la dosis de Cl_2 requerida es la siguiente:

$$Cl_2 = \frac{Cl_2}{HOCl} \cdot HOCl \cdot 100}{Pureza} = \frac{(1.35)(1.5)(100)}{98} = 2.07 \text{ mg/L}$$

El flujo másico (W_{cloro}) se obtiene con el caudal a tratar (968 L/s):

$$W_{\text{cloro}} = (2.07)(968) = 2,004 \text{ mg/s} = 7.21 \text{ Kg/h} = 173 \text{ kg/d}$$

Se propone la utilización de contenedores de tonelada con capacidad de 907 kg y un peso de carga de 1,659 kg. Esto permitirá una autonomía de $907/173 = 5.24$ días por tanque.

Para el manejo de los contenedores es necesaria la instalación de una viga de alzamiento provista de un polipasto de al menos una tonelada de carga. Las instalaciones deben contar con equipo de detección de gas, además, el edificio para los contenedores de cloro o el equipo debe concebirse y construirse de tal forma que proteja todos los elementos del sistema de cloro de los peligros de un incendio. Se recomienda una construcción a prueba de fuego. Los contenedores de cloro deben segregarse de los materiales inflamables y agentes oxidantes. Los cilindros de cloro deben segregarse de los otros gases comprimidos.

Las especificaciones que debe cumplir el producto son:

- Norma mexicana NMX-125-SCFI-2006
- Pureza (Límite permisible): 99.5% puro por volumen

Límite máximo permisible de impurezas:

- Humedad: 40 mg/kg – 40ppm por peso
- Residuos no volátiles: 40 mg/kg ppm 0.01%

- Anhídrido carbónico: 0.20%
- Oxígeno: 0.20%
- Nitrógeno: 0.10%

Máximo permisible de sustancias tóxicas orgánicas:

- Tetracloruro de carbono: 100 ppm
- Trihalometanos: 300 ppm
- Arsénico, bario, cadmio, cromo total, mercurio, plomo, zinc y selenio: 0.5 mg/kg de cloro líquido
- Cobre: 2.0 mg/kg de cloro líquido

2.2.3.11 Lagunas de evaporación

Como última etapa del proceso de tratamiento, el agua de rechazo de la ósmosis con membranas para agua de mar, se hará pasar por lagunas de evaporación.

Para el diseño de las lagunas de evaporación se considera un caudal de 167 L/s y un factor de evaporación de 0.7.

Se consideró el historial de la región comprendido entre los años 1956 – 2009 del promedio de precipitación (L/m² d), promedio de evaporación (L/m² d) y la evaporación promedio neta (L/m² d).

La Ilustración 2-43 muestra el promedio anual de evaporación neta del historial, mientras que la Ilustración 2-44 el promedio mensual de evaporación neta.

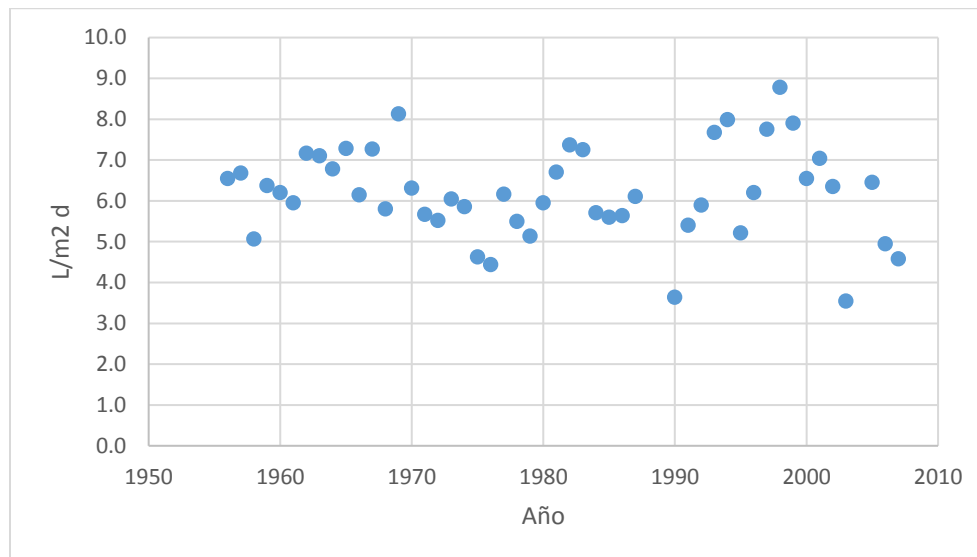


Ilustración 2-43 Evaporación neta promedio anual (L/m² d).

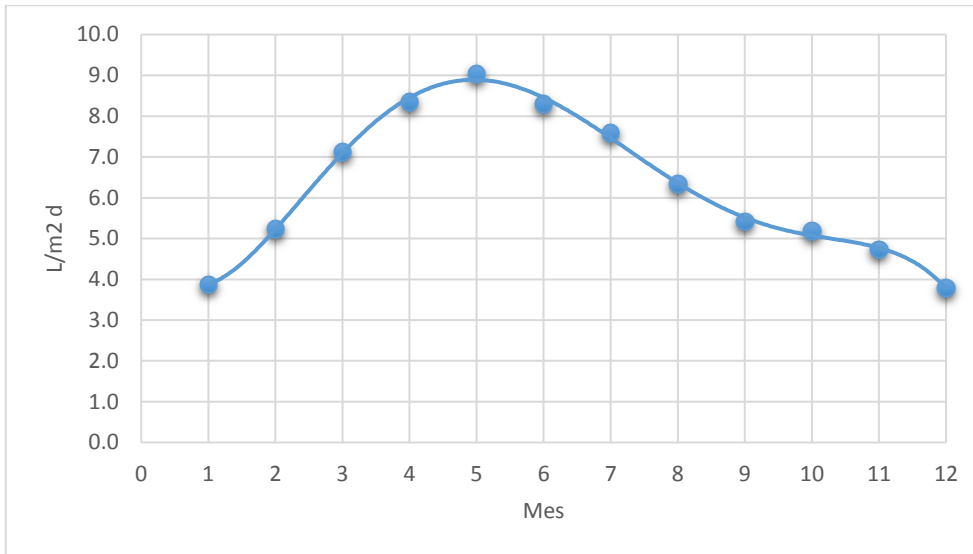


Ilustración 2-44. Evaporación neta promedio mensual (L/m² d).

Considerando los datos mencionados anteriormente se obtiene la Tabla 2-70 que describe los máximos y mínimos de evaporación neta promedio mensuales y anuales.

Tabla 2-70. Evaporación neta promedio máxima y mínima

Mensual		Anual	
Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
9.03	3.79	8.78	3.55

Para el cálculo del área mínima y máxima de las lagunas de evaporación se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Q_r * 86400}{Q_{Evap} * F}$$

Donde:

- A = Área (Ha)
- Q_r = Caudal de rechazo (L/s)
- Q_{Evap} = Máximo o mínimo de evaporación neta promedio (L/m² d)
- F = Factor de evaporación

Realizando los cálculos pertinentes y añadiendo un 20% para bordos y accesos, se obtiene:

Área mínima (Ha)	274
Área máxima (Ha)	699

2.2.3.12 DTI y Cortes

Los diferentes componentes del sistema se muestran de la Ilustración 2-45 a la Ilustración 2-49.

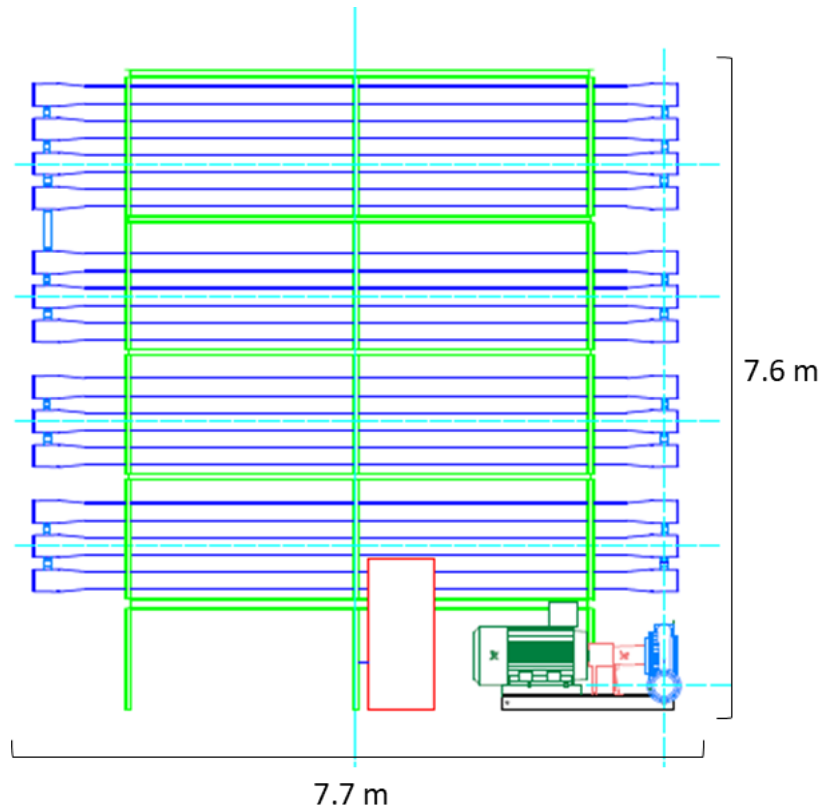


Ilustración 2-45. Vista lateral del sistema de tratamiento por Ósmosis Inversa

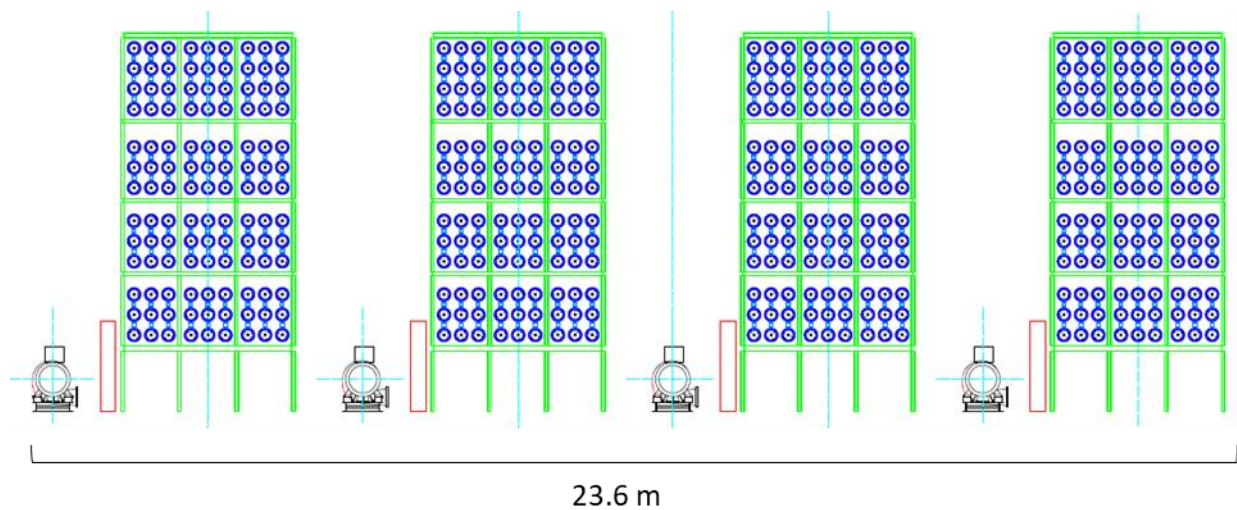


Ilustración 2-46. Vista frontal de los cuatro módulos sistema de tratamiento por Ósmosis Inversa

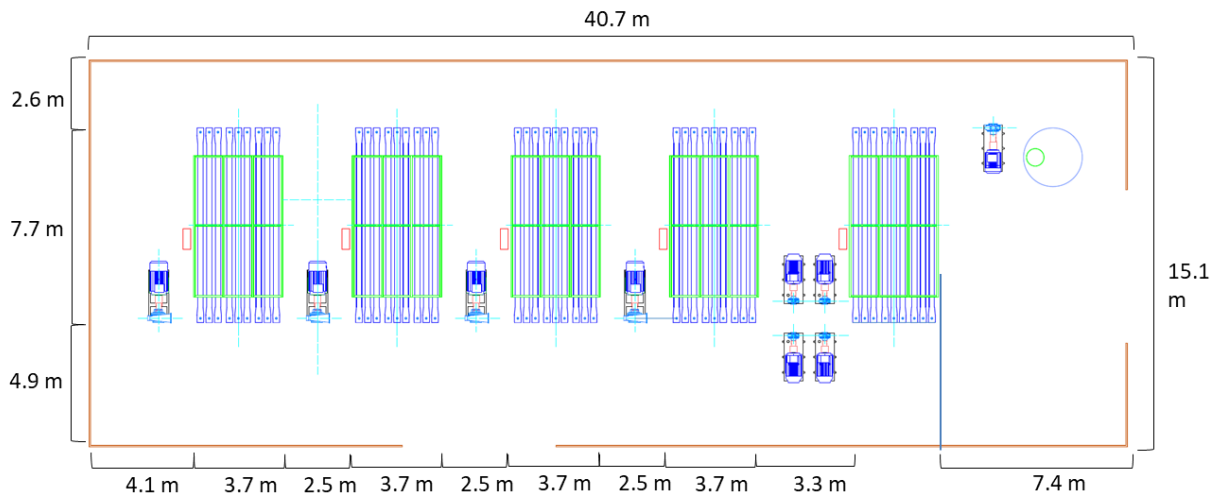


Ilustración 2-47. Vista superior del sistema de tratamiento por Ósmosis Inversa

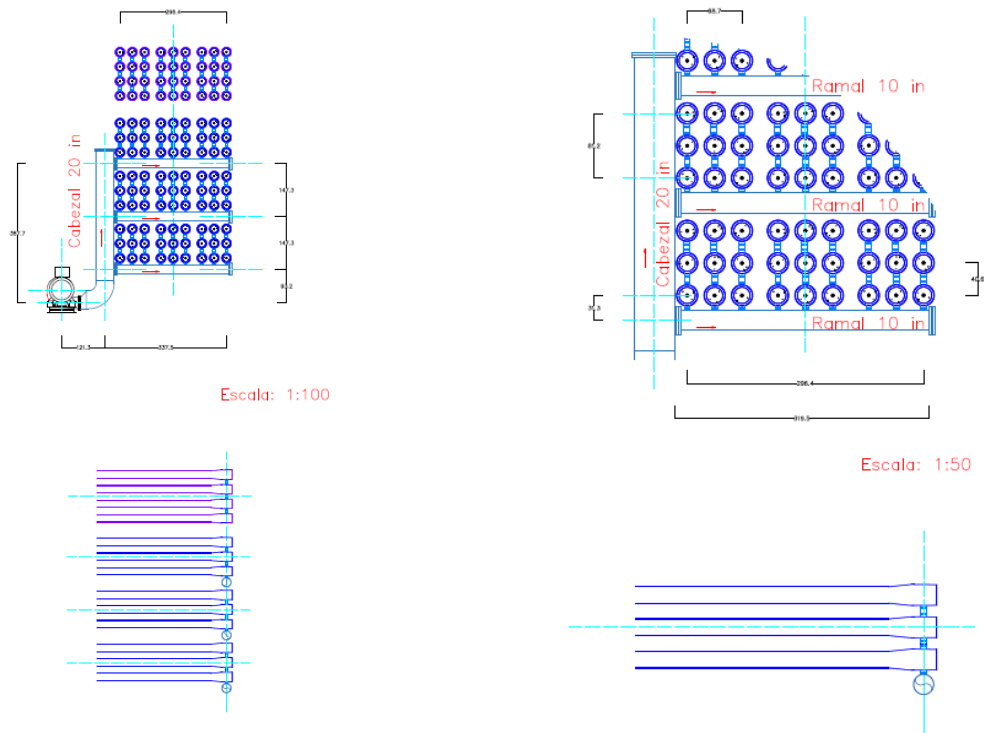


Ilustración 2-48 Detalles de alimentación a recipientes

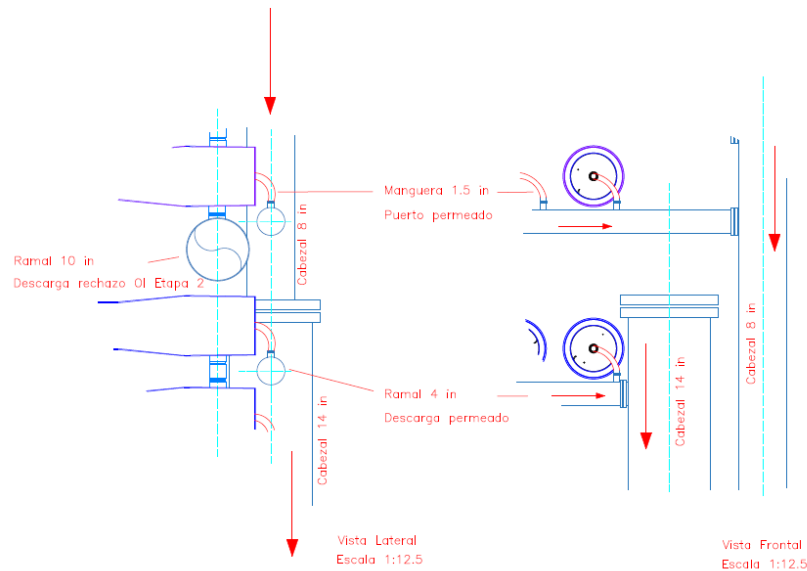


Ilustración 2-49 Descarga permeado

2.2.3.13 Sistema eléctrico y de control

Los principales equipos del sistema son las bombas de alimentación a las membranas, bombas para el retrolavado de los filtros, bombas dosificadoras, válvulas controladoras, sensores y relevadores / arrancadores. Más del 99% de la carga a suministrar irá a los equipos motrices, pero la instalación eléctrica debe incluir electricidad para iluminación y contactos.

Se suministrará electricidad en 440V (460V), 3 fases, 60HZ. El diagrama unifilar preliminar (Ilustración 2-51) muestra los tableros y los elementos de seguridad y control de cada tablero, así como las cargas, tensiones y amperajes de los elementos motrices y otros.

El proceso de Ósmosis Inversa es un sistema con cierto grado de complejidad, que necesita de la utilización de los medios más modernos de automatización y control para poder operar con garantías de fiabilidad y seguridad, esto es, automatizar el proceso al máximo nivel viable. La automatización de una planta de OI abarca, entre otros, la instrumentación industrial, que incluye: sensores, transmisores de campo, sistemas de control y supervisión, sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones en planta.

La arquitectura del software para el sistema de control se organizará por medio de una red jerárquica mediante el modelo maestro – esclavo por medio del protocolo de comunicación Hart, por lo que los equipos de medición y control que se seleccionen deberán tener la capacidad de cumplir con este protocolo.

La arquitectura del sistema digital de monitoreo se debe indicar en los diagramas del sistema respectivo, en donde se muestren los equipos y señales a controlar, iniciándose desde los sitios de medición en campo y se continua mediante cable de control hasta una interfase de protocolo Hart, para finalmente llegar al PLC.

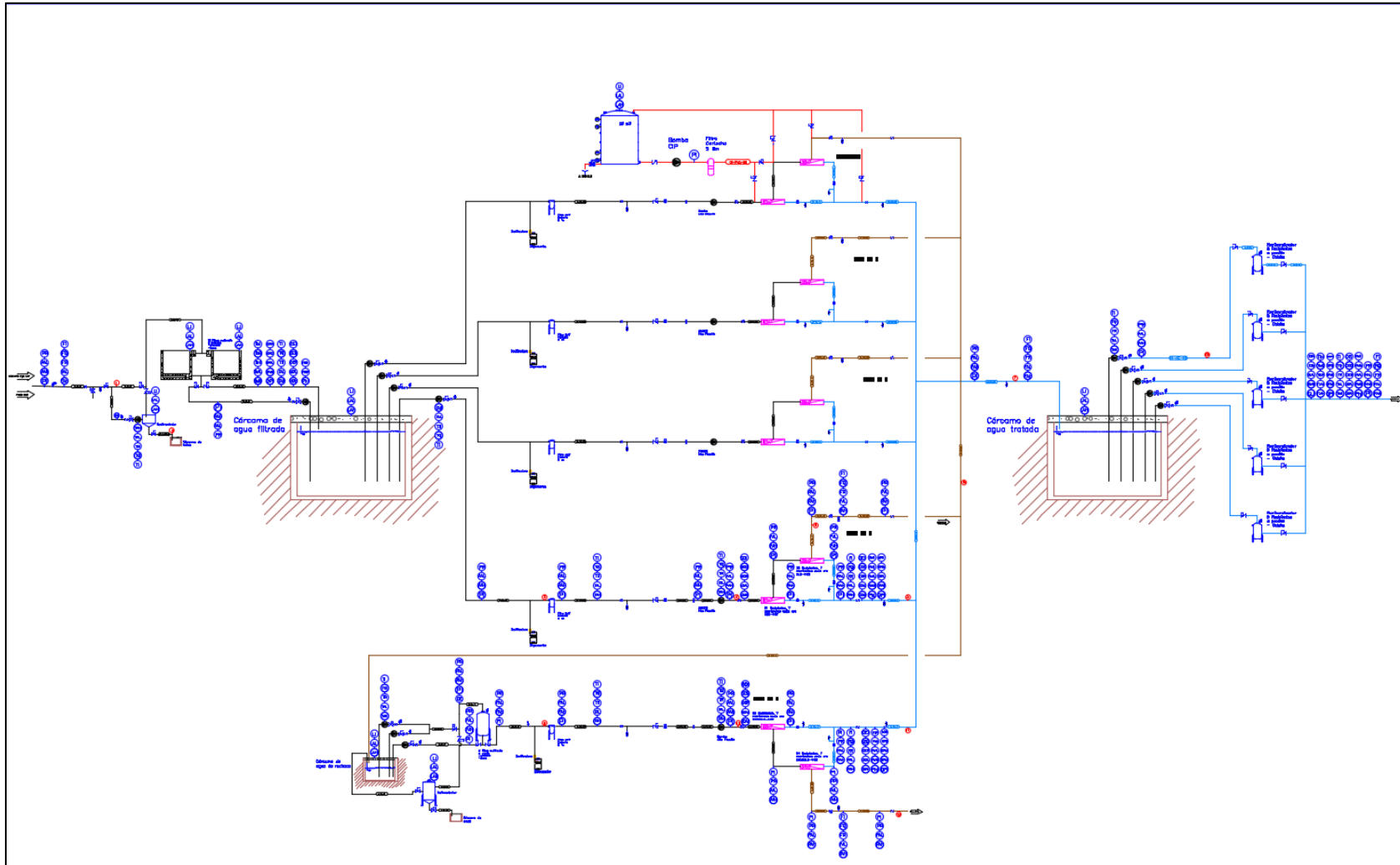


Ilustración 2-50 Diagrama de tuberías e instrumentación

En el cuarto de control se concentrarán todas las señales, en un controlador que se alojará en un gabinete. En el gabinete se instalará la computadora de programación lógica (PLC), la computadora con pantalla integrada, el botón selector de Automático – Semi automático – Fuera y en caso de requerirse, los relevadores para el arranque y paro de equipos de campo.

Los arrancadores de los equipos se instalarán en el mismo cuarto de control, por lo que el proyecto ejecutivo deberá considerar las canalizaciones y cable necesario para que el PLC esté conectado hacia los arrancadores.

El PLC tendrá un indicador de estado y fallo, compatibilidad con el protocolo de comunicación utilizado, memoria RAM integrada de la capacidad suficiente para operar eficientemente el sistema, memoria dual para que el rendimiento aumente al 100%, capacidad de respaldo de datos, lenguaje de programación para la aplicación deseada, modular, funciones de prueba y puesta en servicio, funciones de maestro/esclavo y velocidad de transmisión necesaria para el sistema. Considerará la fuente de alimentación del controlador en el mismo riel instalado dentro del gabinete.

La capacidad del controlador será para operar con señales analógicas y digitales, necesarias para el control y automatización del lavado de filtros.

El PLC localizado en el cuarto de control tendrá el programa (o programas) necesarios para cumplir con las necesidades de la planta respecto al monitoreo de señales hidráulicas, automatización del lavado de filtros multimedia y de membranas, alarmas por fallos en la apertura y cierre de válvulas, arranque o paro de equipos de bombeo, así como monitoreo de la operación del equipo de bombeo del agua cruda, lo que se presentará mediante páginas de video (mímicos) en una computadora con pantalla integrada.

Para evitar mal funcionamiento de la planta por pérdida de información, desperfectos en los equipos a controlar por cierres intempestivos, etc., derivados de la falta de energía eléctrica, se contará con una fuente de respaldo de energía (UPS) calculada en el proyecto ejecutivo a partir de la demanda total de la planta.

El lenguaje para complementar la interface hombre – máquina será del tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), sistema idóneo que permite supervisar y controlar a distancia la apertura y cierre de válvulas, arranque y paro de motores de las bombas, la adquisición y presentación de los equipos encargados de medir presión, nivel, gasto, reactivos, cloro residual, etc. El SCADA tendrá como finalidad realizar la operación automática de control y además poder cerrar el lazo de control a través del operador local.

El computador para visualizar el estado actual de operación de la planta, en donde se presentarán las medidas y las operaciones automáticas y desde donde se podrá realizar el control semiautomático, almacenará la información y simultáneamente la presentará al operador en tiempo real a través de unas páginas de video (mímicos) y así el operador podrá tomar una acción de control sobre el proceso en modo semiautomático.

Esta información será recopilada de los equipos que se instalarán en cada caso y se llevarán a cabo las acciones de control como se indica más adelante.

1.- Mediante medidores de gasto tipo ultrasonido (equipo que no requiere para su instalación de la apertura de la tubería), se medirán los gastos de entrada (MGE) a los filtros y de salida (MGS) a los tanques de almacenamiento y/o distribución, para así tener un control de la producción de la cantidad de agua entregada a la planta y la cantidad entregada a la distribución de agua potable a la población.

2.- Se medirá la altura o presión (según si son filtros a gravedad o a presión) de entrada y de salida del conjunto de filtros y así se determinará qué tan sucios se encuentran en conjunto. El lavado de filtro se hará automáticamente por tiempo fijo y será controlado por la computadora, en caso de algún fallo de ésta, el operador podrá determinar cuál filtro se encuentra en condiciones de ser lavado y realizará el control en forma semiautomática desde las páginas de video (mímicos).

Los requisitos mínimos que debe cumplir el software es que sea de arquitectura abierta, capaz de crecer o adaptarse a las necesidades del proyecto, comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario y deben ser programas sencillos de instalar, sin exigencias excesivas de hardware y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Los instrumentos de medición y control que deben ser considerados principalmente son los que se enumeran a continuación.

- En la captación: Medidores de nivel ultrasónicos, interruptores de nivel, manómetros, presostatos, transmisores de temperatura en arrollamientos de motor y cojinetes, caudalímetros electromagnéticos.
- En la filtración granular: Transmisores de presión o de nivel, manómetros, caudalímetros electromagnéticos.
- En la filtración por cartuchos: Manómetros, transmisores de presión, caudalímetros electromagnéticos.
- En el pretratamiento químico: Medidores de nivel en depósitos, interruptores de nivel, manómetros, rotámetros.
- En el panel de agua pre tratada: Analizador de turbidez, analizador de pH, analizador de redox, analizador de conductividad, analizador de cloro residual, transmisor de temperatura, transmisor de presión, medidor de SDI.
- En el bombeo de alta presión: Manómetros, presostatos en aspiración e impulsión, transmisores de temperatura en arrollamientos de motor y cojinetes, caudalímetros electromagnéticos, transmisores de presión.
- En la alimentación de la OI: Transmisores de presión, presostatos, caudalímetros.
- En el producto de la OI: Transmisores de conductividad, presostatos, caudalímetros, manómetros, toma de muestras.
- En el concentrado de la OI: Transmisores de conductividad, presostatos, caudalímetros, manómetros.
- Entre alimentación y concentrado: Transmisores de presión diferencial.
- En el pos tratamiento: medidores de pH, caudalímetros electromagnéticos, analizador de turbidez, reguladores de nivel, manómetros, medidores de cloro residual.

- En tanques de almacenamiento: Medidores de nivel ultrasónico, interruptores de nivel, manómetros, presostatos en aspiración e impulsión, transmisores de arrollamiento de motor y cojinetes, caudalímetros electromagnéticos.

Las bombas y válvulas regulables se controlan en todo momento mediante un lazo de control, tanto el caudal como la presión del agua impulsada a la planta por cada módulo. Tanto los filtros de arena como los de cartuchos deben contar con sus correspondientes válvulas de apertura y cierre, para así poder aislar algún filtro en caso de limpieza del mismo o por avería de éste.

Las bombas de alta presión cuentan con válvulas de regulación en caso de avería y con variadores de frecuencia para evitar el golpe de ariete y así regular su funcionamiento según el cambio de necesidades. El uso de servoposicionadores, o en algunos casos válvulas de regulación, se hace frecuentemente en la dosificación de los reactivos. Para la impulsión de permeado se utilizan válvulas reguladoras en dichas bombas.

Las bombas de pretratamiento encienden y apagan con el nivel del tanque o cisterna de producto (agua potable). Ese es el control principal. Una alarma debe advertir si el nivel del tanque habilita el encendido de las bombas de pretratamiento y las bombas no encienden.

Las bombas de pretratamiento se deben apagar por alta presión de descarga. Las presiones de descarga de las bombas de pretratamiento las monitorean cuatro interruptores de alta presión y los interruptores abren cuando llegan a la alta presión seleccionada. La sugerencia de ajuste para este interruptor es de 4 Bares.

La bomba de alta presión se debe apagar por alta presión de descarga y así proteger los recipientes, las membranas, accesorios, tuberías y la misma bomba. La presión de descarga de la bomba de alta presión la monitorea un interruptor de descarga y abre cuando llega a la alta presión seleccionada. La sugerencia de ajuste para este interruptor es de 12 Bares.

Una alarma se debe activar si la conductividad de producto excede cierta conductividad preestablecida y que puede ser modificada.

Una alarma se debe activar si el pH de producto excede cierto valor pre establecido y que puede ser modificada. Entre 6.5 y 8.5 es la sugerencia. Se activa alarma cuando llegue al valor preestablecido pero no interrumpe operación.

Una alarma se debe activar si el OPR de producto excede cierto valor pre establecido y que puede ser modificada. Se activa alarma cuando llegue al valor preestablecido pero no interrumpe operación.

Una alarma se debe activar si la turbidez de producto de entrada a membranas excede cierto valor pre establecido y que puede ser modificada. <0.2 UTN es la sugerencia para antes de las membranas y <5 para el producto a la salida de la planta. Se activa alarma cuando llegue al valor preestablecido pero no interrumpe operación.

Una alarma se debe activar si la SDI de producto entrante a la membrana excede cierto valor pre establecido y que puede ser modificada. <3 es la sugerencia. Se activa alarma cuando llegue al valor preestablecido pero no interrumpe operación.

Una alarma se debe activar si la temperatura de alguno de los equipos de bombeo (alta presión, de pretratamiento, o retrolavados) en los devanados y/o cojinetes excede cierto valor pre establecido y

que puede ser modificada. Se activa alarma cuando llegue al valor preestablecido pero no se interrumpe la operación.

Las bombas dosificadoras de aditivo dispersante inician operación cuando opera la bomba de cada tren de pretratamiento y se apagan cuando esta misma bomba lo hace. Todas las bombas dosificadoras tienen entrada digital on/off (0 y 1) por medio de un relevador para dosificar en su momento.

Los tanques de aditivo cuentan con un interruptor de nivel, flotador, que advierte si el tanque está vacío. Estos interruptores están normalmente cerrados y abren cuando no hay nivel en el tanque.

El modo automático se puede suspender por un botón en el PLC para pasar a modo manual.

Las bombas de pretratamiento deben encender y apagar de manera automática, pero con la opción de manejo manual. Deben tener variador de velocidad con lazo cerrado de control para mantener un flujo determinado. Ese punto de control (set point) del lazo se lo envía de manera remota el PLC al variador. El lazo de control del variador trabajará en modo esclavo del PLC.

En operación manual se debe poder encender el equipo de bombeo, cualquiera de las bombas de alta presión que alimentan a las membranas (una sola bomba para el sistema OI y cuatro para el sistema OISW). Un botón seleccionará cual bomba operará para poder hacer pruebas en modo marcha. En cuanto se deja de oprimir, apaga la bomba. Deberá existir la opción de dejarla operando de manera FIJA, si así se requiere.

Las válvulas actuadas con motor eléctrico también deben poder operar, es decir abrir y cerrar, de manera manual.

2.3 Términos de Referencia para el Diseño y Construcción de la planta potabilizadora.

En el Anexo 1.2 se presenta una propuesta de los Términos de referencia para el Diseño ejecutivo y Construcción de la planta potabilizadora.

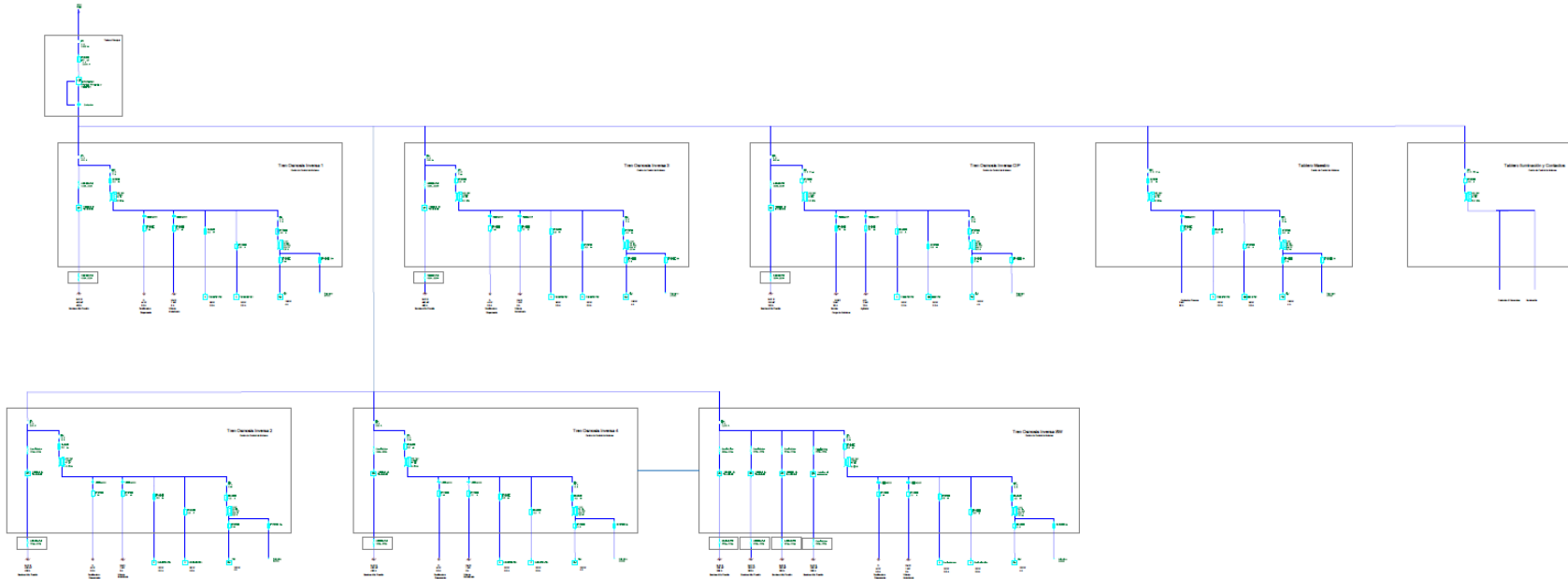


Ilustración 2-51 Diagrama unifilar preliminar

3 PROYECTO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA MINA “LA PLATOSA” A LOCALIDADES DE DURANGO

3.1 Recopilación y análisis de información para el proyecto funcional hidráulico de abastecimiento

3.1.1 Recopilación de información

La recopilación de la información se llevó a cabo en primera instancia en la Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento del Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte de CONAGUA, se revisó la información general sobre la zona de estudio, se tuvieron disponibles proyectos preliminares, estudios previos relevantes realizados, notas. Así mismo, la Comisión de Agua del Estado de Durango (CAED) y organismos operadores de agua potable, como son: el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPA); el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Área Rural del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPAAR); el Sistema municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tlahualilo, Durango (SIMAPA Tlahualilo); y el Sistema de Agua del Municipio de Mapimí, Durango (SIDEAMM). En este caso en particular la localidad de Bermejillo.

a) Información proporcionada por la Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento del Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte de Conagua.

- Presentación del Proyecto “Agua futura para La Laguna” en PDF
- Nota agua futura para La Laguna 21-jul-2015.-Subgerencia de Atención a Compromisos presidenciales.
- Presentación “Proyecto ejecutivo del acueducto río Nazas – Comarca Lagunera, incluyendo las obras de La Platosa de bombeo, planta potabilizadora, tanques de entrega y red troncal para el suministro de las ciudades de Lerdo y Gómez Palacios.
- Anexos de Geofísica.
- Anexos de laboratorio de calidad del agua (análisis fisicoquímico de agua)
- Estudio para la estabilización del acuífero en La Laguna
- Estudio de factibilidad de fuentes alternas. - Informe final; contiene: Presentación Geohidrología (resumen de balances de agua subterránea). Cartografía en PDF. Planos en PDF de Hidrología subterránea, Áreas Naturales Protegidas en el área de estudio, Geometría del acuífero, Cuenca alta del río Presidio. Indicadores de gestión de organismos operadores y otros datos.
- Modelación hidráulica en Epanet
- Anteproyecto La Platosa 19 Julio de 2013
- Curva bomba de la Platosa en PDF
- Demanda actual RB-M-B.- Mapimi en PDF
- Demanda actual SIDEAPAR GP en PDF
- Demanda actual Tlahualilo en PDF
- Demanda al 2040 RB-M-B.- Mapimi en PDF
- Demanda al 2040 SIDEAPAR GP en PDF
- Demanda al 2040 Tlahualilo en PDF
- Localización de estaciones de tracción en PDF

- Plano Agua potable La Platosa 07 Julio 2013 en PDF
- Plano de ubicación de bombas 2013 en PDF
- Concesiones REPDA en Excel
- Terreno para la planta potabilizadora en Google
- Trazos georeferenciados La Platosa

b) *Información proporcionada por la CAED.*

- Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la región lagunera, localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimi.
- Identificación de posibles derechos de riego por gravedad del distrito de riego 017 región Lagunera eventualmente transmisible al sector público-urbano en la zona metropolitana de la Laguna de Durango.
- Anteproyecto de acciones de apoyo ambiental para el proyecto de fuentes sustentables de abastecimiento de agua potable para la zona metropolitana de la Laguna y zonas rurales adyacentes.
- Área Georeferenciada para el diseño de la planta potabilizadora, junto a la mina La Platosa
- Trazo de la línea de conducción Mapimi probable en Google
- Trazo de la línea de conducción Tlahualilo probable Google
- Trazo de la línea de conducción Zona Rural Gómez Palacios en Google
- Trazo de la línea de conducción Brittingham en Google
- Trazo de la línea de conducción por terrenos de la Platosa hasta la vía del tren en Google
- Trazos de todas las líneas como sistema en Google
- Anteproyecto del acueducto de la presa Francisco Zarco a la Planta Potabilizadora y líneas de conducción para entrega de agua en bloque a las ciudades de Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y Tlahualilo.
- Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la región Lagunera, Localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí, Municipio: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí. - Diseño Hidráulico.
- Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la región Lagunera, Localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí, Municipio: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí. - Anteproyecto de obra e ingeniería de costos del proyecto.
- Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la región Lagunera, Localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí, Municipio: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí. - anteproyecto del acueducto Francisco Zarco, Planta Potabilizadora y Líneas troncales de conducción para entrega de agua potable en los sistemas de distribución y sistemas rurales aledaños. - Evaluación Económica y Financiera.
- Hoja Excel de las localidades del municipio de Gómez Palacio, Durango. - INEGI
- Datos generales del organismo operador de SIDEAPA
- Plano de la planta de línea de conducción: La Platosa, Tlahualilo, Bermejillo, Mapimí y Gómez Placios, en AutoCad.
- Plano de la planta de línea de conducción con ubicación de localidades y carreteras correspondientes a cada municipio: Tlahualilo, Bermejillo, Mapimí y Gómez Palacio, en AutoCad.

- Primera etapa del proyecto para tecnificación de riegos en la comarca lagunera: Diseño de Cárcamos; contenido: memorias de cálculo y planos en AutoCad. Ingeniería y Gestión Hídrica S.C. de 2014.
 - Primera etapa del proyecto para tecnificación de riegos en la comarca lagunera: Electrificación Cárcamos 1ª etapa y Cárcamos ANT; contenido: Amoles, Animas, Buenavista, Héros de México, Labor de Guadalupe, Niños Héros, Rodeo, Santa Barbara, Cotización General, planos en AutoCad y en PDF. - 2014.-Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.
 - Iv.1.e. Anexo presentaciones a módulos. - Proyecto agua futura para la Laguna gestión de derechos. - 2014 Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.
 - Primera etapa del proyecto para tecnificación de riegos en la comarca lagunera IV.1.e. Anexo volumen a ceder módulo Rodeo. - 2014 Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.
 - IV.3. Anexo Gestión de recursos presupuestales: ficha técnica para la SHCP proyecto agua potable e hidroagrícola; presentaciones; hidroagrícolas y presupuesto general; anexo Informe SAGARPA tecnificación 1000 has Modulo Rodeo y ruta crítica proyecto agua futura Laguna.
 - IV4.1.- Anexo, planos Vinculación No. parcela. Programa agua futura para la región Lagunera de Durango.
- c) *Información proporcionada por el Sistema Descentralizado de Agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPA)*
- Plan de desarrollo integral (PDI) de 2015.
- d) *Información obtenida de internet por parte del IMTA:*
- Documento del periódico oficial tomo CCXVIII, mayo de 2008, en PDF.
 - Anuario estadístico y geográfico de Durango de 2015, en PDF.
 - Compendio de información Geográfica municipal de 2010 de Tlahualilo, Durango. (INEGI)
 - Compendio de información Geográfica municipal de 2010 de Gómez Palacio, Durango. (INEGI)
 - Compendio de información Geográfica municipal de 2010 de Bermejillo. (INEGI)
 - Compendio de información Geográfica municipal de 2010 de Mapimi. - Bermejillo (INEGI)
 - Artículo; Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera.
 - Estudio técnico para el ordenamiento ecológico y territorial del municipio de Gómez Palacio, Durango. - agosto 2012: SEMARNAT, Durango.
 - Programa hídrico visión 2030 del estado de Durango. - febrero de 2009.- CONAGUA. - SEMARNAT.
 - Demanda de uso Público. -con estadísticas de 2011 y proyectada al 2020.- Ingeniería y Gestión Hídrica. S.C.
 - Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de las aguas de laboreo de la mina “La Platosa” para el abastecimiento de agua potable a los municipios de Tlahualilo, Mapimí y Gómez Palacio, Durango. -convenio IMTA-CAED. Diciembre 2014.
 - Localidades del municipio de Tlahualilo y Mapimí. Obtenidas por internet.

3.1.2 Análisis y selección de la información

Los apartados: 2.1.2; 2.1.3; 2.1.4, 6.2.1; se desarrollaron con la información recopilada de estudios ya realizados; información proporcionada por la CONAGUA y la CAED, se extrajeron párrafos de textos de interés para el proyecto. En este caso se consideró el informe: “Estudio para la estabilización del acuífero en la Laguna (Localidades Gómez Palacio y Lerdo, de los municipios de Gómez Palacio y Lerdo, Durango)”.- Capítulo 2.- Descripción del entorno e importancia regional del agua. Fuente: Conagua, CAED, Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.-2014

El IMTA estudiará toda la información disponible con objeto de que interprete, seleccione, complemente y amplíe las características geotécnicas, hidráulicas, topográficas y de tenencia de la tierra, con respecto a las diferentes alternativas de ubicación de tanques, bombes y conducción que resulten y se evalúen de los sitios involucrados. Esta información deberá ser presentada para su aprobación a la CONAGUA. Toda la información obtenida permitirá establecer la problemática existente y la justificación técnica del proyecto, así como coadyuvará a determinar el trazo de las líneas. La información recopilada será organizada y analizada por parte del IMTA, identificando a la vez las necesidades de información complementaria, y en su caso levantamientos de campo, para poder realizar el proyecto

✓ *Topografía*

La topografía en la zona de estudio presenta una variación altimétrica que va desde el nivel del mar hasta elevaciones que superan los 3,200 msnm. El frente montañoso de la Sierra Madre Occidental presenta una barrera orográfica consistente cuyas elevaciones máximas, en varios puntos del parteaguas, superan los 3,100 msnm.

Otros puntos elevados se encuentran en el parteaguas de la cuenca del río Nazas con la cuenca del río San Pedro localizada al sur, y en la parte baja del río Nazas dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Ilustración 3-1).

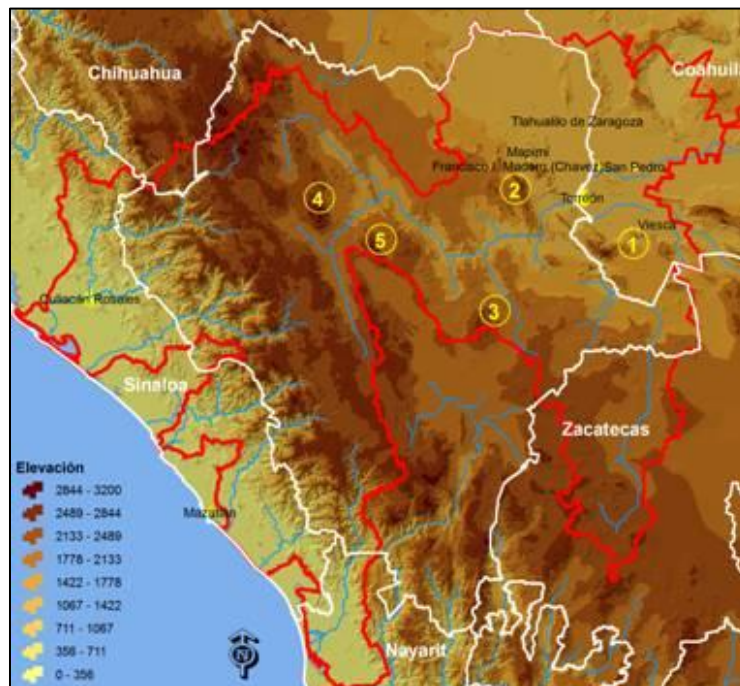


Ilustración 3-1 Topografía y Orografía de la zona de estudio en Durango.

En la Ilustración 3-1 indica la ubicación de las elevaciones máximas, adicionales al frente de la Sierra Madre Occidental, y pueden relacionarse con la Tabla 3-1 para conocer su altitud y su nombre.

Tabla 3-1 Elevaciones máximas

No	Elevación máxima	Elevación msnm
1	Cerro de La Nopalera	3,120
2	Sierra del Rosario	2,740
3	Sierra Cañón	2,960
4	Sierra San Francisco	3,050
5	Sierra La Candela	3,050

Los cauces que drenan a la llanura costera del Pacífico tienen un recorrido promedio de 150 km, en los cuales descienden 3,200 m, esto representa una pendiente media de 0.021 (2.1 cm/m). En la cuenca del río Nazas la pendiente media es de 0.028, el río desciende desde su punto más alto hasta su desembocadura en la Laguna de Mayrán 1,200 metros en una trayectoria de 430 km.

3.1.3 Precipitación en la cuenca del río Nazas

La precipitación media anual de la cuenca del río Nazas varía de un máximo de 547 mm registrado en la estación climatológica de Santiago Papasquiario, localizada en la cuenca alta del río Nazas, hasta un mínimo de 187.9 mm presentado en la estación climatológica San Pedro, localizada en la cuenca baja de la cuenca, como se puede observar en la Tabla 3-2.

La distribución espacial muestra que la precipitación menor se registra al oriente de la cuenca Aguanaval 2, representada por la isoyeta con valor de 180 mm, incrementándose hacia el poniente, hacia la sierra madre occidental, que a su vez es el parteaguas de la cuenca Nazas 1 hasta la isoyeta 540 mm, como se puede observar en la Ilustración 3-2.

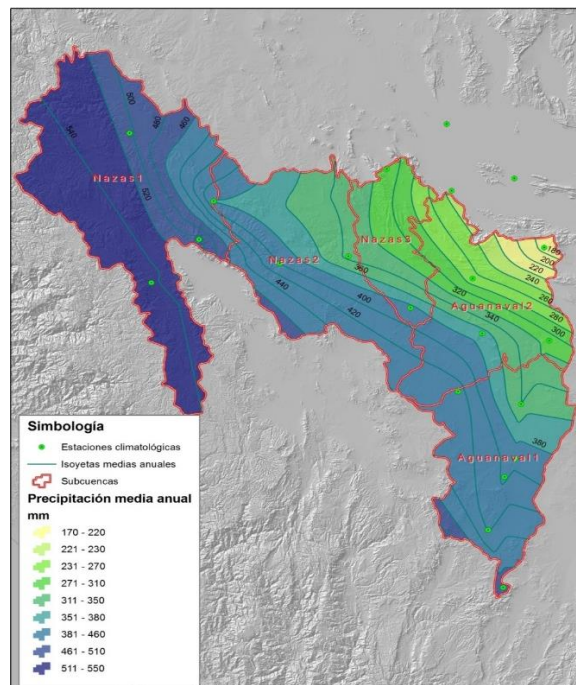


Ilustración 3-2 Isoyetas de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval

Tabla 3-2 Precipitación anual en la cuenca del río Nazas.

AÑO	SANTIAGO PAPASQUIARO	PALMITO	SARDINAS	COL. IGNACIO ZARAGOZA	RODEO	NAZAS	CUENCAMÉ	MAPIMÍ	TLAHUALILO	TORREÓN	SAN PEDRO
1970	141.7	318.7	448.9	666.3	429.5	290	370	170.8	287.4	163.4	162.5
1971	214.5	429.9	448.5	533.6	430.2	472.1	378.2	421.3	288.3	146	201.1
1972	432.4	405.7	453.6	517.9	442.9	395.6	470.2	410.8	372.8	197	208.5
1973	634.2	528.4	581.4	502	499.9	549.2	662.6	518.9	280.8	244.9	287
1974	230.9	383	436.2	468	391.7	326.5	286.9	124.1	133.5	67.1	111.5
1975	258	255.2	399.5	420.5	229.5	163.2	308.7	53.5	130	92.6	146.5
1976	530.5	425.5	578.3	713	575.1	359.9	373.1	361.7	283.1	230.1	311.8
1977	339.2	374.8	427.9	441	246.5	327.7	292.5	102.5	221	206.8	167
1978	428.9	505.3	547.8	665.4	391.5	408.4	492.3	615.4	304.5	331.8	340.7
1979	306.7	330	436.8	484.5	253.5	228.3	342.5	207.5	228.8	164.6	167.5
1980	483.2	388.6	497.6	537.3	362.5	319.1	383.8	221.3	256	178.1	141.6
1981	551	413.9	688.5	602.5	422.3	509.9	362.7	449.7	305.3	310.6	308
1982	429.9	222.1	272.5	380.5	256.7	173	291.1	261.1	205	204.8	187.2
1983	565.2	319.3	354.8	545.1	350.3	235.9	465.6	339	239.9	230.1	178.1
1984	705.2	512.3	611	518.4	539.4	454.9	493	472.6	310.6	323.7	229.5
1985	483.8	340.3	485.7	354.1	402	344.5	368.8	364.1	282	252.4	202.5
1986	594.7	514.4	719.1	630.5	612.8	574.8	567.9	421.1	451.9	503.4	342.5
1987	455.3	468.7	495.1	425.7	514	478	457	361.9	309	398.5	272.5
1988	523.3	323	443.9	410.5	443	293.4	254.9	223.8	230.5	180	173.5
1989	657.2	416.2	342	393.7	315.9	274.9	297	260.3	238.5	185	123.5
1990	490	497.8	675.1	549.4	491.5	451.1	405.6	642	422.8	396.2	332
1991	789.7	550.5	724.2	576.1	664.9	437.6	578	303.5	373.7	256.4	252.5
1992	633.4	314.3	596.1	308	286	549.8	379	389.3	243.3	251.3	275
1993	671.4	392.5	593.8	518	642.5	420.3	421.4	541	254.5	162.5	154.5

Tabla 3-2 Precipitación anual en la cuenca del río Nazas (Continuación).

AÑO	SANTIAGO PAPASQUIAR O	PALMIT O	SARDINA S	COL. ZARAGOZA	IGNACIO	RODE O	NAZA S	CUENCAM É	MAPIM Í	TLAHUALIL O	TORREÓ N	SAN PEDRO
1994	727.9	232	286.2	476.5		461	170.3	294	69.6	188.5	146.4	97
1995	447.5	200.5	209.2	448.5		253.4	162.6	243.6	203.3	208	248.3	188
1996	571.4	376.3	541.6	420.7		438	237.3	449.2	174.5	170	153.8	93
1997	678.4	396.9	491.8	590.2		337.7	325.5	427.3	218.6	267.5	293.7	154
1998	372.4	206.4	590.1	455		204.6	255.5	352.1	274.5	229.5	284.1	98
1999	552.9	328.4	355.5	321.4		261.5	213.2	247.1	256.5	285.5	209.7	128
2000	523.6	365.3	425.4	563.8		466.5	383	390.3	354.5	254	261.1	283
2001	599.4	267.2	416.3	489.3		283.6	135.8	216.3	125.8	116	173.4	80
2002	541.6	278.2	300.5	444		416.5	366.6	410.8	403	219	172.6	226
2003	673	463.9	407.3	788.5		479	492.2	491	386	281.5	235.1	242.5
2004	824.2	620.5	587.3	939.1		632	424.9	450.1	249	306.7	341.1	346
2005	603.2	235.9	452.5	185.2		267.9	111.5	328.2	336	205	181.6	340.5
2006	919.8	496.8	728.9	737.7		656.8	335.4	537.3	344	350.9	295.1	167.5
2007	564.4	421.3	426.3	510.8		260	351.9	285.7	349.8	193.9	220.6	99
2008	901.9	417.5	910	814.9		290.2	282.9	443.7	401	99.1	183.4	10.5
2009	558.6	355.5	638	490		497.5	389.4	368	293.8	276.4	284	11.5
2010	847	437.4	744	466.9		319.5	272	427.7	326.6	262.5	323.5	46.5
2011	523	228.9	320.5	209.7		155.7	49	273.5	155.3	172.6	94	8.4
2012	542.7	323.2	591.5	466		263	346.3	286.6	362	150.2	160.4	187.5
PRO M	547	378.7	504.2	511.2		398.6	333.6	386.6	314.4	248.2	231.1	187.9
MAX	919.8	620.5	910	939.1		664.9	574.8	662.6	642	451.9	503.4	346
MIN	141.7	200.5	209.2	185.2		155.7	49	216.3	53.5	99.1	67.1	8.4

Aguas subterráneas

De acuerdo a la delimitación de acuíferos establecida para la administración de las aguas subterráneas por la Comisión Nacional del Agua (Ilustración 3-3), en el área de estudio se localizan 28 acuíferos. De estos, 21 corresponden a las cuencas de la Región Hidrológica 36 Nazas-Aguanaval y los 7 restantes a las cuencas de las regiones hidrológicas del Pacífico (Tabla 3-3).

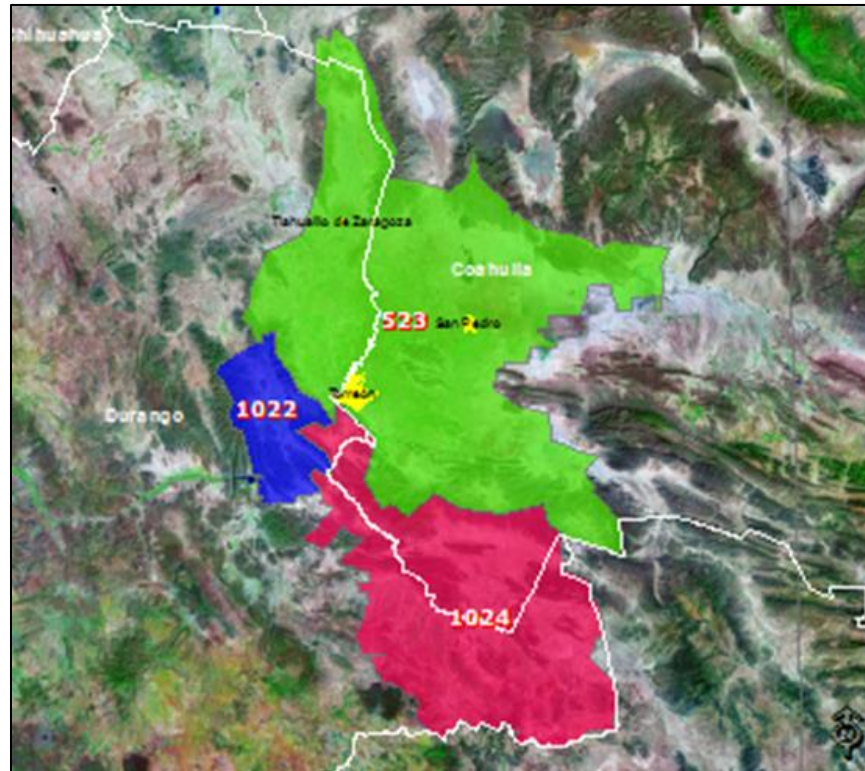


Ilustración 3-3 Delimitación de los Acuíferos según Aguas Subterráneas Conagua

Tabla 3-3 Relación de Acuíferos que corresponden a la región hidrológica 36

Clave	Nombre	Estado	Sobreexplotado	Observaciones
1027	Cabrera	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1013	Buenos Aires	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1026	Vicente Suarez	Durango	S	Acuíferos No publicados en D.O
1010	San José De Nazareno	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1011	Galeana - Quemado	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1006	Tepehuanes - Santiago	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1009	Matalotes - El Oro	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1019	Cauhtémoc	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O

Tabla 3-3 Relación de Acuíferos que corresponden a la región hidrológica 36 (Continuación)

Clave	Nombre	Estado	Sobreexplotado	Observaciones
1018	Peñón Blanco	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1021	Pedriceña - Velardeña	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1022	Villa Juárez	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1024	Oriente Aguanaval	Durango	S	Acuíferos No publicados en D.O
1023	Ceballos	Durango	S	Acuíferos No publicados en D.O
1012	La Victoria	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1025	Nazas	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
1016	San Juan Del Rio	Durango	N	Acuíferos No publicados en D.O
506	El Hundido	Coahuila	N	Acuífero Sin disponibilidad de agua subterráneas publicado en D.O.
524	Acatita	Coahuila	N	Acuíferos No publicados en D.O
525	Las Delicias	Coahuila	N	Acuíferos No publicados en D.O
509	La Paila	Coahuila	S	Acuíferos No publicados en D.O
523	Principal - Región Lagunera	Coahuila	S	Acuífero Sin disponibilidad de agua subterráneas publicado en D.O.

A continuación, se describe el acuífero Principal – Región Lagunera, sitio donde se ubica la zona de estudio:

Acuífero Principal

El acuífero Principal se localiza en la parte suroeste del Estado de Coahuila y en la porción noreste del Estado de Durango, cubre una superficie de 12,617 km². La zona ocupa los municipios Gómez Palacio, Lerdo y Tlahualilo en el Estado de Durango y Torreón, Viesca, Francisco I. Madero y San Pedro en el Estado de Coahuila. Los principales centros de población están concentrados en los municipios Torreón, Gómez Palacio y Lerdo (Ilustración 3-4).

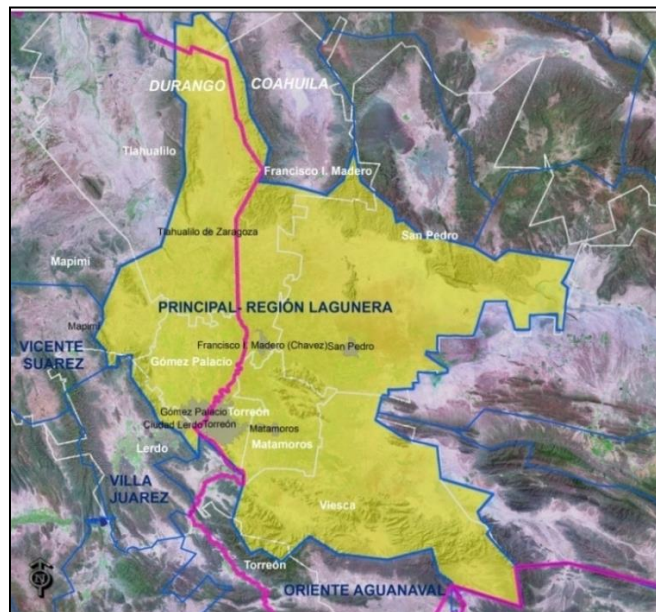


Ilustración 3-4 Delimitación del acuífero Principal, municipios y localidades

Las corrientes hídricas superficiales de mayor importancia son los ríos Aguanaval y Nazas, aunque existen otras corrientes secundarias que en la época de lluvias, pueden drenar sus aguas hacia la zona del acuífero; dentro de éstas se pueden mencionar el arroyo La Vega, Vinagrillos y Las Vegas.

El acuífero Principal y su Geología

Se encuentra incluido dentro de un valle intermontano cuya estructura geológica está asociada principalmente a rocas sedimentarias plegadas, eventualmente afectadas por cuerpos ígneos intrusivos. Esta depresión, a través de su historia de sedimentación, ha actuado como receptáculo de sedimentos aluviales, fluviales y lacustres, interdigitándose sus litofacies tanto transversal como longitudinalmente. Se encuentran materiales granulares distribuidos a lo largo de todo el valle que corresponden con sedimentos de ambientes aluviales, fluviales y lacustres. Los primeros se encuentran localizados en las inmediaciones de las sierras, en donde llegan a desarrollar espesores de 100 a 250 m y extensiones laterales de 2.5 hasta 5 km, conformando una geometría lenticular, interdigitándose lateralmente con los sedimentos fluviales de facies de planicies de inundación.

Por otra parte, en las zonas donde se encuentran los bajos estructurales, se considera que las facies de abanicos aluviales alcanzaron a conformar cuerpos granulares de 150 a 700 m, debido a la actividad de las fallas normales. Los sedimentos depositados como producto del transporte de los ríos Nazas y Aguanaval en facies de canales, bancos de arenas y planicies o llanuras de inundación, constituyen gran parte del volumen del material granular que rellenó el valle de La Laguna. Las facies de canales asociadas al río Nazas se encuentran distribuidas principalmente a lo largo de una franja orientada N-S, entre la ciudad de Gómez Palacio y la población de Tlahualilo de Zaragoza, la amplitud de esta franja es de 25 km, aproximadamente. En lo que respecta a las facies de planicies de inundación, representadas por clásticos del tamaño de arenas, limos y arcillas, éstas constituyen el mayor volumen de sedimentos depositados a lo largo de toda la extensión del acuífero, comparativamente con las facies de canales fluviales y lacustres. Los valores de permeabilidad en estos cuerpos de sedimentos son menores a los que presentan los lentes de gravas y arenas de las facies de canales. *Los sedimentos arcillosos de facies lacustres se localizan hacia los sectores centro septentrional (Laguna de Tlahualilo), centro oriental (Laguna de Mayrán) y sur oriente del valle (Laguna de Viesca).*

Se determinaron dos tipos de capas almacenadoras de aguas subterráneas, la primera se encuentra estrechamente asociada a la presencia de sedimentos granulares, en tanto que la segunda se asocia con un medio fracturado constituido principalmente por rocas sedimentarias calcáreas y en menor porción, por materiales de origen ígneo. Las litofacies asociadas a los medios poroso y fracturado constituyen un sistema acuífero que fluctúa de libre a semiconfinado y en determinadas áreas, su comportamiento corresponde a un acuífero del tipo confinado, lo cual es producto de los cambios de conductividad hidráulica atribuibles a la diversidad de litologías, tanto vertical como lateral en subsuelo, teniendo un peso significativo, dentro de las conductividades hidráulicas presentes en el acuífero. En la Ilustración 3-5, se muestra la zona Principal – Región Lagunera indicando el tipo de geología existente en las zonas de estudio: Gómez Palacio, Bermejillo y Tlahualilo.

La extracción de agua subterránea está concentrada en los municipios Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, Francisco I. Madero y San Pedro. La captación de agua para uso público-urbano está, lógicamente, concentrada en la zona conurbada. Aguas abajo de ésta, en la faja fluvial del Nazas, destaca la batería de pozos del Sistema Rural Interestatal de Agua Potable de la Región Lagunera, la cual alimenta a la red de acueductos que abastece a numerosas comunidades diseminadas en la llanura.

La calidad natural del agua contenida por el acuífero “Principal-Región Lagunera” presenta fuertes variaciones en el área: su salinidad total varía entre 200 y más de 3,600 partes por millón (ppm), de sólidos totales disueltos (STD).

En la faja fluvial del río Nazas (área de “La Burbuja”) y en el área donde desemboca el río Aguanaval a la llanura, el agua es de mejor calidad y satisface los límites permisibles establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 para el agua destinada al consumo humano. Esta porción del acuífero es la principal fuente de agua potable, pues abastece a la zona conurbada de Torreón-Gómez Palacio-Lerdo y alimenta al Sistema Rural Interestatal, el cual sirve agua a más de 130 poblados y comunidades dispersos en la llanura, que hasta la década de los años “80” recibían agua salobre con alto contenido de arsénico.

En el resto de la llanura, el agua subterránea tiene salinidad mayor que 1,000 ppm y contiene varios elementos químicos en concentraciones que rebasan los límites permisibles establecidos en la NOM referida. Debido a estas características, el agua no cumple las normas de calidad para consumo humano y tampoco es apta para los usos agrícola y pecuario; a pesar de ello, es utilizada con ciertas restricciones en el abrevadero de ganado y en el riego de cultivos tolerantes a las sales en zonas con suelos arenosos.

Los parámetros químicos que rebasan las concentraciones permisibles para consumo humano son los siguientes: ***el sulfato, especialmente en la porción norte de la llanura; el arsénico, que rebasa la concentración permisible de 0.035 ppm (que para el 2004 se estableció en 0.30 ppm), en los sectores norte (Bermejillo, Tlahualilo y Fco. I. Madero) y oriente (San Pedro, Matamoros y Viesca); el nitrato, que rebasa la norma respectiva en amplias áreas; la dureza total y el flúor. Otros elementos menores, como el molibdeno, el selenio y el manganeso, también rebasan las concentraciones máximas permisibles.***

Muestreos y análisis del agua subterránea realizados en diferentes fechas, revelan que durante las últimas décadas se ha deteriorado gradualmente su calidad. En parte, esto se debe a la sobreexplotación del acuífero: el agua captada de estratos cada vez más profundos, es más antigua y salina; además, el abatimiento de los niveles de agua ha provocado la compactación de los estratos semiconfinantes, con la consiguiente liberación del agua salobre que contienen, y ha inducido la migración de agua salobre de origen natural -con altas concentraciones de arsénico, entre otros elementos- hacia las áreas donde el acuífero contiene agua de mejor calidad.

De acuerdo con el estudio hidrogeológico de mayor actualidad (2002, CONAGUA, IGC), la profundidad al nivel estático en el año 2002 resultaba de hasta 140 m, siendo máxima en la zona urbana de la ciudad de Torreón, como se observa en la Ilustración 3-6.

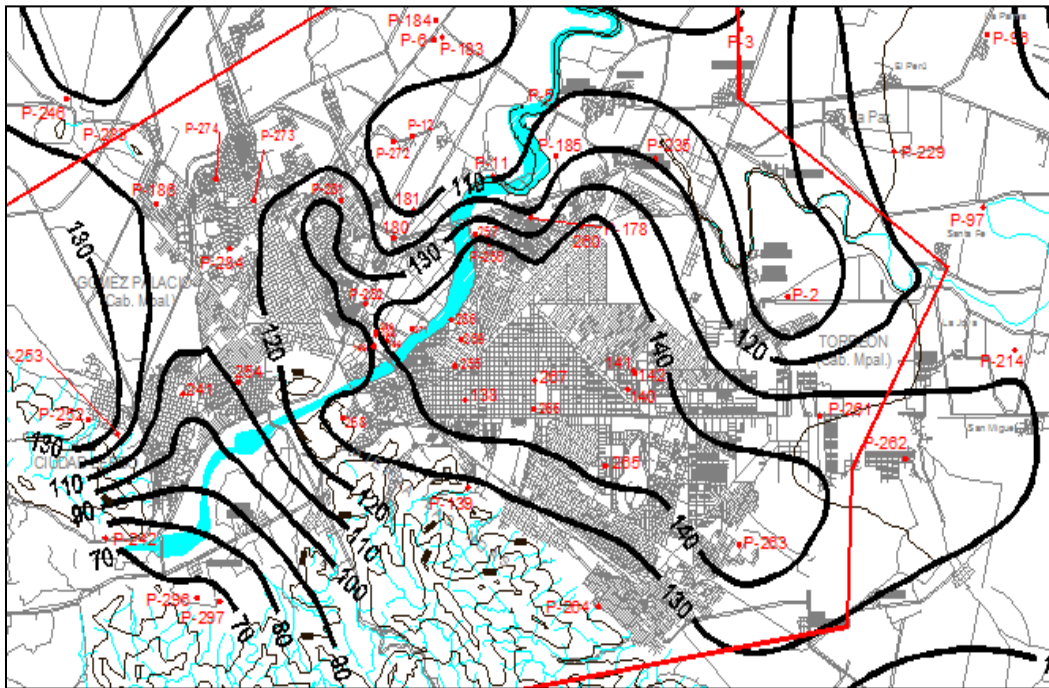


Ilustración 3-6 Isolíneas de igual profundidad al nivel estático en el año 2002

La evolución de la profundidad al nivel estático durante el período de 1991-2002, en general, refleja un abatimiento progresivo en el acuífero, el abatimiento tuvo un ritmo anual de 1.34 m. El abatimiento máximo ocurrió en la zona conurbada, con un ritmo de 3.4 m por año, como se parecía en la Ilustración 3-7.

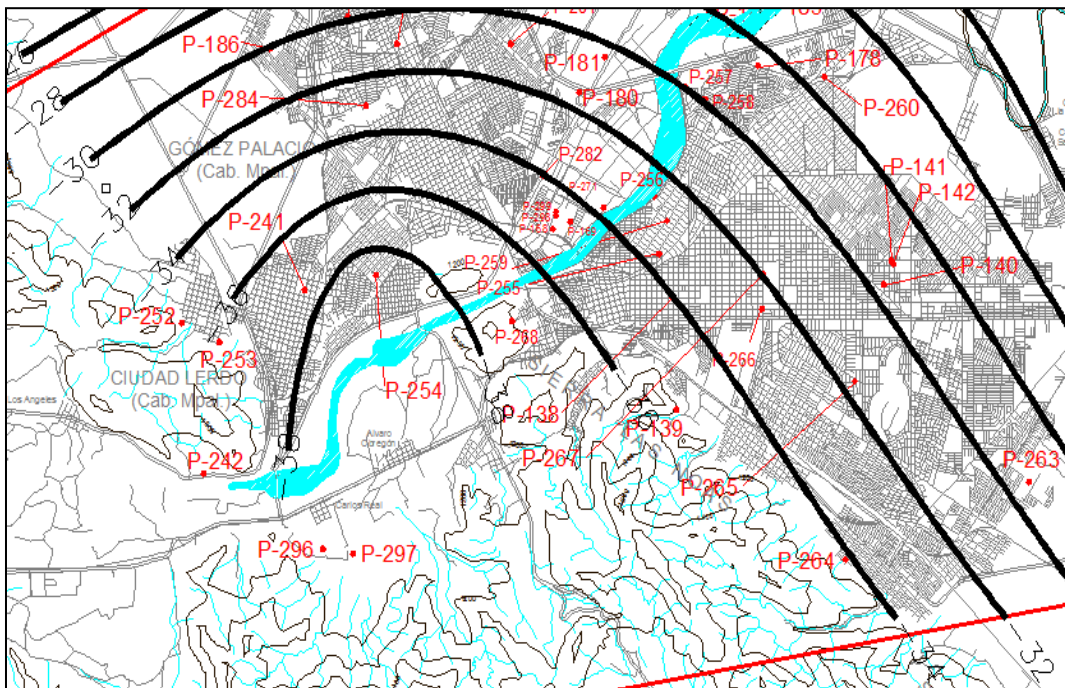


Ilustración 3-7 Isolíneas de igual evolución de nivel estático 1991-2002, zona de máximo abatimiento

Conforme a dicha Norma, la *Disponibilidad Media Anual de Aguas Subterráneas (DAS)* se obtiene restando a la recarga total media anual (R), la descarga natural comprometida (DNCOM) y el volumen de agua

concesionado (VCAS), inscrito en el REPDA. En este caso, la descarga natural es nula y el volumen de agua concesionado e inscrito en el REPDA, al 28 de agosto de 2009, es de 651'226,585 m³. Por tanto, la disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero “Principal - Región Lagunera”, resulta:

$$DAS = R - DNCOM - VCAS = 518.9 - 0.00 - 651.2 = -132.3 \text{ hm}^3/\text{año}$$

La cifra resultante indica que no hay disponibilidad de agua para otorgar nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada “Principal-Región Lagunera” y que, por el contrario, existe un déficit equivalente que se está captando a costa de la reserva no renovable de la misma.

Según datos publicados en el DOF el 28 de agosto de 2009 de la disponibilidad del acuífero Principal-Región Lagunera, el volumen de agua concesionado de este acuífero fue de 651'226,585 m³/año, con lo que el déficit respectivo fue de 132'326,585 m³.

✓ *Hidrología y Geohidrología*

Se describen las características hidrológicas y geohidrológicas de la cuenca hidrográfica del río Nazas, los acuíferos presentes en la zona de estudio para evaluar su potencialidad como fuentes alternas de abastecimiento.

- *Cuenca del Río Nazas*

El río Nazas tiene una longitud de 360 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Laguna de Mayrán. A lo largo de su cauce, se encuentran las presas “Lázaro Cárdenas” y “Francisco Zarco”, además de 27 presas derivadoras que se ubican en la parte alta del Distrito de Riego 017. La mayor parte de su cuenca se encuentra en el Estado de Durango y abarca total o parcialmente los municipios El Oro, Coneto de Comonfort, Rodeo, Nazas, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Lerdo y Gómez Palacio. Hay sólo una pequeña parte que queda dentro del estado de Coahuila, en los municipios Torreón, Matamoros, San Pedro y parte de Parras como se observa en la Ilustración 3-8; Asimismo, se puede observar los sitios de demanda.

En la parte baja de la cuenca, el parteaguas está originado por cadenas montañosas menos importantes que las situadas hacia los orígenes de la cuenca. En efecto, en estos parteaguas del río Nazas ya no hay altitudes de consideración. Hacia el norte de la cuenca las elevaciones más notables son el Cerro de Carrillo (2,160 msnm) y hacia el extremo norte de la cuenca, concretamente a 25 km al noreste de Tlahualilo, el Cerro Picacho de la Huertas, con 2,032 msnm; hacia el parteaguas sur sí existen serranías un poco más importantes, como la Sierra de Coneto (2,732 msnm) y la Sierra de la Silla (2,841 msnm).

La Región Hidrológica 36 la forman dos zonas: un alta de escurrimientos y una baja de acumulación de agua. Esta región hidrológica tiene una extensión como zona cerrada de 116,691.78 km² y está ubicada en la parte árida y semiárida del país. La mayor parte se ubica en el estado de Durango (60%), otra en el estado de Zacatecas (25%) y una equivalente al 15% en el Suroeste del estado de Coahuila (Ilustración 3-9)

El río Nazas, toma su nombre a partir de la confluencia de los ríos Sextín y de Ramos, lugar donde se ubica la Presa Lázaro Cárdenas, las principales características de estas corrientes se describen a continuación.

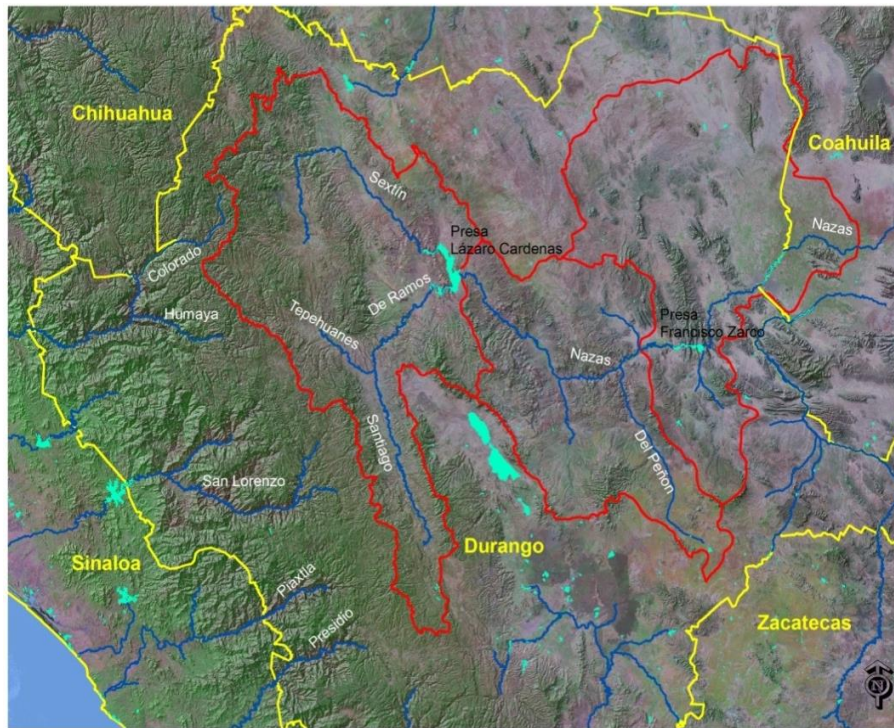


Ilustración 3-8 Cuenca Hidrológica del Río Nazas y Sitios de demanda



Ilustración 3-9 Ubicación de la cuenca Nazas – Aguanaval
 (Fuente: Consejo de Cuenca Nazas – Aguanaval.)

Uso conjunto de agua superficial, subterránea y tratada

Las áreas de cultivo agrícolas disponen tanto de agua superficial como subterránea y/o tratada. Estas varían año con año en función de la disponibilidad de agua superficial, que resulta la de menor costo, aunque

presenta cierta restricción para algunos productores, debido a que favorece el crecimiento de malezas en las áreas de cultivo. Es por ello que los productores de alfalfa, en lo que se refiere a calidad, prefieren el agua subterránea. Las aguas superficiales se administran a través del Distrito de Riego y existen reportes independientes que señalan una superficie regada con agua superficial y otra distinta, regada con agua subterránea, se carece de un análisis detallado de las condiciones en que los usos de distintas fuentes confluyen en superficies comunes.

Oferta de agua de fuentes de primer uso

De acuerdo con los Lineamientos estratégicos para la Región VII Cuencas Centrales del Norte, debido a sus características climatológicas, orográficas e hidrográficas, la Región Lagunera presenta problemas de disponibilidad del agua. En efecto, la precipitación promedio anual en la región, representa el 38% de la media del país que asciende a 777 mm.

Fuentes superficiales

Las fuentes superficiales de agua que se tienen en la región de la Comarca Lagunera, que representan la principal oferta de agua de este origen, son los ríos Nazas y Aguanaval. La naturaleza endorreica de estas cuencas del Altiplano Mexicano, propician que los escurrimientos de estos ríos, que nacen en partes elevadas de los Estados de Durango y Zacatecas, se conduzcan hasta las Lagunas de Mayrán y Viesca, y en su trayecto transiten superficialmente por el acuífero Principal y otros aledaños como los son: el de Nazas, Villa Juárez y Oriente Aguanaval.

Lo anterior representaba el esquema original de funcionamiento de los ríos y sus cuencas, pero en la actualidad, debe contemplarse que se han construido una serie de aprovechamientos sobre los cauces, que limitan el escurrimiento natural del agua hacia sus cuerpos receptores y con ello la oferta de agua de estas fuentes se destinó a ciertos usos y usuarios, rompiendo el equilibrio del balance hidrológico regional. (Ilustración 3-10).

Los escurrimientos superficiales del río Nazas que debían recargar a los acuíferos se quedan almacenados en las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco y sólo se infiltran en ciertos sectores, producto de que son conducidos a través de una red de canales y se aplican al riego en las zonas agrícolas. En el caso del río Aguanaval, está prácticamente aprovechado en la parte alta de Zacatecas, y apenas si existen algunos flujos base y avenidas esporádicas de pequeña a mediana magnitud, que alcanzan a llegar a las proximidades del Acuífero Principal.

En este apartado se realiza una descripción del potencial hidrológico de estas dos cuencas y se cuantifican los volúmenes que en la actualidad se aprovechan y los remanentes que efectivamente alcanzan a escurrir sobre extensiones del acuífero Principal.

El río Nazas continúa su trayecto, atravesando la zona urbana de Torreón-Gómez Palacio-Lerdo y hasta descargar en la Laguna de Mayrán. El río Nazas cuenta con dos importantes presas de almacenamiento localizadas aguas arriba: la Lázaro Cárdenas con una capacidad total de 4,438 hm³ y una capacidad de conservación de 2,873 hm³; y la presa Francisco Zarco con una capacidad total de 436 hm³ y una capacidad de conservación de 365 hm³ (Ilustración 3-11)



Ilustración 3-10 Cuencas de los ríos Nazas, Aguanaval y Acuífero principal

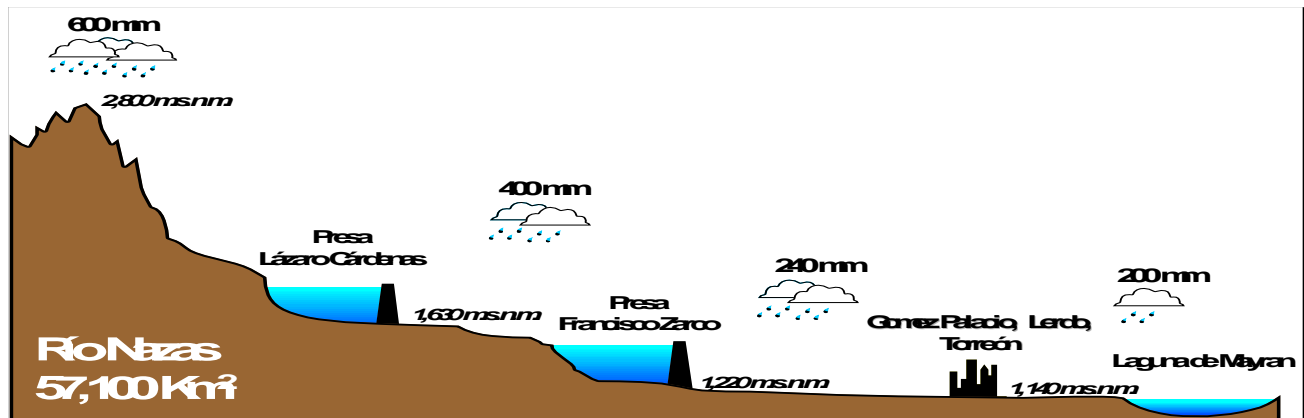


Ilustración 3-11 Perfil longitudinal de la cuenca del río Nazas

Oferta de agua según el estudio de disponibilidad de agua superficiales

De acuerdo al estudio de disponibilidad de aguas superficiales publicado en el Diario Oficial de la Federación, para las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval existe algo de disponibilidad en algunas subcuencas. En la cuenca del río Nazas se producen escurrimientos promedio totales de 1,542 Hm³, de los cuales, 1,495 Hm³ (97%) se generan aguas arriba de la presa Francisco Zarco; es decir, están sujetos a regulación y almacenamiento. El resto de los escurrimientos se producen por cuenca propia en terrenos de la Laguna de Mayrán y parcialmente del Acuífero Principal, aunque debe tenerse en cuenta que, a diferencia de los escurrimientos de la parte alta, dichos volúmenes representan un potencial de escurrimiento debido a que en esa zona de la cuenca el drenaje es muy deficiente y no se acumulan fácilmente. En pocas palabras, se puede decir, que la oferta de agua superficial que existe en la cuenca del río Nazas proviene de la parte media – alta.

En la cuenca existen volúmenes concesionados por un total de 1,033 Hm³, donde el uso principal lo representa el agrícola, específicamente el Distrito de Riego 017. Se estima que, en la salida de la cueca, o

en el punto de llegada a la Laguna de Mayrán, existe una disponibilidad media de 327 Hm³/año; sin embargo, debe considerarse que la gran mayoría de los años, desde que fueron construidas las presas, la Laguna se encuentra totalmente seca, y sólo en 1968, 1991-1992, 2008 y 2010 se han presentado derrames en las presas, que han descargado al río y alcanzado a almacenarse en la Laguna.

Esta situación demuestra que el valor de disponibilidad anual publicado para esa parte baja de la cuenca es muy relativo y representa principalmente el promedio de los derrames, los cuales son muy esporádicos. Esta disponibilidad en la salida también representa un potencial de escurrimiento, que no significa que existan volúmenes escurriendo año con año. El usuario que pretenda solicitar una concesión en esa parte baja de la cuenca deberá tener estos conceptos muy presentes.

Dichas estas consideraciones importantes, de acuerdo con la publicación de disponibilidad de aguas superficiales, en la llegada del río Nazas al acuífero Principal (Estación Hidrométrica Los Ángeles), esta corriente presenta una disponibilidad media de 294 Hm³/año, que está libre de concesión y en teoría representa parcialmente potencial de recarga.

La Ilustración 3-12 muestra los volúmenes que se encuentran disponibles en las llegadas de los ríos al Acuífero Principal, las ofertas de agua de las cuencas Nazas y Aguanaval, y los compromisos que tienen para atender volúmenes concesionados y evaporaciones en los vasos de almacenamiento. También muestra las disponibilidades que fueron calculadas directamente sobre cuencas cerradas de las Lagunas Mayrán y Viesca, las cuales no necesariamente coinciden con los límites del Acuífero, de hecho, la cuenca cerrada de la Laguna de Viesca se extiende considerablemente más allá de los límites del Acuífero, por lo que habrá que tomar con reservas el valor de 76 Hm³ que se presenta en la mencionada ilustración.

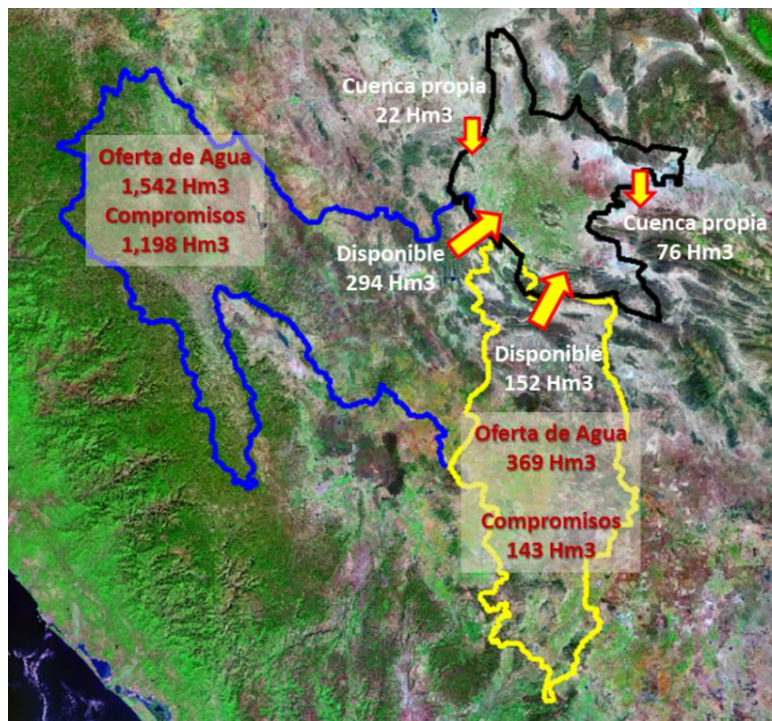


Ilustración 3-12 Ofertas de agua según estudio de disponibilidad publicado por CONAGUA en 2008

3.1.4 Esgurrimientos del río Nazas

Cabe indicar, partiendo de aguas arriba hacia aguas abajo, las entradas a la presa Lázaro Cárdenas dan idea de la generación de esgurrimientos en la parta alta de la cuenca, que es mayormente la productora de volúmenes de agua debido a su ubicación geográfica (cordillera de la Sierra Madre Occidental). El esgurrimiento promedio de esa parte de la cuenca alcanza el valor de **1,214 Hm³**, considerando el periodo de 1970 a 2012.

Análisis de la situación de las distintas zonas del acuífero

Para este análisis se consideraron cinco criterios:

- a) Balance hidrogeológico
- b) Densidad de aprovechamiento
- c) Abatimiento y
- d) Potencial hidrogeológico
- e) Calidad del agua

De este modo, puede decirse que los primeros cuatro criterios se relacionan con la cantidad del agua, mientras que el último, con la calidad.

Balance Hidrogeológico. - El Acuífero Principal ineludiblemente reducirá su oferta de agua, ya sea por uso racional o por agotamiento. El principal usuario del agua es la agricultura, que por sí sola sobreexplota al acuífero y es necesario que reduzca su aprovechamiento en más de un 50% en busca de la recuperación del equilibrio, sin que esto garantice la ausencia de fenómenos de sobreexplotación local. Al considerar las cifras publicadas en el Diario Oficial de la Federación, en el año 2009, en la publicación de disponibilidad del acuífero principal, se confirma un grave desequilibrio, reconocido en términos técnicos y administrativos.

El aprovechamiento, que causa una sobreexplotación que triplica la magnitud de la recarga natural, ocurre en una porción del acuífero que en extensión geográfica representa una cuarta parte del mismo, de manera que la superficie restante es en su mayoría una zona de recarga natural, mientras que la recarga inducida se concentra dónde se ubica la extracción, que la supera en más de seis veces, situación que da lugar a un proceso de sobreexplotación local (Ilustración 3-13), donde la recarga local se encuentra superada por la sobreexplotación en un orden del 300%.

Es así, que en estas zonas el acuífero está siendo prácticamente minado. Pretender la reubicación de aprovechamientos de agua potable hacia sitios sin sobreexplotación local, implicaría en general, la construcción de largos acueductos y la solución de problemas de calidad del agua en dichos sitios. Las zonas de mayor recarga son también las más sobreexplotadas debido a la elevada concentración de aprovechamientos, mientras las zonas menos sobreexplotadas, son también las de menor recarga, que dependen exclusivamente de la recarga natural, que resulta muy baja en sus componentes pluvial y fluvial (Ilustración 3-14), debido a que las principales corrientes superficiales se encuentran controladas por presas de almacenamiento y derivadoras que evitan el flujo regular de agua a través de los cauces.

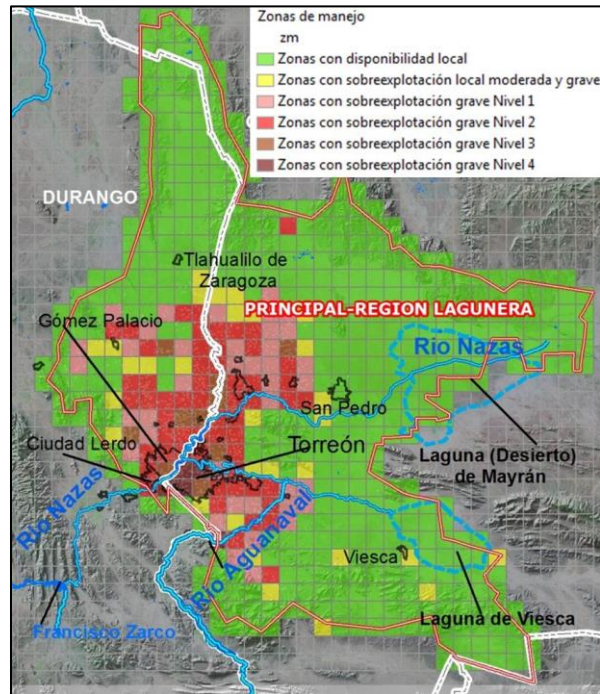


Ilustración 3-13 Red de celdas con disponibilidad o con sobreexplotación

De cualquier manera, esta situación permite identificar que la Zona Metropolitana presenta el mayor grado de sobreexplotación, de manera que se considera contraindicada la relocalización de captaciones dentro de la misma y únicamente se considera la posibilidad de reposición de pozos que se estén próximos a agotarse (menos de 10 años), en caso de que su profundidad original no haya aprovechado el espesor granular de acuífero saturado en toda su extensión.

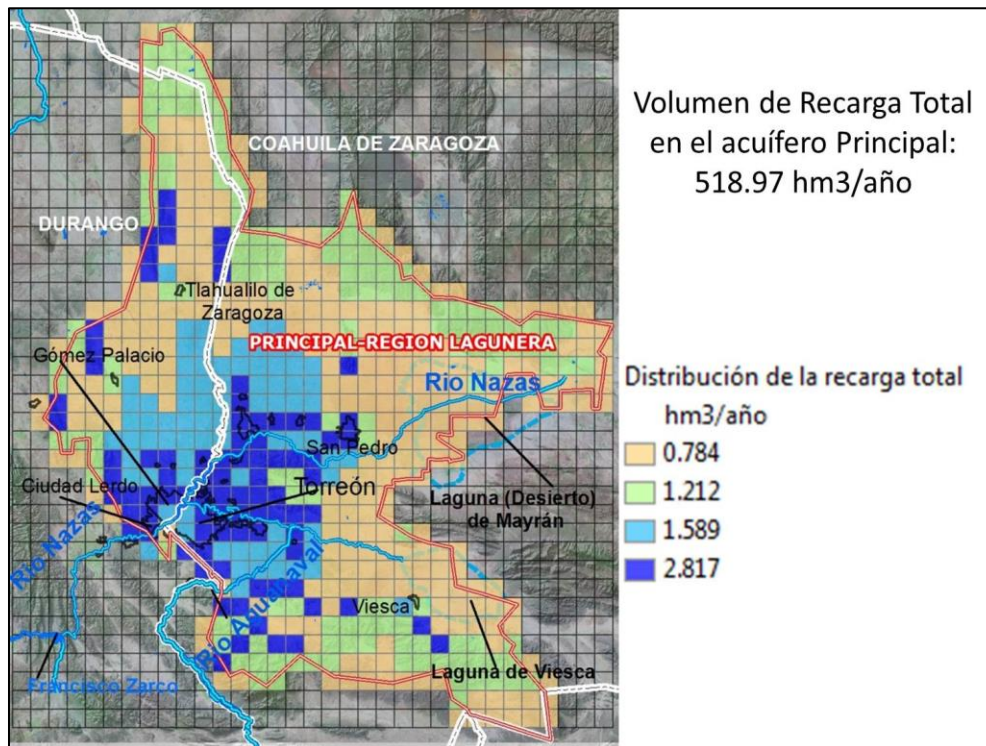


Ilustración 3-14 Celdas comparativas de distribución de la recarga total al acuífero principal – región Lagunera

Como conclusiones del análisis geográfico de las alternativas de relocalización de aprovechamientos de agua potable de origen subterráneo, **desde la perspectiva de la situación del balance de aguas subterráneas**, conviene destacar:

- Bajo la situación actual, todas estas medidas de relocalización ocurrirán en un entorno de sobreexplotación general del acuífero
 - *El efecto de la relocalización sobre el balance geohidrológico consistirá en la reducción de la sobreexplotación local en las zonas de abastecimiento de agua potable actualmente más afectadas, con lo que se contribuirá a devolverles parte de su equilibrio.*
- a) **densidad de aprovechamientos.** - un principio que pretende cumplir al perforar un aprovechamiento, es que éste no interfiera con otro. Se considera que, para ello, es necesario evitar que se perforen aprovechamientos dentro de un radio de influencia de 1 km con respecto a los demás aprovechamientos.

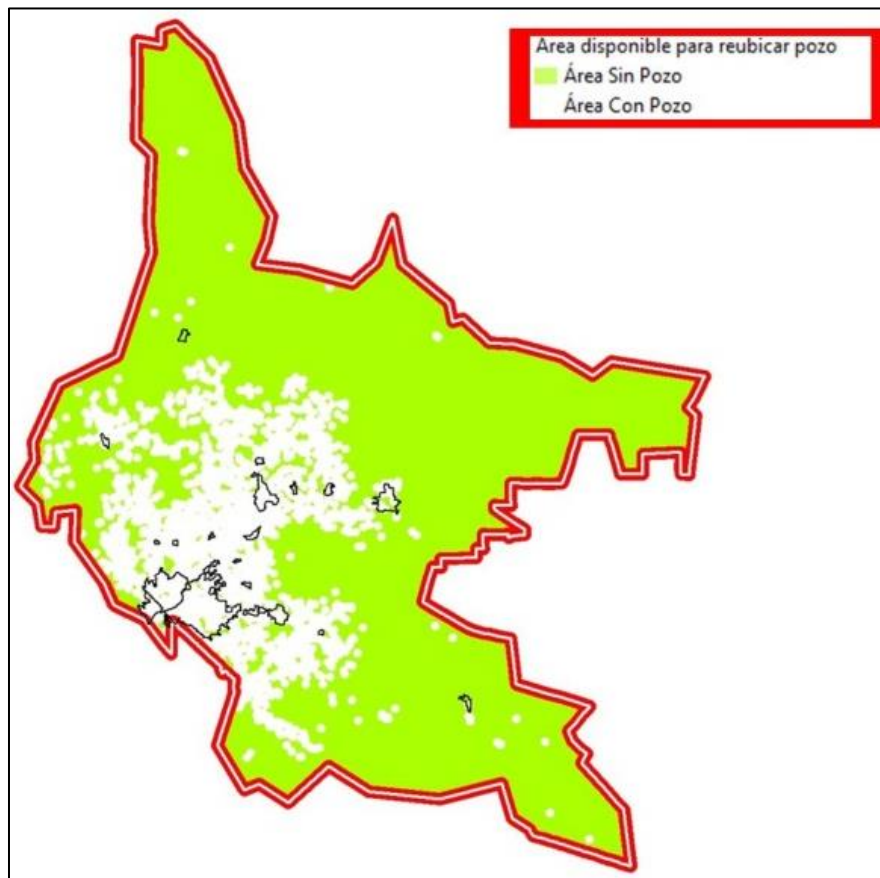


Ilustración 3-15 Zonas con emplazamiento y sin emplazamiento de pozos en el acuífero Principal-Región Lagunera

Si se toma en cuenta dicha recomendación, son muy escasas las zonas donde resulta factible ubicar un pozo sin incidir en el radio de influencia de otros pozos (Ilustración 3-16), de hecho, la mayoría de los pozos existentes, incumplen dicho criterio. Esta situación coincide con la del balance, donde la sobreexplotación local se concentra en la zona de aprovechamiento.

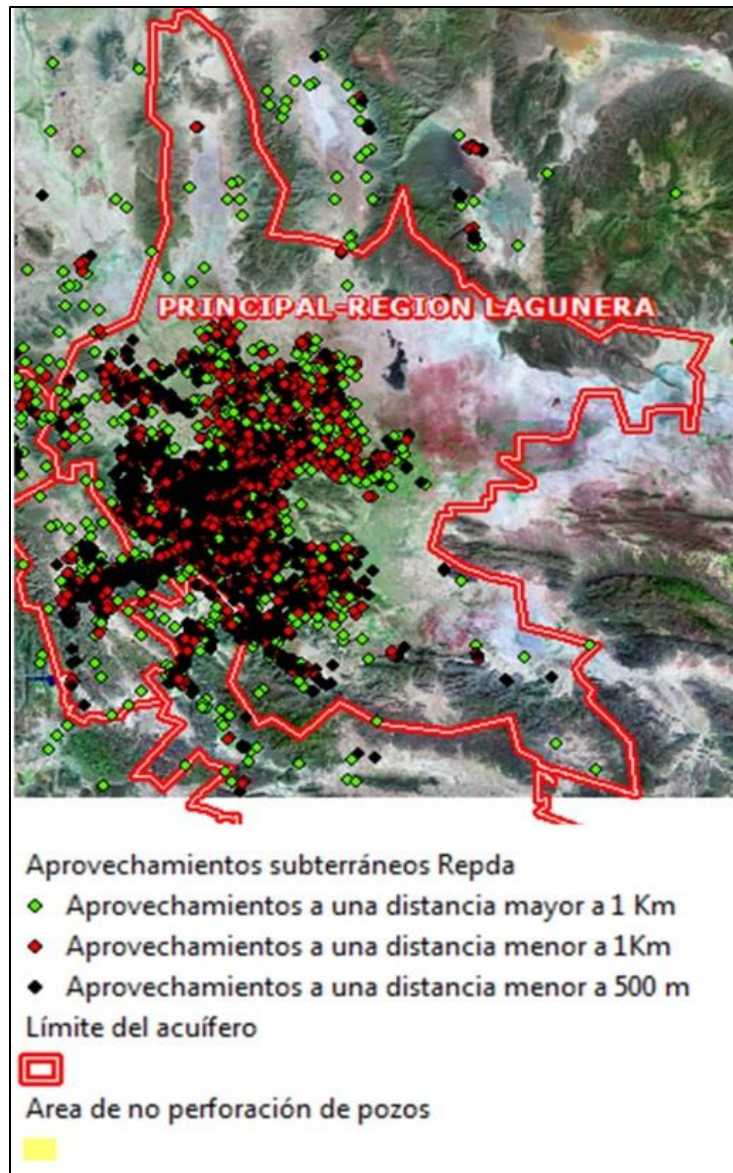


Ilustración 3-16 Densidad de pozos en el acuífero Principal-Región Lagunera.

Por lo tanto:

- a) Las únicas medidas para relocalizar los aprovechamientos en zonas que no tengan una interferencia directa con otros usuarios de las aguas subterráneas, implicaría alejar las captaciones a grandes distancias de la ZML, con la necesaria construcción de largos acueductos, la muy posible necesidad de filtros para remoción de arsénico, además de la consideración de que dichas zonas tienden a contar con un menor gasto potencial, debido a su menor espesor del acuífero a un mayor contenido de arcillas y a condiciones de recarga limitadas. La ubicación de aprovechamientos en esta zona, de cualquier manera, tendrá una influencia en las condiciones locales de balance y sería una medida para desconcentrar aprovechamientos desde zonas gravemente sobreexplotadas.
- b) **Abatimiento del acuífero.** - Cabe mencionar que todo el acuífero ha presentado abatimientos continuos a través de la historia, con eventuales recuperaciones muy puntuales durante crecientes esporádicas del río Nazas.

A través del análisis piezométrico se identificaron las zonas de mayor abatimiento, que a su vez, resultan contraindicadas para la reubicación de pozos. Los mayores abatimientos en el período 1985-2012, se registran en la Zona Metropolitana de la Laguna (ZML), *sobre el cauce del Río Nazas, con un ritmo medio anual que casi asciende a los 4 m anuales*. En medida ligeramente menor, pero aún grave, se presentan abatimientos de 3 m a 3.5 m hacia La Concha y San Felipe. Al alejarse de la ZML, tanto hacia el Norte, como hacia el Oriente, el ritmo se reduce hasta 1.5 m en las principales localidades (Bermejillo, Fco I. Madero y Matamoros), con abatimientos menores a 0.5 m anuales en los sitios más distantes. (ver Ilustración 3-13, con respecto a la sobreexplotación, zonas donde se presenta los abatimientos críticos.

- c) **Potencial hidrogeológico.** - La revisión de la base de datos del REPDA, permite identificar el caudal promedio de los pozos por zonas (Ilustración 3-17), a partir de lo cual, es posible suponer un caudal probable de los pozos por perforar en las mismas, en el caso de que sea en éstas donde ocurra la perforación de pozos relocalizados.

A partir del estudio geofísico del acuífero y de su interpretación, conjugado con los resultados del análisis piezométrico, fue posible valorar el espesor de material granular permeable saturado en el acuífero, que constituye un parámetro de utilidad para estimar la vida útil restante de los pozos bajo un ritmo de abatimiento similar al observado (y lineal) y adicionalmente, la vida útil restante de dichas formaciones permeables saturadas. De este modo, se considera contraindicado reubicar pozos en las zonas que presentan una menor vida útil restante.

Los resultados de este análisis tuvieron una utilidad para identificar y ubicar pozos que podrían profundizarse, así como zonas donde resulta contraindicado reubicar pozos, ya que se encuentran en un proceso de intenso drenado.

El cálculo de la relación entre el abatimiento medio anual y el espesor saturado del acuífero granular, facilitó la estimación de la pérdida anual de transmisividad hidráulica del acuífero, que a su vez guarda una relación directa con el ritmo anual de reducción de caudal de los pozos (Ilustración 3-18).

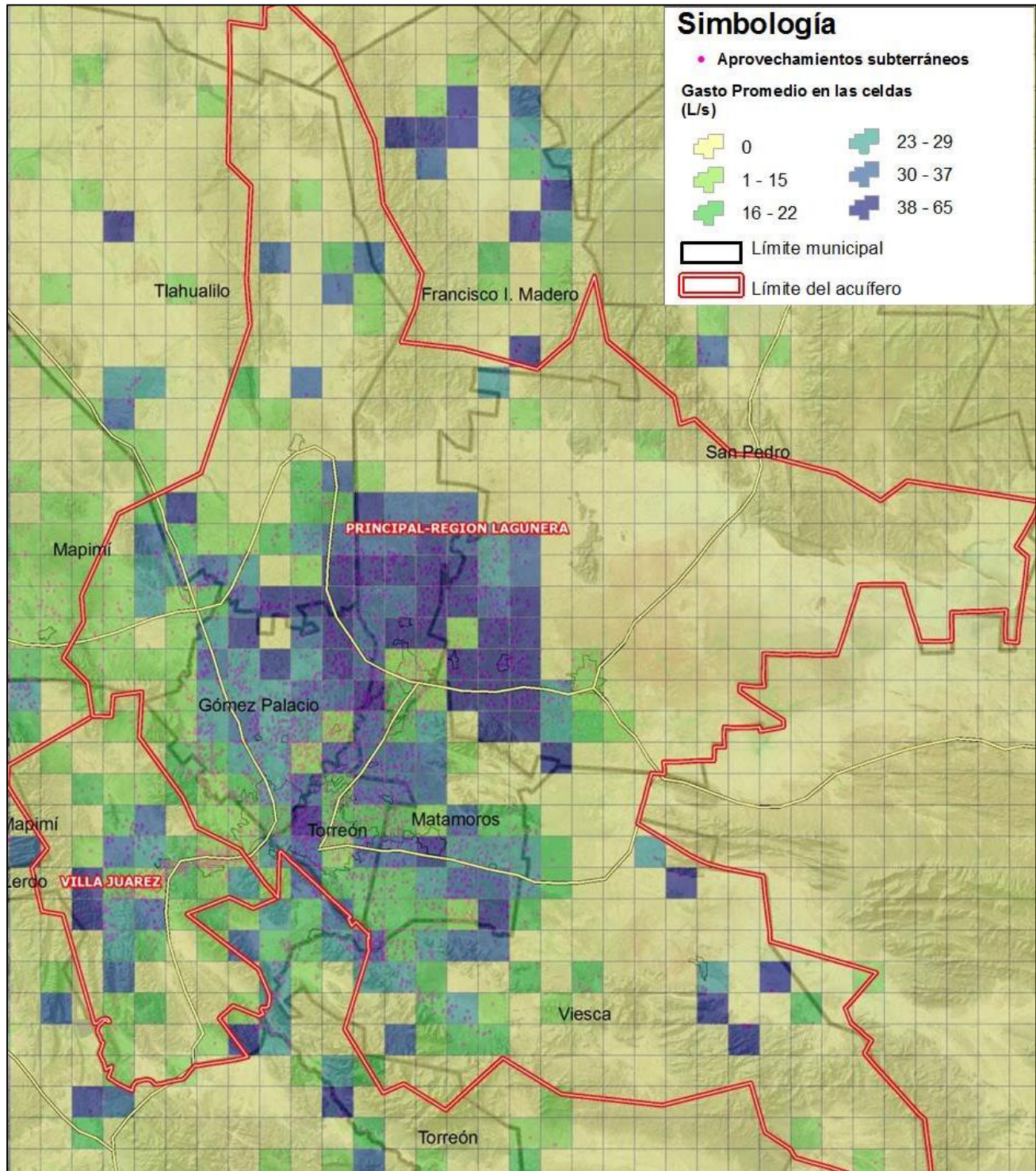


Ilustración 3-17 Caudales promedio por celdas en el acuífero Principal-Región Lagunera

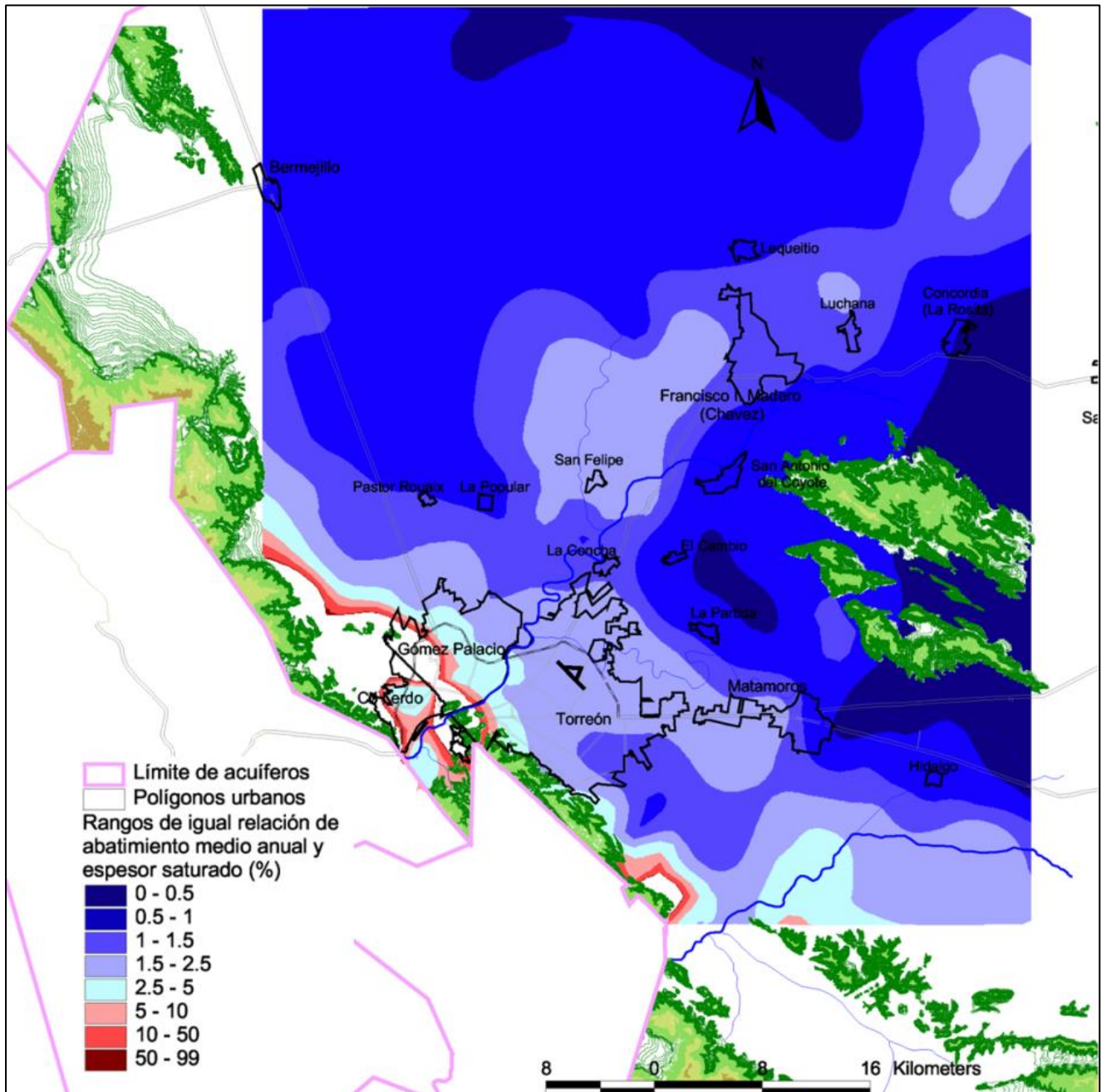


Ilustración 3-18 Configuración de la relación del abatimiento medio anual y el espesor saturado

A partir de este análisis se identificaron aquellos aprovechamientos que podrían tener posibilidades de profundizarse para prolongar su oferta de agua.

En general, existe una correspondencia de las zonas menos agraviadas por el abatimiento, con las de menor abatimiento, además de coincidir que las zonas de mayor abatimiento, son las que presentan una mayor densidad de volumen concesionado y un menor espesor granular saturado.

Como conclusión de la perspectiva de potencial hidrogeológico:

- a) Existe la posibilidad de profundizar pozos incompletos en algunos sistemas operadores.

- b) Se sugiere que la relocalización de aprovechamientos en términos geográficos, ocurra hacia zonas con un horizonte de vida útil superior a 50 años, lo que comprende la mayor parte del acuífero. La relocalización hacia dichas zonas, aseguraría que los pozos no presenten un riesgo de agotamiento acelerado en el corto plazo.
- d) **calidad del agua del acuífero.-** Las condiciones geográficas son distintas, *las zonas de mejor calidad tienden a encontrarse hacia la porción centro-suroeste del acuífero*, por debajo de la ZML (Ilustración 3-19), razón por la cual proponer el aprovechamiento de agua en zonas distantes, representa también el aumento de la concentración de arsénico en el agua. Cabe mencionar que existen adicionalmente otros elementos químicos poco estudiados y escasamente medidos, que exceden los límites máximos permitidos que establece la normatividad.

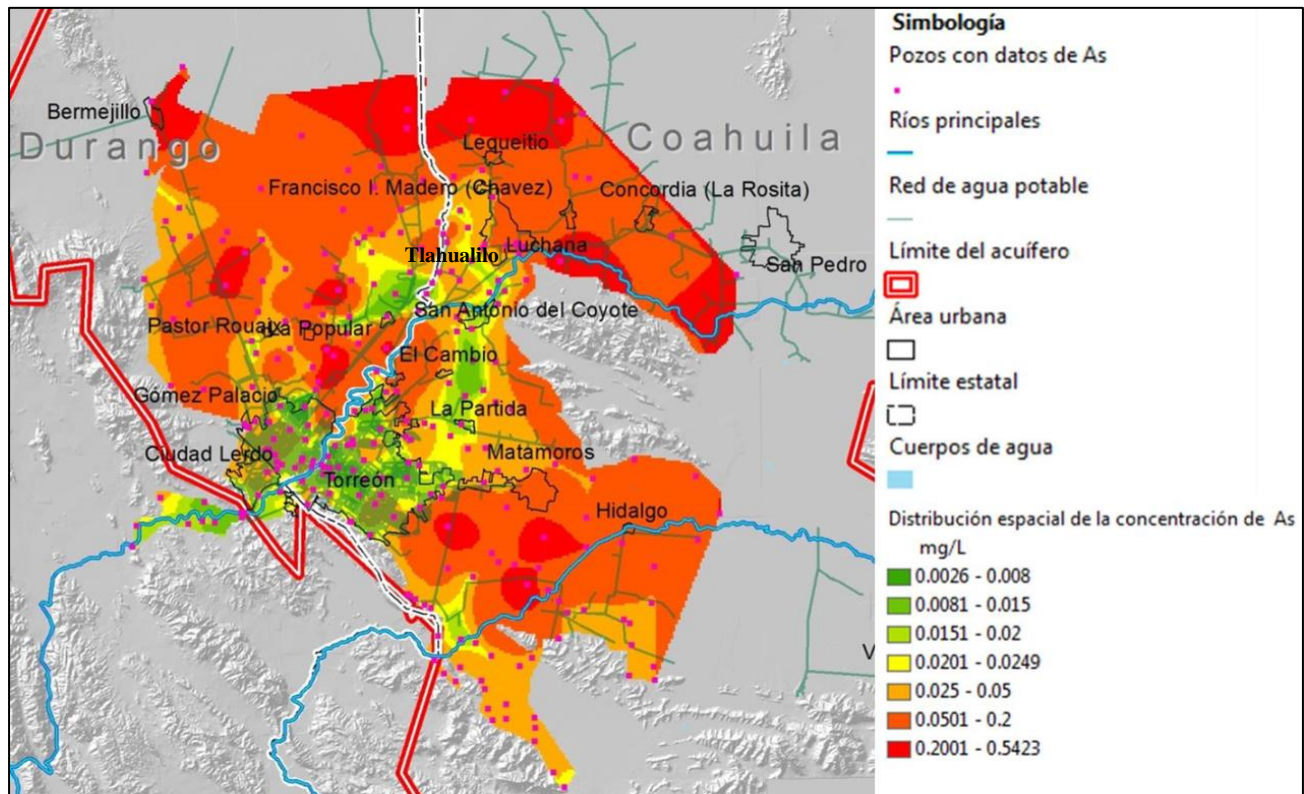


Ilustración 3-19 Configuración de la concentración de Arsénico en 2012

Aun cuando la ZML en la Ciudad de Torreón presenta importantes abatimientos, también conserva áreas con buena calidad del agua. Otro factor relevante en los últimos años consiste en la ocurrencia de dos importantes crecientes que hicieron verter agua por el Río Nazas, hasta la laguna de Viesca, siendo éstas crecientes un agente importante para la recarga del acuífero, con agua que presenta menores concentraciones de arsénico que la que presenta de manera general el agua del acuífero.

Se realizó un estudio en 2012, en 265 pozos profundos una campaña de muestreo de arsénico y flúor se confirma que en la zona localizada entre La Partida y San Antonio del Coyote, existe una franja con concentraciones de arsénico por debajo del límite máximo permitido.

Por lo tanto, con respecto en torno al criterio de calidad del agua:

- a) En la zona localizada entre Torreón-La Partida-San Antonio del Coyote, existe una franja con concentraciones de arsénico por debajo del límite máximo permisible.

A partir de la delimitación de las zonas a partir de estos criterios, se realizó la búsqueda de zonas “sustentables”, que además de contar con calidad apropiada, no tuvieran competencia por el agua o abatimientos pronunciados. La Ilustración 3-20, se muestra resultados preliminares donde a partir de diversos parámetros se determinan las zonas con una menor concentración de arsénico, sin que estas sean necesariamente apropiadas y en cumplimiento de la norma actual, pero con la posibilidad de una filtración para reducir en baja medida la concentración.

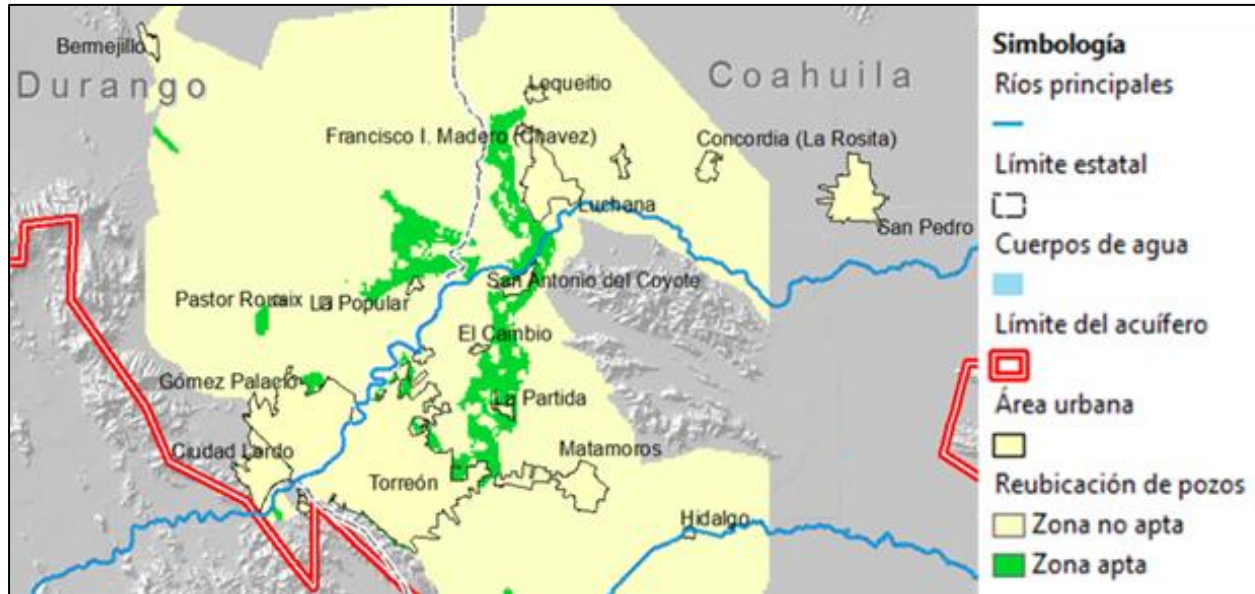


Ilustración 3-20 Zonas aptas para la reubicación de pozos en cuanto a la concentración de arsénico en 2012

Por lo tanto, con respecto a la cantidad – calidad del agua subterránea.

- a) Bajo la situación actual, todas estas medidas de relocalización ocurrirán en un entorno de sobreexplotación general del acuífero, de modo que mientras la sobreexplotación general persista, seguirán sin existir zonas sustentables de abastecimiento.
- a) El efecto de la relocalización sobre el balance geohidrológico, consistirá en la reducción de la sobreexplotación local en las zonas de abastecimiento de agua potable actualmente más afectadas, con lo que se contribuirá a devolverles parte de su equilibrio, aunque se agravará la situación de los sitios donadores, dentro de un margen que provee más tiempo para las soluciones.
- b) Para relocalizar los aprovechamientos en zonas que no tengan una interferencia directa con otros usuarios de las aguas subterráneas, sería necesario alejar las captaciones a grandes distancias de la ZML, con la necesaria construcción de largos acueductos, serían necesarios filtros para remoción de arsénico, y posiblemente habría que perforar una mayor cantidad de pozos que en otras zonas más productivas, ya que dichas zonas tienden a contar con una menor transmisividad, debido a su menor espesor del acuífero y carecen de recarga inducida, lo que implica una menor tasa de renovación del volumen que se aproveche.
- c) Existe la posibilidad de profundizar pozos “incompletos” en algunos sistemas operadores.

- d) Se sugiere que la relocalización de aprovechamientos en términos geográficos, ocurra hacia zonas con un horizonte de vida útil superior a 50 años, lo que comprende la mayor parte del acuífero. La relocalización hacia dichas zonas, aseguraría que los pozos no presenten un riesgo de agotamiento acelerado en el corto plazo.
- e) En la zona localizada entre Torreón - La Partida y San Antonio del Coyote, existe una franja con concentraciones de arsénico por debajo del límite máximo permitido en la concentración de arsénico.

- ***Mancha urbana de crecimiento de Gómez Palacio***

Programa municipal de desarrollo (PMD) de Gómez Palacio

La mancha urbana de la ciudad de Gómez Palacio alcanza una superficie de 4,895 hectáreas el crecimiento de la ciudad se da en forma de abanico hacia el norte, invadiendo los terrenos destinados a la producción agropecuaria. La ciudad de Gómez Palacio está enclavada en una planicie, por lo que las condiciones físicas y topográficas para su desarrollo son favorables, la competencia por el uso del suelo se da con la actividad agrícola que es de una importancia relevante en la zona.

Al sur de la ciudad se localiza un vértice, de donde parte una línea imaginaria hacia el noroeste que constituye el límite con el municipio de Lerdo y otra hacia el noreste que corresponde al río Nazas y forma la frontera con Torreón, de tal manera que el crecimiento de la ciudad de Gómez Palacio se realiza en forma radial hacia el norte, entre los dos ejes ya mencionados.

Desde los puntos de vista topográfico y geológico, no se detectan áreas, que detengan el crecimiento de la ciudad de Gómez Palacio, la Tabla 3-4 muestra la distribución de las zonas disponibles para el crecimiento de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo.

Tabla 3-4 Resumen de las áreas de crecimiento (ha)

Plazo	Périodo	Total (ha)
Actual	0 años	4895
Intermedio	0 años	629.3
Corto	5 años	1047.8
Mediano	10 años	1647.6
Largo	20 años	1676.7
	Total	9896.4

Crecimiento industrial. - Los Fraccionamientos industriales en la zona son: De Micro y Pequeña Industria, Parque Industrial Bugambilias, Parque Industrial de Gómez Palacio, Parque Industrial Las Américas y Parque Industrial Zona de Conectividad; ver Ilustración 3-21.

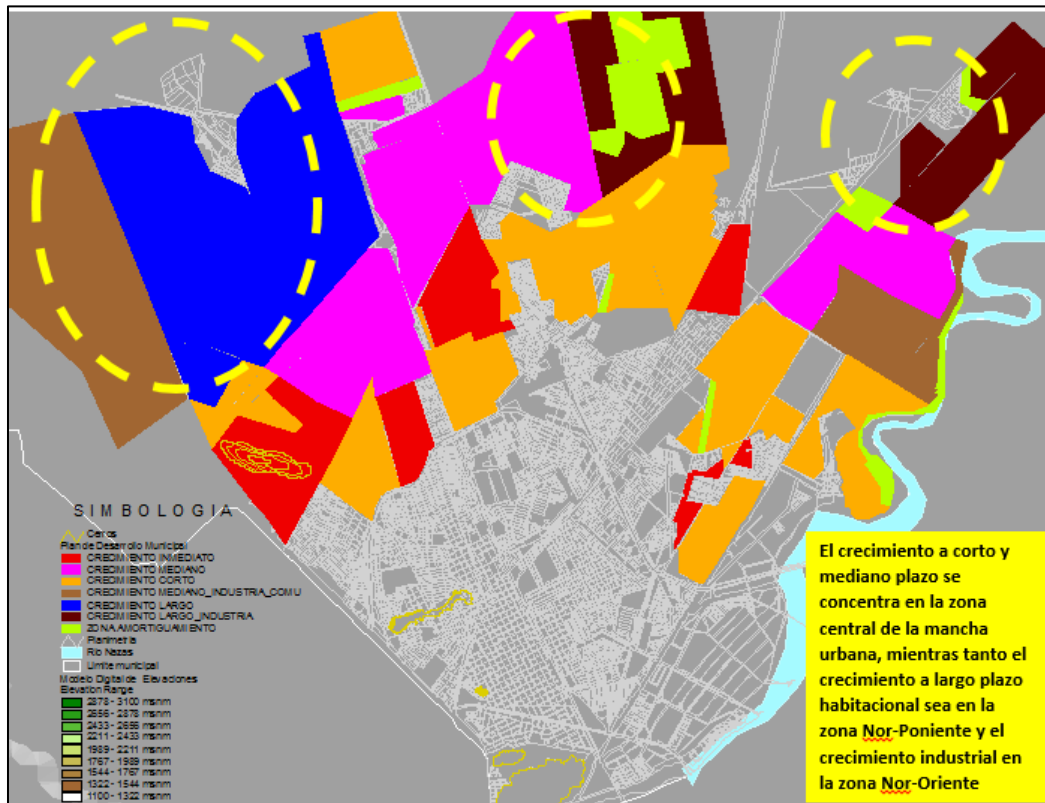


Ilustración 3-21 Plan municipal de desarrollo de Gómez Palacio, Dgo.

3.2 Visita de reconocimiento

Personal del IMTA, de la CAED y de organismos operadores, participaron en las visitas técnicas y recorridos de campo por la zona del proyecto, con el objeto de conocer las principales características físicas del área de estudio, identificar la infraestructura existente. Asimismo, se determinaron las coberturas del servicio de agua potable, se mencionan las zonas desprovistas de este servicio, identificar predios disponibles y obtener información del uso del suelo, entre otros aspectos, con la finalidad de conocer el estado actual y las necesidades de infraestructura, así como posibles alternativas de solución y requerimientos de estudios y proyectos.

Esta actividad tendrá como finalidad primordial validar la confiabilidad y exactitud de la información recopilada, de tal forma que permita establecer el marco físico de la región en donde se llevará a cabo el proyecto, delimitar el área de influencia, y definir los aspectos socioeconómicos relevantes que servirán de base para realizar el proyecto.

Con base en la información recopilada se analizó en gabinete el trazo de las líneas de conducción, para posteriormente realizar recorridos de campo por el trazo propuesto para las líneas y sitios de plantas de bombeo, estructuras de regulación y cruces especiales. Se determinarán en los recorridos, las características y necesidades del proyecto ejecutivo en cuanto a planeación y estudios de topografía y geotecnia se refiere. Durante estos recorridos se realizará un reporte fotográfico que sirva de memoria visual de las condiciones existentes.

Con base a los recorridos se podrán proponer modificaciones al trazo original, de común acuerdo y aceptación de la Conagua, tomando en cuenta para ello que los cambios sean con vistas a disminuir las posibles afectaciones en el trayecto, teniendo en cuenta el planteamiento de la servidumbre necesaria para la operación y mantenimiento de la nueva infraestructura.

3.2.1 Regiones que considera el proyecto

a) Municipio de Gómez Palacio. (Zona Urbana)

Organismo Operador: Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPA)

- ***Fuentes de abastecimiento***

Este sistema abastece a la zona urbana de la ciudad de Gómez Palacio, Dgo. En la Ilustración 3-22, se presenta la localización de las fuentes de abastecimiento y red de distribución.

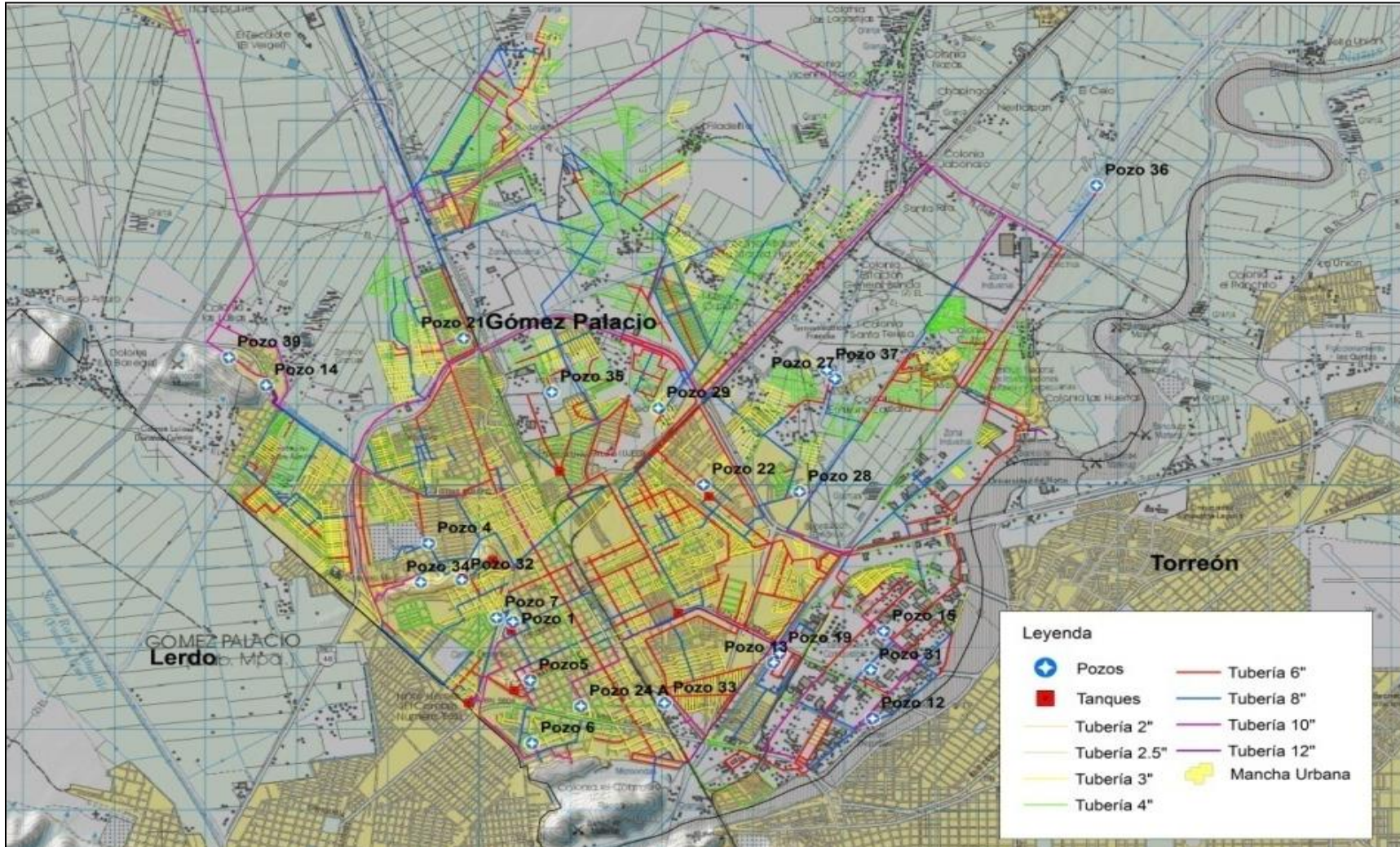


Ilustración 3-22 Infraestructura hidráulica existente para abastecer la localidad de Gómez Palacio, Durango (zona Urbana)

Fuente: Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

La red de distribución funciona con abastecimiento directo de fuentes subterráneas (pozos), con excedencias a tanques activos en la noche, siendo beneficiadas con mejores presiones y servicios las zonas poniente y sur, por su cercanía con los pozos de mayor caudal, y en contraste, las zonas norte y oriente, presentan déficit en su abastecimiento, fundamentalmente en el verano. La fuente actual de abastecimiento es el acuífero Principal - Región Lagunera mediante 24 pozos activos ubicados, principalmente, en la mancha urbana, con gasto de extracción de 1,126 l/s. ver Ilustración 3-23.

En el período 2005 a 2006 el volumen producido por SIDEAPA fue de 40'895,487 m³/año que representa un promedio de 1,297 l/s.

El volumen producido en el año 2007 fue de 36'639,857 metros cúbicos, que corresponde a un gasto medio de 1,088 l/s. Los pozos cuentan con macromedición y operan 24 horas por día, con una desinfección del 100% del suministro. Tabla 3-5.



Ilustración 3-23 Pozos del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5 Gasto y volumen extraído durante los años 2005 a 2007
Gastos y volúmenes reportados de 2005 y 2007

Pozo No.	Ubicación	Gasto promedio	Volumen	Volumen	Gasto jul. 2007	Volumen	Gasto jul. 2007
		sept. 2005 - sept. 2006	Calculado	Reportado	(lps)	Calculado	Reportado
		(lps)	(m ³ /año)	(m ³ /año)		(m ³ /año)	(m ³ /año)
1	Rayón y Zaragoza	55.9	1,762,862.4	1,761,811.0	42.5	1,340,280.0	1,321,920.0
2	Quinta y priv. Rayón	10	315,360.0	315,360.0	dato no reportado	0.0	0.0
4a	Diamante y Cerro de la Plata	64.7	2,040,379.2	2,039,806.0	56.4	1,778,630.4	1,754,268.0
5	Trujano y Urrieta	145.4	4,585,334.4	4,585,860.0	127	4,005,072.0	3,950,208.0
6	Bruselas y Niza	54.6	1,721,865.6	1,723,012.0	59.7	1,882,699.2	1,856,904.0
7	16 de Septiembre y Centenario	23.7	747,403.2	747,690.0	21.3	671,716.8	662,520.0
8	Victoria y Francisco Sarabia	18.8	592,876.8	593,928.0	16	504,576.0	497,664.0
9	Ejido de San Ignacio	20.1	633,873.6	633,587.0	21	662,256.0	653,184.0
10	Poanas y Mapimí	11.1	350,049.6	349,419.0	10	315,360.0	311,040.0
11	A. del Castillo · 839	7.8	245,980.8	246,882.0	Fuera de operación	0.0	0.0
12	Súchil y Canatlán	17.9	564,494.4	565,354.0	35	1,103,760.0	1,088,640.0
13a	Poanas y Cuatrociénegas	21.2	668,563.2	667,990.0	20.8	655,948.8	646,968.0
14	Ejido de San Ignacio	128.6	4,055,529.6	4,055,004.0	125	3,942,000.0	3,888,000.0
15	P. Negras entre Guanaceví y V. del Guadiana	29.3	924,004.8	923,216.0	20.8	655,948.8	646,968.0
16	Rebolledo Acosta y Lázaro Cárdenas	21.1	665,409.6	664,263.0	6.3	198,676.8	195,960.0
17	Prol. Morelos y Ejido Casa Blanca	29.5	930,312.0	930,312.0	39	1,229,904.0	1,213,056.0
19	Poanas y Lazáro Cárdenas	20.8	655,948.8	657,382.0	20.8	655,948.8	469,944.0
21	Calle Cuarta entre Prol. Morelos e Isidoro Leal	15	473,040.0	473,040.0	15.8	498,268.8	491,448.0
22a	México 91 y Guatemala	21	662,256.0	660,995.0	26	819,936.0	808,704.0
23	Amsterdam y Atenas	5.4	170,294.4	171,083.0	Fuera de operación	0.0	0.0
24	Primera del Cerro entre Agustín Cerro y Lic. Verdad	15.3	482,500.8	482,951.0	dato no reportado	0.0	0.0
27	S/N	7.3	230,212.8	231,264.0	8	252,288.0	248,832.0
28	Carretera Linamar y Calle Carlos Herrera	42.2	1,330,819.2	1,332,253.0	42.7	1,346,587.2	1,328,136.0

Tabla 3-5 Gasto y volumen extraído durante los años 2005 a 2007 (Continuación)

Gastos y volúmenes reportados de 2005 y 2007							
Pozo No.	Ubicación	Gasto promedio	Volumen	Volumen	Gasto jul. 2007	Volumen	Gasto jul. 2007
		sept. 2005 - sept. 2006	Calculado	Reportado	(lps)	Calculado	Reportado
		(lps)	(m ³ /año)	(m ³ /año)		(m ³ /año)	(m ³ /año)
29	Carretera Fco. I. Madero Fracc. Bugambilias	83.1	2,620,641.6	2,620,992.0	30	946,080.0	877,200.0
31	Valle de Guadania 354 (dentro de Lala)	61.5	1,939,464.0	1,940,778.0	49	1,545,264.0	1,393,068.0
32	Cerro de la Pila (junto a la pila nueva)	34.2	1,078,531.2	1,078,531.0	47.3	1,491,652.8	1,471,224.0
33	Miguel Alemán km 1140	77.5	2,444,040.0	2,442,607.0	80	2,522,880.0	2,488,320.0
34	Tercera y Cerro de la Pila	54.8	1,728,172.8	1,728,698.0	33.2	1,046,995.2	1,032,648.0
35	Arboledas y Santa Mónica	25	788,400.0	788,663.0	33.2	1,046,995.2	1,032,648.0
36	Canal Sacramento y Carretera Unión	18.2	573,955.2	574,218.0	14.2	447,811.2	441,672.0
37	Atrás de planta Frankee	15	473,040.0	473,040.0	13.2	416,275.2	410,568.0
38	Dentro club campestre	15	473,040.0	473,040.0	dato no reportado	0.0	0.0
39	Ej. San Ignacio en el Cerro	115.3	3,636,100.8	3,634,524.0	122.6	3,866,313.6	3,813,348.0
40	Ejido Florida	7.3	230,212.8	230,844.0	7	220,752.0	178,944.0
		1293.6	40,794,969.6	40,798,397.0	1,143.8	36,070,876.8	35,174,004.0

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

- **Infraestructura instalada en fuentes de abastecimiento**

En la Tabla 3-6, se muestran los datos principales de los pozos y equipos de bombeo.

Tabla 3-6 Características generales de los equipos de bombeo

Número	Ubicación	Registro de macromedidor	Gasto	Presión de descarga	Diámetro de columna	Longitud	Diámetro de descarga	Tipo	Lubricación	Impulsor			Marca de la bomba
										Modelo	Tipo	(num pasos)	
1	Rayón y Zaragoza	ENDRESS-HAUSER	60	5.5	8	213.5	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	12LD	Cerrado	10	
2	Quinta y priv. Rayón	NO TIENE	10	1	6	131.2	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	EM-9	Cerrado	12	
4a	Diamante y Cerro de la Plata	NO TIENE	65	2.8	8	198.3	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 12	Cerrado	14	
5	Trujano y Urrieta	PROPELA	140	1.6	10	128.1	10	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 14	Cerrado	7	PERLESS
6	Bruselas y Niza	ENDRESS-HAUSER	50	1	10	146.4	10	TURBINA VERTICAL	ACEITE	303-A1	Abierto	7	ITSA
7	16 de Septiembre y Centenario	PROPELA	25	0.8	8	140.3	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C2M	Cerrado	15	
8	Victoria y Francisco Sarabia	NO TIENE	20	0.8	6	180	8	SUMERGIBLE	N/A		Motor 125	7	SAER
9	Ejido de San Ignacio	NO TIENE	20	2.1	6	128.1	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C2M	Semiabierto	18	
10	Poanas y Mapimí	NO TIENE	12	0.5	6	198.3	10	TURBINA VERTICAL	ACEITE	EM-9C1	Cerrado	15	
11	A. del Castillo - 839	NO TIENE	10	0.2	4	137.3	6	SUMERGIBLE	N/A		Motor 50	22	SAER
12	Súchil y Canatlán	NO TIENE	20	0.8	6	176.9	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	14	
13a	Poanas y Cuatrociénegas	PROPELA	20	0.5	8	183	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	10C	Semiabierto	16	
14	Ejido de San Ignacio	PROPELA	120	1.5	10	146.4	12	TURBINA VERTICAL	ACEITE	303	Cerrado	6	ITSA
15	P. Negras entre Guanaceví y V. del Guadiana	NO TIENE	26	0.5	6	158.6	10	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	17	
16	Rebolledo Acosta y Lázaro Cárdenas	PROPELA	15	0.7	8	155.6	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 10	Semiabierto	17	
17	Prol. Morelos y Ejido Casa Blanca	NO TIENE	21	1.1	8	128.1	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	11	ITSA

Tabla 3-6 Características generales de los equipos de bombeo (Continuación)

Número	Ubicación	Registro de macromedidor	Gasto (lps)	Presión de descarga (kg/cm ²)	Diámetro de columna (")	Longitud (m)	Diámetro de descarga (")	Tipo	Lubricación	Impulsor			Marca de la bomba
										Modelo	Tipo	(num pasos)	
21	Calle Cuarta entre Prol. Morelos e Isidoro Leal	NO TIENE	15	0.8	6	143.1	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 10	Cerrado	11	ITSA
22a	México 91 y Guatemala	PROPELA	22	0.6	8	149.5	6	TURBINA VERTICAL	ACEITE	3015-A1	Abierto	11	
23	Amsterdam y Atenas	NO TIENE	5	0.1	6	158.6	6	TURBINA VERTICAL	ACEITE	3015	Abierto	14	
24	Primera del Cerro entre Agustín Cerro y Lic. Verdad	NO TIENE	15	0.7	8	167.8	6	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	15	ITSA
28	Carretera Linamar y Calle Carlos Herrera	NO TIENE	40	0.4	8	176.9	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C-301	Cerrado	17	
29	Carretera Fco. I. Madero Fracc. Bugambilias	NO TIENE	40	0.9	8	137.3	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	3015-A1	Cerrado	15	ITSA
31	Valle de Guadania 354 (dentro de Lala)	NO TIENE	65	0.9	8	164.7	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 12	Cerrado	10	ITSA
32	Cerro de la Pila (junto a la pila nueva)	NO TIENE	30	3.8	8	158.6	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	10C1	Cerrado	15	ITSA
33	Miguel Alemán km 1140	NO TIENE	80	1.5	8	155.6	10	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 12	Cerrado	10	JACUZZI
34	Tercera y Cerro de la Pila	PROPELA	45	1	10	146.4	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	302C2	Abierto	12	ITSA
35	Arboledas y Santa Mónica	NO TIENE	24	0.9	8	82.4	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	3015	Abierto	8	
36	Canal Sacramento y Carretera Unión	NO TIENE	20	2.9	6	192.2	6	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	17	ITSA
37	Atrás de planta Frankee	NO TIENE	15	0.8	8	140.3	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	15	ITSA
38	Dentro club campestre	NO TIENE	15	1.1	6	158.6	8	TURBINA VERTICAL	ACEITE	9C1	Cerrado	21	ITSA
39	Ej. San Ignacio en el Cerro	NO TIENE	115	2.6	10	134.2	12	TURBINA VERTICAL	ACEITE	No 14	Cerrado	7	PERLESS
40	Ejido Florida	NO TIENE	8	0.2	4	109.8	4	SUMERGIBLE	N/A		Motor 20	11	GRUNDFOS

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

- **Tanques de regulación y almacenamiento**

SIDEAPA cuenta con un proyecto de sectorización, para mejorar el servicio de agua potable e incrementar las eficiencias física y comercial.

La zona norte de Gómez Palacio, es la mancha urbana hacia donde crece, faltan tanques reguladores y de almacenamiento.

SIDEAPA cuenta actualmente con 10 tanques de almacenamiento y regulación, **con una capacidad total de 21,150 m³**. Para un gasto medio de 1,300 l/s y un gasto máximo de 1,560 l/s, en el mes de máxima demanda, con un coeficiente de regulación de 11.6, un volumen de 18 mil m³ sería suficiente para regular un bombeo continuo de 24 horas, quedando el resto como reserva para almacenamiento. Ver Tabla 3-7.

Tabla 3-7 Datos de tanques de regulación

Sector	Nombre	Colonia	Motor (HP)	Consumo	Eficiencia eléctrica (%)	Gasto de extracción	Tiempo operación	Capacidad (m ³)	Descarga
5	Parque Morelos	Centro	50	3092	67.5	30	07:00 - 14.00	1500	Automática / Red
3	Revolución	Revolución	50	7680	86.4	30	07:00 - 14.00	2500	Automática / Red
8	Parque Industrial	Parque Industrial	75	4939	50	30	07:00 - 14.00	2500	Automática / Red
6	Oriente	Santa Rosalía	50	3359	78.3	30	07:00 - 14.00	1500	Automática / Red
4	Filadelfia	Filadelfia	50	7040	81.8	30	07:00 - 14.00	2500	Manual /Red
3	Cerro de la Pila	Centro	Sin bombeo					1500	Manual /Pozo
3	Cerro de la Pila Nuevo	Esperanza	Sin bombeo					2500	Manual /Pozo
5	Cerro de la Cruz	Centro	Sin bombeo					1500	Manual /Red
5	Campestre	Campestre	Sin bombeo					2500	Automática / Pozo
5	Centenario	Rubén Jaramillo						2650	Automática / Pozo

Capacidad total de regulación (m³): 21,150 m³

El sistema de distribución cuenta con siete estaciones de rebombeo para levantar la presión en zonas críticas para mejorar el servicio, por lejanía o por capacidad de conducción, el agua no llega con presión mínima para la entrega domiciliaria. Se presentan dos tipos de arreglo, ver Ilustración 3-24:

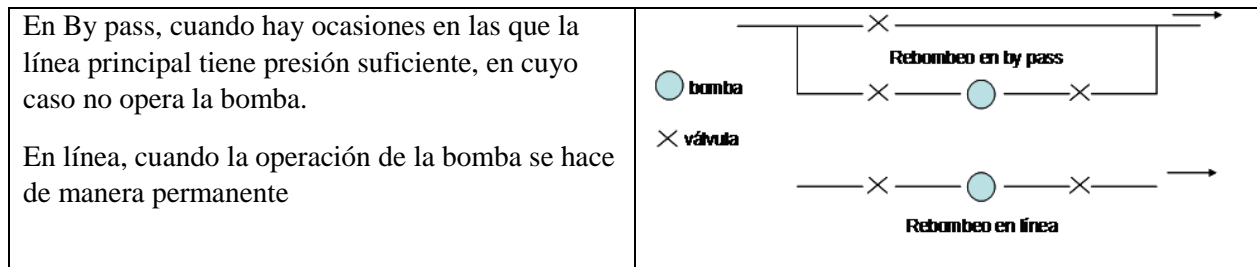


Ilustración 3-24 Tipos de arreglo en estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo son las siguientes y en la Tabla 3-8, se muestran las características generales de las estaciones de bombeo:

- ✓ **Britttenham:** Abastece a la colonia del mismo nombre con agua procedente del tanque cerro de La Pila 1.
- ✓ **Hamburgo:** Abastece a la zona Filadelfia con agua de la línea de 10” de los pozos 9 y 14.
- ✓ **Expo feria:** Abastece la zona de La Feria con agua procedente del pozo 28.
- ✓ **Emiliano Zapata:** Esta estación será cancelada por la estación de rebombeo del tanque Macro Circuito Solidaridad.
- ✓ **Santa Rosa:** Abastece a la colonia Santa Rosa con agua procedente del pozo 36. Se pretende eliminar este rebombeo con el cierre del Macro Circuito Centenario, abasteciendo la zona desde el pozo 24.
- ✓ **Lázaro Cárdenas:** En lo posible, se propone alcanzar presión suficiente en los sectores y presurizar zonas de rebombeo, solamente en el caso de que ello no se consiga.

Tabla 3-8 Datos de las estaciones de bombeo

Rebombeo	Tipo de bomba	Potencia (HP)	Diámetro de la tubería			Gasto (l/s)	Presión (kg/cm ²)	
			Principal	Succión	Descarga		Succión	Descarga
Britttenham	Vertical (en Línea)	15		4	4	20	0.3	3
Hamburgo	Vertical (By Pass)	40	8	6	6	30	0.6	1.2
Expo-feria	Centrífuga (By Pass)	40	8	6	4	15	0.7	1.2
Philips	Centrífuga (By Pass)	7.5	6	2	2	8	0.25	0.65
Emiliano Zapata	Centrífuga (By Pass)	15	4	3	3	15	0.3	3
Santa Rosa	Vertical (By Pass)	15	4	3	3	15	0.3	1.5
Lázaro Cárdenas	Vertical (By Pass)	15	6	2	2	15	0.6	1.2

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

Red de distribución. - La red consta de 675.5 km de tuberías de asbesto cemento, PVC y acero, predominando el material PVC. En la Ilustración 3-25, se muestra un esquema de las tuberías existentes con sus respectivos diámetros.



Ilustración 3-25 Red de agua potable de la localidad de Gómez Palacio, Durango
Fuente: Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

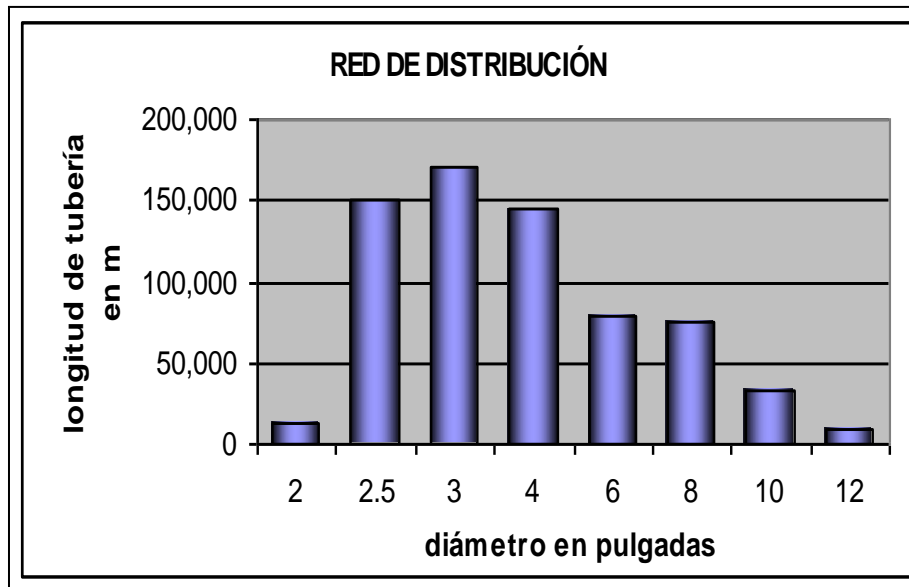
En la Tabla 3-9, se presenta las longitudes de la tubería por diámetro y tipo de material, y la Tabla 3-10, su distribución correspondiente.

Tabla 3-9 Longitud de tubería de la red de distribución

Diámetro		Material y clase			Suma (m)
		AC	PVC	Acero	
pulgadas	mm	A-7 (m)	7 (m)	s/c (m)	
2	51		13090		13090
2.5	60		150190		150190
3	76		170546		170546
4	100	3096	141415		144511
6	150	3408	75719		79127
8	200	2730	71530	1200	75460
10	250		33693		33693
12	300	2465	6484		8949
Suma		11699	662667	1200	675566
%		1.7	98.1	0.2	

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

Tabla 3-10 Diámetros de tubería de la red de distribución



Es necesaria la instalación de nuevas tomas domiciliarias, principalmente en las zonas de crecimiento.

- **Alcantarillado**

Según las cifras del organismo operador para diciembre de 2007, la cobertura de alcantarillado fue estimada en un 97%.

Se cuenta con redes antiguas con más de 40 años. En tiempo de lluvia la red es insuficiente, lo que origina inundaciones en algunas zonas de la ciudad, se requiere de un sistema de drenaje de aguas pluviales y continuar con programas de reposición de subcolectores y colectores. Ver Tabla 3-11.

Tabla 3-11 Longitud de la red de colectores

Categoría	Nombre	Longitud (m)
Subcolector	Aldama	899
Subcolector	Central De Abastos	540
Subcolector	Esperanza	1631
Subcolector	Felipe Ángeles	1987
Subcolector	Flores Magón	870
Subcolector	Lázaro Cárdenas	1730
Subcolector	México	1390
Subcolector	Morelos	1250
Subcolector	Pil	4520
Subcolector	Poniente	3235
Subcolector	Simón Bolívar	760
Subcolector	Vergel	1000
Colector	Amado Nervo	3935
Colector	Centro Norte	2930
Colector	General Oriente	5210
Colector	Lecherías	3176
Colector	Norte	2000
Colector	Norte Periférico	7130
Colector	Pil	7200
Colector	Poniente	1820

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

- **Plantas de Tratamiento**

Para la disposición final de las aguas residuales generadas, la ciudad cuenta con tres cárcamos: Refugio, Cuba y Parque Industrial Lagunero (PIL). Los dos primeros bombean aguas residuales típicas municipales, mientras que el último da servicio a la zona industrial.

Se tienen dos puntos de vertido, la descarga del cárcamo Refugio y Cuba hacia la planta de tratamiento con destino final a las zonas agrícolas aledañas; y las aguas residuales que son bombeadas por el cárcamo PIL, al salir del colector escurren por gravedad por un canal hacia la margen izquierda del cauce seco del río Nazas en el ejido las Huertas, en donde se ha creado un área de almacenamiento cuyo suelo de arena permite la infiltración de una parte de las aguas hacia el subsuelo.

Gómez Palacio cuenta con dos plantas de tratamiento:

- Planta tratadora de la ciudad de Gómez Palacio.
- Planta Oriente.

Estas plantas, en suma, cuentan con una capacidad instalada de 620 l/s, mientras el caudal medio tratado, es de 537 l/s. La mayor de ellas, de 500 l/s de capacidad, consiste en lagunas de estabilización. Ver Tabla 3-12, ver Tabla 3-13 y la Ilustración 3-26.

Tabla 3-12 Plantas de Tratamiento

Nombre de la Planta	Tipo de Proceso	Capacidad Instalada l/s	Caudal Medio Anual Tratado l/s	Cuerpo Receptor
Planta Tratadora De La Ciudad De Gómez Palacio	Lagunas De Estabilización	500	417	Riego Agrícola
Planta Oriente	Biológico	120	120	Reuso Industrial Y Riego De Áreas Verdes

Tabla 3-13 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Gómez Palacios

Capacidad Total	500 l/s.
2 Módulos	250 l/s. c/u
Cada uno con:	
1 Lagunas Anaerobia	
1 Lagunas Facultativa	
2 Laguna de Maduración	
Gasto Actual a Tratar	500l/s
2ª. Etapa	
1 Módulo	150 l/s.
1 Lagunas Anaerobias	
1 Lagunas Facultativa	
2 Lagunas de Maduración	
Gasto Total de la PTAR 1ª. Y 2ª. Etapa	650 l/s.
Superficie que ocupa la PTAR	89 Has.
Cobertura de Saneamiento	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

La Planta Oriente entró en operación en el año 2008, con ésta se logra el tratamiento de la totalidad de las aguas residuales de la Ciudad. Ver Ilustración 3-26.

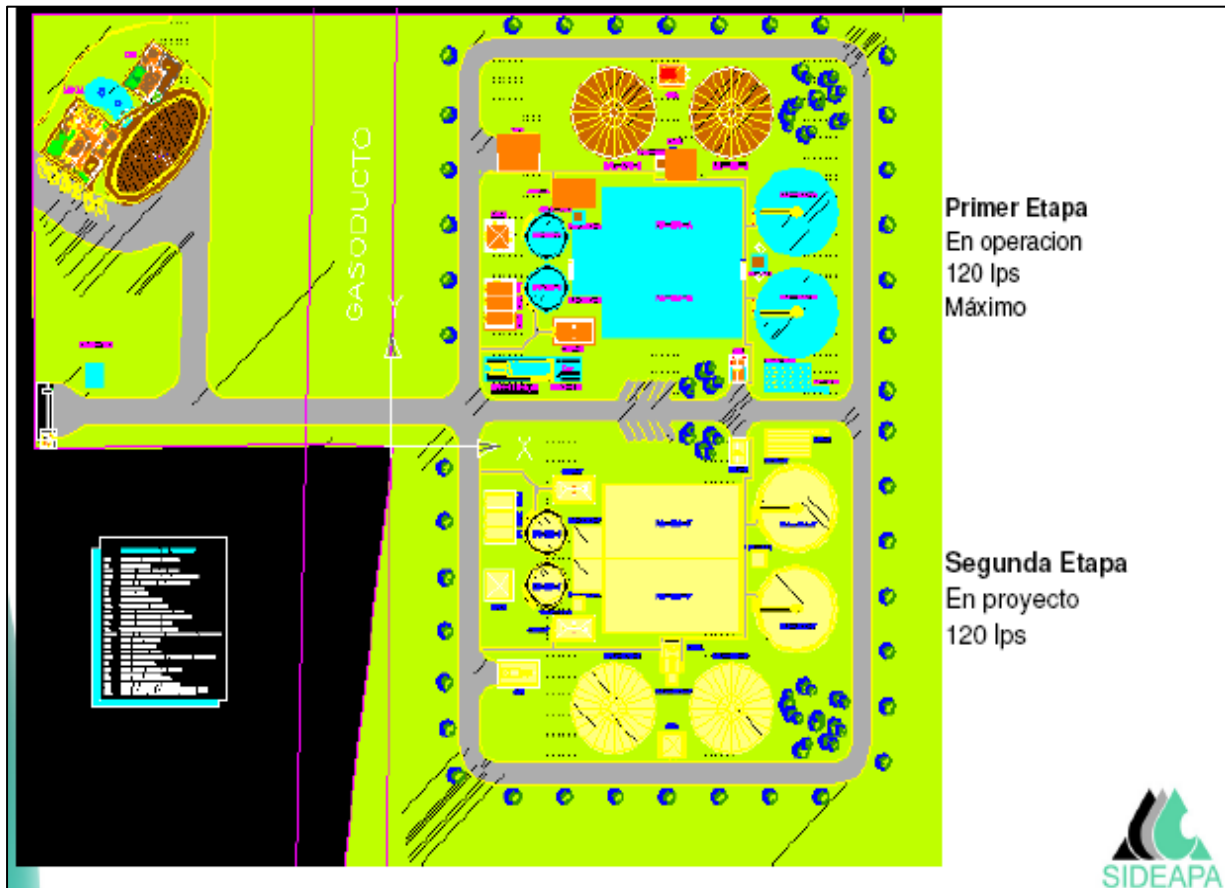


Ilustración 3-26 Esquema general de Planta de Tratamiento Oriente
 Fuente: Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

- ***Volumen Concesionado***

SIDEAPA tiene una concesión de 22'423,213 m³/año, otorgada en concesiones directas al organismo operador SIDEAPA y a la Presidencia Municipal de Gómez Palacio, Dgo.

- ***Problemática de la infraestructura hidráulica***

SIDEAPA ha identificado como problemática principal de su infraestructura hidráulica, lo siguiente:

- ✚ Red de distribución interconectada no permite un manejo adecuado de presiones.
- ✚ Zonas donde se tiene baja presión, déficit de oferta, interrupción del servicio en horas de demanda.
- ✚ Tubería obsoleta que no permite carga adecuada.
- ✚ Tanques de regulación sin utilizar.
- ✚ Pozos conectados directamente a la red.
- ✚ Baja cobertura de micromedición.

- ✚ Baja eficiencia electromecánica.

b) Municipio de Gómez Palacio. (Zona Rural)

Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Área Rural del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPAAR)

- ***Fuentes de abastecimiento***

El SIDEAPAAR atiende las necesidades de alcantarillado y saneamiento de 108 comunidades rurales del municipio de Gómez Palacio. Ver Ilustración 3-27.

El SIDEAPAAR del municipio de Gómez Palacio actualmente cuenta con **14 pozos profundos en operación**, que en suma cuentan con una **capacidad instalada en operación de 366 l/s, solamente 201 l/s son medidos**. La red del Sistema Interestatal opera en promedio por día 24 horas. **La eficiencia física se estima entre un 36% a 42%**. El agua subterránea constituye la única fuente actual de abastecimiento.

El total del agua obtenida de los pozos profundos está desinfectada. **Las pérdidas físicas registradas en la red primaria se estiman en un 58%**, ligeramente superiores al índice estimado normalmente en redes de agua potable, lo cual se debe en parte, a la gran extensión de las líneas de conducción, a su operación a través de bombeos y **a su antigüedad, que data aproximadamente de los años cincuenta**.

El sistema de acueductos operado que abastece a poco más de 65 mil habitantes, es presurizado con la inyección de agua proveniente directamente de los pozos del sistema. Por medio de válvulas se regula la distribución de las presiones. Aun cuando el total de pozos resulta suficiente para asegurar la adecuada presión en el total de la red, cuando alguno de éstos sale de operación, la reducción de presión en la red tiene un impacto inmediato sobre una o más localidades.

Las localidades más vulnerables a la falta de presión de la red, se encuentran en la zona norte del sistema, éstas usualmente requieren un orden de cuando menos **300 gramos de carga hidráulica en las líneas de conducción**. **Cuando falla alguno de los pozos en la zona sur, la zona norte resiente los efectos**. Durante tiempos recientes, **llegó a requerirse de 3 a 4 pipas diarias para servir a la zona norte** debido a esta situación, ante la cual, resulta clara la necesidad de cuando menos un pozo de respaldo para activarse cuando ocurran desperfectos o se requiera el paro de un pozo con fines de mantenimiento.

Este sistema de conducción cuenta de hecho, con conexiones en el norte, hacia Tlahualilo, sin embargo la insuficiencia de agua hace imposible transferir volúmenes hacia dichas poblaciones, que por ende se abastecen de fuentes propias.

El Sistema opera mediante cuatro principales zonas de bombeo, cada una inyecta a diferentes “perímetros”:

- En el perímetro Sacramento Centro, los pozos Masitas, 1 y 2A son los proveedores.
- En el Sacramento Norte, el pozo 13 y el pozo 5.
- Sacramento Sur: pozo 3 y parte del volumen del pozo Masitas.
- En el perímetro Alvia, los pozos Dinamita y parte del pozo Masitas.

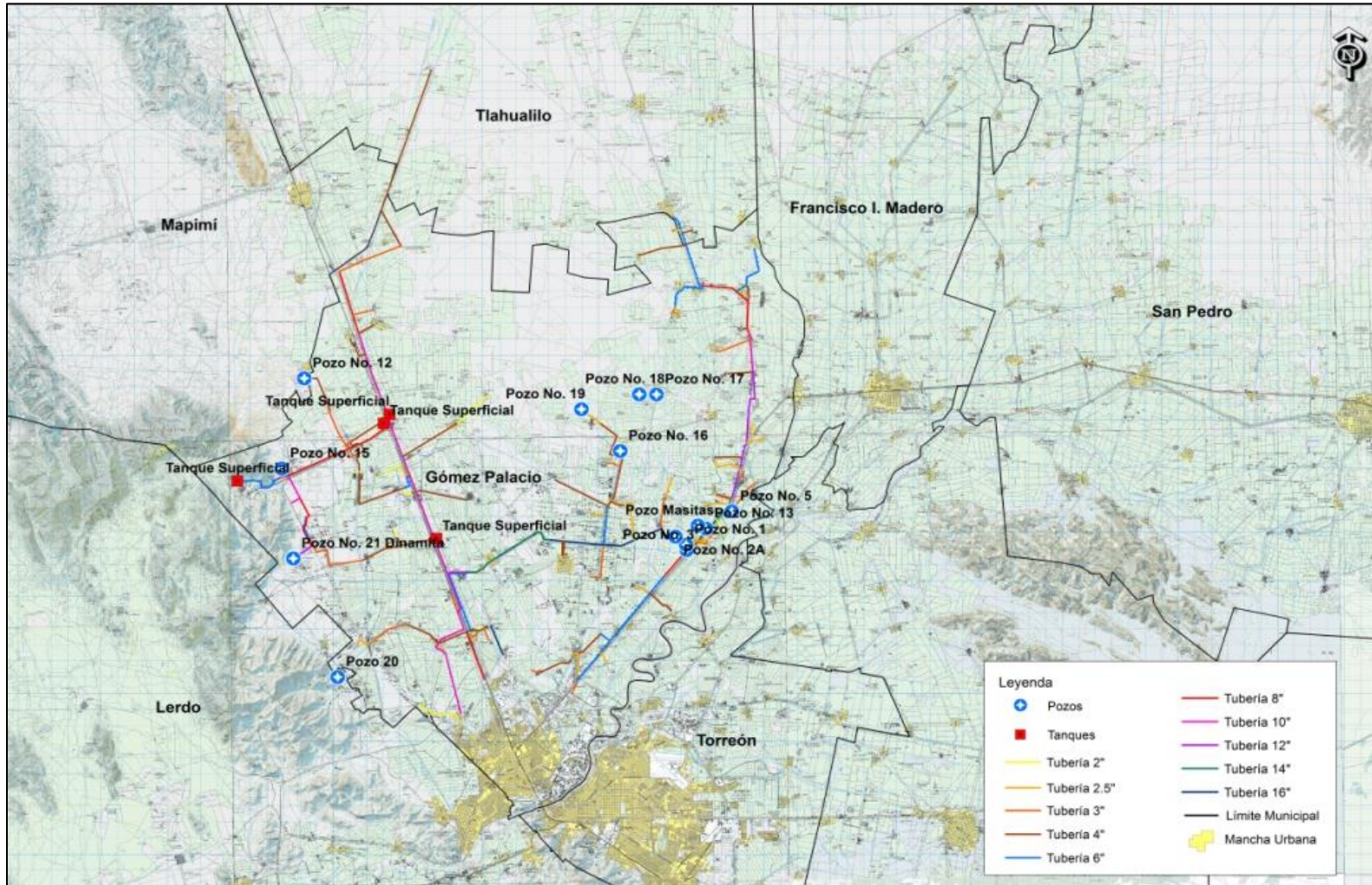


Ilustración 3-27 Infraestructura hidráulica existente para abastecer la Zona Rural de Gómez Palacio, Durango
 Fuente: Gerencia Técnica SIDEAPA G.P.

Aun cuando se cuenta con *un total de 14 pozos dentro del sistema, únicamente los ocho pozos anteriores se encuentran interconectados a través de la red* y trabajan en conjunto. Ver Ilustración 3-28 e Ilustración 3-29. *Los pozos restantes corresponden a localidades aisladas y de hecho, no son operados directamente por SIDEAPAAR.*

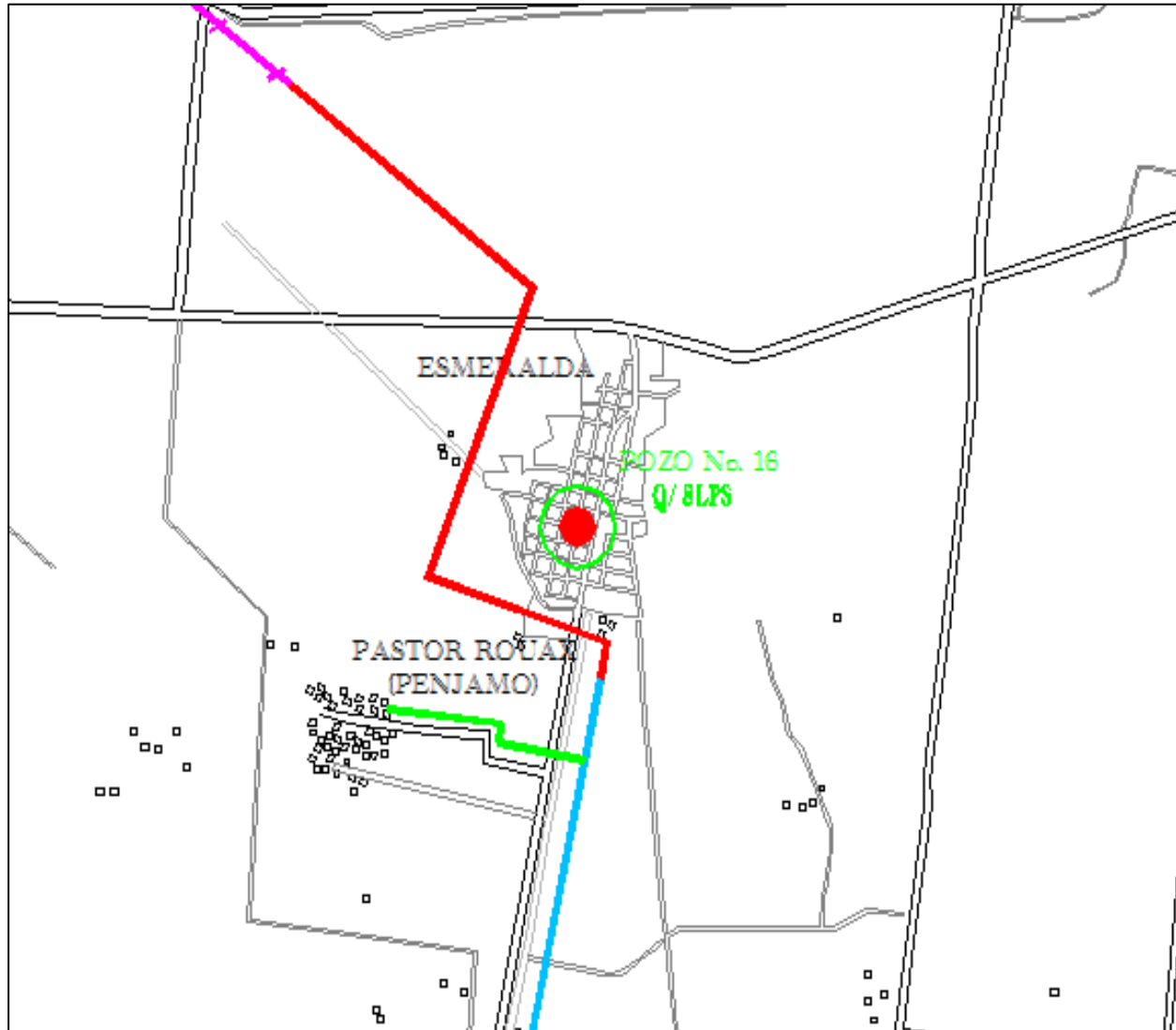


Ilustración 3-28 Los ocho principales pozos que abastecen la zona oriente del Sistema Gómez Rural, junto al perímetro Sacramento y Central (1).

Fuente: *Elaboración propia con datos del SIDEAPA*

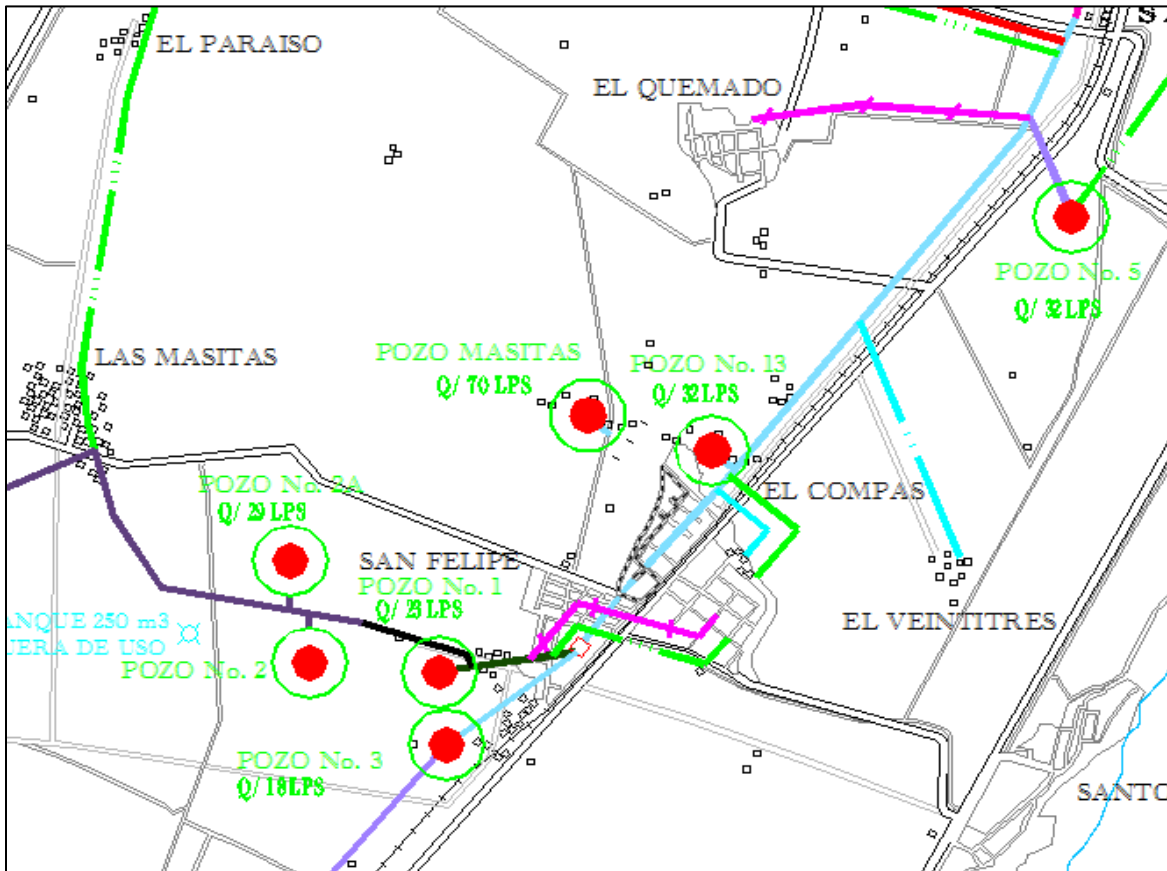


Ilustración 3-29 Los ocho principales pozos que abastecen la zona oriente del Sistema Gómez Rural, junto al perímetro Sacramento y Central (2).

Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

Existe un conocimiento limitado de los pozos, ya que éstos, en su mayoría y originalmente, fueron pozos ejidales. Algunos cuentan con sondas ejidales y todos cuentan con medidor de gasto.

Como una solución para el abastecimiento en la zona norte de la ciudad de Gómez Palacio, se construye un acuífero de 24" para transferir volúmenes desde el pozo Transporte. Para que éste funcione apropiadamente, requerirá de dos nuevos pozos. Un problema en este ámbito es la gestión de terrenos disponibles y apropiados para la perforación de dichos pozos, dado que existe una oposición generalizada en los terratenientes, en cuanto a la posibilidad de brindar terrenos para pozos que suponen que pueden interferir con otros pozos. La reglamentaria distancia mínima de 1,000 metros constituye otra restricción para hallar los sitios apropiados.

Junto al pozo 16, en la localidad conocida como Esmeralda, se cuenta con una pequeña planta potabilizadora con procesos tipo ósmosis inversa y producción de hasta 11 l/min de agua de muy buena calidad, a través de procesos que incluyen ozonificación, rayos ultravioleta y suavizadores para reducir la dureza.

Los pozos en calizas ubicados al poniente del acuífero, presentan profundidades variables desde 350 m hasta 450 m. *El pozo 15, por ejemplo, con una profundidad de 300 m, ha tenido una reducción de su gasto de operación desde 80 l/s hasta 23 l/s, por lo que se asume que puede ser causa de su menor profundidad dentro de la zona permeable del acuífero.* Ver Ilustración 3-30.

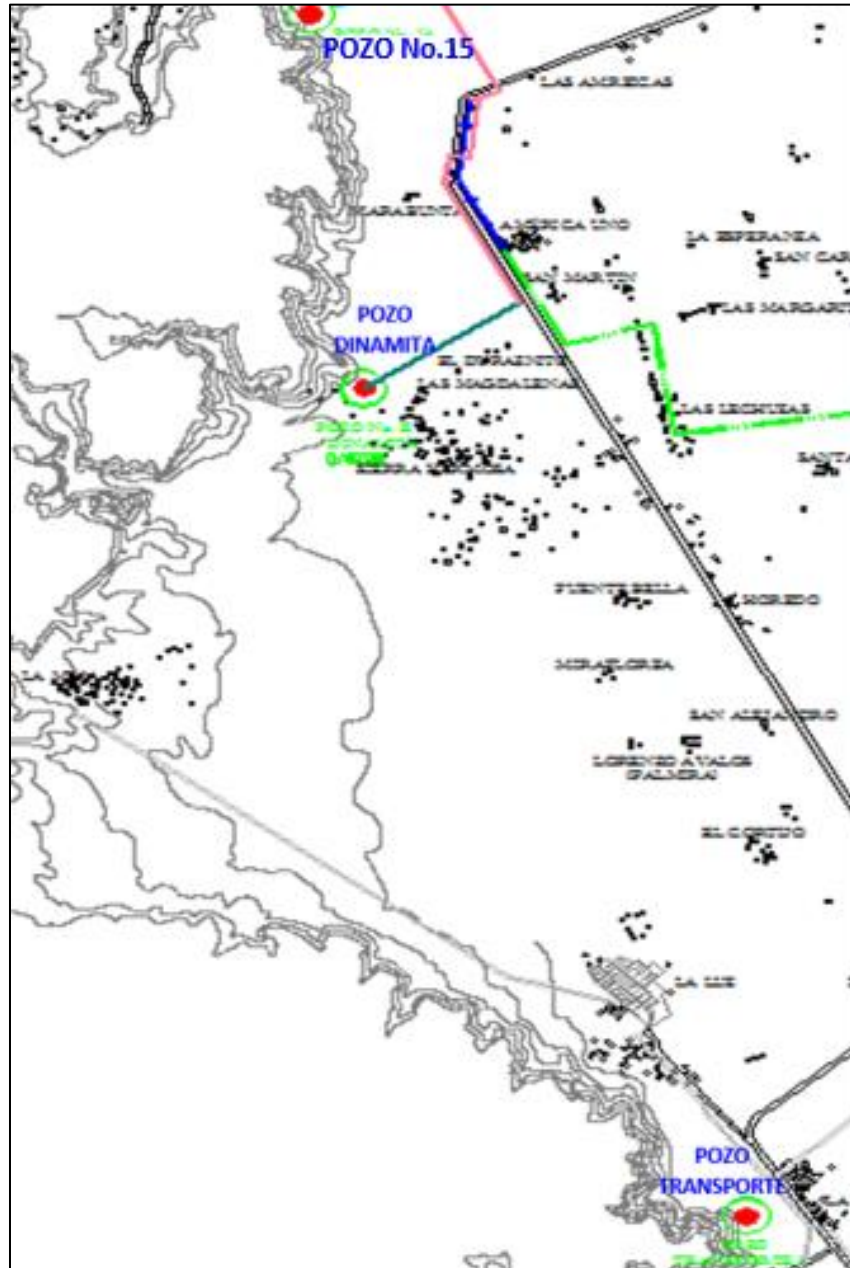


Ilustración 3-30 Pozos: 14, Dinamita y Transporte, abastecen la localidad de Lavia
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

➤ **Infraestructura instalada en fuentes de abastecimiento**

En la Tabla 3-14, se muestran los datos principales de los pozos y equipos de bombeo.

Tabla 3-14 Características generales de los equipos de bombeo

No. CONAGUA	No. De Pozo	Ubicación	Profundidad (pies)	Diámetro Adame (plg)	N. E. (m)	N. D. (m)	Tipo de Bomba	Tazón	No. De Tramos	Gasto (l/s)	Motor	Subestación (Kva)
3800	1	Ejido San Felipe	500	16	131.5	147.69	Tipo semiabierto	No. 10 17 pasos	50 (8")	18	GESAME X 125 HP	112.5
3801	2A	Ejido San Felipe	820	13 1/2	128	140	Tipo cerrado	9CL-18	53 (8")	28	T. BALA 150 HP	150
3802	3	Ejido San Felipe	480	16	82.1	104.35	Tipo semiabierto	No. 10 14 pasos	43 (8")	17.76	IEM 150 HP	225
3991	5	Ejido Lujan	620	16	54.82	93.22	Tipo semiabierto	No. 10 12 pasos	43 (6")	33	IEM 150 HP	225
3361	12	Ejido Poanas	888	15 1/2	37.49			No. 8 20 pasos	26 (4") 13 (6")	6	IEM 75 HP	75
3257	13	Ejido San Toña	820	14	120	138	Tipo abierto	No. 12	50 (8")	26	200	300
4010	15	Pueblo Nuevo	642	10 1/4	157.88		Bomba sumergible		26 (4"x20") 6 (4"x10")	8	GRUNFUS 30 HP	75
3293	16	Ejido Esmeralda		14	62	68.77		No. 10 14 pasos	31 (6")	8.4	IEM 75 HP	45
	17	Ejido Arcinas	790	14	101.88	103.5			38 (4")	6.58	US 75 HP	30
3236	18	Ejido Madrid	660	8	110	137	Bomba sumergible		44 (4")	6	15 M. FRANK	45
4862	19	Ejido Jaboncillo	500	12 1/4			Bomba sumergible			8	25 HP M.SAER	150
	20	Ejido Transporte	1640	20	136.8	148.5				70		
	Dinamita	Ejido Las Américas	1367.76	20	169	185			60 (10")	60		
	Masitas	Ejido Masitas	1148	18	125	140	Tipo cerrado	ITSA MOD 12 TI-14	60 (10")	70	US 300 HP	300

Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

En la localidad Dinamita Abisinia, ubicada en el extremo poniente del sistema, resulta necesario bombear el agua en un **desnivel que supera los 40 metros**, lo que conjugado con una reducida capacidad de regulación (un tanque de 120 m³) en la localidad, conlleva a un suministro interrumpido del agua, donde ésta se entrega de 6 am a 7 pm. Condición que se espera ver disminuida al entrar en operación la sustitución del pozo 14, localizado a una distancia aproximada de un kilómetro hacia el sur de citado pozo. Uno de los retos de la localidad para el desarrollo de su red de agua potable, es que se encuentra sobre un terreno rocoso de calizas.

De acuerdo con estudios electromecánicos recientes, por medio del incremento de la eficiencia del pozo 5, sería posible que de proveer un gasto de 32 l/s, lograra ofertar hasta 60 l/s.

Uno de los problemas más claros de la red de los diferentes perímetros es su antigüedad, pues fue construida hace cincuenta años, con asbesto cemento. Su desgaste es tal que suelen tener fallas cada vez más inesperadas ante cualquier fenómeno que las lleve a un estado de fatiga. Sus diámetros varían desde 10” hasta 16”, su rehabilitación y especialmente su reemplazo son complejos, ya que su material actualmente se encuentra fuera de norma y tiende a la obsolescencia. Históricamente, la red fue operada inicialmente por la SARH, posteriormente por la Comisión de Aguas del Estado de Durango y finalmente por el SIDEAPAAR.

➤ **Tanques de regulación y bombeo**

Este sistema hidráulico que parte de los pozos hacia los perímetros, es reforzado con 22 obras hidráulicas entre tanques de regulación y rebombes ubicados a lo largo de los tres principales perímetros. Ver Tabla 3-15 y Tabla 3-16.

Tabla 3-15 Relación de tanques de rebombeo y regulación

Núm	Ubicación	Condiciones	Capacidad	Observaciones
1	Brittingham Viejo	Buenas	50 m ³	Se utiliza en caso de emergencia
2	Brittingham Nuevo	Buenas	500 m ³	Se utiliza en caso de emergencia
3	El 7 (Pueblo Nuevo)	Buenas		En línea
4	La Luz	Buenas		Equipo de bombeo funcionando
5	Las Playas	Buenas	100 m ³	
6	Manila/Ejido Noé	Buenas	75 m ³	
7	Competencia	Buenas	250 m ³	Se utiliza en línea; tanque en caso de emergencia
8	San Ignacio	Buenas		En línea
9	Jaboncillo	Buenas		En línea sin bomba sumergible
10	Huitrón	Buenas	75 m ³	Ahora
11	San Felipe	Buenas	250 m ³	Se utiliza en caso de emergencia
12	La Torreña	Buenas		Existen 3 en línea (S. Ramón, esc; Cerca pobl.)
13	El Triunfo (SIDEAPA)	Buenas		En línea bote
14	Arturo Martínez/V. Eureka	Buenas		En línea
15	Jab/G. Nazas	Buenas		En línea
16	San José Del Viñedo	Buenas		
17	Eureka	Buenas		
18	Cerca Puente La Torreña			
19	13 Marzo/El Consuelo			
20 Tanque	18 de Marzo	Buenas	200 m ³	Fuera de servicio. Tanque regulador
21 Tanque	Abisina	Buenas	200 m ³	Tanque regulador

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-16 Relación de los sitios que son rebombeo y cárcamos

Núm	Ubicación	Capacidad de Motor	Tipo
1	Brittingham Viejo	Motor de 50 hp	Tanque de regulación
3	El 7 (Pueblo Nuevo)	Motor de 15 hp	En línea
5	Las Playas	Motor de 2 hp	
6	Manila	Motor de 30 hp	Tanque de regulación
7	Competencia	Motobomba de 75 hp	
8	San Ignacio	Motor de 3 hp	Bomba sumergible en bote
9	Jabonoso	Motobomba de 1.5 hp	
10	Jiménez	Motobomba de 50 hp	Bomba tipo caracol
12	Puente La Torreña 2 (Esc. Técnica San Ramón)	Motobomba de 7.5 hp	En línea
14	Arturo Martínez	Motobomba de 15 hp	En línea
15	El Consuelo	Motobomba de 5 hp	Bomba tipo caracol
16	San José del Viñedo	Motobomba de 7.5 hp	En línea
18	Cerca de Puente la Torreña 3	Motor de 3 hp	Bomba sumergible
19	Puente La Torreña 1 (Transporte)	Motor de 25 hp	En línea
20 Cárcamo	San Felipe	Motor de 15 hp	
21 Cárcamo	6 de octubre	2 Motores de 15 hp	
22 T. Immhof	Gregorio García (Tanque Immhof)	Motobomba de 5 hp	

Fuente: Elaboración propia

➤ Alcantarillado

De acuerdo con las cifras del SIDEAPAAR del municipio de Gómez Palacio, para diciembre de **2007**, **la cobertura de alcantarillado fue estimada en un 42%. El sistema de alcantarillado solo cubre los poblados Villa Gregorio A. García, San Felipe, Esmeralda y 6 de octubre.**

➤ Plantas de Tratamiento

El SIDEAPAAR del municipio de Gómez Palacio cuenta con dos plantas de tratamiento para las aguas residuales de las localidades Villa Gregorio García y 6 de Octubre, con capacidad instalada de 3 l/s, cada una y su cuerpo receptor es el riego agrícola en ambos casos.

Plantas de tratamiento: El volado, El triunfo, Chihuahuita, Jerusalén, Arturo Martínez y california.

Con respecto a lagunas de oxidación: La 6 de octubre, San Felipe.

Ejidos con infraestructura de tratamiento:

- Ejido 6 de octubre, donde se trata el 95% del agua en lagunas de oxidación.
- Ejido San Felipe, tratamiento del 80% de las aguas residuales.
- Ejido San Gregorio García, tratamiento del 100%.

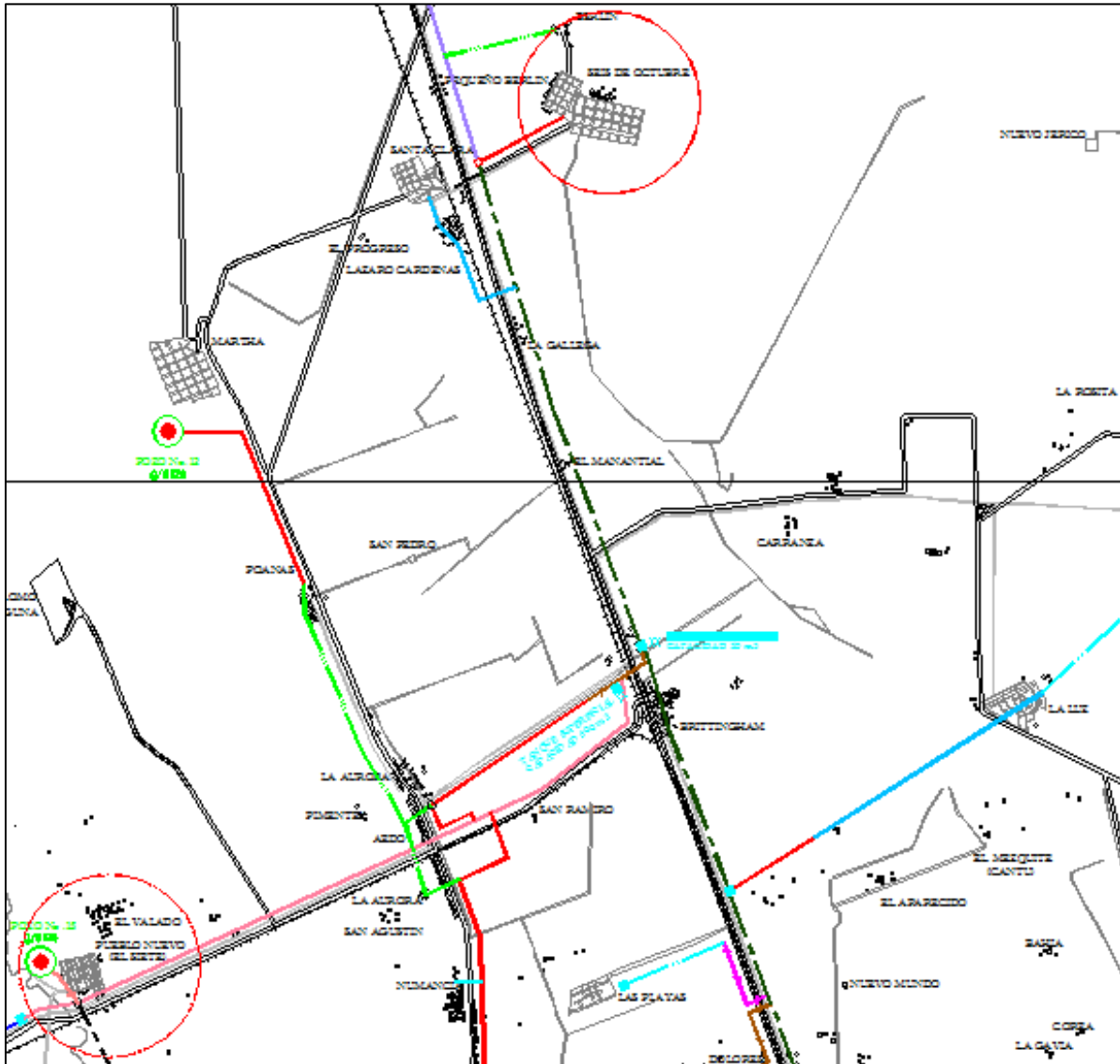


Ilustración 3-31 Localización esquemática de principales plantas de tratamiento existentes
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

Adicionalmente, se encuentran en proceso cuatro proyectos adicionales de tratamiento, cada uno de ellos para pequeños conjuntos de localidades; ver también Ilustración 3-33, donde se muestra su ubicación.

- **Sistema Integral de Saneamiento El Triunfo.** Tratará las descargas de los ejidos: El Triunfo, El Vergel, El Transporte y San Ramón. Se logrará con una planta de tratamiento de tipo modular con una red de atarjeas. Su avance actual es próximo al 70% y su gasto de diseño de 5 l/s.
- **Sistema Integral de Saneamiento Santa Cruz Luján.** Comprenderá a las localidades: Rinconada Santa Cruz, Santa Cruz Luján, Chihuahuita Nueva y Chihuahuita Vieja. Su avance estimado de obra es del 60%. esta no
- **Sistema Integral Arturo Martínez.** Comprende a los Ejidos Martínez y 18 de marzo, con un gasto de 5 l/s. Este sistema se encuentra casi listo para operar.

- **Sistema Integral de Saneamiento Venecia.** Este sistema se encuentra apenas en proyecto, su capacidad será de 10 l/s y los ejidos de los cuales serán tratadas las aguas serán: Venecia, Glorieta, Los Ángeles, Eureka y Jerusalén.

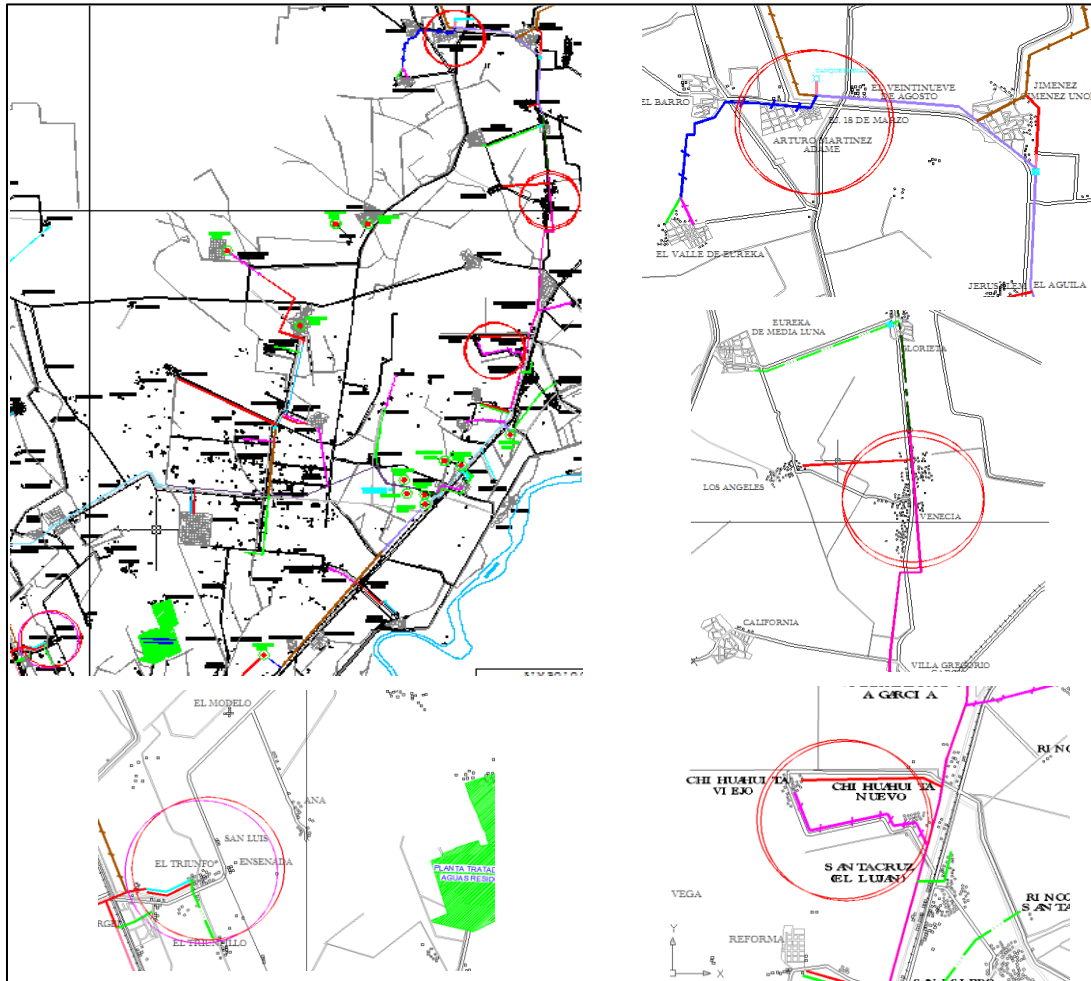


Ilustración 3-32 Ubicación de las Plantas de Tratamiento
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

c) Municipio de Tlahualilo

Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tlahualilo, Durango (SIMAPA Tlahualilo)

Este sistema abastece a 20 localidades rurales y a la cabecera municipal de Tlahualilo, presentadas en la Tabla 3-17.

Tabla 3-17 Relación de localidades que abastece el sistema Tlahualilo

Municipio	localidad	Población
Tlahualilo	Tlahualilo de Zaragoza	8,798
Tlahualilo	El Lucero (Arcinas)	2,394
Tlahualilo	San Francisco de Horizonte (Horizonte)	1,486
Tlahualilo	Jauja	1,078

Municipio	localidad	Población
Tlahualilo	Banco Nacional	923
Tlahualilo	San Julio	905
Tlahualilo	Pamplona	859
Tlahualilo	La Campana	428
Tlahualilo	Rosas	384
Tlahualilo	Pompeya	326
Tlahualilo	Ceceda	255
Tlahualilo	Nuevo México	169
Tlahualilo	San Miguel del Real	167
Tlahualilo	División del Norte	150
Tlahualilo	Providencia	129
Tlahualilo	Amapolas	101
Tlahualilo	Balcones	91
Tlahualilo	Oquendo	91
Tlahualilo	El Renegado (La Perla)	56
Tlahualilo	Carolina	19
Total	20	18,809

Fuente: Elaboración propia

- **Fuentes de abastecimiento**

El SIMAPA de Tlahualilo se encuentra compuesto en la actualidad por dos pozos activos, ambos pozos operan únicamente para el abasto del sistema de Tlahualilo. Anteriormente se contaban con tres pozos de abastecimiento en la parte norte de la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., que por motivos de operación y costos de energía eléctrica se suspendió desde hace dos años el pozo ubicado en la localidad del Cariño (Tabla 3-18). Cuenta con dos cárcamos de bombeo para hacer llegar el agua hasta la localidad de Tlahualilo, uno ubicado en el ejido Lucero y el otro en el ejido Ceceda.

Tabla 3-18 Relación de pozos del Sistema Tlahualilo

Localidad	Coordenadas UTM			Gasto en operación l/s	Horas de servicio	Diámetro descarga
	X	Y	Z			
Ejido El Quemado	661141	2845290	1119	65	24	8 y 10
Pozo 16	656053	2836233	1129	25	24	8
El Cariño	655401	2836114	1131	12	Fuera de servicio	6

El pozo Quemado, se encuentra en el ejido El Quemado, cuenta con un equipo eléctrico vertical, tubería de 8 pulgadas de diámetro, una potencia de 250 HP, trabaja las 24 horas del día con un gasto aproximado de 65 l/s, las condiciones de la tubería no son adecuadas para un pozo de agua potable pues carece de limpieza y mantenimiento del lugar; ver Ilustración 3-33.



Ilustración 3-33 Pozo el Quemado, ubicado en el ejido El Quemado
Fuente: Elaboración propia

El pozo No. 16 se encuentra en el ejido El Cariño cuenta con equipo eléctrico de 150 HP, con bomba vertical y opera las 24 horas del día, presenta un gasto de 25 l/s, con una tubería de 8 pulgadas de diámetro de descarga y succión; ver Ilustración 3-34. Sus instalaciones son deficientes y no cuenta con buena protección perimetral para evitar robos o acciones que afecten la operación del equipo. Es notable la ausencia del mantenimiento para el equipo de bombeo y cuidado de las instalaciones generales



Ilustración 3-34 Pozo No. 16, ubicado en el ejido El Cariño
Fuente: Elaboración propia

El pozo El Cariño se perforó en el año de 1991, se encuentra inactivo desde hace dos años, anteriormente trabajaba las 24 horas con un gasto de 24 l/s. En su inicio, operaba con un equipo eléctrico sumergible de 6" y contaba con un equipo eléctrico de 75 HP. Dejó de operarse por deficiencias en el equipo, arrojando poco gasto, por lo cual sólo se tenía un gasto de energía eléctrica y poca aportación a la línea.



Ilustración 3-35 Pozo El Cariño, fuera de servicio
Fuente: Elaboración propia

*Los pozos activos son operados las 24 horas, uniéndose los gastos para conformar el acueducto principal con dirección al norte para llegar al primer **tanque de almacenamiento Lucero** y de ahí inician las primeras derivaciones y ramales menores.*

El sistema está dividido en cuatro ramales:

➤ **Primer Ramal**

Inicia en los pozos de abastecimiento y va hasta el tanque de almacenamiento y rebombeo Lucero, la tubería va de 20 pulgadas de diámetro de AC en toda su extensión hasta desfogar en el tanque sin presentarse ninguna derivación hacia ningún ejido previo al desfogue; ver Ilustración 3-36.

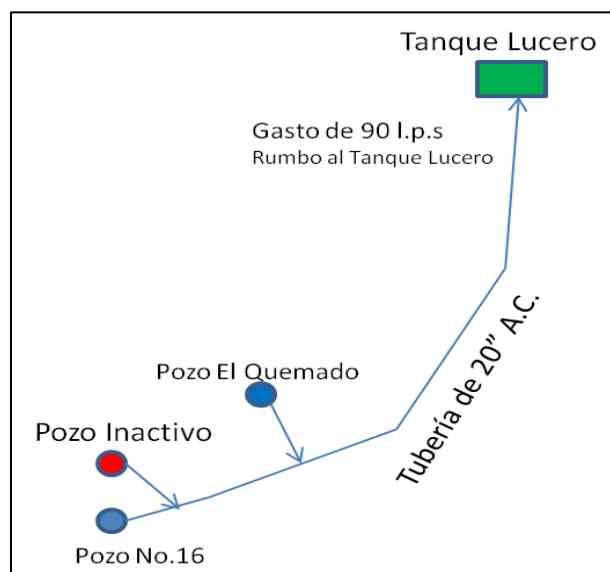


Ilustración 3-36 Esquema de la línea de conducción del primer ramal.
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

Del tanque Lucero se derivan cinco tomas para abastecer las comunidades de:

- **Lucero y Nuevo México**, con tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro y gasto de 25 l/s. En tiempo de frío trabaja de 6 am a 8 pm, mientras en época de calor, de 6 am a 12 del día.
- **Banco Nacional**, con tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro y gasto de 8 l/s. Opera 15 horas al día.
- **Horizonte**, con tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro y gasto de 15 l/s; opera únicamente de las 6 a las 12 horas, durante tiempo de calor.

Dos tomas hacia el tanque Ceceda con un gasto en conjunto de 70 l/s.

El tanque Lucero (Ilustración 3-37) **opera 24 horas**, en las horas de más demanda, que son por el día, su rebombeo se ocupa de abastecer a la línea y en la noche almacena los remanentes que serán bombeados por el día **para las comunidades Lucero, Banco Nacional y Nuevo México**. El Tanque tiene una capacidad de 2,000 m³, es de concreto reforzado de 40 x 40 x 4 metros. El gasto que le llega al tanque es de 90 l/s proveniente de los pozos ubicados en Gómez Palacio, **derivando 25 l/s a las comunidades del centro y el resto se deriva a Tlahualilo.**



Ilustración 3-37 Tanque de almacenamiento Lucero
Fuente: Elaboración propia

➤ Segundo Ramal

Inicia en el tanque Lucero y va para el tanque Ceceda (ver Ilustración 3-38), en donde se abastecen las comunidades **Francisco de Horizonte, Jauja y Pompeya**, con tubería de 6 pulgadas de diámetro las dos primeras y 4 pulgadas de diámetro la última. En estas comunidades se derivan 30 l/s y, de los 70 l/s que salieron de Lucero se descargan entre **40 y 35 l/s a la línea que va a Tlahualilo** de 12 pulgadas de diámetro de asbesto - cemento.

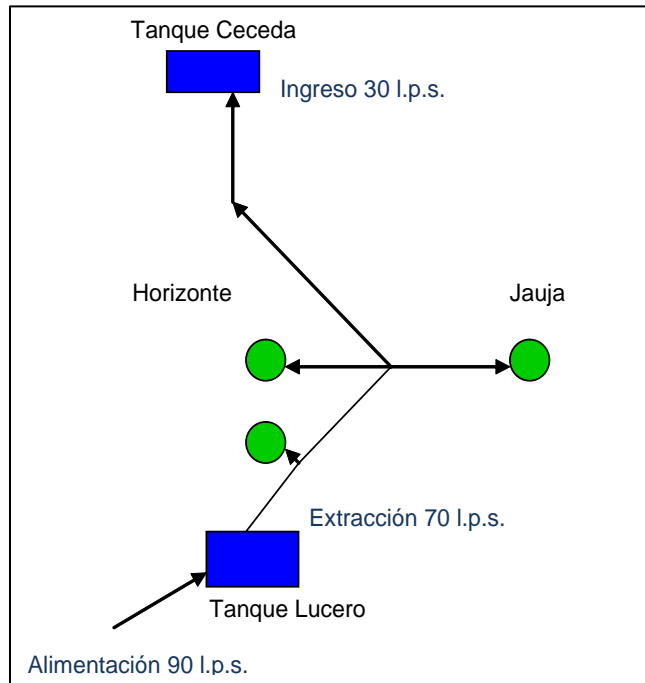


Ilustración 3-38 Esquema de línea de distribución del segundo ramal (del Tanque Lucero a Tanque Ceceda)
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

➤ Tercer Ramal

Inicia en el tanque Ceceda (ver Tabla 3-19) hacia la población Tlahualilo, donde llegan los 30 l/s. Se derivan hacia Tlahualilo dos líneas y se le abastece a **San Miguel del Real, el ejido Ceceda y Pamplona**, con diámetros de 4 pulgadas en estas comunidades.

Tabla 3-19 Relación de tanques del sistema Tlahualilo.

Nombre	Localidad	Coordenadas UTM			Capacidad m ³
		X	Y	Z	
Tanque Lucero	Ejido Lucero	660231	2863589	1101	2,000
Tanque Ceceda	Ejido Ceceda	659983	2885882	1100	1,000

Fuente: Elaboración propia

El tanque de almacenamiento Ceceda se encuentra localizado en la comunidad del mismo nombre, municipio de Tlahualilo, tiene una capacidad de 1,000 m³; con dimensiones de 20 x 20 x 2 metros, de concreto armado. Es alimentado con una tubería de 12 pulgadas de diámetro. Sus tiempos de operación son de 5 am a 8 pm, hora en que se suspende su bombeo. Al momento de suspender el bombeo, el agua que proviene del tanque Lucero se pone directa con la presión aplicada en el tanque y llega a Tlahualilo, para evitar gastos de energía con el rebombeo por la noche; ver Ilustración 3-39.



Ilustración 3-39 Tanque de almacenamiento Ceceda
Fuente: Elaboración propia

El tanque cuenta con dos equipos eléctricos de rebombeo, uno de 20 HP y otro de 30 HP, apoyándose para el bombeo del agua hasta la localidad de Tlahualilo y las comunidades más alejadas hacia el norte del sistema. Las condiciones del tanque son malas pues no se cuenta con enmallado perimetral para su protección, se observa carente de mantenimiento y limpieza, faltante de pintura referente al sistema; ver Ilustración 3-40.



Ilustración 3-40 Infraestructura electromecánica que opera en el tanque Ceceda
Fuente: Elaboración propia

Se deriva una línea para abastecer las comunidades del norte más alejadas, que es donde se presentan los problemas de abasto por la poca cantidad de agua destinada y ausencia de presión de la misma; ver Ilustración 3-41.

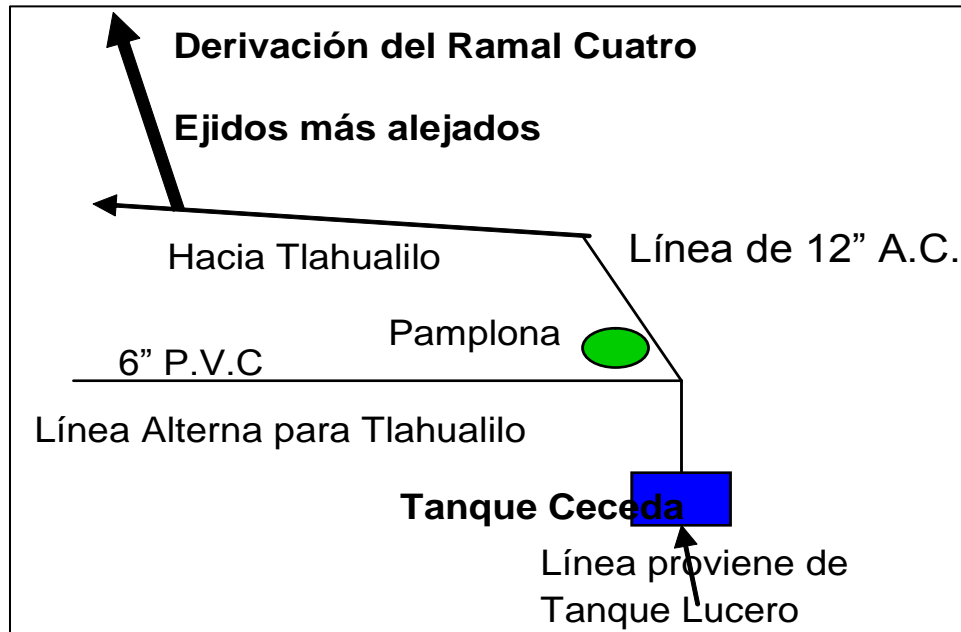


Ilustración 3-41 Esquema de línea de distribución del tercer ramal y derivación para el cuarto ramal
 Fuente: Elaboración propia

➤ Cuarto Ramal

Inicia en la intersección de la línea de 12 pulgadas que viene del tanque Ceceda y la línea que se dirige a las comunidades del norte, el ramal se deriva en la entrada a la comunidad de Tlahualilo, la línea inicia con tubería de 6 pulgadas de diámetro y se va derivando en menores diámetros de 4 y 3 pulgadas; ver Ilustración 3-41.

Las comunidades beneficiadas con este ramal son; ver Ilustración 3-42.

- Campana, con 4 pulgadas de diámetro.
- Balcones, con 3 pulgadas de diámetro.
- Providencia, con 4 pulgadas de diámetro.
- Rosas, con 4 pulgadas de diámetro.
- Oquendo, con 4 pulgadas de diámetro.

Para estas comunidades, son destinados directamente de 10 a 15 l/s solo cuatro horas diarias, con presión baja. *Anteriormente, se contaba dentro de esta línea con un rebombero que trabajaba para aumentar la presión y lograr abastecer a las comunidades más alejadas, en la actualidad, por cuestiones económicas y de operación, se anuló, dejando sin abasto a los ejidos Londres, Barcelona y Carolina, teniendo que suministrar el agua por medio de pipas con un costo aproximado de \$1,200 al mes.* La anulación de este rebombero, de la misma manera *afectó a los ejidos Campana, Oquendo y Balcones en los que la presión del agua es mínima.*

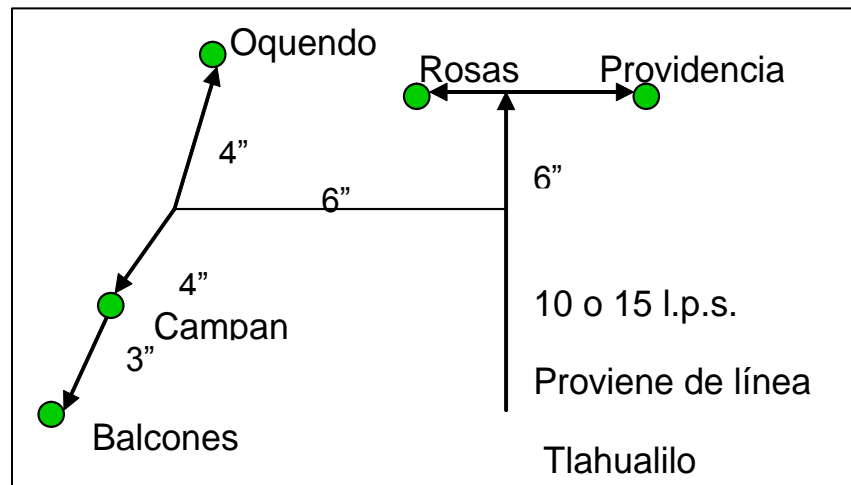


Ilustración 3-42 Esquema de líneas de distribución del cuarto ramal
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

En la Tabla 3-20, se indican datos de las líneas principales del sistema Tlahualilo

Tabla 3-20 Líneas principales de Tlahualilo

Diámetro (plg)	Materiales	Origen	Destino
14	AC	Pozo 16	Tanque Lucero
10 y se amplía a 12	AC	Tanque Lucero	Tlahualilo

Fuente: Elaboración propia

- **Alcantarillado y Saneamiento**

El drenaje presenta serios problemas de taponamiento, en parte, originados por los usuarios que lo utilizan como basurero. La mayoría de las viviendas en la cabecera municipal cuenta con drenaje, esto es, cerca del 80%. En el resto de las localidades, la cobertura *es menor, del orden del 50%, siendo aproximadamente treinta comunidades servidas por el sistema, que se concentran en 19 localidades y la cabecera municipal.*

Se cuenta con lagunas de oxidación para el manejo de las aguas residuales. En años recientes se rehabilitaron atarjeas mediante fondos del programa APAZU. Las aguas dispuestas en las lagunas no tienen ningún uso, simplemente se evaporan.

d) Municipio de Mapimí

Sistema del Agua del Municipio de Mapimí, Durango (SIDEAMM)

El sistema de Mapimí denominado a partir del 29 de mayo de 2008 Sistema del Agua del Municipio de Mapimí, con siglas SIDEAMM. Dado que el Sistema sirve principalmente a tres localidades del municipio de Mapimí que son Bermejillo, Mapimí y Ceballos, cada una de ellas cuenta con una unidad administrativa.

- **Fuentes de abastecimiento**

El sistema Mapimí, Bermejillo y Ceballos es abastecido por 5 pozos, uno de ellos, localizado en el ejido El 24, es exclusivo para la localidad de Ceballos, el subsistema Mapimí-Bermejillo está integrado por 4

pozos para el abasto de estas comunidades (ver Tabla 3-21), son pozos profundos de gasto pequeño, dos ubicados en la Sierra del Rosario, uno cercano a la localidad de Bermejillo como apoyo para el pozo Colorín que abastece directamente a Bermejillo. Dos “rompedoras” que trabajan para el acueducto del pozo Colorín hasta la localidad de Bermejillo y un tanque superficial de mampostería que opera para la ciudad de Mapimí.

En Mapimí, la infraestructura corresponde a la de un pueblo antiguo, la tubería de la red es de AC y PVC; del pozo denominado Colorín se extrae un 30% de su gasto para Mapimí y el resto para Bermejillo.

Tabla 3-21 Relación de pozos del sistema Mapimí

Nombre	Localidad	Coordenadas UTM			Caudal en operación	Horas de servicio	Descarga
		X	Y	Z	l/s		plg
San Sebastián	Mapimí	639121	2867827	1104	16	24	6
El Colorín	Sierra El Rosario	603602	2849333	1514	23	24	6
Rancho Blanco	Rancho Blanco	609313	2889707	1347	10	24	6
Coronel	Coronel	611645	2857489	1328	10	24	6
SISTEMA CEBALOS (fuera de zona de estudio)							
Agua potable de Ceballos	Ejido El 24	592544	2944896	1226	26	20	6

Fuente: Elaboración propia

El pozo de San Sebastián (ver Ilustración 3-43) al igual que la línea que proviene de Mapimí, abastece a la comunidad de Bermejillo, fue perforado a 105 metros de profundidad y cuenta con un equipo eléctrico de 120 H.P. con un gasto de 16 l/s operando las 24 horas del día y va directo a la tubería de 8” de diámetro de P.V.C., que se dirige al Tanque metálico de Bermejillo. Su descarga es con tubería de 6” y la calidad de agua que se está extrayendo es de mala calidad. El desempeño de trabajo no es el máximo pues su instalación eléctrica no es la adecuada, no tiene el cable correcto y por esa razón sufre apagones por la variación de corriente.



Ilustración 3-43 Pozo San Sebastián3

El pozo el Colorín (Ilustración 3-44) ***se encuentra ubicado en la Sierra del Rosario***, su tubería de 6 pulgadas de diámetro, descarga a la línea de 10 pulgadas, acueducto que se dirige hacia la ciudad de Bermejillo. Su gasto es de 23 l/s y cuenta con un motor eléctrico sumergible de 120 HP, se perforó a 350 m. ***El total de la extracción de este pozo es para el abastecimiento de la ciudad de Bermejillo*** y algunos remanentes son depositados en el tanque superficial de la ciudad de Mapimí. Las condiciones del pozo son normales, cuenta con buena protección perimetral, la caseta de operación se encuentra en buenas condiciones de pintura y mantenimiento



Ilustración 3-44 Pozo el Colorín
Fuente: Elaboración propia

El pozo llamado Rancho Blanco (Ilustración 3-45) ***se encuentra ubicado en la localidad del mismo nombre***, Inactivo temporalmente desde hace 6 meses por motivos de alto consumo de energía y poca extracción de agua, en el inicio de la construcción del pozo fue una noria a cielo abierto y en tiempos recientes se le colocó ademe. Las instalaciones no cuentan con limpieza de la hierba y la caseta no tiene una buena tapa de protección de sus controles y arrancador. La adecuación que se le hizo para el cabezal del motor presume peligroso para las personas que operan el funcionamiento. No se cubrió de manera adecuada la boca de la noria. Su tren de descarga no corresponde al de un pozo profundo.



Ilustración 3-45 Pozo Rancho Blanco
Fuente: Elaboración propia

El pozo Coronel (Ilustración 3-46) está ubicado a un costado en la carretera que va de Mapimí- la Zarca, este pozo abastece a la comunidad de Mapimí con 10 l/s durante las 24 horas. El pozo cuenta con un equipo eléctrico de 50 H.P. a una profundidad de 120 metros. Puede observarse que anteriormente era noria a cielo abierto.



Ilustración 3-46 Pozo Coronel
Fuente: Elaboración propia

- **Tanques de almacenamiento**

Para el abasto de la ciudad de Mapimí, se utiliza un tanque de mampostería con capacidad de 1000 m³ que abastece por gravedad a la red interna de la ciudad. Ver Tabla 3-22.

Tabla 3-22 Relación de tanques que distribuyen al municipio de Mapimí

Nombre	Localidad	Coordenadas UTM			Capacidad	Tipo y dimensiones
		X	Y	Z	m ³	
Mapimí (Coronel)	Mapimí	614534	2857451	1315	1000	13 x 15 x 4
Bermejillo	Bermejillo	638332	2863162	1115	200	Elevado esférico de 20 cm
Palomas	Palomas	639859	2859295	1126	15	5 x 3 x 1.5

Fuente: Elaboración propia con datos del municipio de Mapimí y Tlahualilo

El tanque de la localidad de Mapimí

Se encuentra ubicado en la parte alta del cerro, tiene una capacidad de 1000 m³ (ver Ilustración 3-47) y trabaja por gravedad el tiempo que sea necesario según las demandas de los habitantes. Es un tanque de Mampostería abastecido de dos fuentes la del Coronel y la del Colorín ambas con tubería de 6 pulgadas de diámetro y descarga a la tubería de la red interna de 4 pulgadas. Las condiciones del Tanque son malas, falta de limpieza y protección perimetral para evitar el mal uso o robo del agua.



Ilustración 3-47 Tanque de mampostería con capacidad de 1000 m³ para abastecer Mapimí
Fuente: Elaboración propia

El tanque de la localidad de Bermejillo

Para el abasto de la ciudad de Bermejillo es utilizado el tanque elevado metálico (ver Ilustración 3-48) de 200 m³, está construido en acero. Es abastecido regularmente ***por las noches, con los remanentes de la línea proveniente del pozo Colorín***, ubicado en la Sierra del Rosario del municipio de Mapimí. Tiene una ***descarga directa del pozo San Sebastián***, para su posterior descarga por gravedad. Los tiempos de operación son de 10 pm a 5 am, y de 10 de la mañana inicia la descarga hacia la red interna de Bermejillo.



Ilustración 3-48 Tanque elevado metálico con capacidad de 200 m³ para abastecer Bermejillo

El tanque de la localidad las Palomas

El tanque de almacenamiento de la comunidad Palomas (ver Ilustración 3-49) está en la parte alta del poblado, la capacidad del tanque es de 15 m³, es de concreto armado y se abastece de la tubería proveniente de Mapimí de 8" AC. Su función es casi nula, pues sólo recolecta agua por las noches, y como el agua proviene de Bermejillo, los pocos remanentes son almacenados en el tanque elevado de Bermejillo. Las condiciones del tanque son regulares, pues no presenta una pintura referente a su función y carece de limpieza.



Ilustración 3-49 Tanque de concreto armado con capacidad de 15 m³ para abastecer Las Palomas
Fuente: Elaboración propia

El sistema está compuesto por cuatro ramales:

Primer ramal

Inicia del Pozo del Coronel y termina en el Tanque de mampostería de la comunidad de Mapimí. La línea que descarga del pozo es de 6" P.V.C. y se amplía a 10" P.V.C. con un gasto de 16 l/s que en su totalidad se descargan en el Tanque para su distribución por gravedad en su totalidad. El pozo opera las 24 horas del día descargando a la red y sus horas de mayor demanda son durante el día y por las noches al bajar la demanda los remanentes son almacenados para su descarga por la mañana; ver Ilustración 3-50.

Segundo ramal

Está comprendido del pozo Colorín al tanque Mapimí (Coronel). En el inicio de la línea, la tubería es de 8" PVC y luego se une la descarga del pozo Rancho Blanco, actualmente inactivo, para continuar en 10" PVC. El tiempo de operación del pozo es de 24 horas y descarga al tanque de Mapimí 23 l/s, donde se depositan 6 o 7 l/s y continúa su trayecto al acueducto que va hacia Bermejillo; ver Ilustración 3-50.

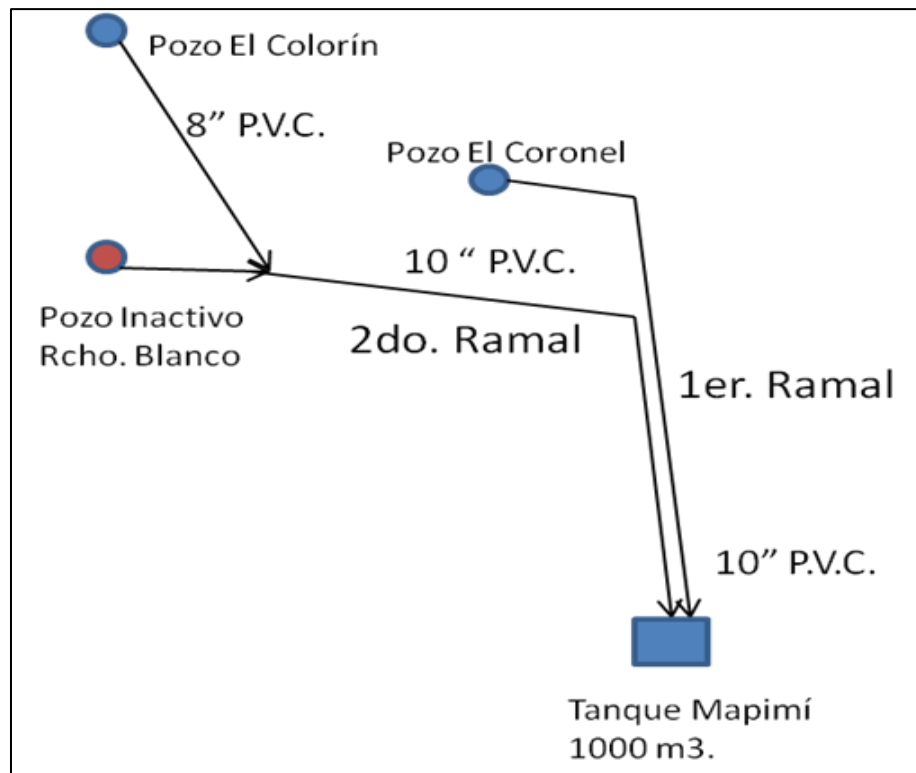


Ilustración 3-50 Esquema red de distribución el primer y segundo ramal.
Fuente: Elaboración propia

Tercer Ramal

Inicia en el tanque de Mapimí hasta la red interna de Bermejillo. La extensión del acueducto es de 25 km, del tanque hasta la entrada a la red interna, en el recorrido del acueducto se encuentran intermedias dos cajas rompedoras del flujo de agua, la primera se encuentra ubicada a pocas cuadras del tanque de Bermejillo en las partes altas de la comunidad; ver Ilustración 3-51.



Ilustración 3-51 Primera rompedora de flujo de agua
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones de la rompedora son de 7 por 5 metros (ver Ilustración 3-52), la construcción está realizada de concreto armado, sus condiciones son malas pues no tiene pintura ni el mantenimiento adecuado, su malla de protección está destruida y sus alrededores se encuentran sucios. Al continuar su recorrido, la línea de 10” con rumbo hacia Bermejillo, cerca del poblado Vinagrillos, se encuentra la segunda caja rompedora de menor tamaño para reducir la presión existente en las líneas de conducción y generar un flujo uniforme por diferencia de nivel al resto de las unidades. Intermedio en el acueducto, se ubican 2.5 kilómetros de tubería de 14” para la reducción de presión y llegar hasta la red interna.



Ilustración 3-52 Rompedora de Vinagrillos
Fuente: Elaboración propia

En esta rompedora, se clora el agua que va para Bermejillo por medio de pastillas de cloración de manera directa a la caja rompedora. Las condiciones de la rompedora de Vinagrillos son malas, la pintura parece tener varios años y presenta deterioro el concreto, carece de limpieza y caminos para su fácil acceso y operación. En la Ilustración 3-53 se muestra el tercer ramal.

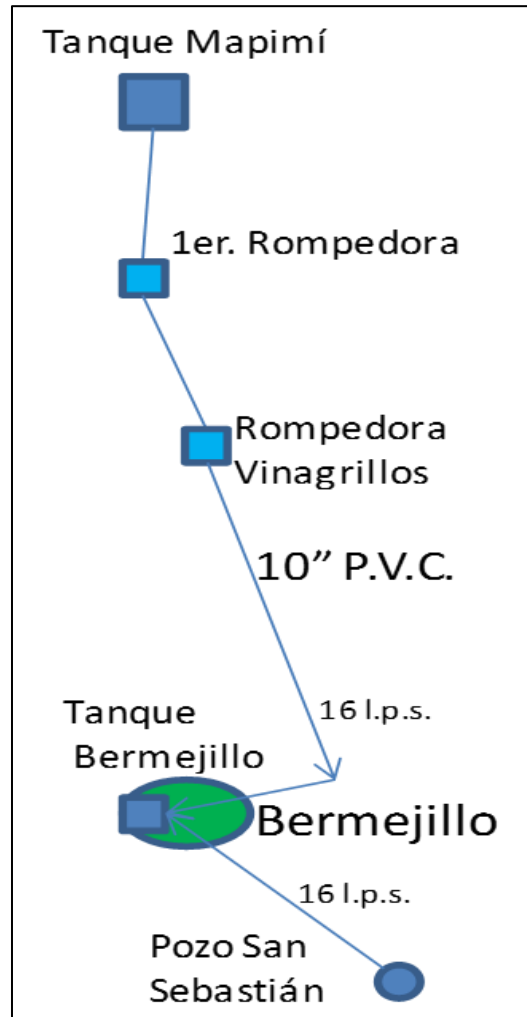


Ilustración 3-53 Esquema del tercer ramal.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

Cuarto ramal

De la ciudad de Bermejillo se deriva el **Cuarto Ramal** que va del tanque elevado para las comunidades **La Esperanza**, **Francisco Montes de Oca** y **Veintidós de febrero**, estas comunidades son abastecidas con los remanentes unidos del acueducto de Mapimí y la línea que viene del pozo San Sebastián; ver Ilustración 3-54.

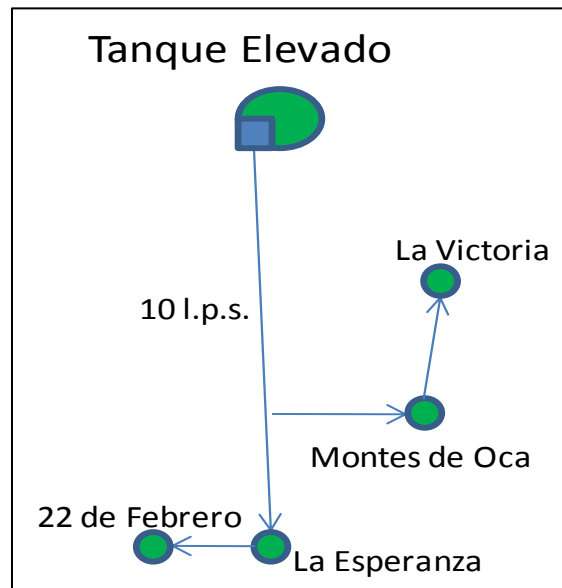


Ilustración 3-54 Esquema de la red de distribución del cuarto ramal.
Fuente: Elaboración propia con datos del SIDEAPA

3.2.2 Recorridos de campo

Los recorridos de campo se realizaron con personal de la CAED, del organismo operador de Tlahualilo y con el IMTA. Se muestran fotografías de los recorridos a la Mina la Platosa y al posible trazo de conducción para abastecer al municipio de Tlahualilo.

3.2.2.1 Sitios de descarga en La Platosa, Trazo de línea de conducción, y terreno para diseño de la Planta Potabilizadora

Sitio de descarga #1.- Guadalupe Sur.- Gasto 792 l/s prom.



Ilustración 3-55 Personal de la Mina la Platosa
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 3-56 Personal de la CAED, de la Mina Platosa e IMTA
Fuente: Elaboración propia

Sitio de descarga #1.- Guadalupe Sur. - Gasto 792 l/s prom. Según medidor instalado.



Ilustración 3-57 Cuenta con tres descargas
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 3-58 Laguna de almacenamiento del sitio #1
Fuente: Elaboración propia

Para visualizar las demás ilustraciones, se encuentran en el anexo 2.1.

3.2.2.2 Recorrido para el trazo de la línea de conducción a Tlahualilo

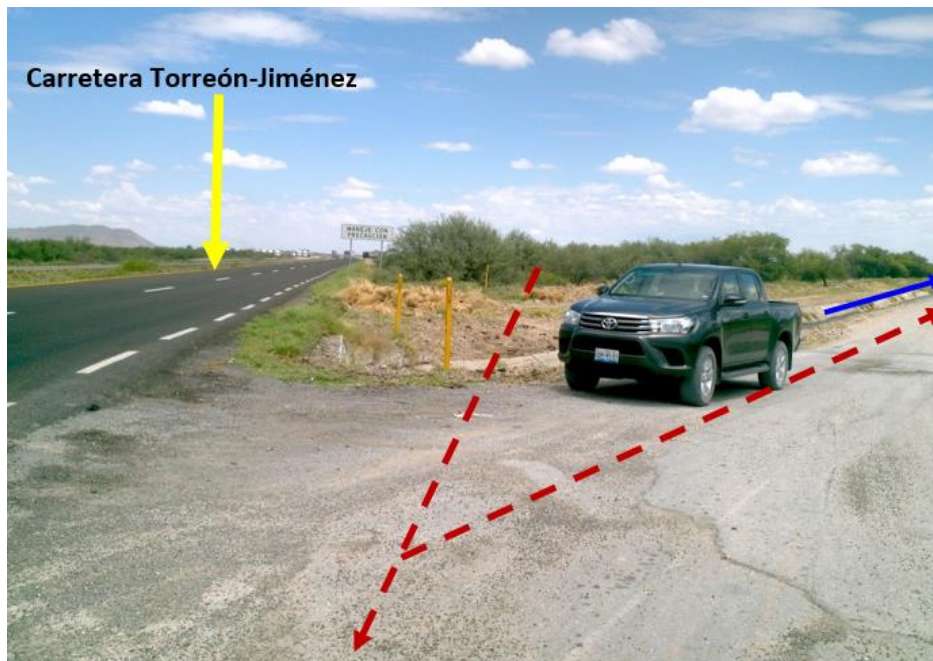


Ilustración 3-59 Sitio para trazar la línea de conducción por el Canal Santa Rosa lado derecho
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 3-60 Trazo por el lado derecho con respecto al flujo. Sitio Carretera Torreón – Jiménez
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 3-61 Trazo de la línea de conducción por la lateral derecha del canal con respecto al flujo
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 3-62 Trazo de la línea hasta llegar al entronque con la carretera Torreón-Jiménez
Fuente: Elaboración propia

Para visualizar las demás ilustraciones, se encuentran en el anexo 2.1.

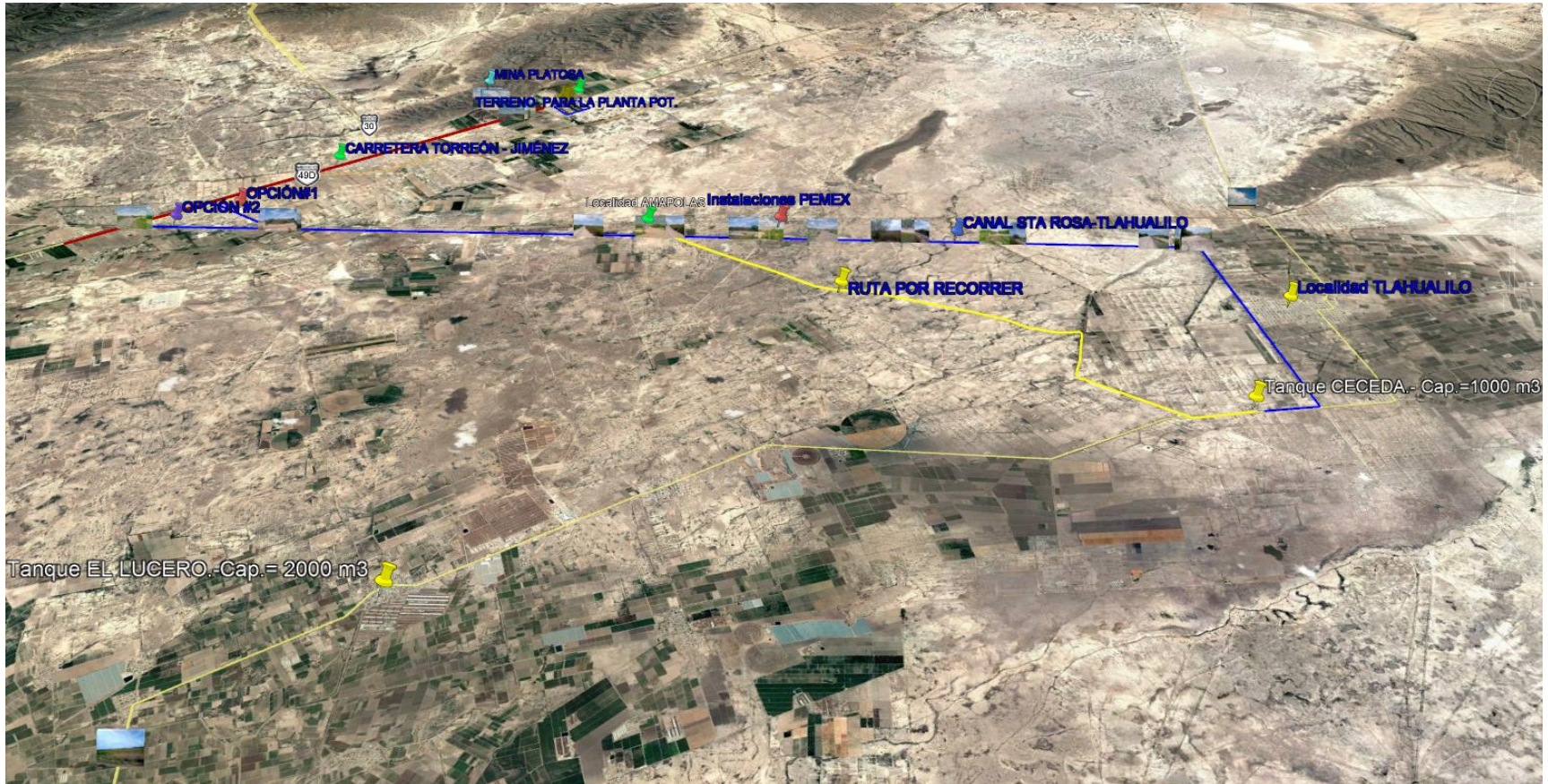


Ilustración 3-63 Alternativa del trazo línea de conducción para la localidad de Tlahualilo
Fuente: Elaboración propia

3.3 Situación actual de los Organismo Operadores

Resultados obtenidos del análisis de pozos en operación que abastecen a cada una de las localidades en estudio; Gómez Palacio (Urbana), Gómez Palacio Rural (Rural), Bermejillo y Tlahualilo. Así como, el número de pozos que se están adecuando con infraestructura de filtros para mejorar la calidad y el número de pozos que aún no tienen ningún tratamiento, los cuales se consideran como pozos posibles para sustituir su caudal por agua de la Platosa.

Por otro lado, se indicaran resultados de la situación actual de la infraestructura hidráulica, medición domiciliar y macromedición, y eficiencias física, comercial y global de cada organismo operador en estudio.

3.3.1 SIDEAPA de Gómez Palacio (Urbana).

El Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de **Gómez Palacio**, Dgo, se ubica en la Av. Victoria #544 nte. Zona Centro. **Gómez Palacio**, Dgo; Ilustración 3-64



Ilustración 3-64 Ubicación de las instalaciones del SIDEAPA (Urbana) de Gómez Palacio, Dgo.

En la Tabla 3-23, se muestran resultados de las fuentes de abastecimiento en operación, con existencia de macro a la salida del pozo y de los que no tienen. Así mismo, volumen producido, el facturado, el volumen recaudado y el volumen no contabilizado, que considera: pérdidas físicas y comerciales.

Tabla 3-23 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada

	No. POZOS ACTIVOS	No. DE MACROS FUNC.	VOLUMEN PRODUCIDO			VOLUMEN FACTURADO (m3/año)	VOLUMEN RECAUDADO (m3/año)	VOLUMEN NO CONTABILIZADO (m3/año)
			MEDIDO (m3/año)	POR HORAS DE OPERACIÓN (m3/año)	TOTAL (m3/año)			
2016	29	17	18,830,934	13,351,514	32,182,448	14,826,288	12,245,713	17,356,160
COBERTURA MACRO:		59%	58.51%	41.49%	100.00%			

En la Ilustración 3-65, se muestra una gráfica del análisis de eficiencias.

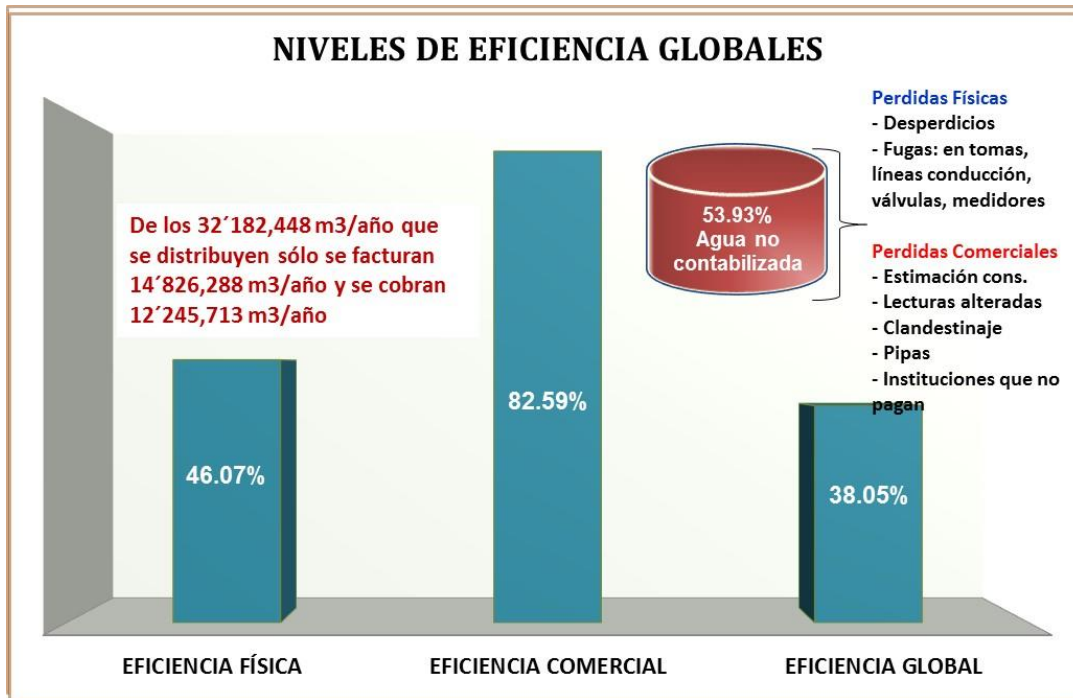


Ilustración 3-65 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global.

En la Tabla 3-24, se muestra un análisis de la micromedición domiciliaria por tipo de usuario, así como los años de antigüedad que tienen los medidores instalados actualmente. En la Tabla 3-25 se muestran los pozos en operación de los años 2005, 2007 y 2016, así como su producción anual. En esta estadística de pozos, se puede observar el número de pozos que se tienen en operación cada año y algunos han dejado de operar por problemas de calidad del agua o abatimiento. La producción para el 2016, según datos recopilados de 29 pozos en operación: 1448 l/s.

Tabla 3-24 Análisis de la medición domiciliaria instalada en el organismo operador de Gómez Palacio (Urbana)

No. DE TOMAS REPORTADAS POR TIPO DE USUARIO SEGÚN EL ESTUDIO DEL PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL (PDI) DEL SIDEAPA 2016							
TIPO DE USUARIO	No. DE TOMAS	CON MEDIDOR FUNCIONANDO	EN (%)	SIN MEDIDOR	EN (%)	TOTAL DE TOMAS	EN (%)
DOMESTICAS	84,899	29,894	33.2740%	55,005	61.2241%	84,899	94.498%
COMERCIALES	3,403	2,613	2.9084%	790	0.8793%	3,403	3.788%
INDUSTRIALES	665	607	0.6756%	58	0.0646%	665	0.740%
SERVICIOS PUBLICOS	438	239	0.2660%	199	0.2215%	438	0.488%
OTRAS	437	139	0.1547%	298	0.3317%	437	0.486%
TOTAL DE TOMAS Y SU PORCENTAJE	89,842	33,492	37.2788%	56,350	62.7212%	89,842	100%
COBERTURA DE MICROMEDICIÓN:	37.28%	TOMAS SIN MEDIDOR:		62.72%			
MEDIDORES MENOR O IGUAL A 5 AÑOS DE ANTIGÜEDAD			19,496	21.70%	SE RECOMIENDA UN MUESTREO DE VERIFICACIÓN A MEDIDORES DOMICILIARIOS EN SITIO PARA EVALUAR SU PRECISIÓN Y DETERMINAR QUE TANTO IMPACTA LA CALIDAD DEL AGUA		
MEDIDORES ENTRE 6 Y 10 AÑOS DE ANTIGÜEDAD			13,025	14.50%	LOS CONSUMOS REGISTRADOS EN ESTOS MEDIDORES NO SON CONFIABLES POR SU VIDA ÚTIL Y CALIDAD DEL AGUA		
MEDIDORES CON ANTIGÜEDAD MAYOR A 10 AÑOS			971	1.08%			
TOTAL DE MEDIDORES FUNCIONANDO			33,492	37.28%			

Tabla 3-25 Pozos en operación de los años 2005, 2007 y 2016 y producción anual de Gómez Palacio (Urbana)

No.	Nombre del pozo	Ubicación	PRODUCCIÓN DE 2005				PRODUCCIÓN DE 2007				PRODUCCIÓN DE 2016				
			Gasto promedio producido (l/s)	Volumen calculado (m3/mes)	Volumen calculado (m3/año)	Volumen reportado (m3/año)	Gasto promedio producido (l/s)	Volumen calculado (m3/mes)	Volumen calculado (m3/año)	Volumen reportado (m3/año)	Gasto promedio producido (l/s)	Volumen calculado (m3/mes)	Volumen calculado (m3/año)	Volumen reportado (m3/mes)	Volumen reportado (m3/año)
1	1	Rayón y Zaragoza	55.9	146,905.20	1,762,862.40	1,761,811.00	42.5	111,690.00	1,340,280.00	1,321,920.00	36	59,136.48	709,637.76	59,130.00	709,560.00
2	2	Quinta y priv. Rayón	10	26,280.00	315,360.00	315,360.00	dato no reportado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	4a	Diamante y Cerro de la Plata	64.7	170,031.60	2,040,379.20	2,039,806.00	56.4	148,219.20	1,778,630.40	1,754,268.00	35	57,493.80	689,925.60	57,488.00	689,850.00
4	5	Trujano y Urieta	145.4	382,111.20	4,585,334.40	4,585,860.00	127	333,756.00	4,005,072.00	3,950,208.00	130	213,548.40	2,562,580.80	213,525.00	2,562,300.00
5	6	Bruselas y Niza	54.6	143,488.80	1,721,865.60	1,723,012.00	59.7	156,891.60	1,882,699.20	1,856,904.00	33	54,208.44	650,501.28	54,203.00	650,430.00
6	7	16 de Septiembre y Centenario	23.7	62,283.60	747,403.20	747,690.00	21.3	55,976.40	671,716.80	662,520.00	21	34,496.28	413,955.36	34,493.00	413,910.00
7	8	Victoria y Francisco Sarabia	18.8	49,406.40	592,876.80	593,928.00	16	42,048.00	504,576.00	497,664.00	4	5,256.58	63,078.91	5,256.00	63,072.00
8	8a										121	198,764.28	2,385,171.36	198,743.00	2,384,910.00
9	9	Ejido de San Ignacio	20.1	52,822.80	633,873.60	633,587.00	21	55,188.00	662,256.00	653,184.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	10	Poanas y Mapimi	11.1	29,170.80	350,049.60	349,419.00	10	26,280.00	315,360.00	311,040.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	11	A. del Castillo - 839	7.8	20,498.40	245,980.80	246,882.00	Fuera de operación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	12	Súchil y Canatán	17.9	47,041.20	564,494.40	565,354.00	35	91,980.00	1,103,760.00	1,088,640.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	12a										32	52,565.76	630,789.12	52,560.00	630,720.00
14	13a	Poanas y Cuatrociénegas	21.2	55,713.60	668,563.20	667,990.00	20.8	54,662.40	655,948.80	646,968.00	25	41,067.00	492,804.00	41,063.00	492,750.00
15	14	Ejido de San Ignacio	128.6	337,960.80	4,055,529.60	4,055,004.00	125	328,500.00	3,942,000.00	3,888,000.00	105	275,970.24	3,311,642.88	275,940.00	3,311,280.00
16	15	P. Negras entre Guanaceví y V. del Guadiana	29.3	77,000.40	924,004.80	923,216.00	20.8	54,662.40	655,948.80	646,968.00	16	26,282.88	315,394.56	26,280.00	315,360.00
17	16	Rebolledo Acosta y Lázaro Cárdenas	21.1	55,450.80	665,409.60	664,263.00	6.3	16,556.40	198,676.80	195,960.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	17	Prol. Morelos y Ejido Casa Blanca	29.5	77,526.00	930,312.00	930,312.00	39	102,492.00	1,229,904.00	1,213,056.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	19	Poanas y Lázaro Cárdenas	20.8	54,662.40	655,948.80	657,382.00	20.8	54,662.40	655,948.80	469,944.00	19	31,210.92	374,531.04	31,208.00	374,490.00
20	21	Calle Cuarta entre Prol. Morelos e Isidoro Leal	15	39,420.00	473,040.00	473,040.00	15.8	41,522.40	498,268.80	491,448.00	78	102,503.23	1,230,038.78	102,492.00	1,229,904.00
21	22a	México 91 y Guatemala	21	55,188.00	662,256.00	660,995.00	26	68,328.00	819,936.00	808,704.00	24	39,424.32	473,091.84	39,420.00	473,040.00
22	23	Amsterdam y Atenas	5.4	14,191.20	170,294.40	171,083.00	Fuera de operación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	23a										118	193,836.24	2,326,034.88	193,815.00	2,325,780.00
24	24	Primera del Cerro entre Agustín Cerro y Lic. Verdad	15.3	40,208.40	482,500.80	482,951.00	dato no reportado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	24a										61	100,203.48	1,202,441.76	100,193.00	1,202,310.00
26	27	S/N	7.3	19,184.40	230,212.80	231,264.00	8	21,024.00	252,288.00	248,832.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	28	Carretera Linamar y Calle Carlos Herrera	42.2	110,901.60	1,330,819.20	1,332,253.00	42.7	112,215.60	1,346,587.20	1,328,136.00	18	29,568.24	354,818.88	29,565.00	354,780.00
28	29	Carretera Fco. I. Madero Fracc. Bugambillas	83.1	218,386.80	2,620,641.60	2,620,992.00	30	78,840.00	946,080.00	877,200.00	23	60,450.62	725,407.49	60,444.00	725,328.00
29	31	Valle de Guadania 354 (dentro de Lala)	61.5	161,622.00	1,939,464.00	1,940,778.00	49	128,772.00	1,545,264.00	1,393,068.00	31	50,923.08	611,076.96	50,918.00	611,010.00
30	32	Cerro de la Pila (junto a la pila nueva)	34.2	89,877.60	1,078,531.20	1,078,531.00	47.3	124,304.40	1,491,652.80	1,471,224.00	39	64,064.52	768,774.24	64,058.00	768,690.00
31	33	Miguel Alemán km 1140	77.5	203,670.00	2,444,040.00	2,442,607.00	80	210,240.00	2,522,880.00	2,488,320.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	33a										98	160,982.64	1,931,791.68	160,965.00	1,931,580.00
33	34	Tercera y Cerro de la Pila	54.8	144,014.40	1,728,172.80	1,728,698.00	33.2	87,249.60	1,046,995.20	1,032,648.00	18	31,539.46	378,473.47	31,536.00	378,432.00
34	34a										28	45,995.04	551,940.48	45,990.00	551,880.00
35	35	Arboledas y Santa Mónica	25	65,700.00	788,400.00	788,663.00	33.2	87,249.60	1,046,995.20	1,032,648.00	12	31,539.46	378,473.47	31,536.00	378,432.00
36	36	Sacramento y Carretera Unión	18.2	47,829.60	573,955.20	574,218.00	14.2	37,317.60	447,811.20	441,672.00	12	19,712.16	236,545.92	19,710.00	236,520.00
37	37	Atrás de planta Frankée	15	39,420.00	473,040.00	473,040.00	13.2	34,689.60	416,275.20	410,568.00	11	18,069.48	216,833.76	18,068.00	216,810.00
38	38	Dentro club campestre	15	39,420.00	473,040.00	473,040.00	dato no reportado	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	39	Ej. San Ignacio en el Cerro	115.3	303,008.40	3,636,100.80	3,634,524.00	122.6	322,192.80	3,866,313.60	3,813,348.00	120	210,263.04	2,523,156.48	210,240.00	2,522,880.00
40	40	Ejido Florida	7.3	19,184.40	230,212.80	230,844.00	7	18,396.00	220,752.00	178,944.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	T1										100	262,828.80	3,153,945.60	262,800.00	3,153,600.00
42	T2										80	210,263.04	2,523,156.48	210,240.00	2,522,880.00
RESULTADOS GLOBALES			1293.6	3,399,580.80	40,794,969.60	40,798,397.00	1143.8	3,005,906.40	36,070,876.80	35,174,004.00	1,448	3,805,761.02	32,186,014.85	2,681,879.00	32,182,488.00
			POZOS EN OPERACIÓN: 34 POZOS				POZOS EN OPERACIÓN: 29 POZOS				POZOS EN OPERACIÓN: 29 POZOS				

En la Ilustración 3-66 se muestran los rangos de concentración de Arsénico, donde se ubican los pozos en operación de Gómez Palacio (Urbana y Rural).

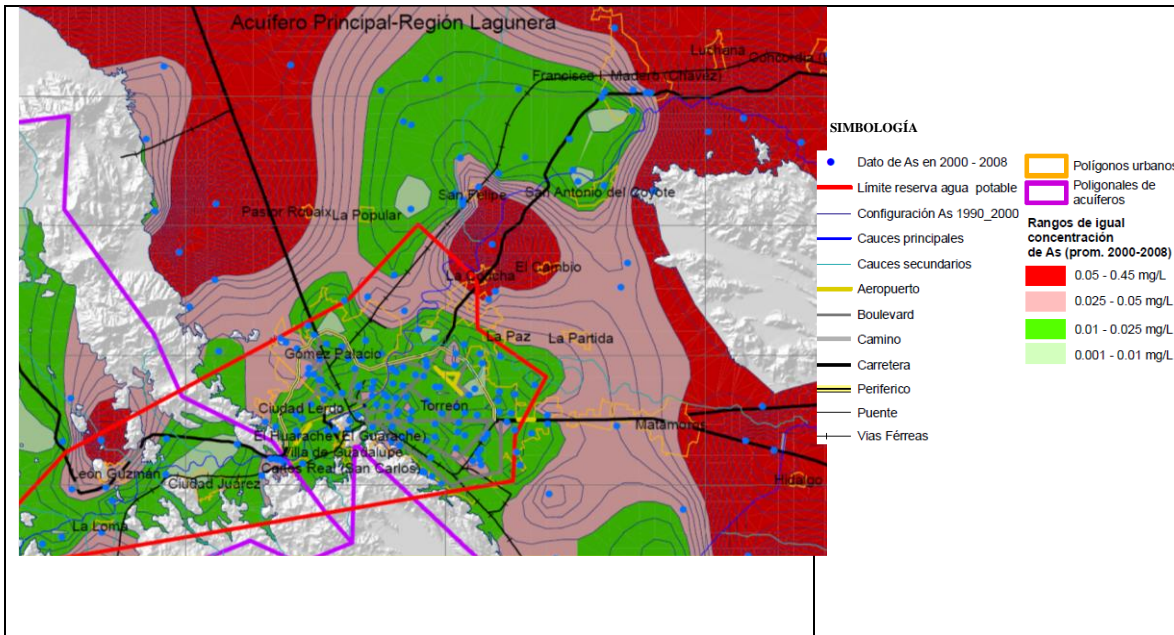


Ilustración 3-66 Rango de igual concentración de Arsénico en la zona de Gómez Palacio

Existe el antecedente que el organismo operador de Gómez Palacio, dispone de un programa para la instalación de filtros que permiten mejorar la calidad del agua de algunos pozos en operación. Por lo tanto, en la Tabla 3-26, se indican los pozos en operación que están propuestos para construir la infraestructura de filtros que mejoren la calidad del agua potable.

Tabla 3-26 Pozos propuestos para la instalación de filtros que mejoren la calidad del agua potable

POZOS PROPUESTOS PARA INSTALARLES FILTROS EN LA ZONA URBANA DE GÓMEZ PALACIO	
Plantas Gómez Palacio, Dgo.	Caudal de diseño (L/s)
Pozo 6 (zona urbana)	40
Pozo 12A (zona urbana)	35
Pozos 32, 34 y 4A (Cerro de la Pila)	112.8
Pozos 1 y 7 (zona urbana)	83.5
Pozo 5 (zona urbana)	111.6
Pozo 33A (zona urbana)	120
Pozos Transportes I y III	193
Pozo 24-A (zona urbana)	65
Pozo 13-A (zona urbana)	31.7
Pozo 14 San Ignacio	105

GASTO TOTAL (l/s)	897.6
<i>Construidas</i>	
<i>En construcción</i>	
<i>Asignación de contrato y en proceso de inicio de construcción</i>	

En 2016, se reportaron 29 pozos en operación para abastecer a la localidad de Gómez Palacio (urbana), con una producción total de 1,448 l/s, de los cuales 14 pozos están propuestos para tratar su caudal, y 10 sitios para construir la infraestructura de filtros, la producción propuesta es: 897.6 l/s.

De acuerdo con lo que se observa en la Tabla 3-26, ya se construyeron en tres sitios infraestructura de filtros, donde se está tratando un gasto de 187.8 l/s, que corresponde a cinco pozos. En otros cuatro sitios ya se iniciaron los trabajos de construcción de filtros, el gasto a tratar es de 508.1 l/s, lo conforman 6 pozos en operación. Por último, se tienen en asignación de contrato y en proceso de inicio de construcción 3 pozos, que producen 201.7 l/s, sumando un total de los 897.6 l/s.

Por lo tanto: el 48% de los pozos en operación se mejorará su calidad de agua a través de infraestructura de filtros. El gasto que no será tratado y con problemas de arsénico es de 550.4 l/s, que lo cubren 15 pozos, es decir un 52% es el gasto que se puede sustituir por agua de la “Mina La Platosa”.

3.3.2 Organismo Operador del SIDEAPAAR de Gómez Palacio (Rural).

El Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Área Rural de **Gómez Palacio**, Dgo, se ubica en la Calle Santiago Lavín #190, Zona Centro. **Gómez Palacio**, Dgo; Ilustración 3-67



Ilustración 3-67 Ubicación de las instalaciones del SIDEAPAAR (Rural) de Gómez Palacio, Dgo.

En la Tabla 3-27, se muestran resultados de las fuentes de abastecimiento en operación, en este caso los pozos no cuentan con macromedidor a la salida del pozo, el volumen lo determinan por horas de operación. Así mismo, volumen producido, el facturado, el volumen recaudado y el volumen no contabilizado, que considera: pérdidas físicas y comerciales.

Tabla 3-27 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada

	No. POZOS ACTIVOS	No. DE MACROS FUNC.	VOLUMEN PRODUCIDO			VOLUMEN FACTURADO (m3/año)	VOLUMEN RECAUDADO (m3/año)	VOLUMEN NO CONTABILIZADO (m3/año)
			MEDIDO (m3/año)	POR HORAS DE OPERACIÓN (m3/año)	TOTAL (m3/año)			
2016	14	0	0	8,588,304	8,588,304	5,238,598	3,725,475	3,349,706
COBERTURA MACRO:		0.0	0.0%	100%	100.0%			

En la Ilustración 3-68, se muestra una gráfica del análisis de eficiencias.

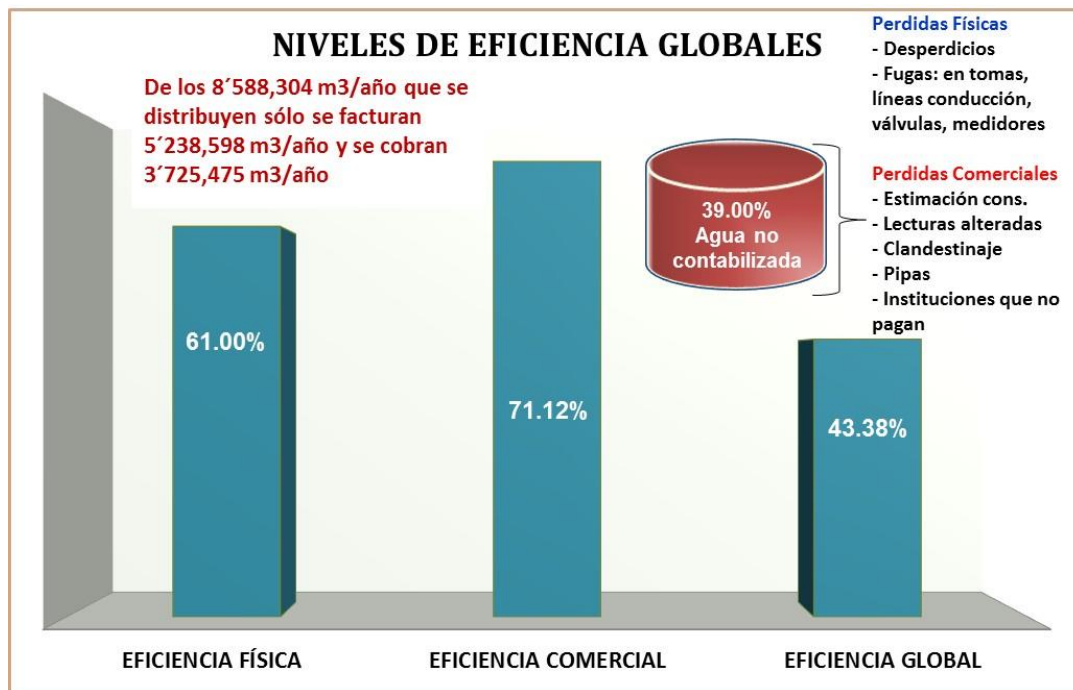


Ilustración 3-68 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global.

En la Tabla 3-28 se muestran los pozos en operación de los años 2014 y 2016, así como su producción anual. En esta estadística de pozos, se puede observar el número de pozos que se tienen en operación cada año y algunos han dejado de operar por problemas de calidad del agua o abatimiento. La producción para el 2016, según datos recopilados de 14 pozos en operación: 293 l/s.

Tabla 3-28 Pozos en operación de los años 2014 y 2016 y producción anual de Gómez Palacio (Rural)

RELACIÓN DE POZOS PROFUNDOS AL 2014 DEL SIDEAPAAAR QUE ABASTECENA LA RED							RELACIÓN DE POZOS PROFUNDOS 2016 DEL SIDEAPAAAR QUE ABASTECENA LA RED				
POZO	UBICACIÓN	GASTO (l/s)	N.E.	FECHA DE N.E.	PERIMETRO	VOLUMEN (m3/año)	POZO	UBICACIÓN	GASTO (l/s)	PERIMETRO	VOLUMEN (m3/año)
1	SAN FELIPE	12	470'	feb-14	SACRAMENTO	378,432	3	SAN FELIPE	18	SACRAMENTO	567,648
5	LUJAN	30	278'	ago-08	SACRAMENTO	946,080	5	LUJAN	33	SACRAMENTO	1,040,688
22	SAN FELIPE	55	532'	abr-14	SACRAMENTO	1,734,480	22	SAN FELIPE	33	SACRAMENTO	1,040,688
24	SAN FELIPE	50	155 M	may-12	SACRAMENTO	1,576,800	24	SAN FELIPE	35	SACRAMENTO	1,103,760
2A	SAN FELIPE	17	426'	sep-10	SACRAMENTO	536,112			N/E		
3	SAN FELIPE	30	264'	sep-11	SACRAMENTO	946,080			N/E		
13A	SAN TOÑA	55	529'	ene-14	SACRAMENTO	1,734,480			N/E		
14	ABISINIA	8	F/S	F/S	SACRAMENTO	252,288			N/E		
25	JIMENEZ		N/E			N/E	25	JIMENEZ	25	SACRAMENTO	788,400
13A	MASITAS		N/E			N/E	13A	MASITAS	33	SACRAMENTO	1,040,688
12	POANAS	7	123'	nov-06	LAVIN	220,752	12	POANAS	7	LAVIN	220,752
20	TRANSPORTE	25	165 M	abr-14	LAVIN	788,400	20	TRANSPORTE	30	LAVIN	946,080
21	DINAMITA	65	576'	abr-11	LAVIN	2,049,840	21	DINAMITA	40	LAVIN	1,261,440
TOTAL 13 POZOS	GASTO PARCIAL (l/s)	354			VOL. PARCIAL (m3/año)	11,163,744	TOTAL 9 POZOS	GASTO PARCIAL (l/s)	254	VOL. PARCIAL (m3/año)	8,010,144

RELACIÓN DE POZOS PROFUNDOS AL 2014 DEL SIDEAPAAAR PROPIA COMUNIDAD							RELACIÓN DE POZOS PROFUNDOS 2016 DEL SIDEAPAAAR PROPIA COMUNIDAD				
POZO	UBICACIÓN	GASTO (l/s)	N.E.	FECHA DE N.E.	PERIMETRO	VOLUMEN (m3/año)	POZO	UBICACIÓN	GASTO (l/s)	PERIMETRO	VOLUMEN (m3/año)
15	PUEBLO NUEVO	9	158'	oct-07	LAVIN	73,584	15	PUEBLO NUEVO	9	LAVIN	73,584
16	ESMERALDA	5	203'	dic-07	CENTRAL	157,680	16	ESMERALDA	9	CENTRAL	283,824
17	ARCINAS	6.5	334'	dic-07	CENTRAL	68,328	17	ARCINAS	10	CENTRAL	105,120
18	MADRID	6	397'	feb-10	CENTRAL	63,072	18	MADRID	5	CENTRAL	52,560
19	JABONCILLO	8	SIN DATO	SIN DATO	CENTRAL	84,096	19	JABONCILLO	6	CENTRAL	63,072
TOTAL 5 POZOS	GASTO PARCIAL (l/s)	34.5			VOL. PARCIAL (m3/año)	446,760	TOTAL 5 POZOS	GASTO PARCIAL (l/s)	39	VOL. PARCIAL (m3/año)	578,160
TOTAL 18 POZOS	GASTO TOTAL (l/s)	388.5			VOL. TOTAL (m3/año)	11,610,504	TOTAL 14 POZOS	GASTO TOTAL (l/s)	293	VOL. TOTAL (m3/año)	8,588,304

En la Tabla 3-29, se muestra un análisis de la micromedición domiciliar por tipo de usuario, así como los años de antigüedad que tienen los medidores instalados actualmente.

Tabla 3-29 Análisis de la medición domiciliar instalada en el organismo operador de Gómez Palacio (Rural)

No. DE TOMAS REPORTADAS POR TIPO DE USUARIO SEGÚN EL ORGANISMO OPERADOR SIDEAPAAAR							
TIPO DE USUARIO	No. DE TOMAS	CON MEDIDOR FUNCIONANDO	EN (%)	SIN MEDIDOR	EN (%)	TOTAL DE TOMAS	EN (%)
DOMESTICAS	16,091	585	3.52%	15,506	93.22%	16,091	96.74%
COMERCIALES	86	68	0.41%	18	0.11%	86	0.52%
INDUSTRIALES	34	28	0.17%	6	0.04%	34	0.20%
SERVICIOS PUBLICOS	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
OTRAS	422	220	1.32%	202	1.21%	422	2.54%
TOTAL DE TOMAS Y SU PORCENTAJE	16,633	901	5.42%	15,732	94.58%	16,633	100%
COBERTURA DE MICROMEDICIÓN:	5.42%	TOMAS SIN MEDIDOR:		94.58%			
MEDIDORES MENOR O IGUAL A 5 AÑOS DE ANTIGÜEDAD (CON LECTURA)			711	4.28%	SE RECOMIENDA UN MUESTREO DE VERIFICACIÓN A MEDIDORES DOMICILIARIOS EN SITIO PARA EVALUAR SU PRECISIÓN Y DETERMINAR QUE TANTO IMPACTA LA CALIDAD DEL AGUA		
MEDIDORES MENOR O IGUAL A 5 AÑOS DE ANTIGÜEDAD (SIN LECTURA)			190	1.14%	POSIBLEMENTE PRESENTAN ERRORES DE LECTURA POR PROBLEMAS DE LA CALIDAD DEL AGUA LO		
TOTAL DE MEDIDORES FUNCIONANDO			901	5.42%			


Con respecto a la calidad del agua de los pozos en operación de la zona Rural, también contienen

problemas de Arsénico.

El organismo operador de Gómez Palacio de la zona Rural, también dispone de un programa para la instalación de filtros que permiten mejorar la calidad del agua de algunos pozos en operación. En el Tabla 3-30, se indican los pozos en operación propuestos para construir la infraestructura de filtros.

Tabla 3-30 Pozos propuestos para la instalación de filtros que mejoren la calidad del agua potable

POZOS PROPUESTOS PARA INSTALARLES FILTROS EN LA ZONA RURAL DE GÓMEZ PALACIO	
Plantas Gómez Palacio, Dgo.	Caudal de diseño (L/s)
Pozos 22 y 24 (zona rural)	95
Pozos 21-Dinamita (zona rural)	80
Pozo 15-Pueblo Nuevo (zona rural)	8
GASTO TOTAL (l/s)	183
<i>En construcción</i>	



En 2016, se reportaron 14 pozos en operación para abastecer a la localidad de Gómez Palacio (Rural), con una producción total de 293 l/s, de los cuales 4 pozos están propuestos para tratar su caudal, y 3 sitios para construir la infraestructura de filtros, la producción propuesta es: 183 l/s. De acuerdo con lo que se observa en el Cuadro 6.8, en los tres sitios ya se iniciaron los trabajos de construcción de filtros.

Por lo tanto: el 28% de los pozos en operación se mejorará su calidad de agua a través de infraestructura de filtros. El gasto que no será tratado y con problemas de arsénico es de 110 l/s, que lo cubren 4 pozos, es decir un 72% es el gasto que se puede sustituir por agua de la “Mina La Platosa”.

3.3.3 Organismo Operador de Bermejillo, Mapimí.

El Sistema de Agua del Municipio de Mapimi, Dgo, (SIDEAMM) se ubica en la Calle Ferrocarril, Zona Centro. Entre Av. Ignacio Zaragoza y Calle Vicente Guerreo en Bermejillo, Dgo; Ilustración 3-69.



Ilustración 3-69 Ubicación de las instalaciones del SIDEAMM, Bermejillo, Dgo.

En la Tabla 3-31, se muestran resultados de las fuentes de abastecimiento en operación, en este caso los pozos no cuentan con macromedidor a la salida del pozo, el volumen lo determinan por horas de operación. Así mismo, volumen producido, el facturado, el volumen recaudado y el volumen no contabilizado, que considera: pérdidas físicas y comerciales.

Tabla 3-31 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada

AÑO	No. POZOS ACTIVOS	No. DE MACROS FUNC.	VOLUMEN PRODUCIDO			VOLUMEN FACTURADO (m3/año)	VOLUMEN RECAUDADO (m3/año)	VOLUMEN NO CONTABILIZADO (m3/año)
			MEDIDO (m3/año)	POR HORAS DE OPERACIÓN (m3/año)	TOTAL (m3/año)			
2016	4	0	0	1,450,656	1,450,656	688,940	310,023	761,716
COBERTURA MACRO:		0.0	0.0%	100%	100.0%			

En la Ilustración 3-70, se muestra una gráfica del análisis de eficiencias.

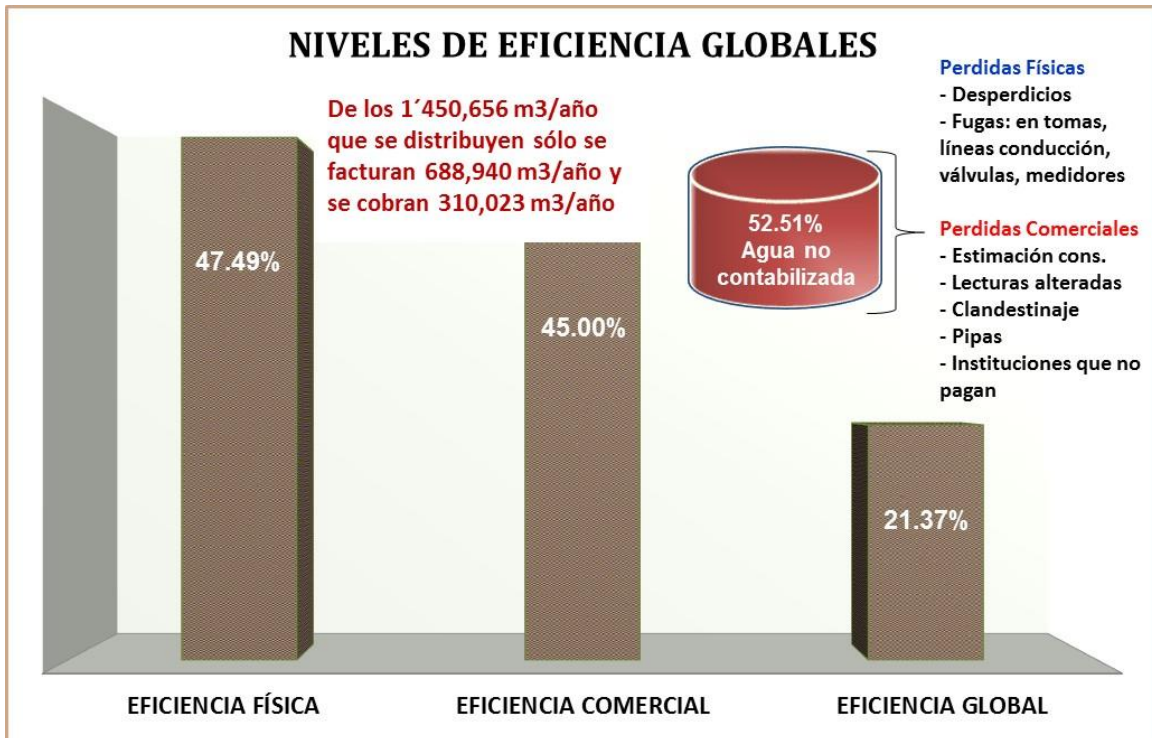


Ilustración 3-70 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global.

En el cuadro 6.10 se muestran los pozos en operación de 2016, así como su producción anual. La producción para el 2016, según datos recopilados de 4 pozos en operación: 46 l/s.

Tabla 3-32 Pozos en operación de 2016 y producción anual de Bermejillo, Mapimi, Dgo.

RELACIÓN DE POZOS PROFUNDOS DE LA LOCALIDAD DE BERMEJILLO QUE ABASTECEN A LA RED Y PRODUCCIÓN ANUAL					
POZO	UBICACIÓN	GASTO (l/s)	OBSERVACIONES	GASTOS DIRECTOS A BERMEJILLO	VOLUMEN (m ³ /año)
SAN SEBASTIAN	PEQUEÑA PROPIEDAD SAN SEBASTIAN	14	100% PARA BERMEJILLO	14	441,504
COLORIN	PEQUEÑA PROPIEDAD DEL COLORÍN	30	15 L/S PARA MAPIMI	15	473,040
RANCHO BLANCO	EJIDO SAN NICOLAS	10	5 L/S PARA MAPIMI	5	157,680
MARTHA	EJIDO MARTHA	12	100% PARA BERMEJILLO	12	378,432
GASTO TOTAL (l/s)		66		46	1,450,656

En la Tabla 3-33, se muestra que la localidad de Bermejillo, no cuenta medición domiciliaria, por esta razón se estima el volumen facturado. Así mismo, la Macromedición.

Tabla 3-33 Análisis de la distribución de tomas domiciliarias por tipo de usuario del Org. Op. de Bermejillo, Mapimi, Dgo.

No. DE TOMAS REPORTADAS POR TIPO DE USUARIO SEGÚN EL ORGANISMO OPERADOR DE BERMEJILLO, PAPIMI							
TIPO DE USUARIO	No. DE TOMAS	CON MEDIDOR FUNCIONANDO	EN (%)	SIN MEDIDOR	EN (%)	TOTAL DE TOMAS	EN (%)
DOMESTICAS	3,351	0	0.00%	3,351	92.42%	3,351	92.42%
COMERCIALES	275	0	0.00%	275	7.58%	275	7.58%
INDUSTRIALES	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
SERVICIOS PUBLICOS	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
OTRAS	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
TOTAL DE TOMAS Y SU PORCENTAJE	3,626	0	0.00%	3,626	100.00%	3,626	100%
COBERTURA DE MICROMEDICIÓN:	0.00%	TOMAS SIN MEDIDOR:		3626			

Con respecto a la calidad del agua de los pozos en operación de la zona Rural, también contienen problemas de Arsénico.

Para mejora de la calidad del agua de Bermejillo, no se tiene ninguna propuesta. Cuenta con cuatro fuentes de abastecimiento, dos pozos abastecen de su gasto un 50% a las localidades de Rancho Viejo y de Mapimi. Solamente, se puede sustituir agua de dos pozos, siendo un gasto total de 26 l/s. Pero, para abastecer a toda la localidad de Bermejillo se requiere una producción total de 46 l/s.

Por lo tanto, solo 2 pozos en operación serán cancelados o por sustitución de agua de la Mina La Platosa, el gasto a intercambiar es de 26 l/s; y el gasto que se requiere de agua de la Platosa es de 46 l/s para abastecer a toda la localidad.

3.3.4 Organismo Operador de Tlahualilo.

El *Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tlahualilo, Durango (SIMAPA Tlahualilo)*, se ubica en la Calle Hombres Ilustres, Zona Centro. Entre las Calles: Del Correo y Liberta, en Tlahualilo, Dgo; Ilustración 3-71.



Ilustración 3-71 Ubicación de las instalaciones del SIMAPA, Tlahualilo, Dgo.

En la Tabla 3-34, se muestran resultados de las fuentes de abastecimiento en operación, en este caso los pozos no cuentan con macromedidor a la salida del pozo, el volumen lo determinan por horas de operación. Así mismo, volumen producido, el facturado, el volumen recaudado y el volumen no contabilizado, que considera: pérdidas físicas y comerciales.

Tabla 3-34 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada

AÑO	No. POZOS ACTIVOS	No. POZOS ACTIVOS	EMERGENTE	No. DE MACROS FUNC.	VOLUMEN PRODUCIDO		VOLUMEN FACTURADO ESTIMADO (m3/año)	VOLUMEN RECAUDADO (m3/año)	VOLUMEN NO CONTABILIZADO (m3/año)	PÉRDIDAS FÍSICA Y COMERCIAL
					POR HORAS DE OPERACIÓN (m3/año)	TOTAL (m3/año)				
2016	4	3	1	S/M	3,626,640	3,626,640	1,955,759	1,702,387	1,670,881	46.07%
COBERTURA MACRO: NO HAY					100.00%	100.00%				

En la Ilustración 3-72, se muestra una gráfica del análisis de eficiencias.

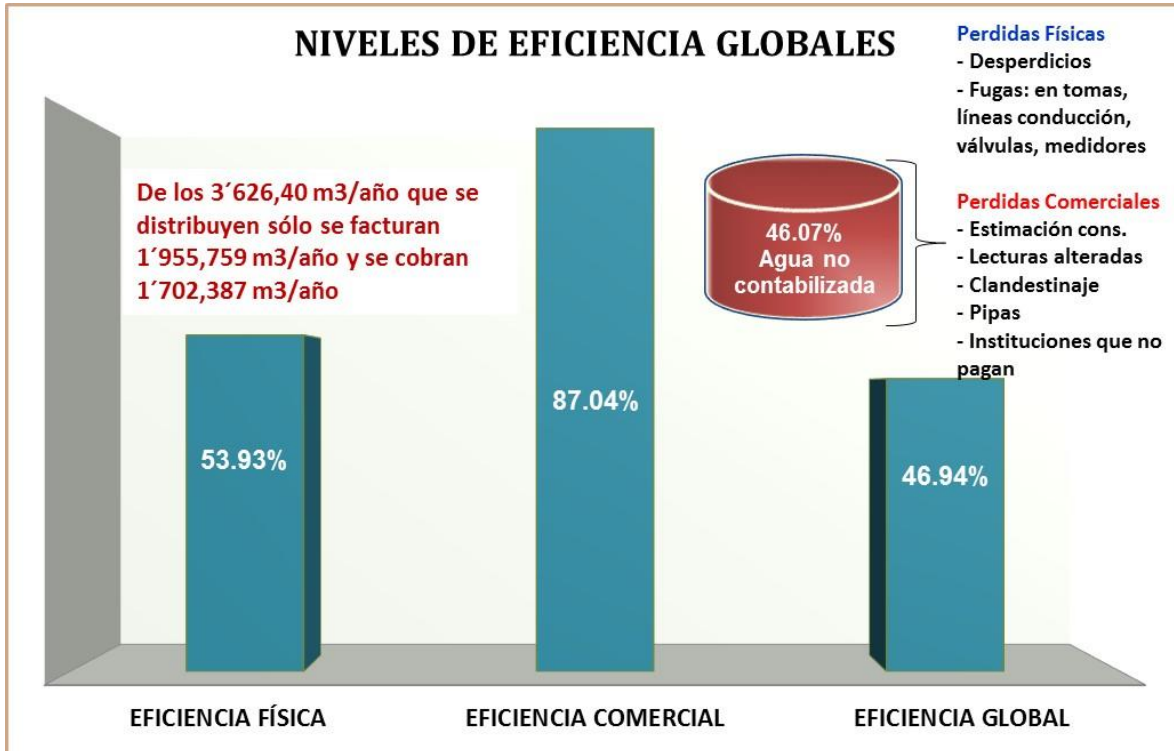


Ilustración 3-72 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global.

En la Tabla 3-35 se muestran los pozos en operación de 2016, así como su producción anual. La producción según datos recopilados de 4 pozos en operación: 115 l/s.

Tabla 3-35 Pozos en operación de 2016 y producción anual de Tlahualilo, Dgo.

RELACIÓN DE POZOS PROFUNDOS PARA ABASTECER A TLAHUALILO EL GASTO LLEGA AL TANQUE EL LUCERO PARA SU DISTRIBUCIÓN Y PRODUCCIÓN ANUAL					
POZO	UBICACIÓN	GASTO (l/s)	OBSERVACIONES	GASTOS DIRECTOS A BERMEJILLO (l/s)	VOLUMEN (m3/año)
EL CARIÑO	EJIDO EL CARIÑO	18	100% PARA TLAHUALILO	18	567,648
EL CARIÑO 2	EJIDO EL CARIÑO	32	100% PARA TLAHUALILO	32	1,009,152
EL 16	EJIDO EL CARIÑO	20	100% PARA TLAHUALILO (Reserva)	0	0
EL QUEMADO	EJIDO EL QUEMADO	65	100% PARA TLAHUALILO	65	2,049,840
GASTO TOTAL (l/s)		135		115	3,626,640

En la Tabla 3-36, se muestra que la localidad de Bermejillo, no cuenta medición domiciliaria, por esta

razón se estima el volumen facturado. Así mismo, la Macromedición.

Tabla 3-36 Análisis de la distribución de tomas domiciliarias por tipo de usuario del Org. Op. de Tlahualilo.

No. DE TOMAS REPORTADAS POR TIPO DE USUARIO SEGÚN EL ORGANISMO OPERADOR DE TLAHUALILO EN 2016							
TIPO DE USUARIO	No. DE TOMAS	CON MEDIDOR FUNCIONANDO	EN (%)	SIN MEDIDOR	EN (%)	TOTAL DE TOMAS	EN (%)
DOMESTICAS	5,721	0	0.00%	5,721	96.62%	5,721	96.62%
COMERCIALES	84	0	0.00%	84	1.42%	84	1.42%
INDUSTRIALES	15	3	0.05%	12	0.20%	15	0.25%
SERVICIOS PUBLICOS	101	0	0.00%	101	1.71%	101	1.71%
OTRAS	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
TOTAL DE TOMAS Y SU PORCENTAJE	5,921	3	0.05%	5,918	99.95%	5,921	100.00%
COBERTURA DE MICROMEDICIÓN:	0.05%	TOMAS SIN MEDIDOR:		99.95%			
MEDIDORES HASTA CON 5 AÑOS DE ANTIGÜEDAD DE LOS QUE ESTAN FUNCIONANDO CON TOMA DE LECTURA			3	0.05%	SE RECOMIENDA QUE SEAN VERIFICADOS EN SITIO PARA EVALUAR SU PRECISIÓN Y DETERMINAR QUE TANTO IMPACTA LA CALIDAD DEL AGUA		

Con respecto a la calidad del agua de los pozos en operación de la zona Rural, también contienen problemas de Arsénico.

Número de pozos propuesto para la instalación de filtros. En lo que se refiere a éste concepto, los 4 pozos que abastecen a 18 localidades del Municipio de Tlahualilo, Dgo., su infraestructura hidráulica está interconectada para que sus caudales descarguen al Tanque “El Lucero” (Ilustración 3-73), tiene una capacidad de 2000 m³; por un costado se está construyendo la infraestructura de los filtros para mejora de la calidad del agua, se estima un avance del 60% de su construcción; es decir, los 135 l/s que disponen serán tratados, y el gasto que se requiere para abastecer a las 18 localidades es de 115 l/s. El tanque “El Lucero”, abastece a siete comunidades rurales: *Balcones, La Campana, Oquendo, Las Rosas, Providencia, Tlahualilo y Pamplona*



Ilustración 3-73 Tanque “El Lucero” y su infraestructura de filtros para mejora de la calidad del agua

Otro tanque importante que distribuye a las demás localidades del Municipio de Tlahualilo, se denomina “Ceceda”, tiene una capacidad de 1,160 m³. El Tanque “Ceceda” se ubica 25 km aguas abajo del Tanque “El Lucero”, recibe agua del tanque “El Lucero”. El Tanque “Ceceda” abastece a 11 comunidades, que son: *Ceceda, San Miguel, Horizonte, San Julio, El Lucero, Jauja, La Virgen, Benito Juárez, Banco Nacional, División del Norte, y Nuevo México*; ver Ilustración 3-74.



Ilustración 3-74 Tanque “Ceceda” que recibe agua del Tanque “El Lucero”

En el 2016, se reportaron 4 pozos en operación para abastecer a 18 localidades de Municipio Tlahualilo, con una producción total de 115 l/s; el caudal total será tratado con la construcción de los filtros. Por lo tanto, el 100% del agua subterránea de los pozos en operación se mejorará su caudal.

Con respecto al proyecto del agua de la Platosa, Tlahualilo puede quedar fuera del abastecimiento, porque el caudal de todas sus fuentes de abastecimiento será tratado. Pero, como el proyecto considera la línea de conducción para abastecer al Tanque “Ceceda” será necesario cancelar el pozo “El Quemado” que es de un gasto de 65 l/s ó 2 pozos: El Cariño y El Cariño 2, sumando un caudal total de 50 l/s, ambos casos para sustituir caudal por agua de la Platosa. En este caso es conveniente hacer estudios de calidad del agua de los cuatro pozos para seleccionar los más críticos, es recomendable que se conserve un gasto del 50 l/s en promedio de agua subterránea en el Tanque “El Lucero” por la infraestructura de filtros que se dispondrá y no es conveniente que se abandone.

3.3.5 Análisis de los pozos en operación c/s infraestructura de filtros

En la Tabla 3-37, se muestra el análisis global de las fuentes de abastecimiento en operación con y sin filtros de las localidades en estudio y sustitución del caudal tratado: Gómez Palacio (Urbana y Rural), Bermejillo y Tlahualilo, el número de pozos que recibirán tratamiento a través de filtros. Así mismo, determinar el agua de pozos que puede ser sustituida por agua de la platosa por cada una de las localidades, ya que se analizó el gasto de la platosa de 967 l/s potabilizados, gasto que se distribuyó para las cuatro localidades en estudio de acuerdo con la proyección de población: 2017 a 2035. Este gasto no es con fines de aumentar la producción de abastecimiento, solamente es un intercambio de agua subterránea por agua tratada de la Mina La Platosa. Para las cuatro localidades en estudio, es

conveniente implementar proyectos de recuperación de pérdidas, es recomendable conservarlas al 30% como mínimo; este porcentaje incluye pérdidas físicas y comerciales. De esta manera se puede incrementar la producción requerida para la población y mejorar la calidad de los servicios que presta un organismo operador. Además, la finalidad de estudio de la platosa es confines de seguir recuperar los niveles del agua subterránea, evitar que los abatimientos sigan avanzando en la cuenca principal.

Tabla 3-37 Análisis de las fuentes de abastecimiento en operación y sustitución del caudal tratado.

LOCALIDAD	POBLACIÓN DE PROYECCIÓN IMTA PARA 2017 (Habitantes)	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL QUE SE PUEDE SUSTITUIR POR AGUA DE LA PLATOSA				POZOS SIN INFRAESTRUCTURA DE FILTROS				DETERMINACIÓN DEL GASTO POTABILIZADO POR LOCALIDAD Y POBLACIÓN POR ABASTECER: 2017			POBLACIÓN DE PROYECCIÓN IMTA PARA 2035 (Habitantes)	DETERMINACIÓN DEL GASTO POTABILIZADO POR LOCALIDAD Y POBLACIÓN POR ABASTECER: 2035		
		SEGÚN INFORMACIÓN REPORTADA GASTOS DE POZOS EN OPERACIÓN: 2016		POZOS PROPUESTOS PARA INSTALACIÓN DE FILTROS		PRIMERA OPCIÓN NO ABASTECER A TLAHUAILLO		SEGUNDA OPCIÓN ABASTECER A TLAHUAILLO		GASTO MÁXIMO DIARIO (l/s)	POBLACIÓN POR ATENDER (habitantes)	EN (%)		GASTO MÁXIMO DIARIO (l/s)	POBLACIÓN POR ATENDER (habitantes)	EN (%)
		No. DE POZOS	PRODUCCIÓN TOTAL (l/s)	No. DE POZOS	GASTO A MEJORAR (l/s)	No. DE POZOS	GASTO POR SUSTITUIR (l/s)	No. DE POZOS	GASTO POR SUSTITUIR (l/s)							
GÓMEZ PALACIO (URBANA)	281,678	29	1,448.00	14	897.60	15	550.40	15	550.40	640	159,891	57%	332,749	545	136,266	41%
GÓMEZ PALACIO (RURAL)	79,642	14	293.00	4	183.00	10	110.00	10	110.00	218	79,642	100%	109,695	300	109,695	100%
BERMEJILLO	9,505	4	46.00	0	0.00	2	26.00	2	26.00	38	9,505	100%	9,117	36	9,117	100%
TLAHUAILLO	24,901	4	115.00	4	115.00	0	0.00	1	65.00	71	24,901	100%	30,945	86	30,945	100%
	395,726	51	1,902.00	22	1,195.60	27	686.40	28	751.40	967	273,939	69%	482,506	967	286,023	59%
OBSEVACIONES	POBLACIÓN TOTAL PARA 2017 (Habitantes)	PRODUCCIÓN TOTAL REQUERIDA PARA LAS CUATRO LOCALIDADES (l/s)		GASTO TOTAL TRATADO CON FILTROS: CONSTRUIDAS: 3 PLANTAS; EN CONSTRUCCIÓN: 5 OBRAS; Y ASIGNACIÓN DE CONTRATO: 4 PROYECTOS (l/s)		EN EL CASO DE BERMEJILLO, DE LOS 4 POZOS QUE ABASTECEN LA LOCALIDAD, 2 DE ELLOS SON COMPARTIDOS: RANCHO VIEJO Y MAPIMI. POR ESTA RAZÓN, SOLAMENTE 2 POZOS SE PUEDE SUSTITIR SU CAUDAL, PERO SE REQUIERE UN GASTO DE 46 L/S PARA ABASTECER A TODA LA POBLACIÓN CON LA LOCALIDAD DE TLAHUAILLO SE PRESENTAN LAS SIGUIENTES OPCIONES: 1- DISPONE LA INFRAESTRUCTURA DE FILTROS PARA TRATAR TODA SU PRODUCCIÓN, 115 L/S. 2- PUEDE DEJARSE DE OPERAR UN POZO, Y SUSTITUIR 65 L/S POR AGUA DE LA PLATOSA, DE ESTA MANERA EL TANQUE LUCERO ABASTECERÍA A 7 COMUNIDADES Y EL TANQUE CECEDA ABASTECERÍA A 11 COMUNIDADES CON EL GASTO DE LOS 63 L/S				CON LAS DOS DISTRIBUCIONES DE GASTO POTABILIZADO Y LA POBLACIÓN PRESENTE Y FUTURA, EL AGUA DE LA PLATOSA AL CANZA PARA SUSTITUIR EL GASTO DE POZOS NO TRATADO O SIN FILTROS. CABE INDICAR, EL GASTO DETERMINADO DE 967 L/S, NO SE ANALIZÓ PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE CADA LOCALIDAD, SOLAMENTE PARA SUSTITUIRLO POR GASTOS DE POZOS QUE NO TIENEN TRATAMIENTO. POR LO TANTO, ES IMPORTANTE IMPLEMENTAR EL PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE PÉRDIDAS FÍSICAS Y COMERCIALES PARA INCREMENTAR LAS EFICIENCIAS DEL ORGANISMO OPERADOR.						

3.3.6 Análisis del agua concesionada, capacidad instalada, extraída, facturada y no contabilizada.

En la Tabla 3-38 se muestra el análisis del agua concesionada, la capacidad instalada en operación, el volumen que se está extrayendo de las cuatro localidades en estudio.

Tabla 3-38 Análisis del agua concesionada, capacidad instalada, y volumen producido de las cuatro localidades en estudio

ORGANISMO OPERADOR	No. POZOS ACTIVOS	No. DE MACROS FUNC.	AGUA CONCESIONADA CONAGUA			CAPACIDAD INSTALADA EN OPERACIÓN		VOLUMEN PRODUCIDO O EXTRAÍDO REPORTADO				
			No. POZOS C/TÍTULO	VOLUMEN (m³/año)	GASTO (l/s)	VOLUMEN (m³/año)	GASTO (l/s)	MEDIDO (m³/año)	POR HORAS DE OPERACIÓN (m³/año)	TOTAL (m³/año)	EN (l/s)	
	29	17	22	21,641,853	686	45,669,132	1,448	18,830,934	13,351,514	32,182,448	1,021	
GÓMEZ PALACIO (URBANO)	COBERTURA MACRO:	59%	Vol. Concesionado	47.39%				Volumen aprovechado el 70.47% con respecto al instalado. Volumen sobre explotado: 52.61% con respecto al concesionado, en (m³/año)				
	14	0	14	8,588,304	272	9,241,060	293	0	8,588,304	8,588,304	272	
GÓMEZ PALACIO (RURAL)	COBERTURA MACRO:	0		Para fines del estudio se consideró igual que el producido				Volumen aprovechado el 92.94% con respecto al instalado. Volumen sobre explotado: 7% con respecto al concesionado, en (m³/año)				
	4	0	4	1,450,656	46	1,450,656	46	0	1,450,656	1,450,656	46	
BERMEJILLO	COBERTURA MACRO:	0		Para fines del estudio se consideró igual que el producido				Volumen aprovechado el 100% con respecto al instalado. Volumen sobre explotado sin datos				
	4	0	4	3,626,640	115	3,626,640	115	0	3,626,640	3,626,640	115	
TLAHUAILLO	COBERTURA MACRO:	0		Para fines del estudio se consideró igual que el producido				Volumen aprovechado el 100% con respecto al instalado. Volumen sobre explotado sin datos				
RESULTADOS TOTALES	51	17	44	35,307,453	1,119	59,987,488	1,902	18,830,934	27,017,114	45,848,048	1,454	
			SOBRE EXPLOTACIÓN: 7 POZOS				24,680,035	783	41.07%	58.93%	100.00%	

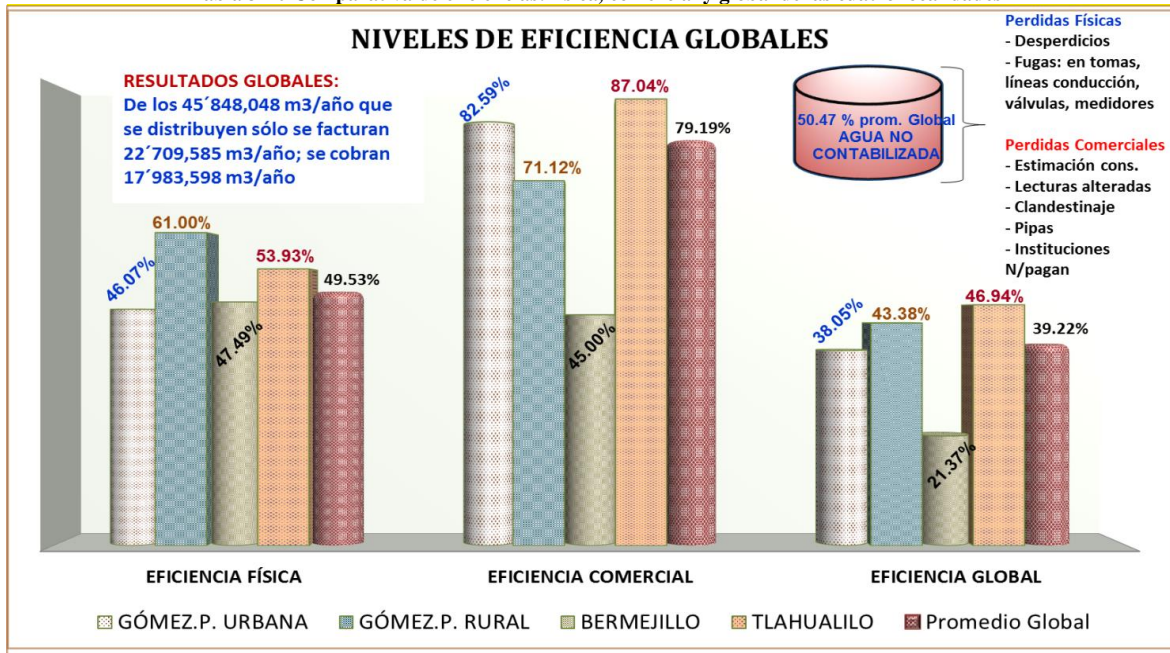
En la Tabla 3-39, se muestra el análisis del volumen producido o extraído, lo que se factura, el volumen que se cobra y el agua que se pierde como agua no contabilizada de las cuatro localidades en estudio.

Tabla 3-39 Análisis del volumen producido, su facturación y agua no contabilizada de las cuatro localidades en estudio

SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA CONCESIONADA, CAPACIDAD INSTALADA, EXTRAÍDA, FACTURADA Y NO CONTABILIZADA EN 2016											
ORGANISMO OPERADOR	No. POZOS ACTIVOS	VOLUMEN PRODUCIDO O EXTRAÍDO REPORTADO		VOLUMEN FACTURADO (m3/año)	VOLUMEN RECAUDADO (m3/año)	AGUA NO CONTABILIZADA		AGUA DE RESERVA		No. TOMAS	CONSUMO UNITARIO PROMEDIO GLOBAL (m3/mes/Toma)
		TOTAL (m3/año)	EN (l/s)			VOLUMEN (m3/año)	VOLUMEN (m3/año)	EN (l/s)			
GÓMEZ PALACIO (URBANO)	29	32,182,448	1,021	14,826,288	12,245,713	17,356,160	13,486,684	427	89,842	30	
	COBERTURA MACRO:			46.07%	38.05%	53.93%	29.53%				
GÓMEZ PALACIO (RURAL)	14	8,588,304	272	5,238,598	3,725,475	3,349,706	652,756	21	16,633	43	
	COBERTURA MACRO:			61.00%	43.38%	39.00%	7.06%				
BERMEJILLO	4	1,450,656	46	688,940	310,023	761,716	0	0	3,626	33	
	COBERTURA MACRO:			47.49%	21.37%	52.51%					
TLAHUALILO	4	3,626,640	115	1,955,759	1,702,387	1,670,881	0	0	5,921	51	
	COBERTURA MACRO:			53.93%	46.94%	46.07%					
RESULTADOS TOTALES	51	45,848,048	1,454	22,709,585	17,983,598	23,138,463	14,139,440	448	116,190	39	
		100.00%		49.53%	39.22%	50.47%	23.57%				

En la Tabla 3-40, se muestra una comparativa de las eficiencias: física, comercial y global, por localidad; asimismo, los valores promedio a nivel global.

Tabla 3-40 Comparativa de eficiencias: física, comercial y global de las cuatro localidades



3.4 Determinación de datos básicos para los proyectos y análisis de alternativas

Los datos básicos para el suministro del agua potable van encauzados a obtener los datos que permitan tener el soporte del gasto que será destinado para una zona que lo requiera. Para este proyecto se establece a destinar el agua a tres municipios que son: Gómez Palacio, Bermejillo y Tlahualilo.

Para el desarrollo del estudio debemos de tener presente las características de la zona por lo que a continuación se da una descripción del entorno que comprende la zona en esos municipios.

El estado de Durango se ubica en al norte de la República Mexicana con una extensión de 122,161.2 Km², siendo el cuarto estado del país con una mayor extensión; de acuerdo al censo de población del Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI) del año 2015 cuenta con 1,754,754 habitantes. Como parte de su división municipal está compuesto por 38 municipios (INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2017).

En lo que respecta al clima del estado de Durango (INEGI, 2017) el 40 % del territorio presenta un clima seco y semiseco, el 34 % se encuentra clima subhúmedo, el 14 % presenta clima muy seco, el 11% cálido subhúmedo y en el restante 1% templado húmedo. La temperatura media anual es de 17° c, la temperatura más alta es mayor a 31° c presentándose en los meses de mayo a junio y la más baja de 1.7° c, generándose en el mes de enero. Las lluvias se presentan en el tiempo estacional de verano, principalmente entre los meses de julio y agosto con una precipitación anual de 500 mm anuales.

Pasando a las microrregiones del proyecto se obtienen los siguientes datos:

El municipio de Gómez Palacio, Durango se encuentra entre los paralelos 25° 32' y 25° 54' de latitud norte, los meridianos 103°19' y 103° 42' de longitud oeste con altitudes entre 1,100 y 1,800 msnm. Ocupa el 0.7 % de la superficie del estado, contando con 359 localidades y 342, 286 habitantes de acuerdo con el censo del INEGI del año 2015. El clima en el municipio de 18 -22 ° c, con un rango de precipitación anual que se encuentra entre los 100 a 400 mm.

Con respecto al tipo al uso de suelo y cobertura vegetal en el municipio se tiene un 61.1 % de agricultura, 7.3% zona urbana y 0.8 % no aplicable; el resto (30.4 %) es el contenido de cobertura conformada por matorrales.

La localidad de Bermejillo es una de las 100 comunidades que conforman el municipio de Mapimi; por lo que se expondrán los datos del municipio de Mapimí. El municipio se encuentra entre los paralelos 25° 29' y 26° 51' de latitud norte; los meridianos 103° 33' y 104° 37' de longitud oeste; la altitud varía de los 1,100 y 2,900 m.

El rango de temperatura se encuentra en un rango de temperatura que varía de los 14 hasta los 22° c, teniéndose un intervalo de precipitación anual del orden de los 200 hasta 500 mm, se tiene un clima predominante muy seco semicálido (59.3 %), seco semicálido (28.5%), seco templado (10.8%) y semiseco templado (1.4%).

El uso de suelo queda comprendido por un 8.3 % de agricultura y zona urbana del 0.1 %, con respecto a la vegetación se tiene un 74 % de matorral, 12.7 % pastizal, 0.7% mezquital, 0.1 % área sin vegetación y 4.1% de algún otro tipo.

El municipio de Tlahualilo cuenta con 62 localidades, ocupando un 3.85 % de la superficie del estado; se encuentra entre los paralelos 25° 49' y 26° 46' de latitud norte; los meridianos 103° 15' y 104° 03' de longitud oeste; altitud entre 1 000 y 2 100 m. La temperatura media de la zona es de 16 – 22°c, el

rango de precipitación anual se encuentra entre los 100 a 300 mm, el clima es muy seco semicálido con lluvias en verano (99.23%) y seco templado con lluvias en verano (0.77%).

Con respecto al uso de suelo lo comprende un 7.81 % del área en agricultura, un 0.08% de zona urbana; la vegetación de la zona se establece con un 74.49 % de matorral, 16.68% pastizal, 0.7% área sin vegetación, 0.04% de zona de mezquital y 0.03% no identificado.

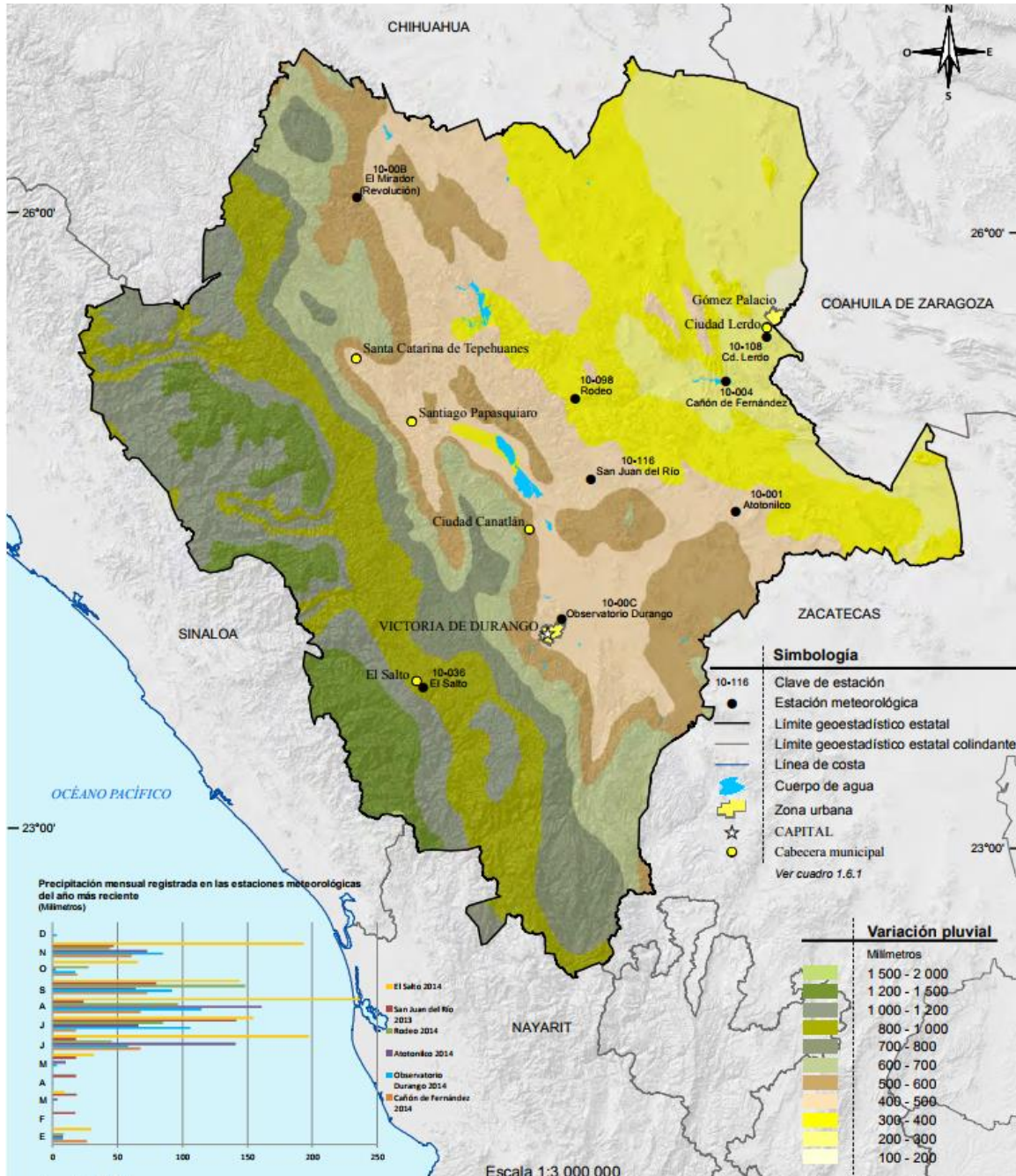


Ilustración 3-75 Clima del estado de Durango, (INEGI, 2017)

3.4.1 Datos básicos

Se generan a partir de datos de diversas dependencias con el objetivo de conocer el entorno en el que se genera el diseño de la conducción hidráulica. Por lo tanto se requiere establecer la población actual, población futura, periodo de diseño, dotación, gasto de diseño.

a) Localidad Urbana de Gómez Palacio

El crecimiento histórico Urbano de Gómez Palacio se muestra en la Grafica 1, en el año 1960 contaba ya con 60,800 habitantes; en 1970 su población creció a 79,700 habitantes; para 1990 se incrementó a 164,092 habitantes; en 1995 el registro fue de 192,888 habitantes; para el año 2000 vuelve su incremento a 210,113 habitantes; en el 2005 la población se registró de 239,842 habitantes; en el 2010 según el censo de INEGI resultó de 257,352 habitantes.

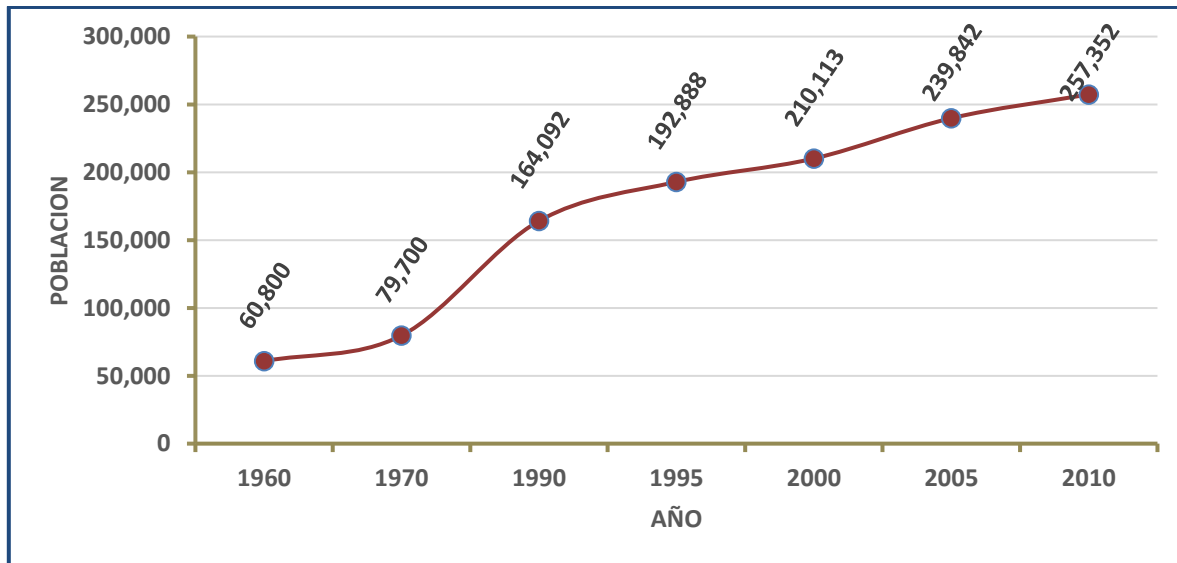


Ilustración 3-76 Población histórica 1960 a 2010 de Gómez Palacio (Urbana)
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Con respecto a la tasa de crecimiento de cada periodo, las estadísticas se muestran en la Ilustración 3-77, donde se observa que el **periodo 1970 a 1990, se determinó la tasa más alta, siendo de 3.68%**, con respecto a los siete años históricos de la población registrados por INEGI. En el siguiente periodo 1990 a 1995 es de 3.29%, registrándose una ligera disminución de un 0.39%; en el periodo 1995 al 2000, la tasa es del 1.73%, el porcentaje sigue disminuyendo un poco más del 50% con respecto al registrado en el periodo 1970 a 1990. Durante el periodo de **2005 al 2010 se determinó una tasa del 1.42%, siendo la tasa de crecimiento más baja**, la diferencia con respecto a la tasa más alta registrada es de **2.26% puntos**, quiere decir que la población de Gómez Palacio (Urbano) la tasa de crecimiento va en disminución, según INEGI.

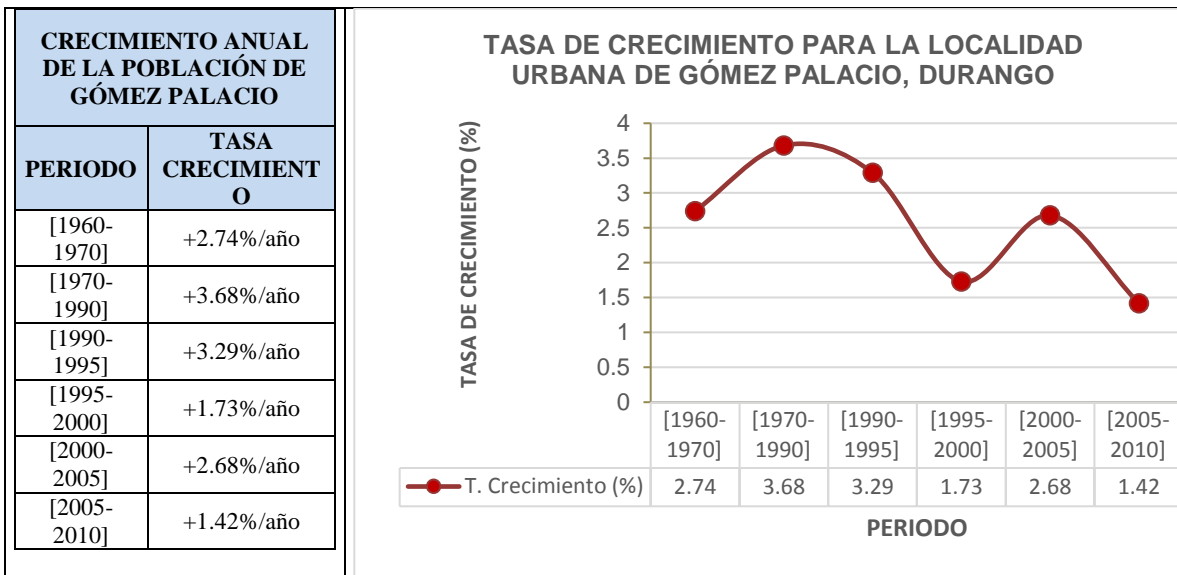


Ilustración 3-77 Tasas de crecimiento desde 1960 al 2010 de Gómez Palacio (Rural)

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

b) Zona Rural de Gómez Palacio

El crecimiento histórico de la zona Rural de Gómez Palacio se muestra en la Grafica 3, en el año 1990 contaba ya con 20,890 habitantes; en 1995 su población creció a 22,071 habitantes; para el 2000 se incrementó a 22,811 habitantes; en 2005 el registro fue de 24,989 habitantes; para el año 2010 vuelve su incremento a 27,351 habitantes; datos según INEGI.

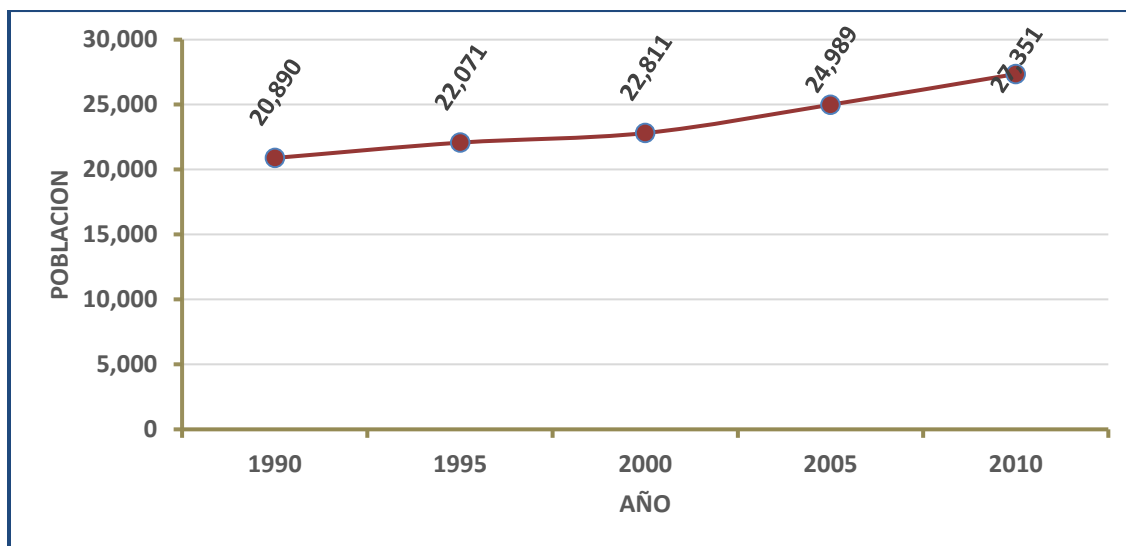


Ilustración 3-78 Población histórica 1990 a 2010 de Gómez Palacio (Rural)

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Con respecto a la tasa de crecimiento de cada periodo, las estadísticas se muestran en la Ilustración 3-79, se observa que el periodo 1990 a 1995, se determinó una tasa del 5.6%; en el periodo 1995 al 2000, la tasa es del 3.0%, el porcentaje baja 2.6%; para el periodo 2000 a 2005 la tasa de crecimiento

anual se incrementa a un 9.5%. Finalmente durante el periodo de 2005 al 2010 se determinó una tasa del 9.0%, ligeramente baja en 0.5% con respecto al periodo anterior. Po lo tanto, con esta estadística de población de cinco años se observa que la tasa de crecimiento puede disminuir, según INEGI.

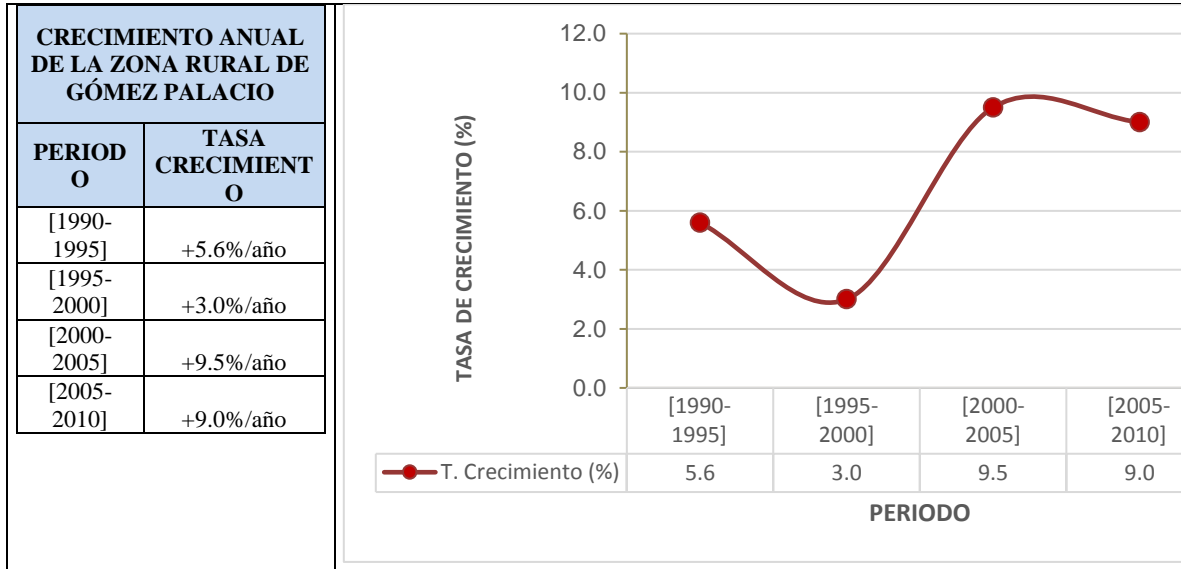


Ilustración 3-79 Tasa de crecimiento para la zona rural de Gómez Palacio, Durango
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

El crecimiento histórico de la zona Rural de Bermejillo se muestra en la Ilustración 3-80, en el año 1990 contaba ya con 7,647 habitantes; en 1995 su población creció a 8,010 habitantes; para el 2000 se registra una población menor al año anterior de 7,631; en 2005 incrementa a 8,609 habitantes; para el año 2010 vuelve su incremento a 9,149 habitantes; datos según INEGI.

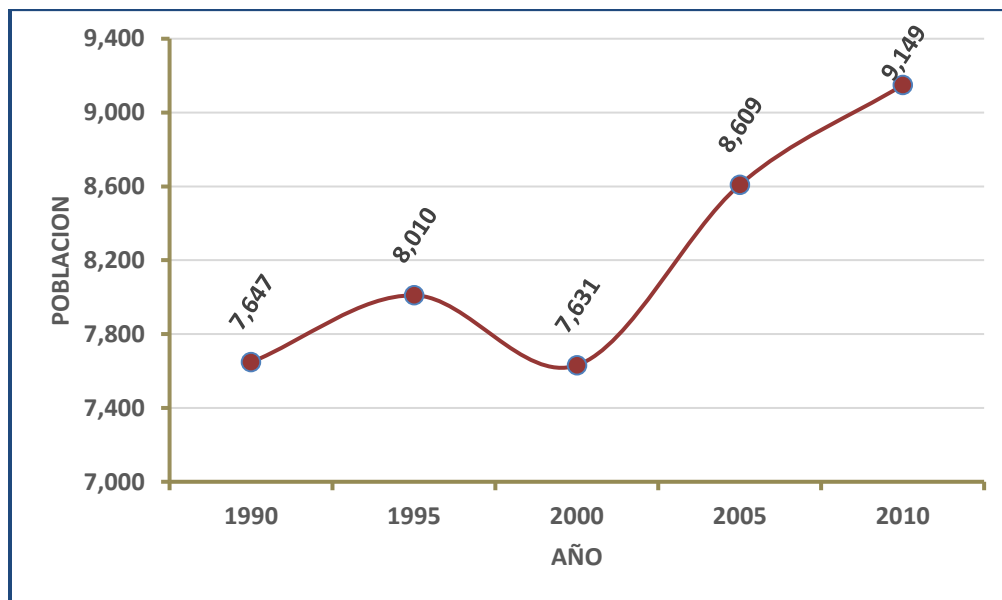


Ilustración 3-80 Población histórica 1990 a 2010 de Bermejillo
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Con respecto a la tasa de crecimiento de cada periodo, las estadísticas se muestran en la Gráfica 6, se observa que el periodo 1990 a 1995, la tasa de crecimiento fue del 0.93%; en el periodo 1995 al 2000, la tasa es de -0.96%, el resultado es negativo, dando a entender que hay salida de habitantes de lo localidad de bermejillo; para el periodo 2000 a 2005 la tasa de crecimiento anual es de un 2.44%, periodo donde se registró el mayor incremento. Finalmente durante el periodo de 2005 al 2010 se determinó una tasa del 1.22% de incremento, pero en un 50% menor al porcentaje registrado en el periodo anterior. Por lo tanto, con esta estadística de población de cinco años se observa que la tasa de crecimiento puede seguir disminuyendo, según INEGI.

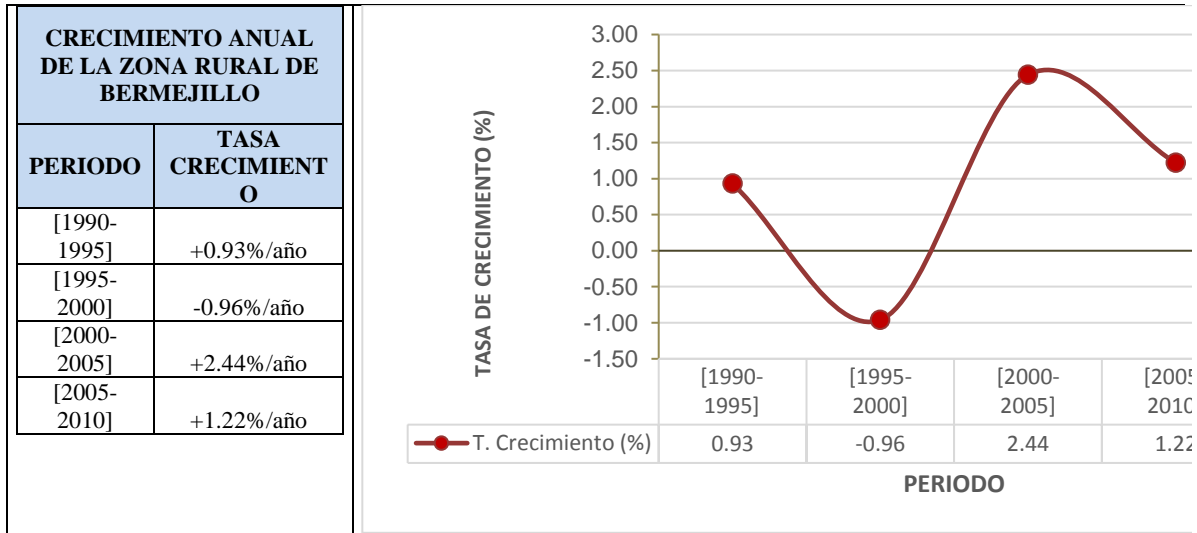


Ilustración 3-81 Tasas de crecimiento desde 1960 al 2010 de Bermejillo

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

c) Localidad de Tlahualilo

El crecimiento histórico de la zona Rural de Tlahualilo se muestra en la Ilustración 3-82, en el año 1990 contaba ya con 24,666 habitantes; en 1995 su población decrece a 20,740 habitantes, un 15.92% menos con respecto a la anterior; para el 2000 se registra una población de 18,328 habitantes, vuelve a decrecer en un 25.7% con respecto al registro de 1990; en el 2005 incrementa ligeramente a 18,542 habitantes con respecto a la población del 2000; para el año 2010 vuelve su incremento a 20,112 habitantes; de los cinco años estadísticos de población, la población más alta se registró en los 90', en los siguientes años fue disminuyendo, según INEGI.

Con respecto a la tasa de crecimiento de cada periodo, las estadísticas se muestran en la Ilustración 3-83, se observa que el periodo 1990 a 1995, la tasa de crecimiento fue del -15.92%; en el periodo 1995 al 2000, la tasa es del -11.63%, el resultado es negativo, dando a entender que hay salida de habitantes de lo localidad de Tlahualilo; para el periodo 2000 a 2005 la tasa de crecimiento anual se determina un porcentaje positivo del 1.17%, en este periodo se observa un incremento ligero. Finalmente durante el periodo de 2005 al 2010 se determinó una tasa del 8.47%, crece la población. Por lo tanto, con esta estadística de población de cinco años se observa la tendencia de seguir creciendo, según INEGI.

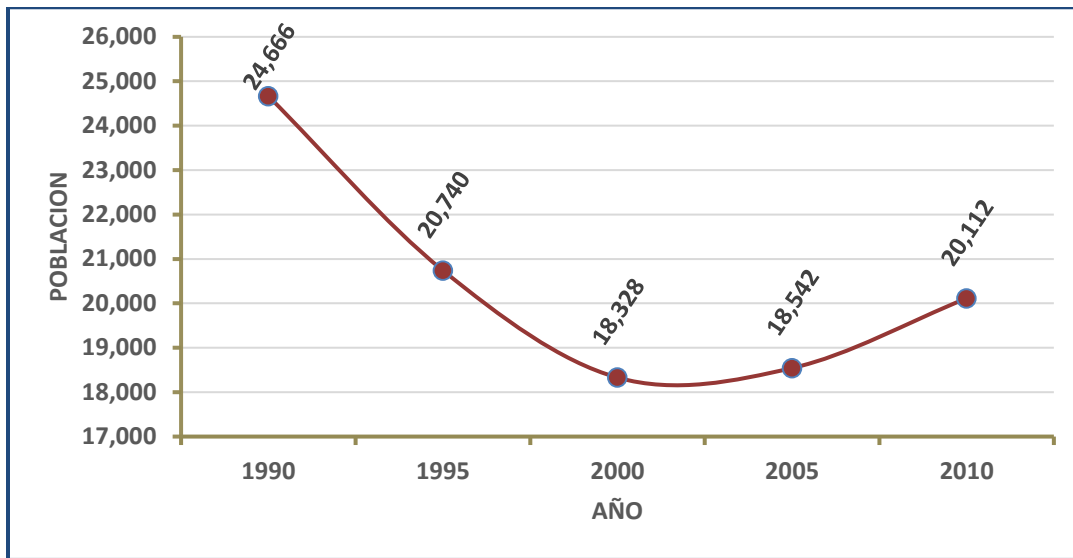


Ilustración 3-82 Población histórica 1990 a 2010 de Bermejillo
 Fuente: *Elaboración propia con datos de INEGI*

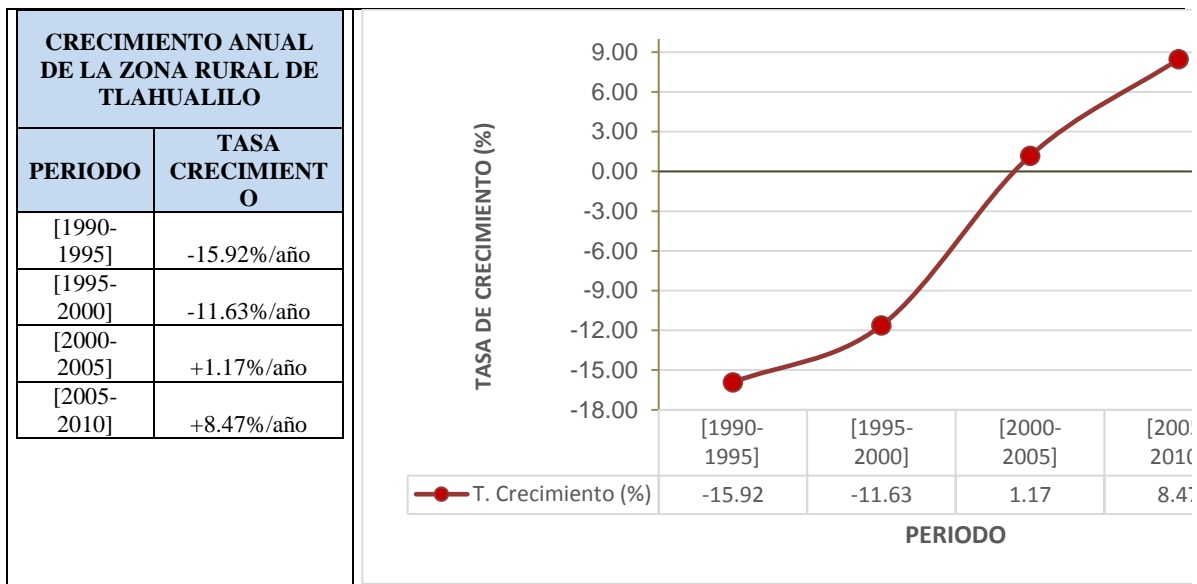


Ilustración 3-83 Tasas de crecimiento desde 1960 al 2010 de Tlahualilo
 Fuente: *Elaboración propia con datos de INEGI*

3.4.2 Población actual

En la Ilustración 3-84, se muestran la ubicación de los municipios de Gómez Palacio, Mapimí y Tlahualilo, se establecieron las comunidades a donde se dotará de agua.

La población actual de acuerdo a datos de la Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2017) y de estudios de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, Plan maestro para la incorporación de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la región , 2014) de todo el municipio de Mapimí es de 25,137 habitantes, de éstos 9,505 viven en la localidad de Bermejillo; en el municipio de Tlahualilo se tiene una población de 25,901 habitantes distribuidos en 16 localidades; en el área Rural de Gómez palacio, que está integrada por 67 localidades se tienen

79,642 habitantes y en el área urbana hay 159,891 habitantes (ver Tabla 3-41), en total la población se tiene una población 400,568 habitantes dentro de la zona de estudio y de la cual se considera abastecer la mayor parte de ésta con el proyecto de la planta potabilizadora La Platosa que se ubicaría a un lado de la mina.

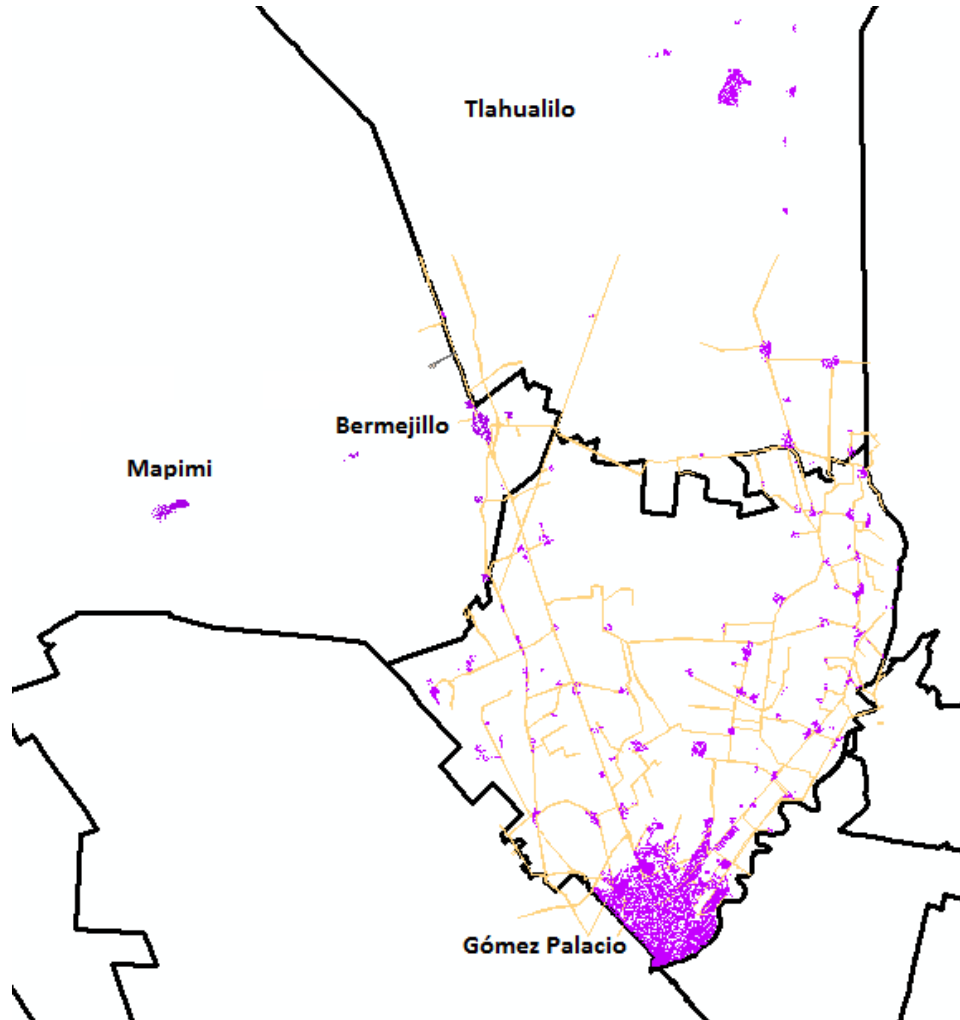


Ilustración 3-84 Municipios considerados para el suministro de agua potable de la mina La Platosa
 Fuente: *Elaboración propia con datos de la CONAGUA*

Tabla 3-41. Población actual (2017) por municipio o localidad

Municipio o localidad	Población	Número de localidades
Bermejillo	9,505	1
Tlahualilo	25,901	16
Gómez Palacio Rural	79,642	67
Gómez Palacio Urbano	159,891	1
Total	274,939	85

Fuente: Elaboración del IMTA a partir de datos de la CONAGUA

De acuerdo a la información proporcionada por la CONAGUA (2016), se tienen las tazas de crecimiento de las comunidades a abastecer y la población en el año 2013, por lo que se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_{i+n} = P_i(1 + T_c)^n \quad \text{Ecuación 3.1}$$

donde :

P_{i+n} = Población años después (hab)

P_i = Población conocida al inicio del periodo (hab)

T_c = Tasa de crecimiento (adimensional)

n = Número de periodo que hay entre P_i y P_{i+n}

Para la asignación del consumo se tiene en las comunidades rurales un consumo de 130 l/hab/día de acuerdo con la tabla 2.5 del libro de datos básicos de la (CONAGUA, 2007) y en Bermejillo y Gómez Palacio se le asignan 190 l/hab/día de acuerdo al promedio por clima en Seco-muy seco del libro de datos básicos de la CONAGUA.

En la parte del cálculo de las pérdidas físicas de acuerdo con el libro de la (CONAGUA, 2015) en caso de no tenerse un estudio riguroso para la cuantificación de un valor concreto, se menciona el utilizar el 30 al 25 %, por lo que se utilizara el valor del 30 %.

Calculo de gastos

Para el cálculo de gastos para el diseño de redes de agua potable, se establece la obtención de tres variables a considerar, que son:

- El gasto medio
- El gasto máximo diario
- El gasto máximo horario

El gasto medio se calcula con la siguiente fórmula (CONAGUA, 2015)

$$Q_{medio} = \frac{D * P}{86400} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

donde:

Q_{med} = Gasto medio diario, en l/s

P = Número de habitantes (hab)

D = Dotación (l/hab/día)

86,400 = segundos/día

Para el cálculo del gasto máximo diario y horario se deben de afectar el gasto medio por dos coeficientes: el coeficiente de variación diaria y horaria, el cual tiene valores de 1.40 y 1.55 respectivamente. Las fórmulas para la obtención de los gastos se presentan a continuación:

$$Q_{Md} = CV_{Md} Q_{med}$$

$$Q_{Mh} = CV_h Q_{Md}$$

donde:

Q_{Md} = Gasto máximo diario, en l/s

Q_{mh} = Gasto máximo horario, en l/s

CV_d = Coeficiente de variación diaria

CV_h = Coeficiente de variación horaria

Q_{med} = Gasto medio, en l/s (hab)

3.4.2.1 Análisis por localidad

De acuerdo al análisis del gasto que puede ser potabilizado, se tiene un caudal de 967 l/s, con este valor se calculó la población que puede ser atendida por localidad como se muestra en la Tabla 3-42.

Tabla 3-42 Estimación de gastos de diseño para el año 2017

Municipio	Localidad	Tasa de crecim. (<3.5%)	Población	Consumo (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Demanda doméstica (l/hab/día)	Q medio2017	Q max diario2017	Q max horario 2017
Gómez Palacio	Gómez Palacio	0.86	159891	190	30	247	457.10	639.93	991.90
Mapimí	BERMEJILLO	1.2	9505	190	30	247	27.17	38.04	58.96
Tlahualilo	TLAHUALILO DE ZARAGOZA	1.6	11230	130	30	169	21.97	30.75	47.67
Tlahualilo	BANCO NACIONAL	3	1687	130	30	169	3.30	4.62	7.16
Tlahualilo	LA CAMPANA	1.6	654	130	30	169	1.28	1.79	2.78
Tlahualilo	CECEDA	0	301	130	30	169	0.59	0.82	1.28
Tlahualilo	DIVISIÓN DEL NORTE	3.5	316	130	30	169	0.62	0.86	1.34
Tlahualilo	SAN FRANCISCO DE HORIZONTE (HORIZONTE)	2.2	2442	130	30	169	4.78	6.69	10.37
Tlahualilo	JAUJA	0.4	1410	130	30	169	2.76	3.86	5.99
Tlahualilo	EL LUCERO (ARCINAS)	1.8	3156	130	30	169	6.17	8.64	13.40
Tlahualilo	NUEVO MÉXICO	3.5	328	130	30	169	0.64	0.90	1.39
Tlahualilo	OQUENDO	3.3	172	130	30	169	0.34	0.47	0.73
Tlahualilo	PAMPLONA	0	947	130	30	169	1.85	2.59	4.02
Tlahualilo	POMPEYA	2.2	537	130	30	169	1.05	1.47	2.28
Tlahualilo	PROVIDENCIA	3.5	279	130	30	169	0.54	0.76	1.18
Tlahualilo	ROSAS	1.2	557	130	30	169	1.09	1.53	2.37

Municipio	Localidad	Tasa de crecim. (<3.5%)	Población	Consumo (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Demanda doméstica (l/hab/día)	Q medio2017	Q max diario2017	Q max horario 2017
Tlahualilo	SAN JULIO	2.9	1633	130	30	169	3.19	4.47	6.93
Tlahualilo	SAN MIGUEL DEL REAL	1.5	251	130	30	169	0.49	0.69	1.07
Gómez Palacio	AQUILES SERDÁN	0.1	337	130	30	169	0.66	0.92	1.43
Gómez Palacio	ARTURO MARTÍNEZ ADAME	2.6	2066	130	30	169	4.04	5.66	8.77
Gómez Palacio	LA AURORA	0.9	1243	130	30	169	2.43	3.40	5.28
Gómez Palacio	EL BARRO	0	901	130	30	169	1.76	2.47	3.83
Gómez Palacio	BERLÍN	3.5	400	130	30	169	0.78	1.10	1.70
Gómez Palacio	BRITTINGHAM	1	845	130	30	169	1.65	2.31	3.59
Gómez Palacio	BUCARELI	0.4	643	130	30	169	1.26	1.76	2.73
Gómez Palacio	EL CARIÑO	1	788	130	30	169	1.54	2.16	3.35
Gómez Palacio	EL CASTILLO	3.4	1051	130	30	169	2.06	2.88	4.46
Gómez Palacio	LA COMPETENCIA	1.3	931	130	30	169	1.82	2.55	3.95
Gómez Palacio	CUATRO DE DICIEMBRE (SAGUNDO)	2.8	434	130	30	169	0.85	1.19	1.84
Gómez Palacio	CHIHUAHUITA (CHIHUAHUITA VIEJO)	2.2	504	130	30	169	0.99	1.38	2.14
Gómez Palacio	ESMERALDA	2.3	3925	130	30	169	7.68	10.75	16.66
Gómez Palacio	EUREKA DE MEDIA LUNA (EUREKA)	1.9	1816	130	30	169	3.55	4.97	7.71
Gómez Palacio	FILADELFIA	3.5	571	130	30	169	1.12	1.56	2.42
Gómez Palacio	GLORIETA	1.4	968	130	30	169	1.89	2.65	4.11
Gómez Palacio	VILLA GREGORIO GARCÍA	0.5	1860	130	30	169	3.64	5.09	7.90
Gómez Palacio	HUITRÓN	1.6	2206	130	30	169	4.32	6.04	9.36
Gómez Palacio	INDEPENDENCIA	0	238	130	30	169	0.47	0.65	1.01
Gómez Palacio	JERUSALEM	2	464	130	30	169	0.91	1.27	1.97
Gómez Palacio	JIMÉNEZ (JIMÉNEZ UNO)	0.3	1968	130	30	169	3.85	5.39	8.35
Gómez Palacio	JOLO (DIECINUEVE DE OCTUBRE)	2.2	487	130	30	169	0.95	1.33	2.07
Gómez Palacio	JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN	3.5	623	130	30	169	1.22	1.71	2.65
Gómez Palacio	EL JUNCO	0	163	130	30	169	0.32	0.45	0.69
Gómez Palacio	LÁZARO CÁRDENAS	3.5	354	130	30	169	0.69	0.97	1.50
Gómez Palacio	MANILA	0	662	130	30	169	1.29	1.81	2.81
Gómez Palacio	MARÍA ANTONIETA	0	128	130	30	169	0.25	0.35	0.54
Gómez Palacio	LAS MACITAS	2.3	529	130	30	169	1.03	1.45	2.24

Municipio	Localidad	Tasa de crecim. (<3.5%)	Población	Consumo (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Demanda doméstica (l/hab/día)	Q medio2017	Q max diario2017	Q max horario 2017
Gómez Palacio	NAZAS (LAS LAGARTIJAS)	1.4	1158	130	30	169	2.26	3.17	4.91
Gómez Palacio	NOÉ	0	594	130	30	169	1.16	1.63	2.52
Gómez Palacio	ESTACIÓN NOÉ	2.1	916	130	30	169	1.79	2.51	3.89
Gómez Palacio	NUMANCIA	0	356	130	30	169	0.70	0.97	1.51
Gómez Palacio	EL PARAÍSO	3.5	394	130	30	169	0.77	1.08	1.67
Gómez Palacio	PASTOR ROUAIX	0.98	3392	130	30	169	6.63	9.29	14.40
Gómez Palacio	LA PLATA	2.2	488	130	30	169	0.96	1.34	2.07
Gómez Palacio	LAS PLAYAS	1.7	280	130	30	169	0.55	0.77	1.19
Gómez Palacio	POANAS	1	460	130	30	169	0.90	1.26	1.95
Gómez Palacio	LA POPULAR	1.9	5149	130	30	169	10.07	14.10	21.86
Gómez Palacio	PUENTE DE LA TORREÑA	1.6	1719	130	30	169	3.36	4.71	7.29
Gómez Palacio	EL QUEMADO	2.8	1273	130	30	169	2.49	3.49	5.40
Gómez Palacio	REFORMA	0	768	130	30	169	1.50	2.10	3.26
Gómez Palacio	RINCONADA	2	314	130	30	169	0.61	0.86	1.33
Gómez Palacio	RINCÓN DE SANTA CRUZ	3.2	626	130	30	169	1.22	1.71	2.66
Gómez Palacio	SAN FELIPE	2.4	7341	130	30	169	14.36	20.10	31.16
Gómez Palacio	SAN SEBASTIÁN	1.1	1312	130	30	169	2.57	3.59	5.57
Gómez Palacio	SANTA CLARA	3.5	940	130	30	169	1.84	2.57	3.99
Gómez Palacio	SANTA CRUZ LUJÁN	2.6	2607	130	30	169	5.10	7.14	11.06
Gómez Palacio	SEIS DE OCTUBRE	2.3	2666	130	30	169	5.22	7.30	11.32
Gómez Palacio	LA TEHUA	0.5	807	130	30	169	1.58	2.21	3.43
Gómez Palacio	TRANSPORTE	1	3583	130	30	169	7.01	9.81	15.21
Gómez Palacio	EL TRIUNFO	3.5	801	130	30	169	1.57	2.19	3.40
Gómez Palacio	VENECIA	1.5	2696	130	30	169	5.27	7.38	11.44
Gómez Palacio	EL VERGEL	1	3276	130	30	169	6.41	8.97	13.91
Gómez Palacio	EL VERGELITO	3.5	1816	130	30	169	3.55	4.97	7.71
Gómez Palacio	VICENTE NAVA	0.5	216	130	30	169	0.42	0.59	0.92
Gómez Palacio	ESTACIÓN VIÑEDO	1.9	1276	130	30	169	2.50	3.49	5.42
Gómez Palacio	LA LUZ	0.9	1327	130	30	169	2.60	3.63	5.63
Gómez Palacio	PASTOR ROUAIX (JABONCILLO)	0.98	479	130	30	169	0.94	1.31	2.03
Gómez Palacio	PALO BLANCO	1.1	858	130	30	169	1.68	2.35	3.64
Gómez Palacio	SAN ROQUE	0.1	202	130	30	169	0.39	0.55	0.86
Gómez Palacio	TRECE DE MARZO	0	131	130	30	169	0.26	0.36	0.55
Gómez Palacio	AMÉRICA UNO	0	227	130	30	169	0.44	0.62	0.97

Municipio	Localidad	Tasa de crecim. (<3,5%)	Población	Consumo (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Demanda doméstica (l/hab/día)	Q medio2017	Q max diario2017	Q max horario 2017
Gómez Palacio	EL BARRO 33 (EL TREINTA Y TRES)	3	443	130	30	169	0.87	1.21	1.88
Gómez Palacio	CHIHUAHUITA (CHIHUAHUITA NUEVO)	3.5	200	130	30	169	0.39	0.55	0.85
Gómez Palacio	DOLORES	0	797	130	30	169	1.56	2.18	3.38
Gómez Palacio	PASTOR ROUAIX (PÉNJAMO)	0.98	315	130	30	169	0.62	0.86	1.34
Gómez Palacio	LA FORTUNA	0.6	331	130	30	169	0.65	0.91	1.40

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA Y CONAPO

En la Tabla 3-43, se muestra un resumen del caudal a suministrar por localidad, para la zona urbana de Gómez Palacio se tendría un gasto máximo diario suministrado de 640 l/s, suficiente para abastecer a una población de 159,891 habitantes lo que corresponda a atender al 56 % de su población urbana. De las otras localidades se considera factible atender al 100% de la población con lo que se beneficiarán 274,939 habitantes.

Tabla 3-43 Resumen de la población atendida para el año 2017

Municipio o localidad	Población	Número de localidades	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s)	Gasto máximo horario (l/s)
Bermejillo	9,505	1	27	38	42
Tlahualilo	25,901	16	51	71	79
Gómez Palacio Rural	79,642	67	155	218	241
Gómez Palacio Urbano	159,891	1	457	640	709
Total	274,939	85	690	967	1,071

Fuente: Elaboración propia

Estas poblaciones han sido comparadas con datos de la Consejo Nacional de Población (CONAPO), el cual para el año 2017 se encuentra 0.056 % con respecto a Gómez Palacio Urbano, 0.021 % con Gómez Palacio Rural, 1.05 % con Bermejillo y 5.3 % con Tlahualilo. Y para el año 2035 se encuentran en promedio 6.0 % por encima de los datos estimados por la CONAPO. En las siguientes ilustraciones se presenta la comparativa.

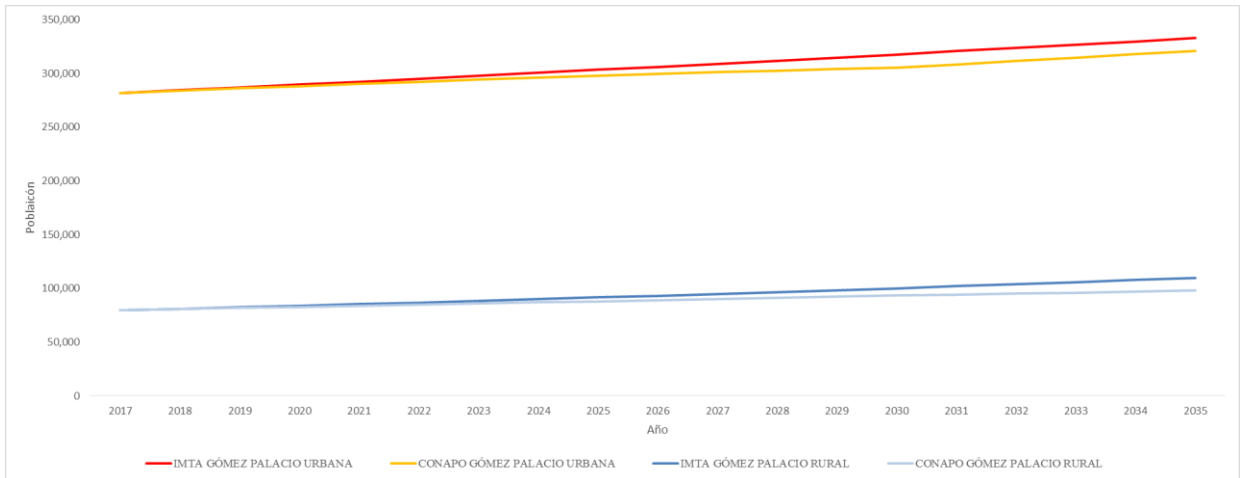


Ilustración 3-85 Comparación de Poblaciones de CONAPO e IMTA de Gómez Palacio

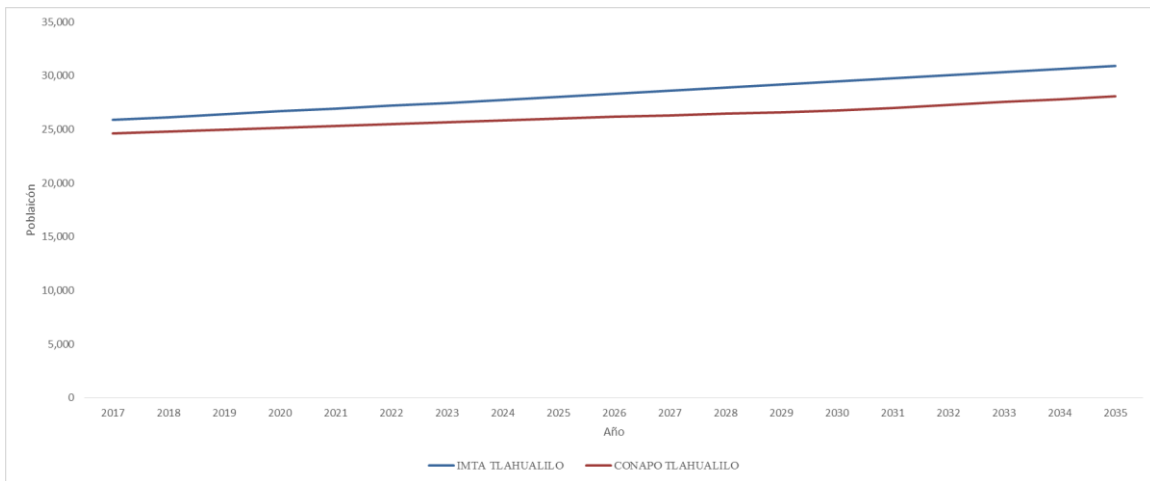


Ilustración 3-86 Comparación de Poblaciones de CONAPO e IMTA de Tlahualilo

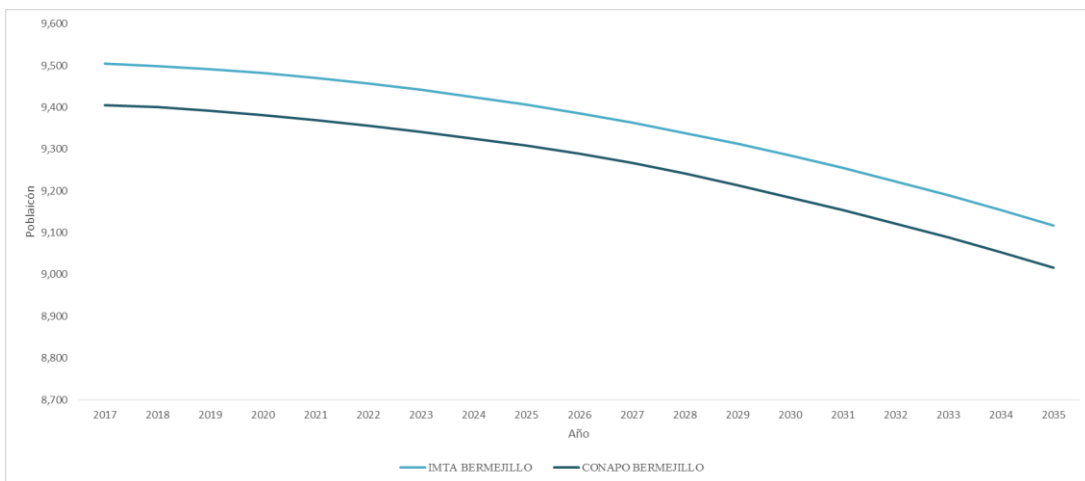


Ilustración 3-87 Comparación de Poblaciones de CONAPO e IMTA de Bermejillo

3.4.3 Población futura

3.4.3.1 Población proyectada al año 2035

Para considerar el caudal de la población futura, se plantea que cada organismo operador deberá emprender acciones para reducir las fugas, manteniéndose en un 30%, se plantean los mismos consumos de 190 y 130 l/hab/día. Aunque crece la población por el momento no se puede especular si existirán nuevas fuentes de almacenamiento, por lo que se aplica una reducción en el número de habitantes en la zona de mayor población, es decir Gómez Palacio Urbano solo se atenderá un 41 %.

La población servida total sería de 286,023 habitantes y no se requeriría incrementar el caudal de suministro a la red (Tabla 3-44).

Tabla 3-44 Resumen de la población atendida para el año 2035

Municipio o localidad	Población	Número de localidades	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s)	Gasto máximo horario (l/s)
Bermejillo	9,117	1	26	36	40
Tlahualilo	30,945	16	61	86	94
Gómez Palacio Rural	109,695	67	214	300	333
Gómez Palacio Urbano	136,266	1	390	545	604
Total	286,023	85	691	967	1,071

3.5 Definición del trazo de las líneas de conducción, sitios de plantas y estructuras de regulación

El IMTA revisará y evaluará las necesidades de infraestructura nueva estimadas por la CONAGUA a nivel anteproyecto, y propondrá alternativas de solución a la problemática en términos de líneas de conducción, tanques y bombeos. Se considerarán todas las variables que inciden en el diseño hidráulico y estructural de las líneas de conducción, plantas de bombeo e instalaciones de regulación, tales como la población beneficiada actual y futura en el horizonte del proyecto. El IMTA evaluará la demanda de agua potable actual, para que con base a la misma proponer la que se utilizará en la proyección de la demanda de agua potable, y con ello determinar el gasto de diseño de las líneas de conducción y bombeos, así como la capacidad de regulación que se requiera.

Las alternativas propuestas se estructurarán conceptualmente para su evaluación de acuerdo a la economía de la localidad, tomando en cuenta aspectos de costos de inversión inicial, operación y mantenimiento, así como flexibilidad operativa. Se presentarán los esquemas que muestren las opciones estudiadas con todos los datos manejados en su análisis, así como las memorias de cálculo realizadas. En el análisis de alternativas se considerará la posibilidad de construir las obras correspondientes por etapas.

En el análisis detallado de factibilidad técnico-económica de la localidad se señalarán entre otros puntos: ventajas y desventajas de las alternativas propuestas, eficiencias; requerimientos de mano de obra, materiales, equipos, área requerida, servicios; costos de inversión, operación y mantenimiento, y otros.

3.5.1 Propuesta por la CONAGUA

3.5.1.1 Trazo Base

El trazo de la línea propuesta por la CONAGUA inicia en “La Platosa y se desarrolla por la periferia de diversos ejidos hasta el tanque CECEDA, pasando por la planta de potabilizadora y con una longitud total de 40.01 km; para el trazo propuesto se contempla el desarrollo del mismo por los límites de los ejidos y predios existentes, así como el trazo en paralelo en vialidades existentes. Los trazos se dividen en 5 a partir de “La Platosa hasta el Tanque CECEDA.

Posteriormente se presenta una bifurcación que se divide en 4 tramos (B1, B2 y B3); con una longitud total de 37.85 km, abastecerá al tanque elevado de 200 m³, y los tanques Rebombero 2 y Rebombero 3; hasta llegar a la localidad de Gómez Palacio.

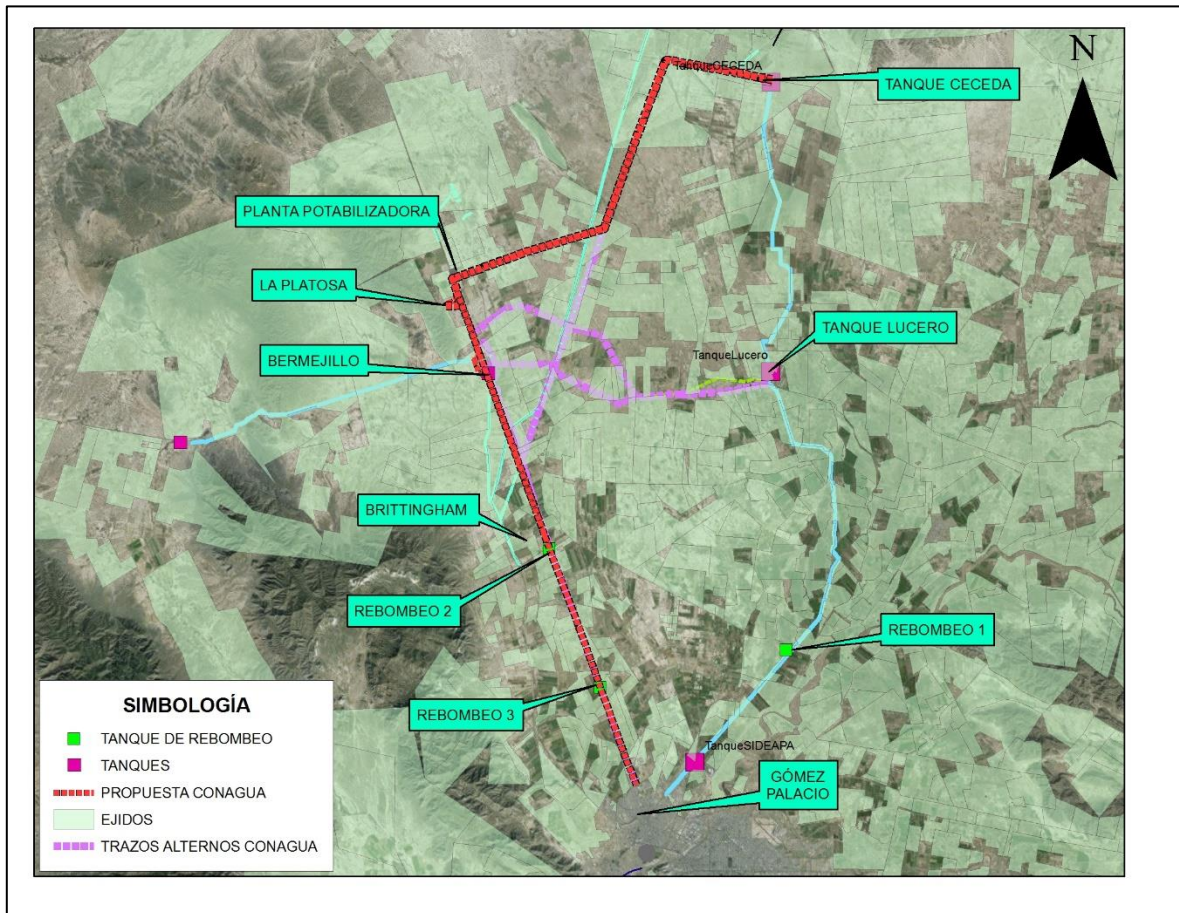


Ilustración 3-88 trazo de la línea propuesta por la CONAGUA

Fuente: Elaboración propia

La línea de conducción propuesta cruza dos vialidades existentes, un canal y un gasoducto que se señalan en los tramos dos, tres y cuatro. A continuación se describe a detalle la propuesta del trazo.

Tramo 1. El trazo de la línea de conducción en “La Platosa” y se desarrolla hacia el Este con una longitud antes del primer vertice de 1205.46 m.

Tramo 2. Posteriormente continua en dirección Norte en paralelo con la carretera Torreón – Jiménez y en colindancia con cuatro predios existentes dentro del ejido Banco Nacional Agrario hasta la tratamiento de tratamiento con una longitud en este tramo de 1,562.25 m.

Tramo 3. De la planta de potabilizadora se propone el trazo en dirección Noroeste con una longitud de 12,350.50 m, colinda con dos predios de cultivo a la salida de la planta potabilizadora, atraviesa cinco ejidos (Cuba, La Sierrita, San Isidro, 29 de Agosto, y Amapolas), también la carretera federal Torreón – Jiménez y un canal antes del siguiente vertice.



Ilustración 3-89 Planta de tramos 1, 2 y 3 del trazo propuesto por CONAGUA (Fuente: Google Earth)

Tramo 4. El siguiente tramo de la propuesta se desarrolla en dirección Noroeste con una longitud de 13,794.52 m en línea recta, a 76.0 m del inicio de este tramo cruza un gasoducto; antes del siguiente vértice la propuesta atraviesa dos ejidos Tlahualilo y Balcones.

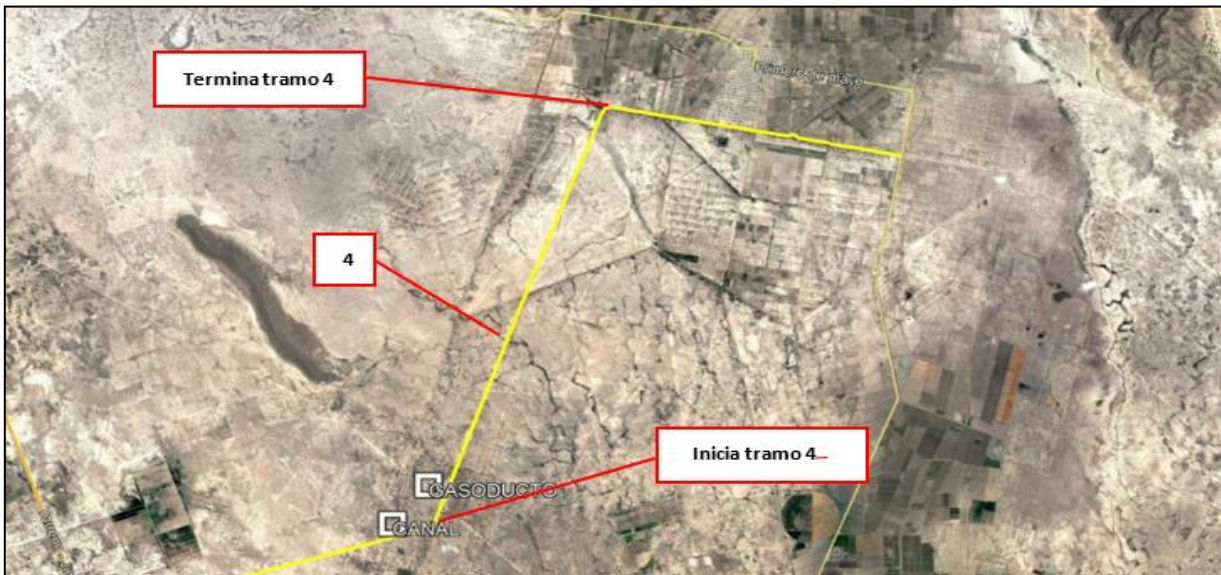


Ilustración 3-90 Planta de tramo 4 del trazo propuesto por CONAGUA (Fuente: Google Earth)

Tramo 5. Finalmente se tiene un tramo en dirección Este, hasta el Tanque CECEDA, el tramo se desarrolla por una vialidad de terracería, intercepta los ejidos Zaragoza de Tlahualilo, Pamplona y CECEDA: con una longitud de 8,462.18 m.

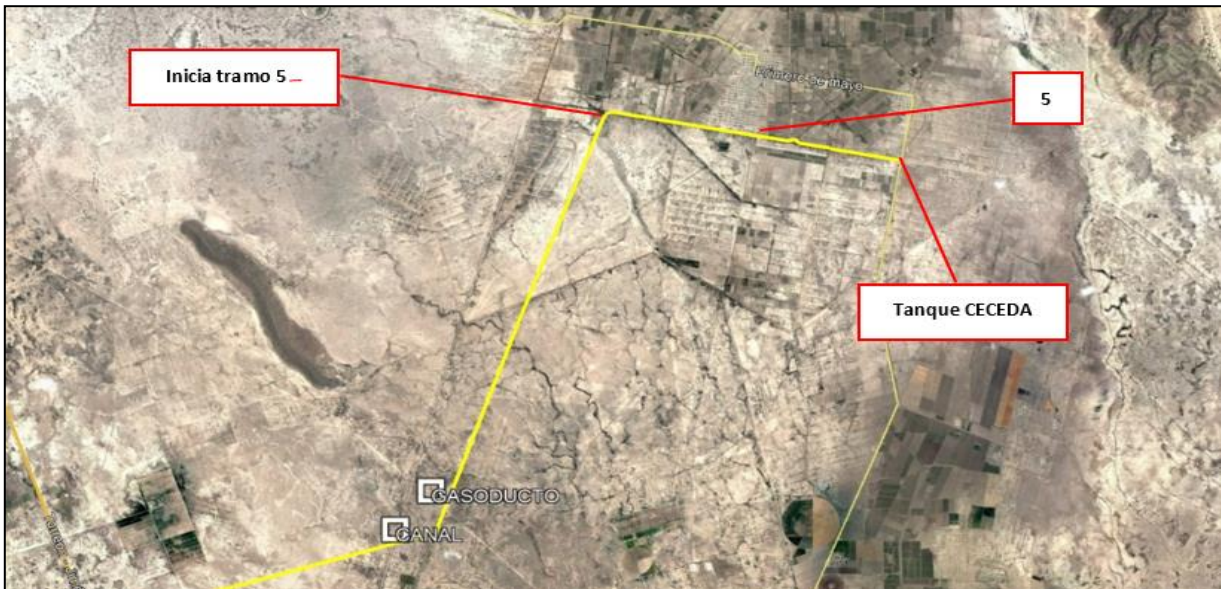


Ilustración 3-91 Planta de tramo 5 del trazo propuesto por CONAGUA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 1. La bifurcación inicia con el tramo 1, se desarrolla en paralelo por la carretera Jiménez – Torreón en dirección Sur, con un longitud total de 8.51 km hasta el tanque elevado ubicado en Bermejillo. Cruza únicamente el ejido de Bermejillo; y pasa por la periferia de los ejidos Banco Nacional Agrario y La Sierrita.

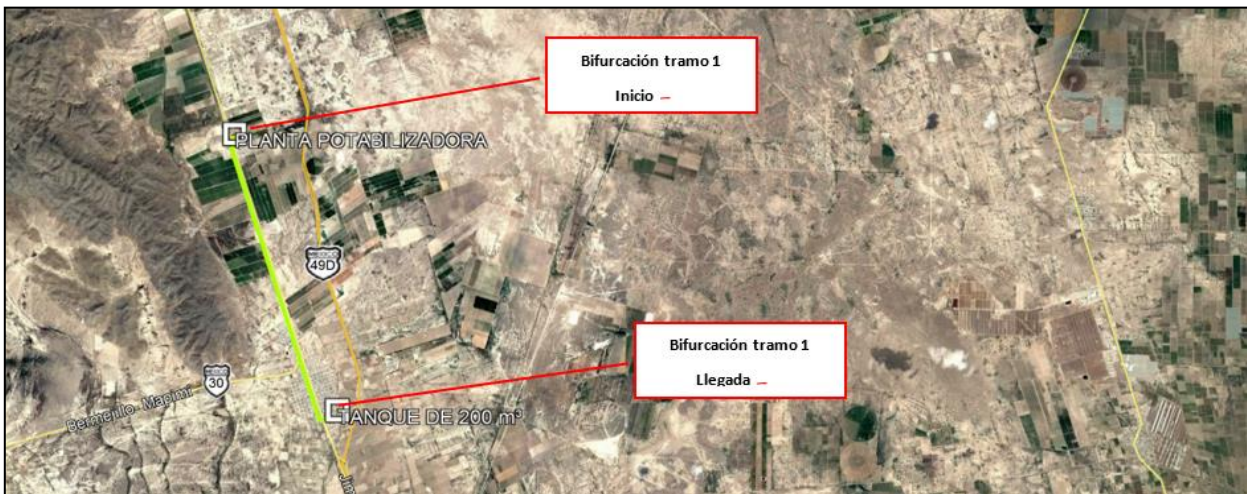


Ilustración 3-92 Planta de tramo 1 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 2. El tramo dos se divide a partir del tanque elevado hasta el tanque de rebombeo 2 con una longitud de 15.02 km, cruza el ejido de Bermejillo; y en paralelo sin cruzar los ejidos de 22 de Febrero, La Esperanza, Santa clara, Berlín, Lázaro Cárdenas, Brittingham y Dolores.

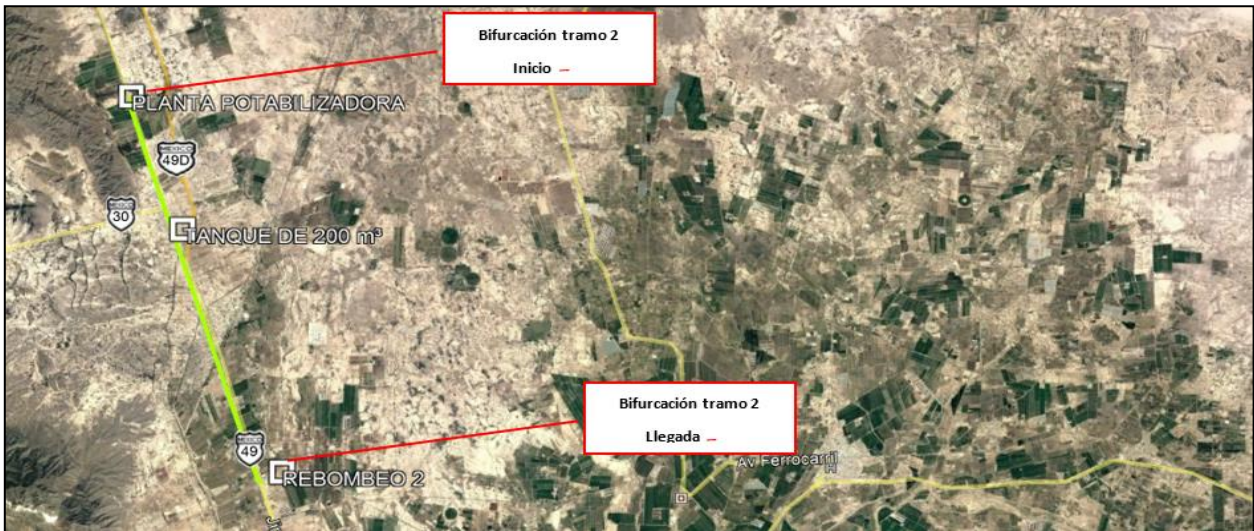


Ilustración 3-93 Planta de tramo 2 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 3. Enicia en el tanque de Rebomdeo 2 y llega hasta tanque de Rebomdeo 3 con una longitud de 11.09 km desarrollandose en direccìon Suereste. Cruza 4 ejidos, Brittingham, Dolores, Manila hasta llegar al ejido de La Competencia.



Ilustración 3-94 Planta de tramo 3 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 4. El tramo 4 de la bifurcación cuenta con una longitud de 8.00 km; no se visaliza el cruce con algún predio, estructura o tubería existente. Recorre a manera perimetral los ejidos de El Vergel y cruza el ejido de Casa Blanca a la llegada de Gómez Palacio en el cruce de las vialidades Jiménez – Torreon y Ejercito Nacional Mexicano (Periferico Gómez Palacio).



Ilustración 3-95 Planta de tramo 4 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth)

3.5.1.2 Trazo Alterno 1

La Propuesta CONAGUA con dos caminos alternos hacia el Tanque Lucero. EL primer Trazo alternativo cuenta con una longitud total de 33.60 km partiendo de la Planta Potabilizadora ubicada a un costado de la Carretera Federal Torreón – Jiménez recorriendo 6.45 km hasta llegar al centro de la Ciudad de Bermejillo, donde continua su trayecto través de la calle Donato Guerra por 1.35 km hasta cruzar con la Autopista Jiménez – Torreón, desde este punto inicia su trayecto de 4.70 km por un camino alternativo de terracería hasta el cruce con el canal Santa Rosa – Tlahualilo. A partir del Canal Santa Rosa – Tlahualilo recorre una longitud de 17.252 km por medio de caminos de terracería hasta descargar en el Tanque “El Lucero” ubicado en la Comunidad “El Lucero”.

A pesar de que esta alternativa a través de todo su desarrollo no afecta ningunos de los terrenos del Ejido ya que la conducción se llevaría a un lado de los caminos ya establecidos, pero esta propuesta no es la más conveniente por que el tanque “El Lucero” cuenta con una capacidad de almacenamiento máximo de 1,000 m3 lo cual no es suficiente para almacenar el gasto de aportación.



Ilustración 3-96 Trazo alternativo 1, Propuesta CONAGUA
Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3 Trazo Alterno 2

La segunda alternativa inicia su conducción desde la Planta de Tratamiento en la carretera federal Torreón – Jiménez por 3.0 km hasta la parte norte de la comunidad de Bermejillo donde atraviesa 1.59 km hasta cruzar con la Autopista Jiménez – Torreón, a partir de este punto se desarrolla a través de caminos alternos de terracería a través de las zonas de riego hasta cruzar con el Canal Santa Rosa – Tlahualilo, esta propuesta continua su trayecto entre los ejidos para conectar con la carretera principal en la comunidad Las Luisas hasta descargar en el Tanque de la Localidad El Lucero.

Esta propuesta cuenta con un trayecto de 34.85 km desde La Planta de Tratamiento hasta el Tanque el Lucero, afectando en todo el recorrido 7 ejidos, cruzando a través de las Zonas de Riego, Canales y Vías de Ferrocarril.

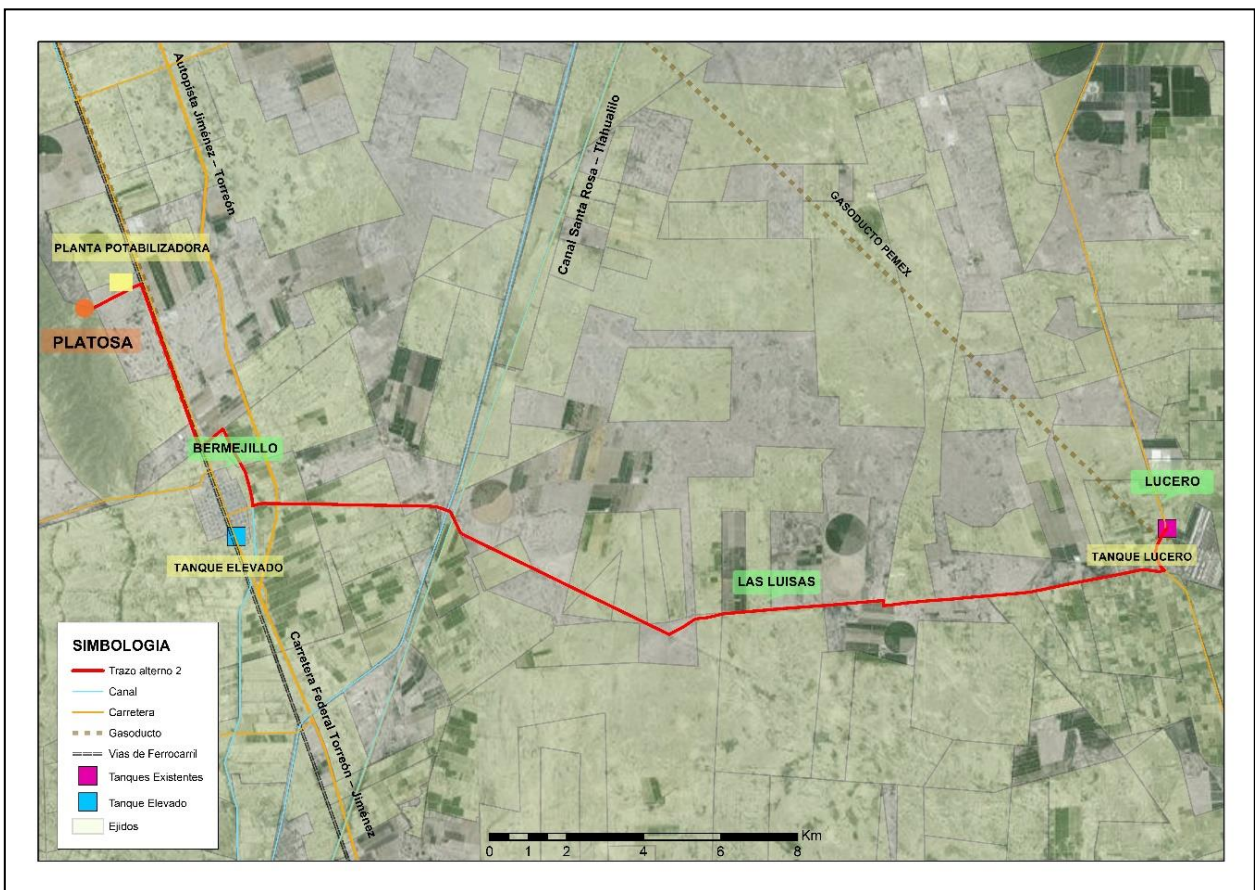


Ilustración 3-97 Trazo alternativo 2, Propuesta CONAGUA

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 1)

Para el trazo de la línea de conducción propuesta por el IMTA, se determinó el desarrollo de esta por zonas deshabitadas y cruzando el menor número de predios en la medida de lo posible, así como vialidades y cruces especiales que pueden incrementar el precio de su construcción. La primera conducción inicia en “La Platosa” y se desarrolla por los límites de los ejidos hasta el Tanque CECEDA, con una longitud total de 36.22 km y se divide en 4 tramos posteriormente descritos.

El segundo tramo se trata de una bifurcación que inicia en la carretera Jiménez – Torreón en intersección con el tramo 3; las bifurcaciones son 4 en total con una longitud de 43.23 km, abastecerá al tanque elevado de 200 m³, y los tanques Rebombeo 2 y Rebombeo 3; hasta llegar a la localidad de Gómez Palacio.

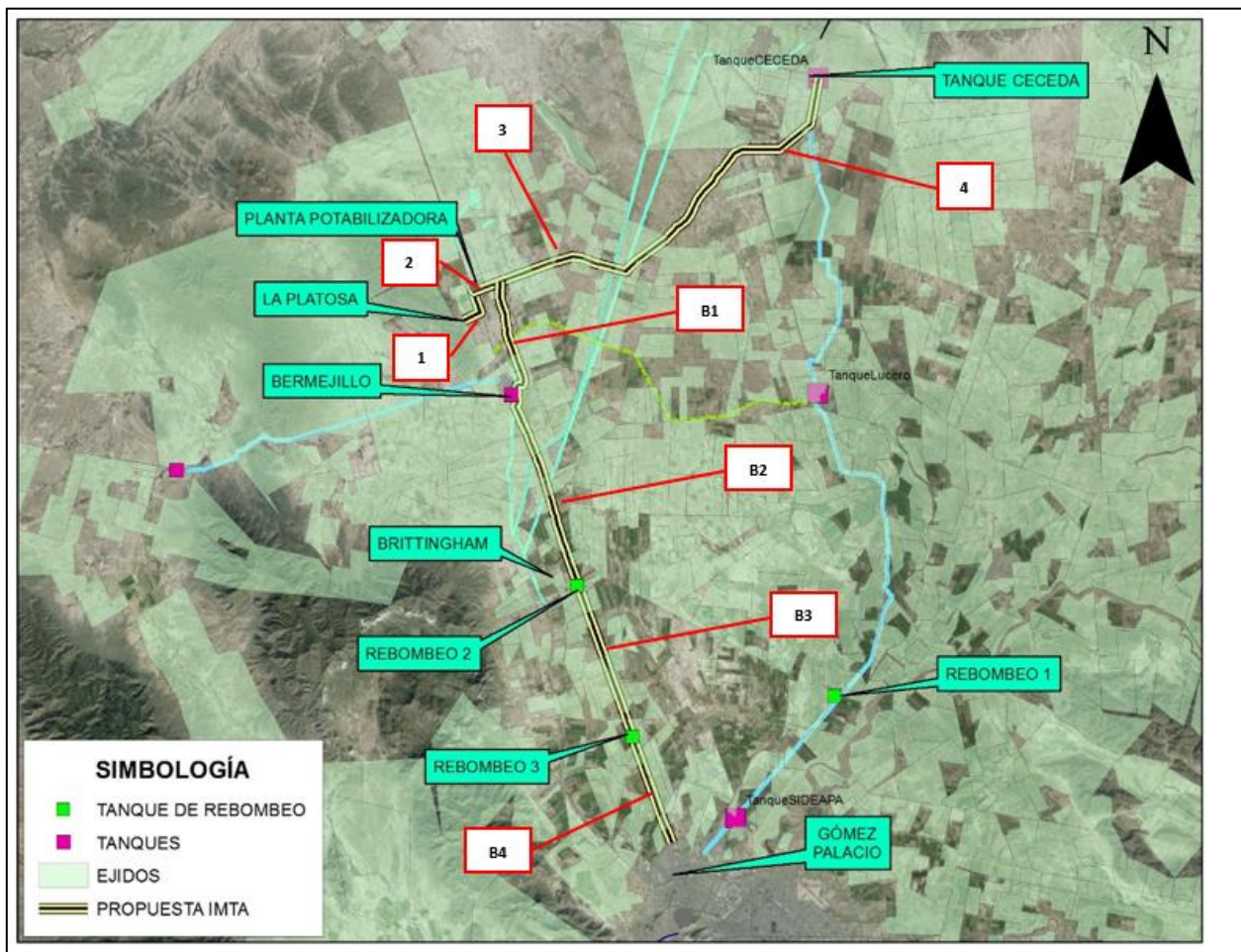


Ilustración 3-98 Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 1)
 Fuente: Elaboración propia

Para la descripción de la propuesta del IMTA, se muestra el brazo de conducción de la planta de tratamiento en dirección al tanque CECEDA. Se divide la conducción propuesta en 5 tramos del brazo superior y posteriormente se describen 4 tramos más de la bifurcación propuesta para el abastecimiento a Gómez Palacio.

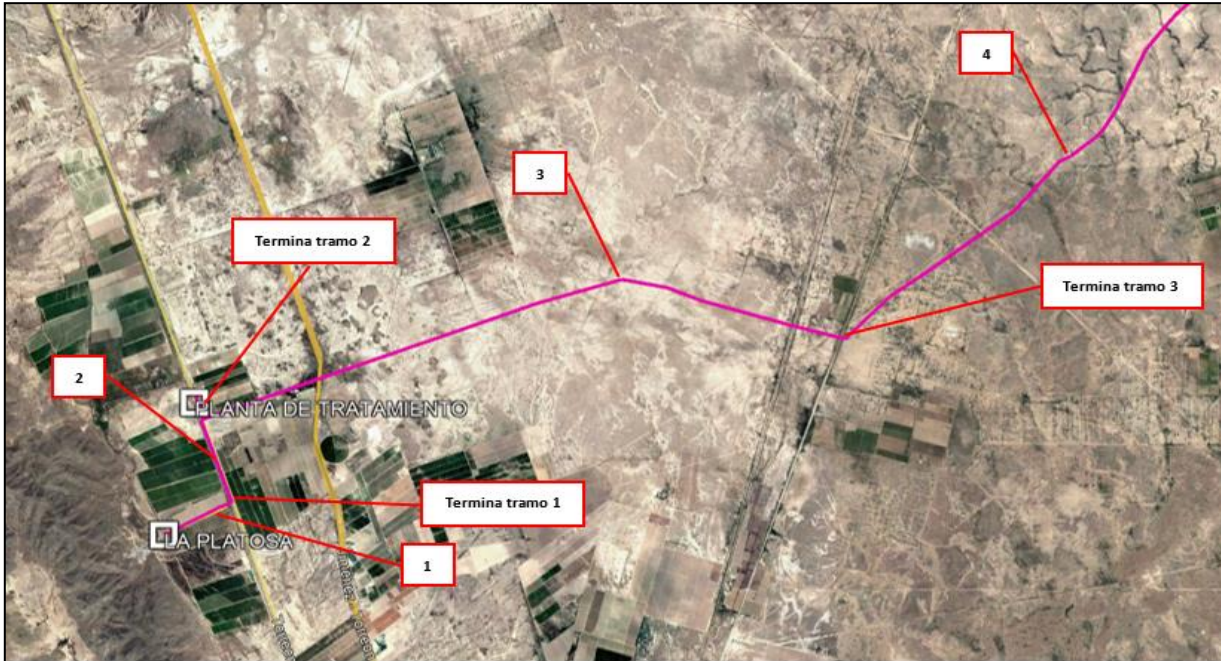


Ilustración 3-99 Planta del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Tramo 1. Este tramo tiene inicio en “La Platosa” y se desarrolla en dirección Este, con una longitud total de 4,402.80 m. Para este tramo no se presentan cruce con ejidos o vialidades existentes.



Ilustración 3-100 Planta de tramo 1 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Tramo 2. Inicia a partir del primer vertice en dirección Norte en paralelo con la carretera Torreón – Jiménez y en colindancia con cuatro predios existentes dentro del ejido Banco Nacional Agrario, el tramo llega hasta la planta de potabilizadora y cuenta con una longitud de 2,344.04 m.



Ilustración 3-101 Planta de tramo 2 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Tramo 3. Parte de la planta potabilizadora y se desarrolla en dirección Este con una longitud total de 2,502.26 m; el tramo atraviesa el predio denominado Cuba, que es donde se ubica la planta potabilizadora. El trazo de la línea de conducción propuesto, continua por el límite inferior del ejido La Sierrita, hasta llegar a la carretera federal Jiménez – Torreón, de donde se tiene una bifurcación en paralelo con la misma carretera en dirección Sur.



Ilustración 3-102 Planta de tramo 3 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Tramo 4. Inicia en la carretera federal Torreón – Jiménez, con una longitud de 9.40 km, le antecede una derivación en dirección sur. Cruza por 4 ejidos La Sierrita, San Isidro, Amapolas y Loma Verde; y se desarrolla por los límites de 2 ejidos 29 de Agosto y San Isidro II. En este tramo se presentan dos cruce con canales existentes.



Ilustración 3-103 Planta de tramo 4 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Tramo 5. Este tramo tiene una longitud total de 20.97 km, se desarrolla en dirección Noroeste hasta el tanque CECEDA; cruza únicamente el ejido de CECEDA y a la vez por los límites de los ejidos Amapolas, Lucero II, Zaragoza de Tlahualilo, y Guardiana.

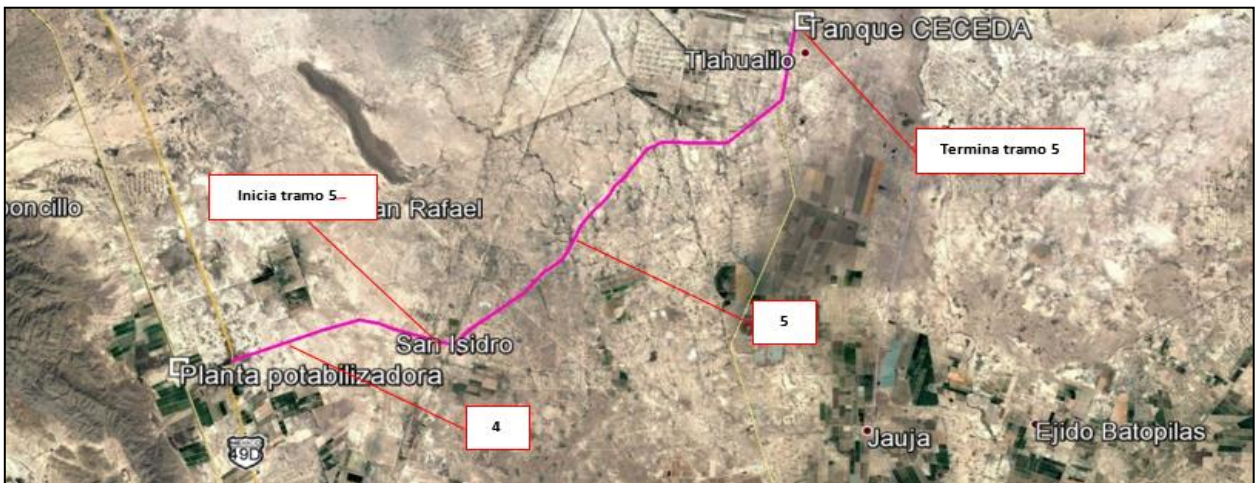


Ilustración 3-104 Planta de tramo 5 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 1. La bifurcación inicia con el tramo 1, se desarrolla en paralelo por la carretera Jiménez – Torreon en dirección Sur, con un longitud total de 9.10 km hasta el tanque elevado ubicado en Bermejillo. Cruza por del ejidos 18 de Marzo y Bermejillo.



Ilustración 3-105 Planta de tramo 1 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 2. El tramo dos se divide a partir del tanque elevado hasta el tanque de rebombeo 2 con una longitud de 15.52 km, cruza 5 ejidos Bermejillo, La Esperanza, Berlin y Santa Clara hasta llegar al ejido de Brittingham.



Ilustración 3-106 Planta de tramo 2 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 3. Enicia en el tanque de rebombío 2 y llega hasta tanque de rebombío 3 con una longitud de 11.30 km desarrollandose en direcciòn Suereste. Cruza 4 ejidos, Brittingham, Dolores, Manila hasta llegar al ejido de La Competencia.



Ilustración 3-107 Planta de tramo 3 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

Bifurcación Tramo 4. El tramo 4 de la bifurcación cuenta con una longitud de 8.04 km; no se visualiza el cruce con algún predio, estructura o tubería existente. Recorre a manera perimetral los ejidos de El Vergel y cruza el ejido de Casa Blanca a la llegada de Gómez Palacio en el cruce de las vialidades Jiménez – Torreon y Ejercito Nacional Mexicano (Periferico Gómez Palacio).



Ilustración 3-108 Planta de tramo 4 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth)

3.5.3 Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 2)

El funcionamiento hidráulico para el sistema de conducción de la Propuesta IMTA (Opción 2) cuenta con una longitud total de 114.65 km, iniciando su desarrollo desde “La Platosa” hacia la Planta de Tratamiento, a partir de aquí, la conducción se divide en 3 tramos para abastecer por medio de bifurcaciones las comunidades de Tlahualilo, Ceceda, San Isidro, Lucero, Bermejillo, Brittingham, La Popular y Gómez Palacio, a través de todo su trayecto la Línea de Conducción cruza con la Carretera Federal Torreón – Jiménez , Autopista Jiménez – Torreón, el Canal Santa Rosa – Tlahualilo y un Gasoducto de PEMEX. Esta propuesta en su mayoría se desarrolla a la margen de caminos y canales en todo su trayecto por lo que no afecta en ninguna manera a los terrenos ejidatarios.

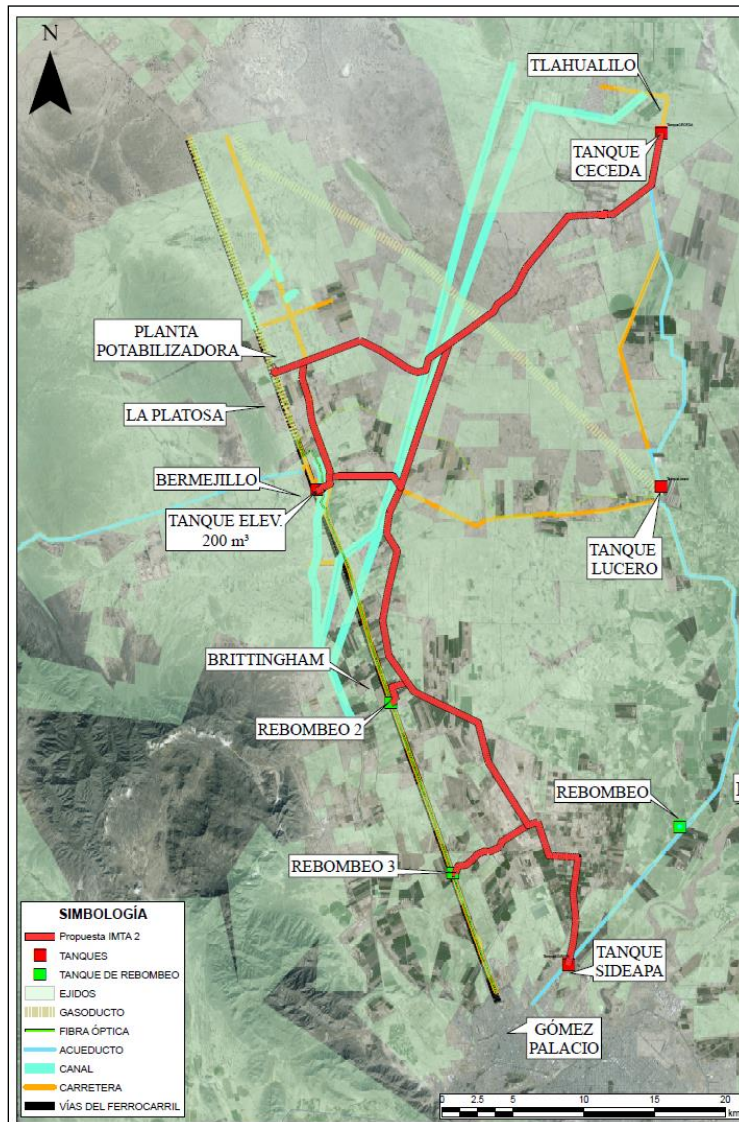


Ilustración 3-109 Línea de conducción de la Propuesta IMTA (Opción 2)
Fuente: Elaboración propia

3.5.3.1 Tramo 1

El primer segmento de la Línea de Conducción propuesta por el IMTA comienza su desarrollo desde la mina “La Platosa” donde transporta el agua extraída por la mina para ser tratada en la planta ubicada a 3.5 km al norte de la mina, a la margen derecha de la Carretera Federal Torreón – Jiménez, su primer tramo inicia a un costado de la planta a través de una calle alterna hasta la bifurcación 1 ubicada en el cruce con la Autopista Jiménez – Torreón donde recorre una longitud cerca de 2 km.

El siguiente segmento comienza desde el punto de bifurcación hasta el cruce con el Canal Santa Rosa – Tlahualilo, donde recorre una longitud de alrededor 11.7 km cruzando predios destinados a Zonas de Riego pero sin afectar ningún terreno del ejido, en este tramo el primer cruce se encuentra con el Canal Viejo Tlahualilo continuando su trayecto por camino alterno a la margen de este Canal por casi 1km para después atravesar y cruzar con el Canal Santa Rosa – Tlahualilo.

A partir de este punto, la línea de conducción toma rumbo por la comunidad de San Isidro donde se ubica la segunda bifurcación de la línea de proyecto, continuando a través de un camino de terracería el cual recorre una longitud de 19.2 km hasta su intercepción con la Carretera Federal a Tlahualilo en la parte norte de la localidad de San Martín, continuando por la margen de la carretera pasando por las localidades de Tlahualilo y Ceceda para descargar en el Tanque “Ceceda”.

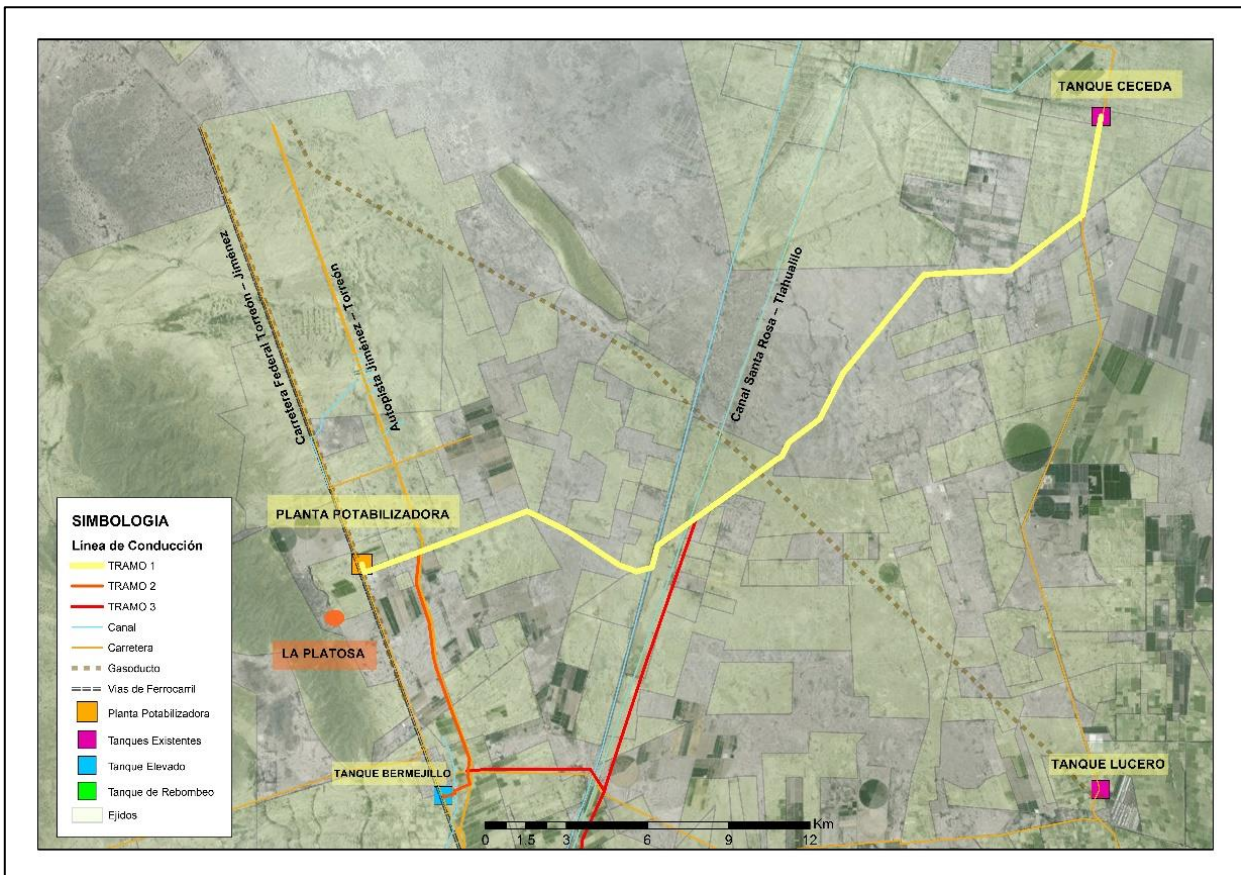


Ilustración 3-110 Tramo 1. Planta Potabilizadora – Tanque Ceceda

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2 Tramo 2

El tramo 4 cuenta con una longitud de 10.1 km, este inicia su trayecto en la bifurcación 1, localizada en el cruce con la Autopista Jiménez – Torreón donde se desarrolla a través de esta hasta llegar al norte de la comunidad de Bermejillo para abastecer al Tanque Elevado “Bermejillo”.

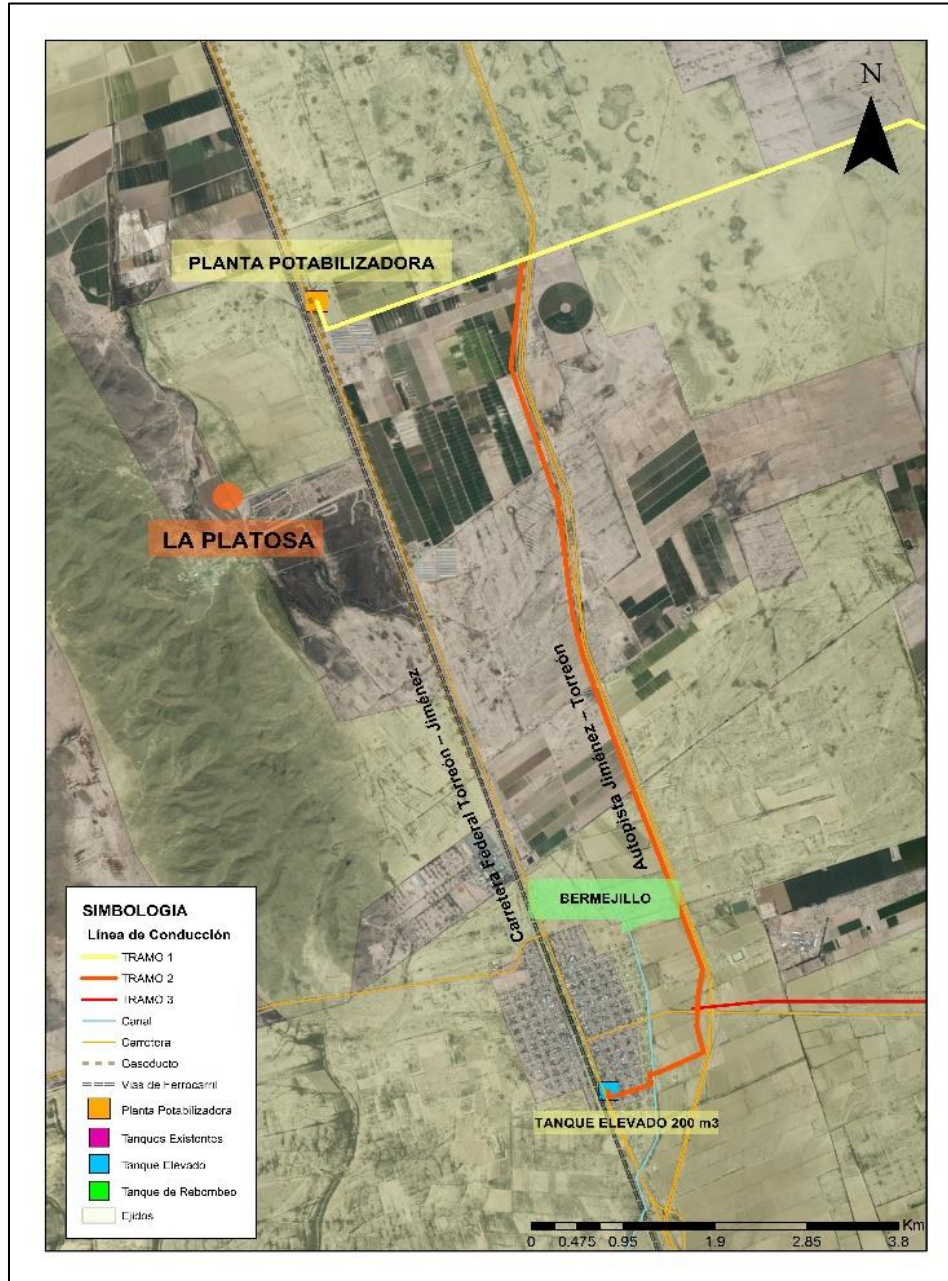


Ilustración 3-111 Tramo 2. Planta Potabilizadora – Tanque Elevado Bermejillo
 Fuente: Elaboración propia

3.5.3.3 Tramo 3

Este tiene lugar en la Comunidad de San Isidro partiendo de la Bifurcación 2 con rumbo al sur de Durango, siendo el Tramo 5 con mayor longitud de la Propuesta IMTA se desarrolla a la paralela del Canal Santa Rosa – Tlahualilo a un costado del camino de terracería, recorriendo una longitud de XXX hasta su conclusión con el Tanque Gómez Palacio. A través de este tramo se localizan 4 Bifurcaciones, todas estas con el fin de abastecer a las comunidades alternas a esta Línea de Conducción.

La Primera bifurcación de este tramo se encuentra en el km 10.46 la cual abastece a la Comunidad de Bermejillo, ubicada en la parte Oeste de la Línea, la cual recorre una longitud de 5.50 desde la Bifurcación hasta Bermejillo. La 2° Bifurcación localizada en el Km 2.55 es encargada de abastecer a la Comunidad de Britingham, la 3° Bifurcación la cual recorre una longitud 6.78 dota a una comunidad pequeña ubicada a un costado de la Carretera Federal Torreón – Jiménez. La 4° y última Bifurcación de este tramo conectan y abastece a la Comunidad La Popular DGO que se encuentra a la margen de este tramo donde continúa el trayecto hasta llegar al Tanque Gómez Palacio.

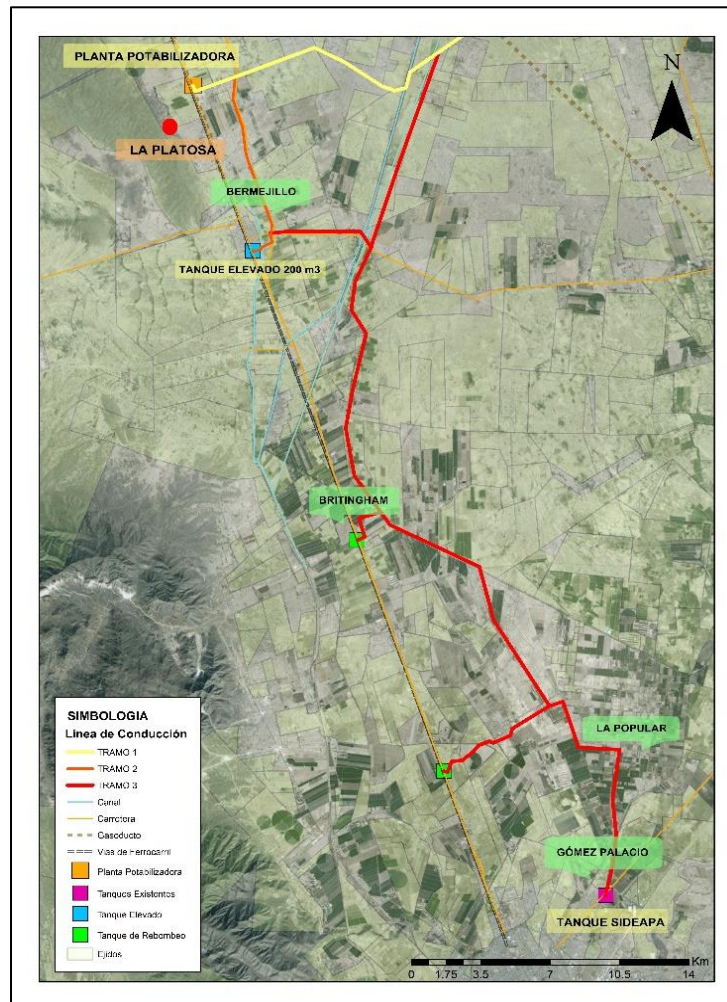


Ilustración 3-112 Tramo 3. Planta Potabilizadora – Gómez Palacio

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 3)

Esta propuesta se basa en el trazo de 94.68 km de acueducto que conducirán el agua para las comunidades antes mencionadas, teniendo algunas diferencias mínimas con la opción 2. A partir de las pozas de extracción de agua de la mina se propone colocar la planta potabilizadora en un terreno contiguo, donde se ha visto la factibilidad de poder realizarse. De la planta potabilizadora se instalarán bombas que impulsen el agua al tanque Ceceda, ubicado en la población de Tlahualilo, con una línea de 33.83 km a partir de la bifurcación.

De la primera bifurcación continua con una línea de 29.45 km, hasta llegar a una segunda bifurcación, donde se proponen 2 líneas que transporten el agua, la primera hacia el este (con dirección a la colonia Popular) con una longitud de 1.76 km y la segunda con dirección al oeste con un punto de destino la colonia el Vergel a través de una línea que recorre 8.67 km.

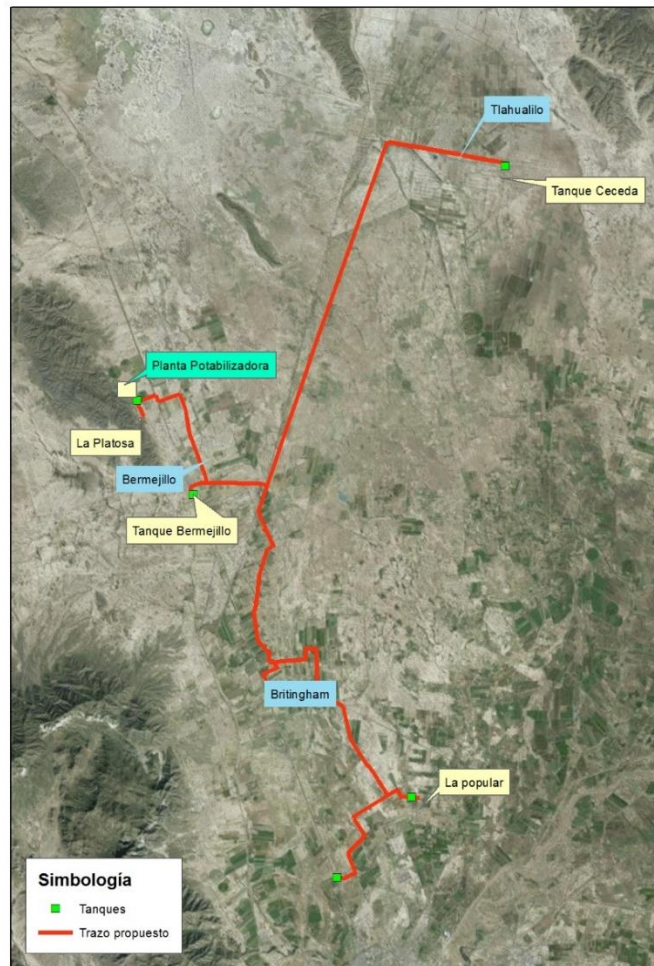


Ilustración 3-113 propuesta IMTA
Fuente: Elaboración propia

A esta propuesta se incluyen 3 depósitos en esta propuesta, la primera en la planta potabilizadora, la segunda en la colonia la popular y un último ubicado en la colonia el Vergel.

3.6 Proyecto funcional y geométrico de los tanques de regularización

El tanque de regulación (almacenamiento en algunos casos) es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable que recibe un gasto desde la fuente de abastecimiento para satisfacer las demandas variables de la población a lo largo del día; permite el almacenamiento de un volumen de agua cuando la demanda en la población es menor que el gasto de llegada y el agua almacenada se utiliza cuando la demanda es mayor. Generalmente esta regulación se hace por periodos de 24 horas.

Cuando además de la regulación se proporciona un volumen adicional para almacenar agua en el tanque, se dispone entonces de una cantidad como reserva con el objeto de no suspender el servicio en caso de desperfectos en la captación o en la conducción, el volumen de agua de reserva, generalmente se utiliza para satisfacer demandas extraordinarias en la población, como es el caso de combate a incendios.

La ubicación del tanque propuesta se tiene establecida en la siguiente ilustración:

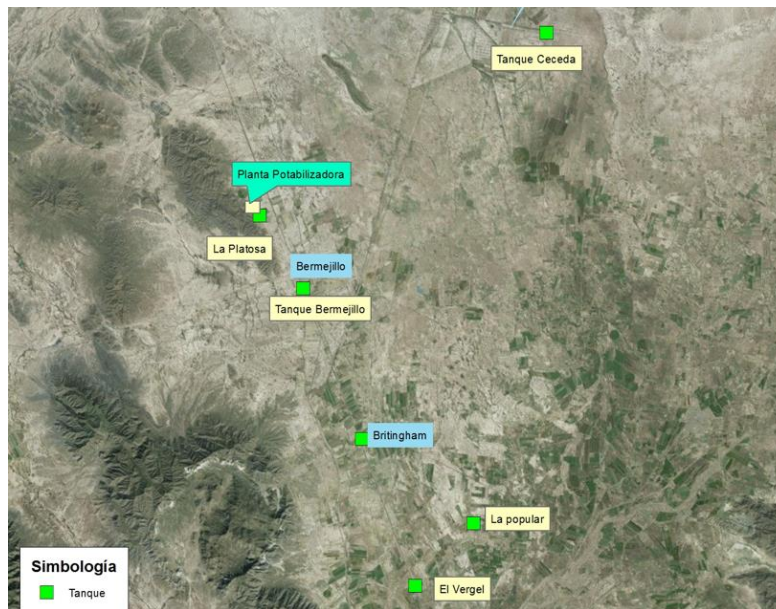


Ilustración 3-114 Ubicación del tanque de regularización.
Fuente: Elaboración propia

En la propuesta se encuentra el que el tanque Ceceda con una capacidad de 1120 m³, regule el agua para la zona de Tlahualilo, para Bermejillo (200 m³) y Brittingham (500 m³).

Se proponen 2 tanques de regularización: Uno ubicado en la colonia la Popular y el otro en el Vergel.

3.6.1 Capacidad del Tanque de Regularización

La capacidad de los tanques de regulación queda definida por las necesidades de consumo de las localidades por servir. En localidades urbanas grandes y principalmente las ciudades de gran importancia comercial, industrial y turística, se deberá hacer un estudio adecuado que tome en cuenta, además de la capacidad de regulación, un volumen de reserva para cubrir demandas contra incendio, interrupciones frecuentes de energía eléctrica o demandas extraordinarias que se presenten durante la época de máxima concentración de población flotante.

3.6.1.1 Coeficiente de regulación

La capacidad del tanque está en función del gasto máximo diario y la ley de demandas de la localidad, calculándose ya sea por métodos analíticos o gráficos.

El coeficiente de regulación está en función del tiempo (número de horas por día) de alimentación de las fuentes de abastecimiento al tanque, requiriéndose almacenar el agua en las horas de baja demanda, para distribuirla en las de alta demanda.

Operación del Tanque.

Se establece que para la extracción del agua de la mina, se tenga 4 bombas que trabajen las 24 horas. Con esto se presenta la operación en la siguiente tabla:

Tabla 3-45 Operación de los equipos de bombeo

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
l/s	697	697	697	697	697	697	697	697	697	697	697	697	697

Tabla 2 28 Operación de los equipos de bombeo (continuación)

Hora	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
l/s	697	697	697	697	697	697	697	697	697	697	697

Coeficiente de regulación.

El coeficiente de regulación está en función del tiempo (número de horas por día) de alimentación de las fuentes de abastecimiento al tanque, requiriéndose almacenar el agua en las horas de baja demanda, para distribuirla en las de alta demanda.

Con estudios realizados por la CONAGUA y el IMTA, se establecen una serie de valores de acuerdo con el tiempo de suministro al tanque.

Tabla 3-46 Coeficientes de regulación

Tiempo de suministro al tanque (horas)	Coeficiente de regulación
24	11.0
20 (De las 4 a las 24 horas)	9.0
16 (De las 5 a las 21 horas)	19.0

Fuente: CONAGUA

3.6.1.2 Dimensionamiento

Para determinar la capacidad del tanque de regulación se utiliza la siguiente ecuación, más el volumen considerado para situaciones de emergencia.

$$C = RQ_{md}$$

Donde:

C= Capacidad del tanque en m³

R= Coeficiente de regulación

Q_{md}= Gasto máximo diario en l/s

Luego entonces, se analiza la capacidad del tanque con el coeficiente de regulación de la tabla anterior y considerando 3 gastos: para la Platosa 967 l/s, el Vergel 667 l/s y la Popular con 240 l/s, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3-47.

Tabla 3-47 Capacidad del Tanque de regularización con los diferentes

R	Capacidad del tanque (m ³)		
	Vergel	La Platosa	Popular
11	7,337	10,637	2,640
9	6,003	8,703	2,160
19	12,673	18,373	4,560

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados se comparan con el modelo hidráulico para definir un volumen final.

3.6.2 Tanque en la planta de tratamiento la Platosa

La ubicación propuesta para el tanque de regularización se tiene en las coordenadas 634424.56, 2869823.99, se propone un tanque de 7000 m³ y que tenga una altura de 5 m. En la siguiente ilustración se presenta donde quedaría situado el tanque. De acuerdo con el análisis de la capacidad del tanque se requerían 10,637 m³, pero con un volumen de 7,000 m³ se establece un funcionamiento hidráulico adecuado, haciendo funcional el sistema.



Ilustración 3-115 Ubicación del tanque en la planta de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Propuesta del tanque de regulación

A partir del análisis hidráulico, se propone un tanque elevado que pueda almacenar una capacidad de 7000 m³, el material que se propone utilizar es acero. Y debe de estar integrado por:

- Muros estructurales o rigidizados
- Cimentación rígida o flexible.
- Piso o fondo
- Cubierta o tapa

3.6.4 Tanque la popular

El tanque la popular se establece la coordenada 653440.59, 2842375.82, de acuerdo con el análisis del coeficiente de regulación se tiene una capacidad propuesta con el análisis de capacidad de 2,640 m³ aunque con el modelo se prevé un volumen de 1000 m³. Por lo que se le considera un volumen de 1000 m³ al sistema



Ilustración 3-116 Ubicación del tanque la popular
Fuente: Elaboración propia

3.6.5 Tanque el Vergel.

El tercer tanque se ubica en la zona denominada el Vergel, este punto es donde se ha tomado en coordinación con el SIDEAPA para ser el punto donde se conecte con la línea que alimenta a la zona urbana de Gómez Palacio, este tanque se establece que regule una volumen de 7337 m³ de acuerdo con los coeficientes de regulación y de 2000 m³ que se obtienen mediante el modelo numérico.



Ilustración 3-117 Tanque el Vergel
Fuente: Elaboración propia

3.7 Proyecto funcional de la línea de conducción

3.7.1 Parámetros de diseño.

Gasto de diseño: El gasto de diseño para el año 2017 es de 967 l/s que se utilizarán para abastecer a 400, 568 habitantes, el material de la tubería es acero al carbón de diámetros variables, con lo cual se pretende suministrar 640 l/s a la zona de Gómez Palacio Urbano, 218 l/s para la parte de Gómez Palacio Rural, 71 l/s para Tlahualilo y para Bermejillo 38 l/s. La población que se atenderá para el año 2017 se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3-48 Resumen de la población atendida para el año 2017

Municipio o localidad	Población	Número de localidades	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s)	Gasto máximo horario (l/s)
Bermejillo	9,505	1	27	38	42
Tlahualilo	25,901	16	51	71	79
Gómez Palacio Rural	79,642	67	155	218	241
Gómez Palacio Urbano	159,891	1	457	640	709
Total	274,939	85	690	967	1,071

Fuente: *Elaboración propia*

3.7.2 Diámetro económico.

El diámetro al que se le puede considerar óptimo es aquel que tenga un costo de instalación idóneo, con un consumo de energético razonable,

Para partir de una primera estimación para obtener un diámetro de partida, se aplica la siguiente ecuación denominada Breese:

$$D_o = 1.2\sqrt{Q}$$

Donde:

D_o = El diámetro inicial (m)

Q = El gasto de diseño (m^3/s)

Resolviendo:

$$D_o = 1.2\sqrt{0.967}$$

$$D_o = 1.18 \text{ m} = 46 \text{ in}$$

Por lo que para el análisis se realiza con los diámetros de: 42, 44, 46, 48 y 50 pulgadas, y se analizará el costo energético y de construcción. Para el análisis energético se requiere consultar la página de la CFE donde indica el apartado tarifario. Para el caso de Gómez Palacio se establece en la región Norte.

Tabla 3-49 apartado tarifario de CFE (cfe.gob.mx)

REGIÓN	CARGO POR KILOWATT DE DEMANDA FACTURABLE	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA DE PUNTA		CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA INTERMEDIA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA DE BASE
Baja California	\$255.17	\$2.30		\$1.28	\$1.01
Baja California Sur	\$245.26	\$1.85		\$1.78	\$1.26
Central	\$176.83	\$2.20		\$1.42	\$1.19
Noreste	\$162.56	\$2.04		\$1.32	\$1.08
Noroeste	\$166.01	\$2.05		\$1.31	\$1.10
Norte	\$163.34	\$2.05		\$1.33	\$1.08

Además se tiene una tarifa diferente aplicable a diversos horarios en la semana, como se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 3-50 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre (cfe.gob.mx)

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00	20:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tabla 3-51 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril (cfe.gob.mx)

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00	18:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00	19:00 - 21:00
		21:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

A partir de la forma en que se aplican las tarifas por parte de CFE, se puede calcular el costo energético se obtiene con un promedio pesado de las tarifas aplicables en cada rango para toda la semana. Por lo cual se obtienen para el año 2018 el número de horas en año de acuerdo a los días y al tipo de consumo.

Tabla 3-52 Horas de consumo aplicables para el año 2018

Periodo	Lapso	Días	Base	Intermedio	Punta
01/01/2018-08/04/2018	Lunes-viernes	69	414	828	414
	Sábado	14	110.88	198.24	26.88
	Domingo	14	252	84	
08/04/2018 - 28/10/2018	Lunes-viernes	144	864	2004.48	587.52
	Sábado	29	201.84	494.16	

Periodo	Lapso	Días	Base	Intermedio	Punta
	Domingo	30	511.2	208.8	
28/10/2018 - 01/01/2019	Lunes-viernes	46	276	552	276
	Sábado	9	71.28	127.44	17.28
	Domingo	10	180	60	

Fuente: *Elaboración propia*

Entonces se tienen 2881.20 horas para el consumo base, 4557.12 horas para el consumo intermedio y 1321.68 horas para el consumo punta. Ahora se procede a calcular la carga por bombeo, de la siguiente manera:

Para el diámetro de 42 pulgadas, se calcula las pérdidas de fricción con la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f \frac{Lv^2}{D2g}$$

Donde_

f= Se calcula con el diagrama de Moody

L= 92.68 km

g= 9.81 m²/s

D= 42 pulgadas

Entonces resolviendo se tiene una pérdida por fricción de 62.25 m, ha este valor se le suman los desniveles del terreno resultando 80.25 m como carga del equipo.

Con la carga de bombeo se calcula la potencia necesaria con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{\eta} \gamma Q H_b$$

Donde=

P= Potencia en watts

Q= Gasto en m³/s

γ= Peso específico del agua (kg/m³)

η= Eficiencia

Despejando se obtiene:

$$P = \frac{1}{0.75} 9789(0.967)80.25$$

P = 1012.91 W

Ahora para conocer los costos por tipos de demanda, se realiza de la siguiente manera:

$$Demanda = Potencia * Costo hora * horas$$

$$D_{base} = 1012.91 * 1.08 * 2881.2$$

$$D_{base} = \$ 3,162,659.24$$

$$D_{intermedia} = \$ 6,153,051.30$$

$$D_{punta} = \$ 2,746,023.49$$

Y la demanda facturable se obtiene:

$$D_{Facturable} = Potencia * Costo hora * meses$$

$$D_{Facturable} = 1012.91 * 163.34 * 12$$

$$D_{Facturable} = \$ 1,985,380.35$$

Lo que da un costo total de \$ 14, 047,114.37 pesos

Ahora para transformar los costos de energía a valor presente se utiliza la siguiente ecuación:

$$Valor_{presente} = \frac{Valor_i}{(1 + r)^i}$$

Donde:

$Valor_i$ =Costo de operación para el año i

r= Tasa de actualización anual (tasa de descuento)

Resolviendo se tiene:

$$Valor_{presente} = \frac{14,047,114.37}{(1 + 0.012)^1}$$

$$Valor_{presente} = \$ 13,880,547.79$$

Además se calcula el costo de construcción con una tubería de 42 pulgadas, resultando: \$ 1, 173, 618,907.57 pesos. Este anterior cálculo se repite para los años posteriores, por lo que se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3-53 Resumen del costo a valor presente para la tubería de 12 pulgadas

Periodo	Año	Población	Q	Pérdida de carga	Carga de bombeo	Potencia	Carga por bombeo	Valor presente
0	2016	274,480	Proyecto y construcción					\$ 1,173,618,907.57
1	2017	274,940	967	62.25	80.25	1,012.91	\$14,047,114.37	\$ 13,880,547.79
2	2018	275,452	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 11,777,380.93
3	2019	275,976	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 11,637,728.20
4	2020	276,510	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 11,499,731.42
5	2021	277,056	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 11,363,370.97
6	2022	277,613	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 11,228,627.44
7	2023	278,182	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 11,095,481.66
8	2024	278,763	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,963,914.68

Periodo	Año	Población	Q	Pérdida de carga	Carga de bombeo	Potencia	Carga por bombeo	Valor presente	
9	2025	279,355	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,833,907.79	
10	2026	279,961	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,705,442.48	
11	2027	280,579	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,578,500.47	
12	2028	281,210	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,453,063.71	
13	2029	281,854	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,329,114.34	
14	2030	282,513	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,206,634.72	
15	2031	283,185	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 10,085,607.43	
16	2032	283,872	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 9,966,015.25	
17	2033	284,573	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 9,847,841.15	
18	2034	285,290	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 9,731,068.33	
19	2035	286,023	967	62.25	80.25	1,012.91	12,061,734.02	\$ 9,615,680.17	
total								\$231,158,326.70	\$1,379,418,566.49

En la siguiente tabla se presenta el análisis de los costos de construcción para las diferentes tuberías:

Tabla 3-54 costos de construcción para los diferentes diámetros utilizados

Diámetro	Costo de construcción
42	\$1,173,618,907.57
44	\$1,227,881,472.26
46	\$1,289,073,685.24
48	\$1,347,079,116.63
50	\$1,405,576,359.50

En resumen se tiene los siguientes resultados:

Tabla 3-55 Resumen de costo valor presente para los diámetros analizados

Diámetro	Carga por bombeo	Valor presente
42	\$231,158,326.70	\$1,379,418,566.49
44	\$198,168,314.63	\$1,404,310,208.96
46	\$169,277,748.63	\$1,439,781,225.94
48	\$147,005,172.92	\$1,477,957,440.93
50	\$129,641,762.11	\$1,520,996,084.17

El diámetro económico es que presenta ciertas características en cuanto al costo, y al dar que no se tiene una inflexión considerable dentro de nuestros diámetros para conocer a simple vista cual es el óptimo, se realiza una diferencia entre diámetros para conocer el que tenga una menor diferencia, es porque cuenta con un costo de bombeo y construcción idóneo para el trabajo. Resultado la tubería de 44 pulgadas con el menor costo en diferencias con su diámetro menor inmediato, por lo que el diámetro de esta tubería, se le considera como el diámetro económico del proyecto.

Esto quiere decir que en la propuesta debe de estar presente la línea de 44 pulgadas.

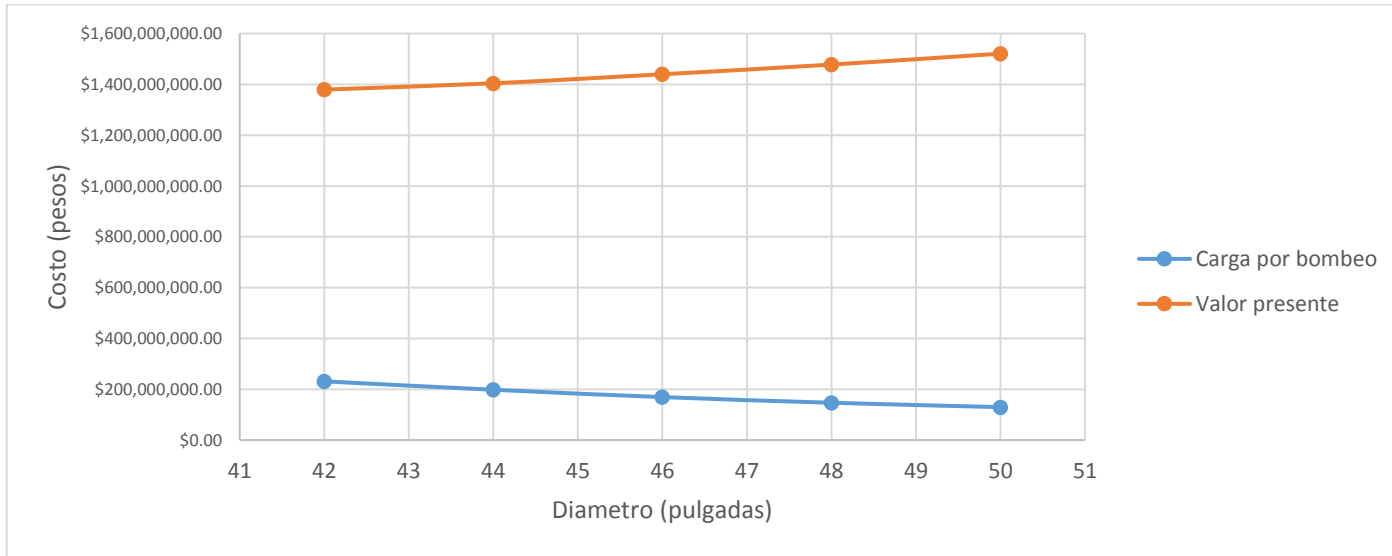


Ilustración 3-118 Graficas de los costos por bombeo y valor presente para los diferentes diámetros
Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Modelo hidráulico

Infoworks WS de Innowyze incluye un Centro de Importación de Información Abierta, que permite a los usuarios establecer un enlace directo a la información del SIG para la construcción y actualización de modelos. Para automatizar las actualizaciones del modelo desde el SIG, Infoworks WS mantiene un registro de identificadores (IDs) para cada elemento - uno para el modelo y otro para el SIG. InfoWater incluye herramientas que pueden ser usadas para sincronizar las características del SIG con los elementos del modelo de forma tal que si se realiza un cambio en una característica o en la geometría del modelo hidráulico (por ejemplo cambio del diámetro de la tubería), la modificación se puede reflejar automáticamente en la base de datos del GIS



El proyecto funcional consiste en tomar en cuenta la opción 3, donde se toma en cuenta 3 bombas para alimentar todo el sistema. Además de tener cerca de 94 km de red principal que dotara de agua a las comunidades de Tlahualilo, Bermejillo y Gómez Palacio. En la siguiente ilustración se presenta la planta del sistema en cuestión.

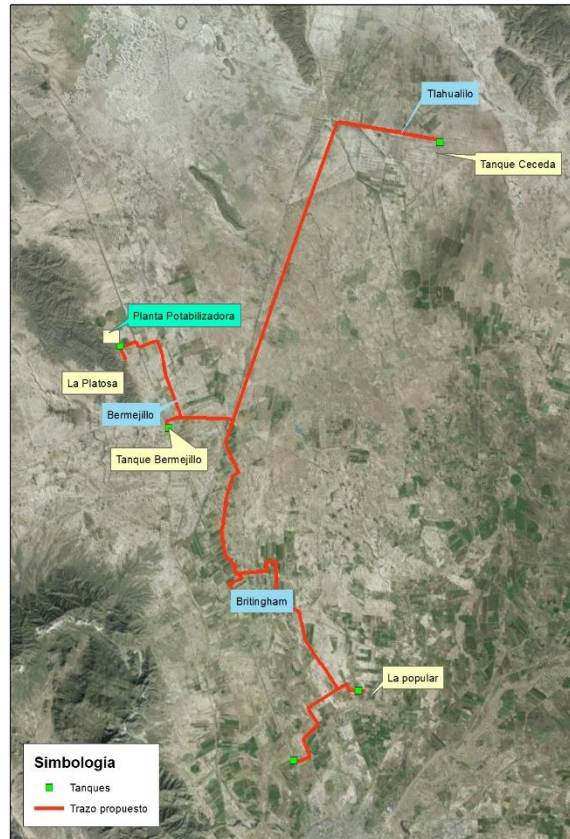


Ilustración 3-119 Proyecto funcional de la línea la Platosa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis donde se establece una dotación total de 967 l/s el diámetro de las tuberías queda de la siguiente manera:

Tabla 3-56 Diámetros de la línea de agua potable

Diámetro (in)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Longitud (km)
48	1219.00	35900.00	35.90
40	1016.00	17688.04	17.69
36	914.00	288.49	0.29
24	609.60	552.42	0.55
16	406.40	26775.00	26.78
12	304.80	12510.00	12.51
10	254.00	631.59	0.63
8	203.00	133.60	0.13
6	154.00	196.50	0.20

Fuente: Elaboración propia

El sistema se genera con la siguiente disposición en los siguientes diámetros: En la primera parte, que es la salida de la línea de la Platosa se tiene diámetros de 1219.2 mm, es decir de 48 pulgadas: las cuales, llegan hasta el cruce con Bermejillo, para la localidad mencionada se le brindara agua en un diámetro de 12 pulgadas.

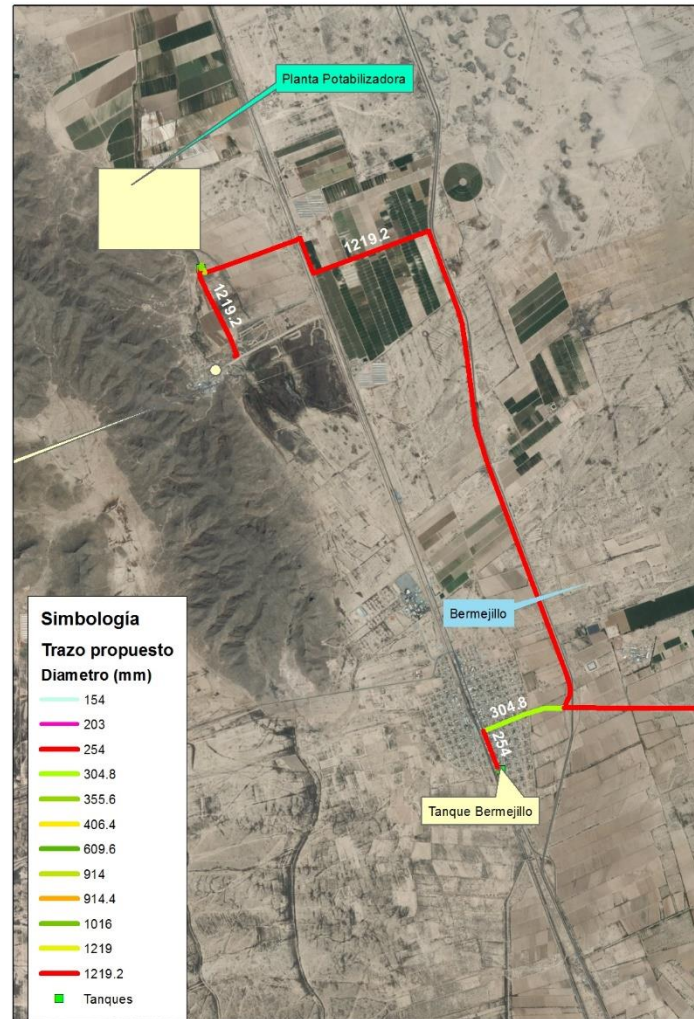


Ilustración 3-120 Línea en su tramo 1
Fuente: Elaboración propia

Para el segundo tramo que consiste en llevar el agua a Tlahualilo, se establece un diámetro de 406 mm es decir de 16 pulgadas, con las que se dispondrá del agua proyectada para que sea conducida al tanque Ceceda y posteriormente distribuir a las comunidades.

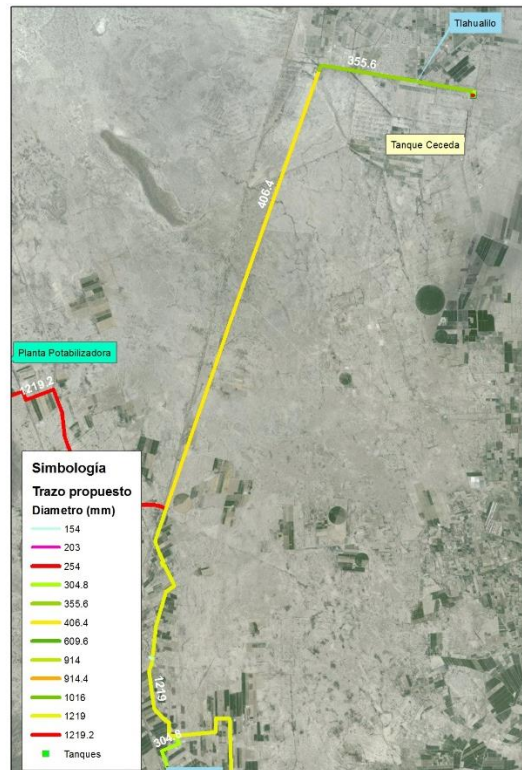


Ilustración 3-121 Línea en diámetro de 406 mm (color amarillo hacia Tlahualilo)
Fuente: Elaboración propia

Continuando con el análisis para llevar el agua hacia la zona sur del estudio se hace primeramente en una línea de 42 pulgadas, hasta pasar la localidad de Birmingham; de ahí el diámetro se modifica a 40 pulgadas hasta llegar a los tanques distribuidos en las colonias la popular y el vergel.

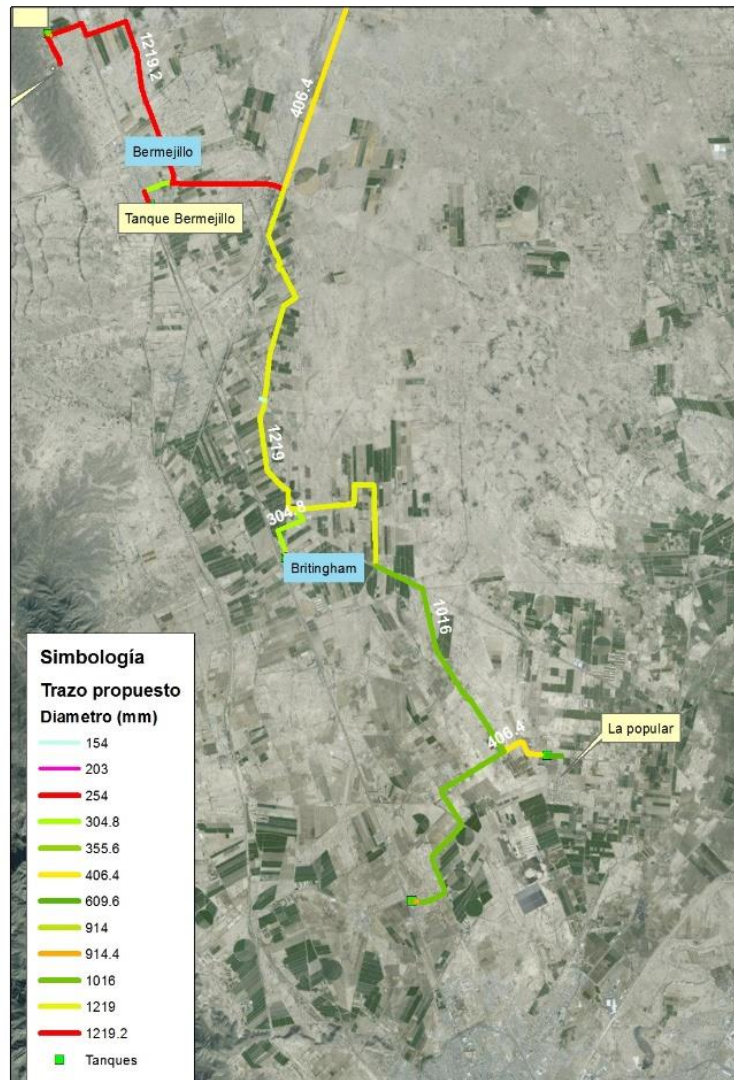


Ilustración 3-122 Líneas que conducen el agua hacia los tanque en las colonias la Popular y el vergel
Fuente: Elaboración propia

En resumen en la siguiente ilustración se presenta, los gastos que transporta la conducción por tramo, sus longitudes, ubicaciones de los tanques, por ejemplo si revisamos la conducción que recorre desde la mina hasta el Tanque cededa, se tiene que primeramente se encuentra una tubería de 1216.2 mm de diámetro es decir 48 pulgadas, con un gasto de 1052 l/s, posteriormente después de la planta de tratamiento se conducen 928.7 l/s, que son repartidos hacia Tlahualilo y la línea que llega al Vergel, en esta etapa recorre cerca de 14.34 km, en el cruce con el canal Santa Rosa, recorre hacia la población de Tlahualilo, cerca de 33.65 km conduciendo un gasto de 70.90 l/s con una tubería de 355 mm es decir 14 pulgadas hasta depositar ese flujo en el tanque Cededa. (Ver Ilustración 3-123)

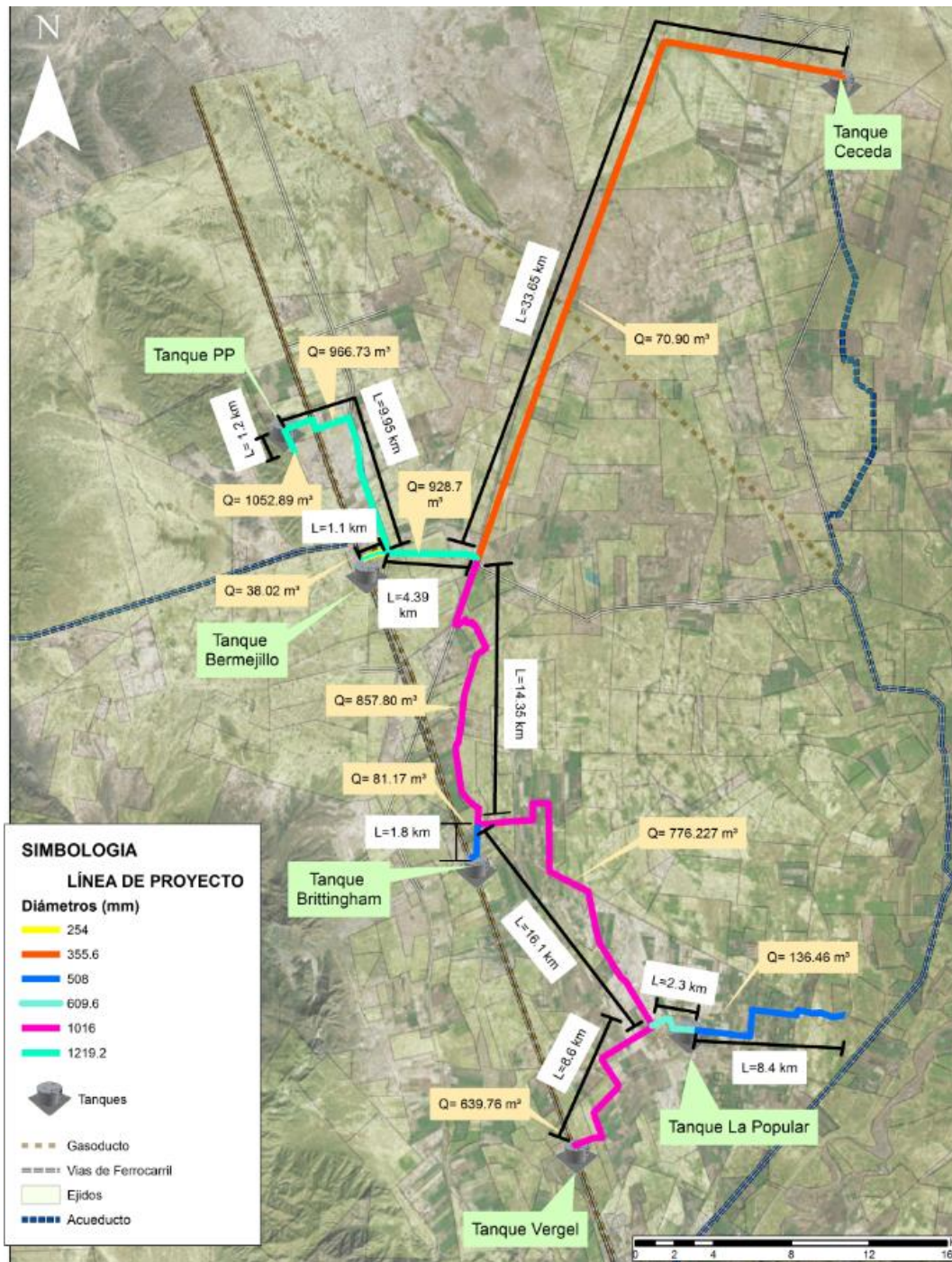


Ilustración 3-123 Proyecto funcional de la línea de conducción de Agua Potable
 Fuente: *Elaboración propia*

3.8 Proyecto funcional de cruces especiales

El trazo de la línea de conducción propuesta se generó a partir de estar dentro del derecho de vía de los caminos, aunque inevitable se cruzan calles, puentes vehiculares y de ferrocarriles, haciendo necesaria su identificación para establecer una costo aproximado de las obras.

En el trazo se han identificado 18 cruces especiales, de los cuales 8 son pasos para atravesar canales (7 revestidos y uno de tierra), 5 son alcantarillas transversales a la carretera, un paso de ferrocarril y 5 pasos vehiculares.

Se tiene la propuesta que para cada uno de los cruces se realice a través de una perforación dirigida, para evitar zanjas que generen obstrucciones a la población en general y coadyuve a evitar contratiempos con los habitantes de la zona.

En la siguiente ilustración se presenta en planta de los lugares.



Ilustración 3-124 Cruces especiales a lo largo de la línea de conducción de agua potable
Fuente: Elaboración propia

3.8.1 Método de perforación dirigida

El procedimiento habitual es la perforación asistida con fluidos. En este caso, la cabeza se empuja por una sarta de perforación a través del terreno. El fluido se bombea por el interior de la tubería que forma la sarta de perforación y retorna por el espacio que existe entre la sarta y las paredes de la perforación, con el detritus correspondiente, por lo que debe reciclarse para volver a utilizarse. Hay máquinas autónomas que llevan consigo los tanques de mezcla y las bombas del fluido, aunque en otras son sistemas independientes.



Ilustración 3-125 Método de perforación dirigida horizontal, fuente: <https://goo.gl/images/Hv5QHy>
 Fuente: Elaboración propia

3.8.1.1 Estructuras

3.8.1.1.1 Estructura 1

La primera estructura se localiza en las coordenadas 635701.55, 2870212.25, resultando una estructura de la de paso de vías de ferrocarril la cual cruza un vado y la autopista federal.

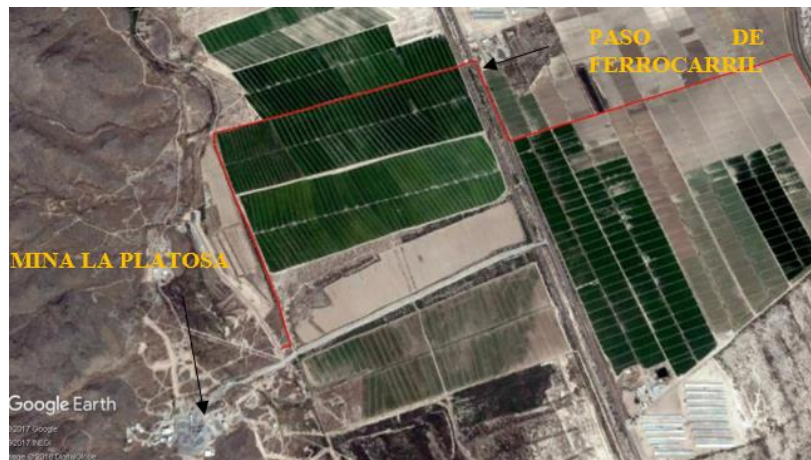


Ilustración 3-126 localización de las estructura las vías de ferrocarril.

El paso del ferrocarril, es una estructura compuesta por dos cabezotes, una viga, losa y un pilote central, las dimensiones del puente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-57. Dimensiones de la estructura de paso del ferrocarril.

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Pilar	2.00	1.30	6.48
Cabezote	5.29	1.30	6.57
Viga	0.50	0.90	13.80
Losa	3.96	0.20	13.80

Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 3-127 se tiene una imagen del lugar donde se encuentra el paso del vado y en Ilustración 3-128 se presenta una imagen en autocad de la estructura.



Ilustración 3-127 Estructuras 1, paso de vado de ferrocarril.

Fuente: Elaboración propia

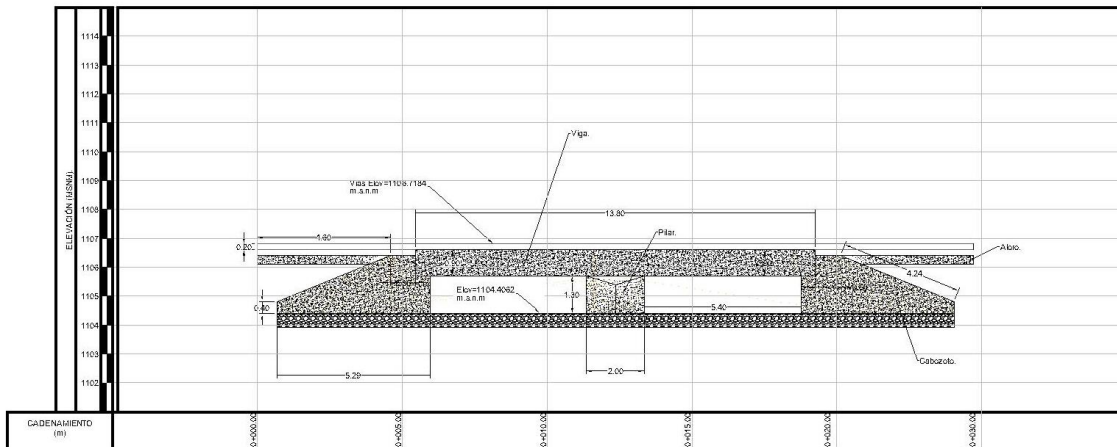


Ilustración 3-128 Levantamiento de estructura 1 en AutoCAD.

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.1.2 Estructura 2

La segunda estructura se localiza en las coordenadas 638157.027, 2867287.11, siendo un puente vehicular para incorporarse a la autopista de cuota Jiménez – Torreón, México 49D.



Ilustración 3-129 Puente vehicular en la autopista Jiménez-Torreón.

Fuente: Elaboración propia

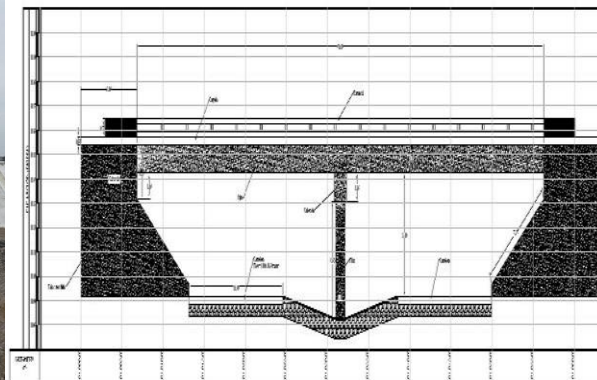
Es una estructura compuesta por dos cabezotes, 5 vigas, pilares, losa y un pilote central las dimensiones del puente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-58. Tabla de dimensiones paso vehicular.

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Pilar	1.10	4.85	1.10
Cabezote	8.32	2.25	6.80
5 Vigas	0.50	1.15	49.50
Losa	6.41	0.30	49.50

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración se presentan dos imágenes, la a) representa una vista en el lugar del puente de paso vehicular y en la imagen b) es un dibujo en corte de las medidas puntales de la estructura en autocad.



a)

b)

Ilustración 3-130 a) Estructura 2 puente vehicular paso desnivel y b) Levantamiento de estructura 2 en AutoCAD.

3.8.1.1.3 Estructura 3

La tercera estructura se localiza en las coordenadas 639229.395, 2864126.35 es un puente vehicular autopista Jiménez – Torreón, México 49D, además de ser una desviación para la comunidad de Bermejillo, en la siguiente imagen se muestra en planta la ubicación.



Ilustración 3-131 Localización de puente vehicular paso desnivel

Fuente: Elaboración propia

Esta estructura está compuesta por dos cabezotes, 5 vigas, losa y un pilote central, las dimensiones del puente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-59. Tabla de dimensiones estructura 3 paso vehicular

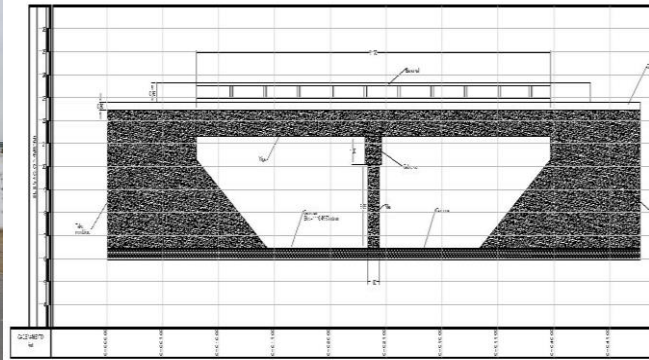
Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Pilar	1.00	3.65	1.00
Cabezote central	1.50	1.20	19.78
5 Vigas	0.50	1.15	49.50
Losa	19.78	1.17	19.22

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes ilustraciones se presenta una vista en el lugar del paso vehicular y además el corte en autocad con sus anotaciones.



a)



b)

Ilustración 3-132 a) Estructura 3 puente vehicular paso desnivel y b) Levantamiento de estructura 3 en AutoCAD.
 Fuente: *Elaboración propia*

3.8.1.1.4 Estructura 4

La cuarta estructura se localiza en las coordenadas 639985.202, 2864125.95, siendo un puente por el cual atraviesa un canal revestido, localizado en desviación a la Universidad de Chapingo de Durango. En la siguiente ilustración se muestra en Planta la ubicación.



Ilustración 3-133 Localización de puente sobre canal revestido

Esta es una estructura compuesta por un canal revestido de sección trapezoidal y una losa, en la siguiente tabla se presentan las dimensiones:

Tabla 3-60. Tabla de dimensiones estructura 4 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	3.00	0.60	11.74
Losa	3.00	0.25	11.74

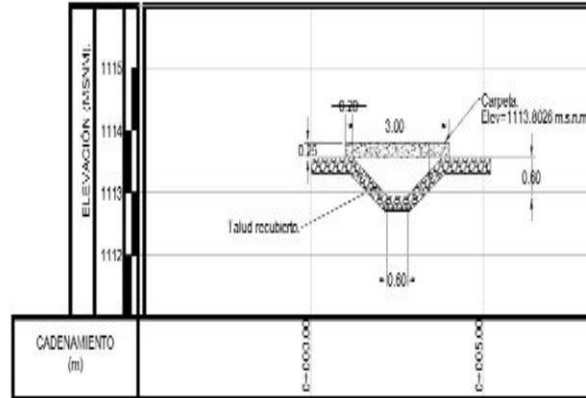


Ilustración 3-134 a) Estructura 4 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 4 en AutoCAD.
 Fuente: Elaboración propia

3.8.1.1.5 Estructura 5

La quinta estructura se localiza en la coordenada 643250.98, 2864010.45, resultando un puente por el cual atraviesa un arroyo en temporada de lluvias (ver Ilustración 3-135)



Ilustración 3-135 Localización de puente sobre canal sin revestir tramo 2 Bermejillo a Britinghan
 Fuente: Elaboración propia

Este puente está compuesto por 4 pilotes y una losa, las dimensiones se presenta a continuación:

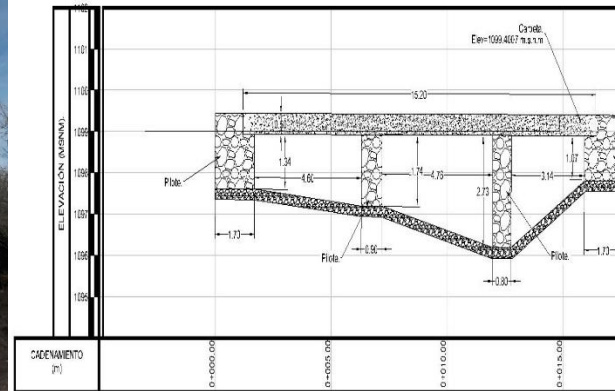
Tabla 3-61. Tabla de dimensiones estructura 5 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Pilote 1	1.70	1.37	7.27
Pilote 2	0.90	1.74	6.51
Pilote 3	0.80	2.73	4.62
Pilote 4	1.70	1.07	6.77

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Losa	4.62	0.50	15.20

Fuente: Elaboración propia

Además en la siguiente ilustración se presenta una imagen del sitio y un corte en el programa AutoCAD.



a)

b)

Ilustración 3-136 a) Estructura 5 Puente sobre canal sin revestir y b) Levantamiento de estructura 5 en AutoCAD.

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.1.6 Estructura 6

La sexta estructura se localiza en la coordenada 643385.821, 2863828.91, es un puente sobre canal revestido denominado santa rosa. En la siguiente ilustración se presenta la ubicación en planta de la estructura.



Ilustración 3-137 Localización de puente sobre canal revestido tramo 2 Bermejillo a Britinghan

Fuente: Elaboración propia

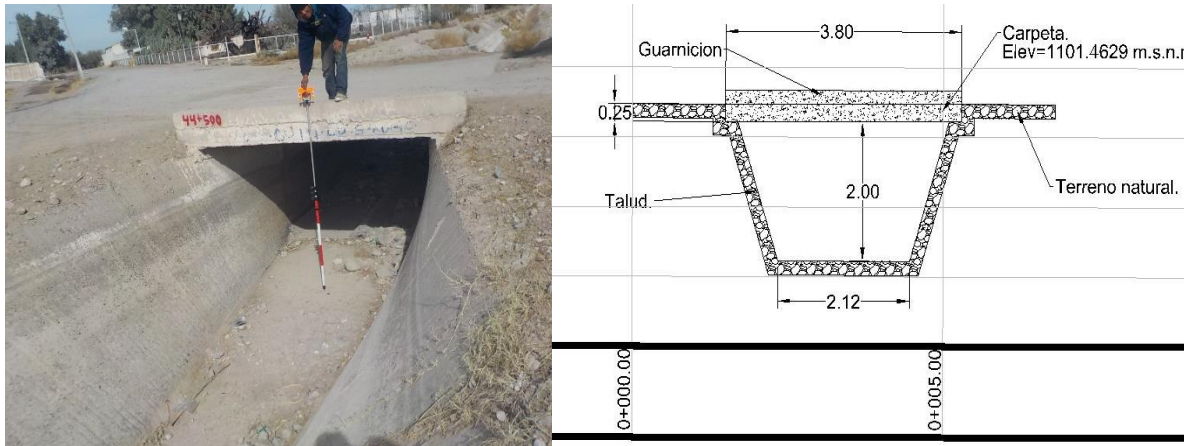
Las dimensiones del puente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-62. Tabla de dimensiones estructura 6 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	2.12	2.00	3.69
Losa	3.80	0.25	3.69

Fuente: *Elaboración propia*

En la siguiente ilustración se presenta una imagen del canal Santa Rosa y su sección con dimensiones.



a)

b)

Ilustración 3-138 a) Estructura 6 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 6 en AutoCAD.

Fuente: *Elaboración propia*

3.8.1.1.7 Estructura 7

La séptima estructura se localiza en la coordenada 642539.29, 2860857.03, es un puente sobre canal revestido que se encuentra cercano al poblado de Morelos, en la siguiente ilustración se presenta su ubicación en planta.

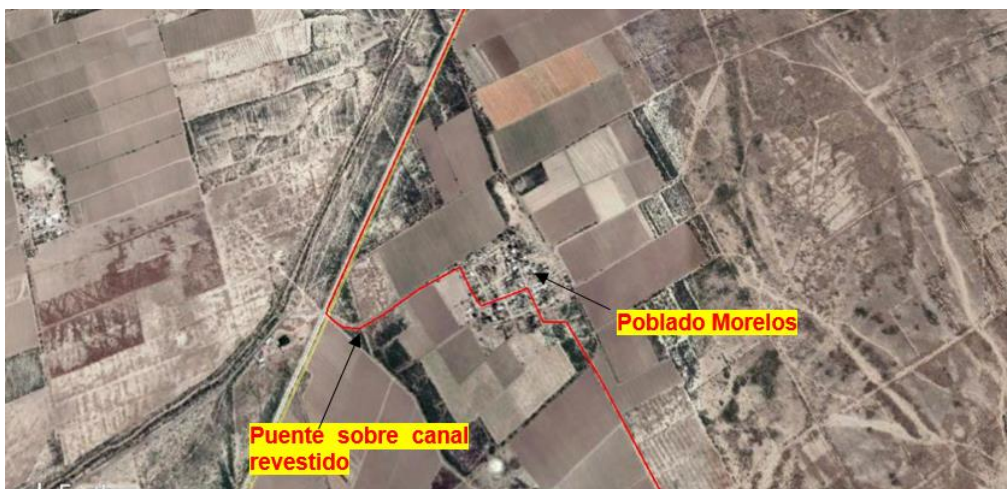


Ilustración 3-139 Localización de puente sobre canal revestido tramo 2 Bermejillo a Britinghan

Fuente: *Elaboración propia*

En cuanto a las dimensiones, en la siguiente tabla se presentan las dimensiones del canal y la losa:

Tabla 3-63. Tabla de dimensiones estructura 7 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	0.45	0.79	4.02
Losa	3.44	0.79	4.02

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración se presenta una imagen del canal revestido y la losa que actúa como puente, además de insertar una imagen con las características del dimensionamiento de la estructura.

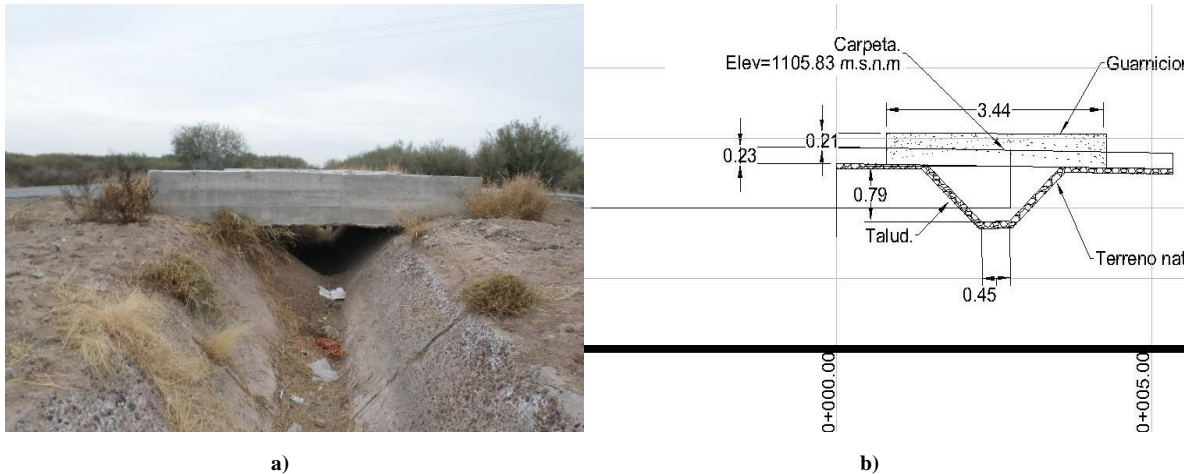


Ilustración 3-140 a) Estructura 7 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 7 en AutoCAD.
Fuente: Elaboración propia

3.8.1.1.8 Estructura 8

La octava estructura se localiza en la coordenada 643392.40, 2860731.64, siendo un puente ubicado sobre canal revestido de concreto, este se encuentra al final del poblado denominado Morelos (ver Ilustración 3-141).



Ilustración 3-141 Localización de puente sobre canal revestido tramo 2 Bermejillo a Britinghan

Esta estructura se encuentra compuesta por un canal y una losa, en la siguiente tabla se presentan las dimensiones:

Tabla 3-64. Tabla de dimensiones estructura 8 paso vehicular

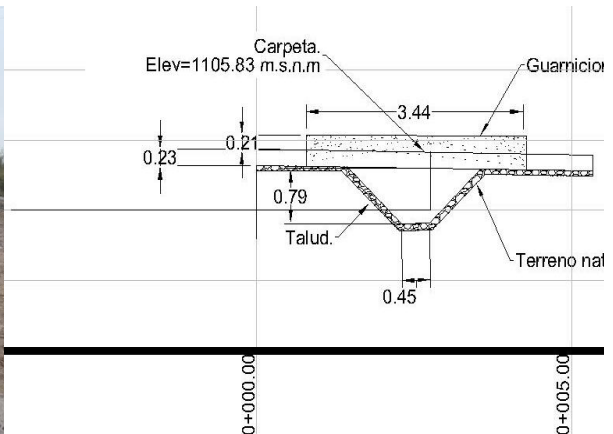
Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	0.35	0.61	2.80
Losa	2.36	0.20	2.80

Fuente: *Elaboración propia*

Este puente tiene una funcionalidad de paso vehicular, la siguiente ilustración se presenta una imagen de la estructura en cuestión y la sección con sus dimensiones.



a)



b)

Ilustración 3-142 a) Estructura 8 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 8 en AutoCAD.

3.8.1.1.9 Estructura 9

La novena estructura se localiza en la coordenada 643520.468, 2852457.97, siendo un puente sobre canal revestido. En la figura



Ilustración 3-143 Localización de puente sobre canal revestido

Es una estructura compuesta por canal y losa, las dimensiones del puente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-65. Tabla de dimensiones estructura 9 paso vehicular

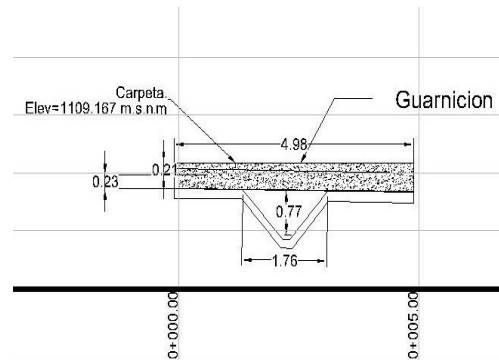
Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	1.76	0.71	7.76
Losa	4.98	0.23	7.76

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración se presenta una vista de la composición de la estructura que permite el paso del agua para los sembradíos de la zona.



a)



b)

Ilustración 3-144 a) Estructura 9 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 9 en AutoCAD.

3.8.1.1.10 Estructura 10

La décima estructura se localiza en la coordenada 643570.47, 2852466.18, es un puente que permite el paso de un canal revestido.



Ilustración 3-145 Localización de puente sobre canal revestido

Es una estructura compuesta por canal y losa, las dimensiones del puente son:

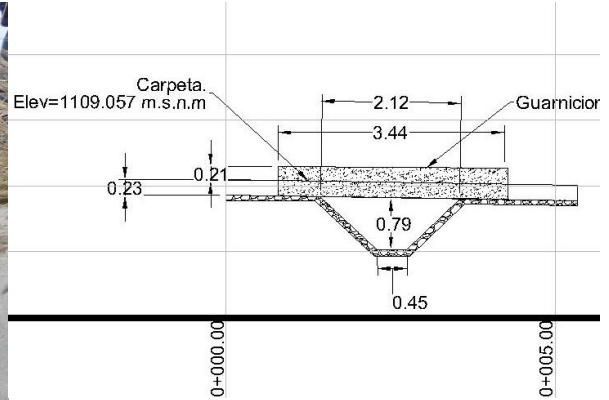
Tabla 3-66. Tabla de dimensiones estructura 10 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	0.45	0.79	2.12
Losa	3.44	0.23	6.95

Fuente: Elaboración propia



a)



b)

Ilustración 3-146 a) Estructura 10 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 10 en AutoCAD.

3.8.1.1.11 Estructura 11

La onceava estructura se localiza en la coordenada 643579.93, 2852454.6, es un puente sobre canal revestido, la ubicación se presenta en la siguiente ilustración.



Ilustración 3-147 Localización de puente sobre canal revestido

Es una estructura compuesta por canal y losa, las dimensiones del puente son:

Tabla 3-67. Tabla de dimensiones estructura 11 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Canal	0.50	0.94	7.07
Losa	4.73	0.20	7.07

Fuente: *Elaboración propia*

En la siguiente ilustración se presenta el canal con el puente y una sección dibujada en Autocad.

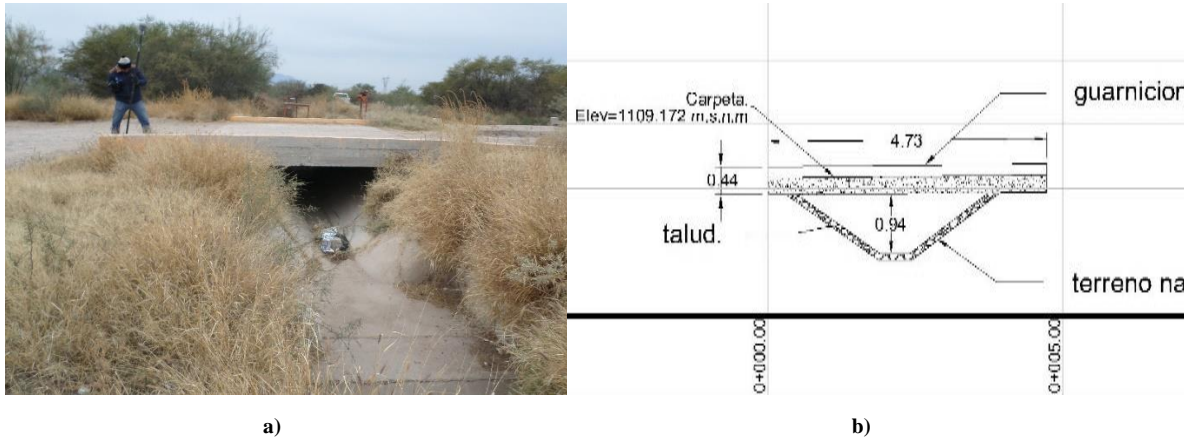


Ilustración 3-148 a) Estructura 11 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 11 en AutoCAD.

3.8.1.1.12 Estructura 12

La doceava estructura se localiza en la coordenada 643552.44, 2851711.01, siendo una cruce de carretera federal núm. 325 con el trazo de la línea de conducción. La estructura tiene un ancho de carpeta asfáltica de 8 m y se puede ver su ubicación en la siguiente ilustración.

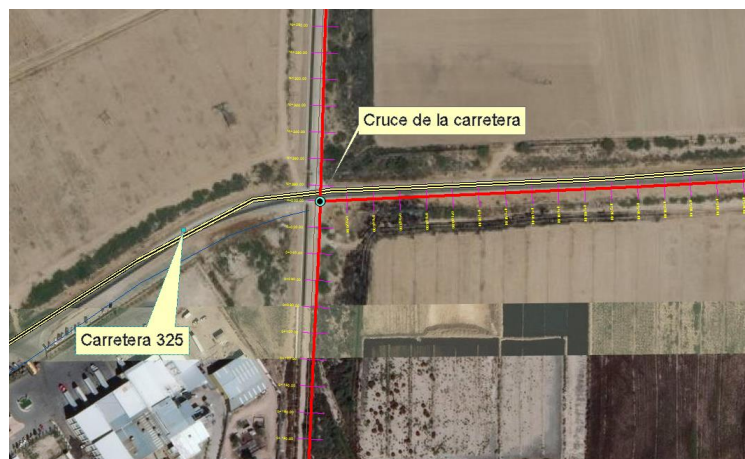


Ilustración 3-149 Estructura 12, cruce de carretera

3.8.1.1.13 Estructura 13

La decima tercera estructura se localiza en la coordenada 649476.18, 2837365.69, siendo una alcantarilla que permite el flujo del agua por debajo de la carretera con dirección a la carretera Torreón –Jiménez



Ilustración 3-150 Localización de Puente alcantarilla

Las dimensiones de la estructura se presentan sus dimensiones son:

Tabla 3-68. Tabla de dimensiones estructura 12 Puente alcantarilla

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Cabezote central	1.40	2.00	8.60
Losa	4.00	0.40	8.60

Fuente: Elaboración propia

Y en la siguiente ilustración se presenta la alcantarilla en imagen y una sección de su configuración.

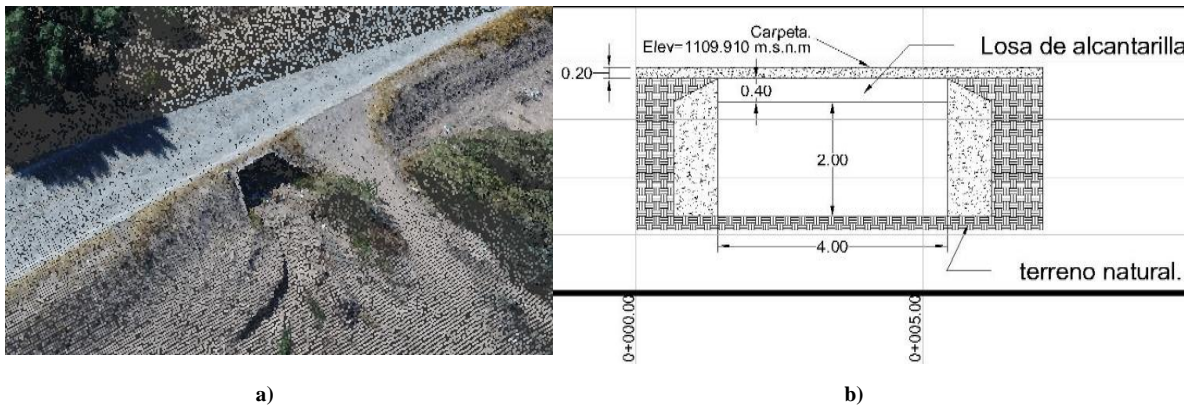


Ilustración 3-151 a) Estructura 12 Alcantarilla Y b) Levantamiento de estructura 12 en AutoCAD.

3.8.1.1.14 Estructura 14

La catorceava estructura se localiza en la coordenada: 648711.43, 2837209.74, es una puente alcantarilla.



Ilustración 3-152 Localización de Puente Alcantarilla

Es una estructura compuesta por los siguientes elementos y dimensiones del puente son:

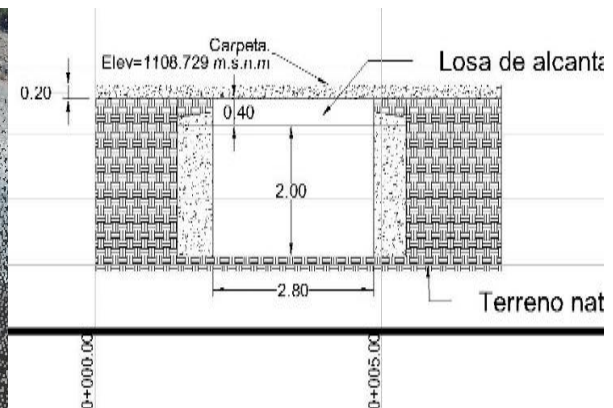
Tabla 3-69. Tabla de dimensiones estructura

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Cabezote central	1.40	2.80	9.67
Losa	2.80	0.40	9.67

Fuente: *Elaboración propia*



a)



b)

Ilustración 3-153 a) Estructura 13 Puente Alcantarilla y b) Levantamiento de estructura 13 en AutoCAD.

3.8.1.1.15 Estructura 15

La quinceava estructura se localiza en la coordenada 644004.91, 2851737.69, resultando un puente alcantarilla.



Ilustración 3-154 Localización de puente alcantarilla

Es una estructura puente alcantarilla, sus dimensiones se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-70. Tabla de dimensiones estructura 14 Puente alcantarilla.

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Cabezote central	1.80	1.60	9.97
Losa	2.60	0.40	9.97

Fuente: Elaboración propia

Y en la Ilustración 3-155 se presenta una imagen de la estructura en la zona y una sección con sus dimensiones.

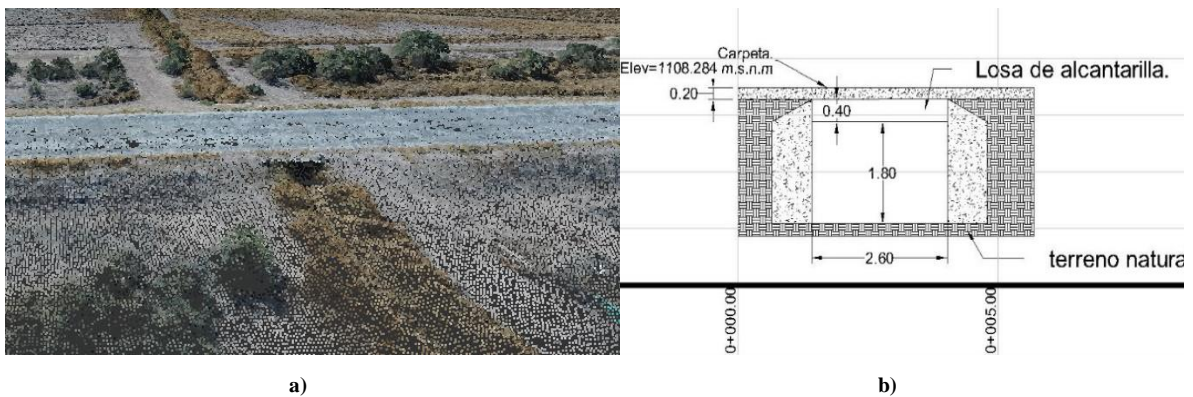


Ilustración 3-155 a) Estructura 14 Puente Alcantarilla y b) Levantamiento de estructura 14 en AutoCAD.

3.8.1.1.16 Estructura 16

La dieciseisava estructura se localiza en las coordenadas 644458.41, 2851791.8, siendo un puente alcantarilla.



Ilustración 3-156 Localización puente alcantarilla

Es una estructura compuesta por los siguientes elementos y dimensiones del puente alcantarilla se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-71. Tabla de dimensiones estructura 15 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Cabezote central	2.80	1.80	9.56
Losa	2.60	0.40	9.56

Fuente: Elaboración propia

Y en la siguiente ilustración se presenta la imagen y sección de la estructura.

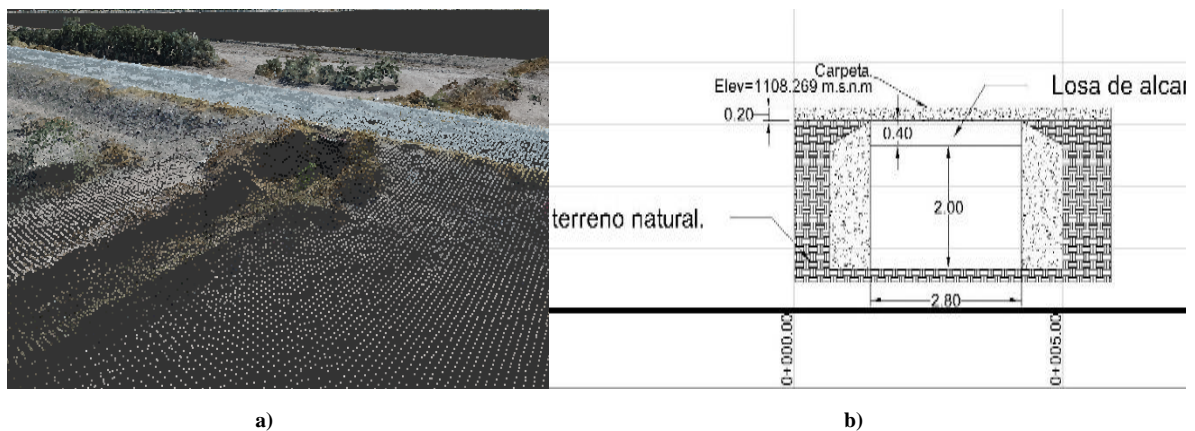


Ilustración 3-157 a) Estructura 15 Puente Alcantarilla y b) Levantamiento de estructura 15 en AutoCAD.

3.8.1.1.17 Estructura 17

La decimo séptima estructura se localiza en la coordenada 644658.17, 2851816.54, resultando un puente vehicular paso desnivel a Gómez Palacio.



Ilustración 3-158 Localización de puente vehicular paso desnivel

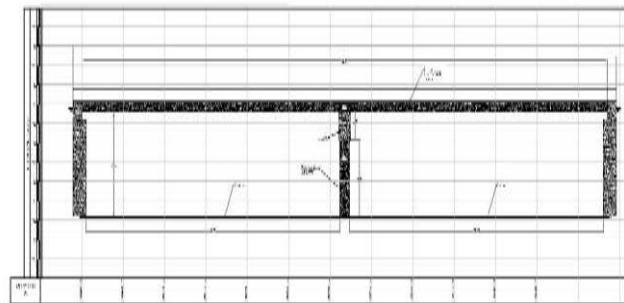
Esta estructura se encuentra compuesta por 3 pilas, cabezote central, 5 vigas y una losa, las dimensiones del puente son:

Tabla 3-72. Tabla de dimensiones estructura 16 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
3 Pilar	1.20	4.00	1.20
Cabezote central	1.40	2.00	9.30
5 Vigas	0.50	1.15	9.30
Losa	9.30	0.50	63.50

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración se presenta el puente y una sección con sus dimensiones



a)

b)

Ilustración 3-159 a) Estructura 16 Puente a paso a desnivel y b) Levantamiento de estructura 16 en AutoCAD.

3.8.1.1.18 Estructura 18

La décimo octava estructura se localiza en la coordenada 645068.278, 2851866.15, siendo un puente vehicular que lo conforma un paso desnivel para la localidad de Gómez Palacio.



Ilustración 3-160 Localización de vehicular paso desnivel

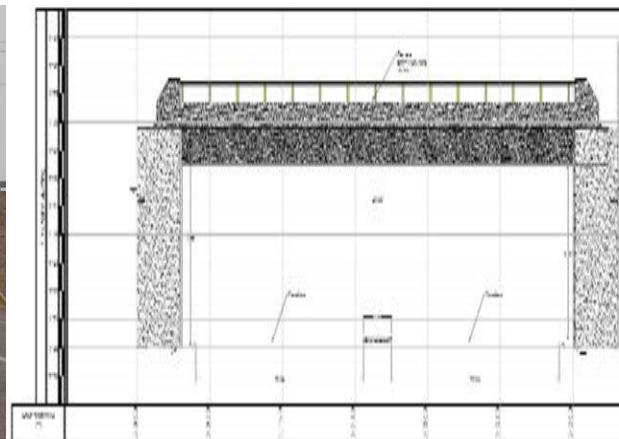
Es una estructura compuesta por los siguientes elementos y dimensiones:

Tabla 3-73. Tabla de dimensiones estructura 17 paso vehicular

Elemento estructural	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
Cabezote central	1.40	2.00	9.30
5 Vigas	0.50	1.30	27.00
Losa	0.30	0.50	27.00

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración se tiene una imagen del puente en cuestión y una sección con sus dimensiones.



a)

b)

Ilustración 3-161 a) Estructura 17 Puente a paso a desnivel y b) Levantamiento de estructura 17 en AutoCAD

3.9 Proyecto funcional de válvulas de aire, desfogues, protección contra transitorios, entrega del agua en bloque y otros accesorios

Las válvulas de admisión y expulsión de aire son dispositivos de protección del acueducto, siendo dispositivos hidromecánicos que permiten la ventilación o admisión automática de bolsas de aire acumulado y gases de agua durante el llenado o vaciado de una conducción. Siendo su funcionamiento el siguiente: se abrirá cuando existan presiones negativas y se sellará cuando la tubería se encuentre presurizada.

Para su instalación se recomiendan su ubicación en puntos específicos de acuerdo al perfil de la tubería:

- En un incremento de una pendiente descendente
- En un decremento de la pendiente ascendente
- Ascensos largos. Se debe de considerar una válvula en intervalos de 400 a 800 m a lo largo de secciones ascendentes continuas.
- Descensos largos. Se debe de considerar una válvula en intervalos de 400 a lo largo de secciones descendentes continuas.
- Tramos horizontales. Se debe de considerar una válvula en intervalos de 400 a lo largo de secciones horizontales continuas.
- Se deben de considerar válvulas en el lado de descarga de las bombas de turbina verticales y de pozos profundos.

3.9.1.1 Válvulas de admisión de aire

Las válvulas de aire son dispositivos hidromecánicos diseñados para liberar automáticamente aire y gases de aguas residuales o admitir aire durante el llenado, vaciado o en la operación de sistemas de tuberías para servicios de agua y aguas residuales.

El aire y los gases se generan debido a zonas de presión creadas por válvulas parcialmente abiertas, flujo en tramos pronunciados que ocasionan tubería parcialmente llena, variaciones en la velocidad del flujo causadas por cambios de diámetro, pendientes o cambios de elevación en la tubería. El aire atrapado que llega a las tomas domiciliarias de agua potable pueden ser perjudiciales para el servicio que reciben los usuarios.

Las válvulas de admisión y expulsión de aire (VAEA), también llamadas válvulas de orificio grande, son dispositivos hidromecánicos de acción directa por flotador o diafragma diseñados para ventilar o admitir automáticamente grandes volúmenes de aire durante el llenado o vaciado de una conducción. Esta válvula se abrirá para aliviar las presiones negativas y cuando la tubería se encuentre lleno y presurizada no se abrirá para ventilar el aire (Ilustración 3-162).

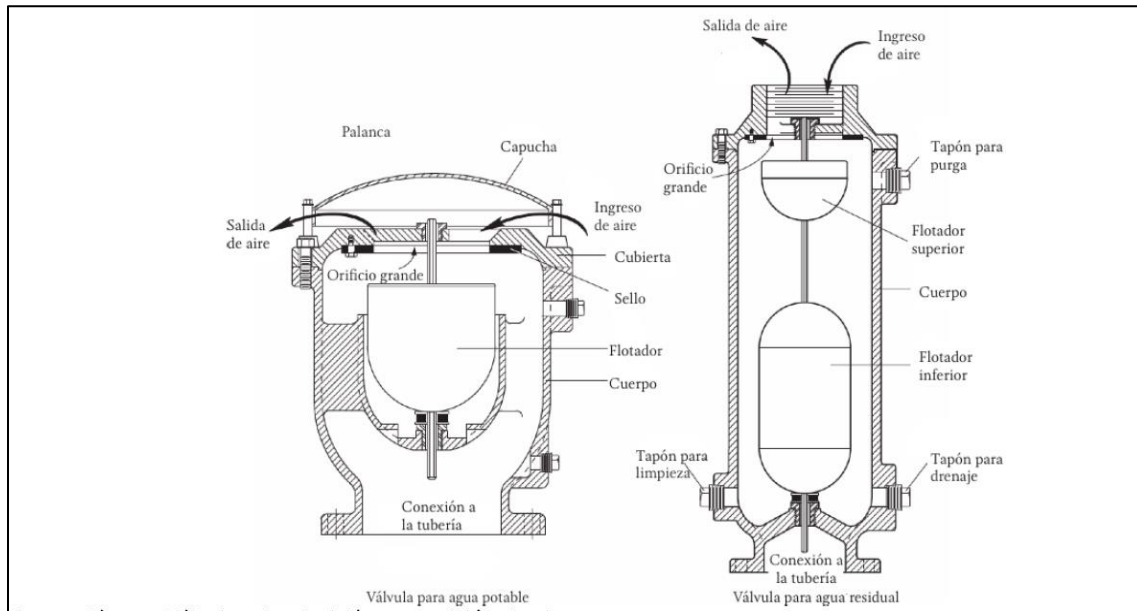


Ilustración 3-162 Válvulas de admisión y expulsión de aire

Ubicación de VAEAs a lo largo de la conducción

La ubicación correcta de las VAEA's es tan importante como el tamaño correcto de la misma. Una ubicación incorrecta puede hacer que la válvula sea ineficaz.

En la siguiente ilustración 2, se muestra un perfil que ejemplifica las ubicaciones típicas de las válvulas. El eje horizontal es la longitud del tubo, que se expresa en puntos de estación. El eje vertical es la elevación del perfil en relación con un sistema de referencia horizontal específico. La escala del eje vertical generalmente se amplía para mejorar los puntos altos y bajos del perfil del sistema de tuberías, de acuerdo a la ilustración se aprecia que el flujo es de izquierda a derecha hacia el depósito.

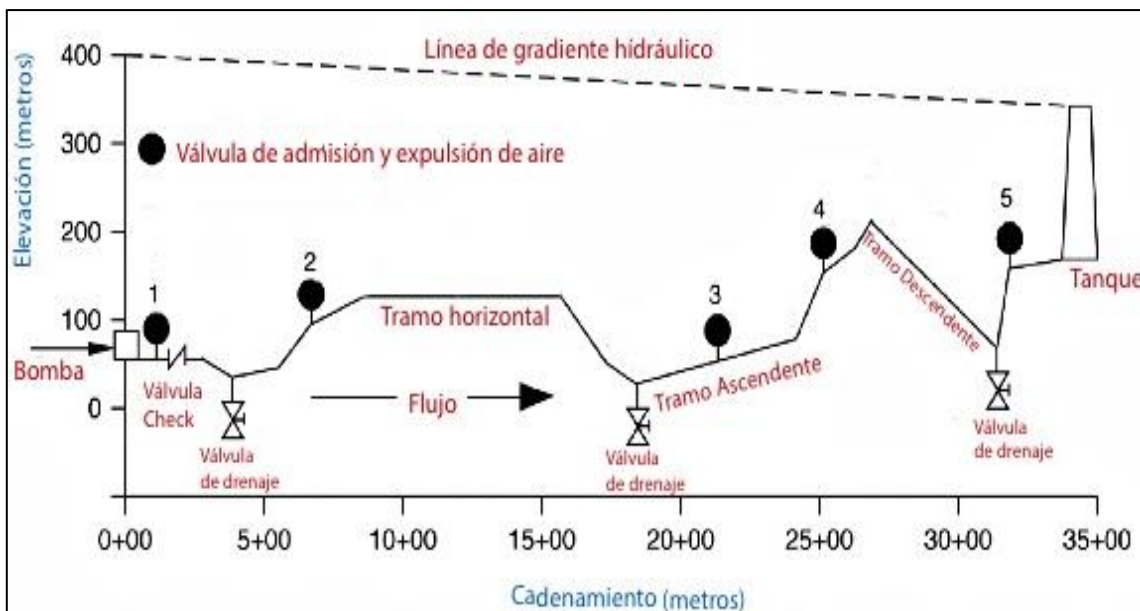


Ilustración 3-163 Ejemplo de la conducción para determinar las ubicaciones típicas de las válvulas de aire.

1. Descarga de bomba
2. Cambio de pendiente (incremento)
3. Tramo ascendente
4. Cambio de pendiente (incremento)
5. Cambio de pendiente (incremento)

Las válvulas de aire deben instalarse en las siguientes ubicaciones

Ascensos Largos, Se debe de considerar una VAEA a intervalos de 400 m a 800 m a lo largo en las secciones ascendentes continuas.

Bombas en pozo profundo y bombas verticales, Se deben considerar las VAEA en el lado de la descarga de las bombas de turbina verticales y de pozos profundos, para extraer el aire durante el arranque de la bomba y permitir que el aire ingrese a la línea después del apagado de la bomba.

Diseño de tamaño de orificio de la válvula

Es importante seleccionar el orificio de la válvula de tamaño adecuado para una ubicación específica a lo largo del conducto.

Dimensionamiento para liberar el aire bajo presión.

El tamaño del orificio para liberar el aire es generalmente de 1/16 in (1.6 mm) y 1 in (25 mm) de diámetro.

No existe un método definitivo para determinar la cantidad de aire que pueden necesitar ser ventilado desde un conducto. Un método común es proporcionar suficiente capacidad para liberar un 2 por ciento del flujo de líquido, en términos de aire para condiciones estándar de 60 °F y 14.7 psia. Este método se basa en la solubilidad del 2 % del aire en agua en condiciones estándar y utilizando datos de tamaño de orificio basado en el volumen de aire en condiciones estándar (SCFM).

➤ Método de dimensionamiento del orificio para la liberación de aire y gas de aguas residuales.

Este método consta de los siguientes 4 pasos:

Paso 1. Se obtiene el flujo promedio en litros por segundo (l/s)

Paso 2. Se multiplica el flujo del paso 1 por 0.02, para determinar la tasa volumétrica de ventilación requerida. Este se multiplica por 2.1189 para obtener el flujo en pies cúbicos por minuto (cfm)

Paso 3. Determinar la presión del trabajo de la válvula, expresada en libras por pulgada cuadrada (psi).

Paso 4. Consultar la tabla 1 y seleccionar el diámetro de orificio que proporciona la capacidad requerida desde el paso 2 a la presión del paso 3.

Tabla 3-74 Capacidad de flujo de aire de los orificios de las válvulas aireadoras

Presión	Diámetro de orificio, pulgadas (mm)										
	1/16	3/32	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	1	
psi	(1.6)	(2.4)	(3.2)	(4.8)	(6.4)	(7.9)	(9.5)	(11.1)	(12.7)	(25.4)	
kPa											
25	1.3	3	5.4	12.1	21.5	33.7	48.5	66	86.2	344.7	
(172)	0.6	1.4	2.5	5.7	10.2	15.9	22.9	31.1	40.7	162.7	
50	2.2	4.9	8.8	19.8	35.1	54.9	79	107.5	140.5	561.8	
(345)	1	2.3	4.1	9.3	16.6	25.9	37.3	50.7	66.3	265.1	
75	3	6.8	12.2	27.4	48.7	76.1	109.5	149.1	194.7	779	
(517)	1.4	3.2	5.7	12.9	23	35.9	51.7	70.4	91.9	367.6	
100	3.9	8.8	15.6	35	62.2	97.3	140.1	190.6	249	996	
(689)	1.8	4.1	7.3	16.5	29.4	45.9	66.1	90	117.5	470	
125	4.7	10.7	19	42.6	75.8	118.5	170.6	232.2	303.3	1,213	
(862)	2.2	5	8.9	20.1	35.8	55.9	80.5	109.6	143.1	572.4	
150	5.6	12.6	22.3	50.3	89.4	139.7	201.1	273.7	357.5	1,430	
(1034)	2.6	5.9	10.5	23.7	42.2	65.9	94.9	129.2	168.7	674.8	
175	6.4	14.5	25.7	57.9	103	160.9	231.6	315.3	411.8	1,647	
(1207)	3	6.8	12.1	27.3	48.6	75.9	109.3	148.8	194.3	777.2	
200	7.3	16.4	29.1	65.5	116.5	182.1	262.2	356.8	466.1	1,864	
(1379)	3.4	7.7	13.7	30.9	55	85.9	123.7	168.4	219.9	879.6	
225	8.1	18.3	32.5	73.2	130.1	203.3	292.7	398.4	520.3	2,081	
(1551)	3.8	8.6	15.3	34.5	61.4	95.9	138.1	188	245.6	982	
250	9	20.2	35.9	80.8	143.7	224.5	323.2	439.9	574.6	2,298	
(1724)	4.2	9.5	16.9	38.1	67.8	105.9	152.5	207.6	271.2	1085	
275	9.8	22.1	39.3	88.4	157.2	245.7	353.8	481.5	628.9	25,515	
(1896)	4.6	10.4	18.5	41.7	74.2	115.9	166.9	227.2	296.8	1187	
300	10.7	24	42.7	96.1	170.8	266.9	384.3	523	683.2	2,732	
(2068)	5	11.3	20.1	45.3	80.6	125.9	181.3	246.8	322.4	1289	

Dimensionamiento para el llenado del sistema de tuberías de líquido

Para el llenado de una conducción, el aire debe desalojarse a la misma tasa volumétrica con la que se llena el sistema. En muchos casos, solo se opera una bomba hasta que la línea este llena. Sin embargo, el procedimiento recomendado, es suministrar un caudal reducido para llenar la tubería a una velocidad gradual para evitar sobrepresiones en la línea.

El volumen de aire desalojado de la tubería, producto del llenado inicial se ventila a la atmosfera a una presión diferencial típica de 2 psi. El siguiente método se puede usar para aproximar el tamaño del orificio requerido para el llenado.

➤ Método de dimensionamiento del orificio para el llenado del sistema.

Paso 1. Determinar el gasto máximo de llenado de la tubería en metros cúbicos por hora.

Paso 2. Consultar la gráfica 1 y selecciones el diámetro del orificio que proporciona el flujo requerido a la presión de ventilación seleccionada

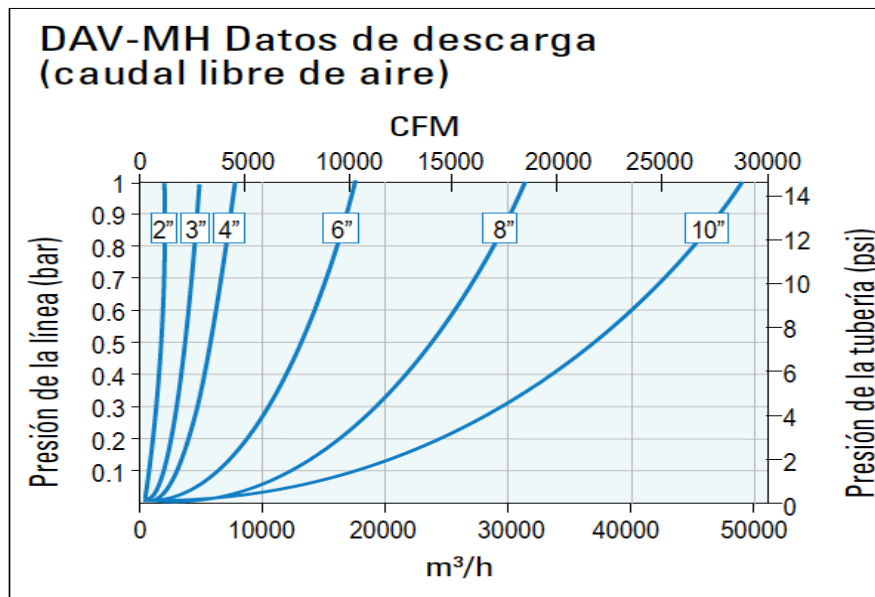


Ilustración 3-164 Gráfica de DOROT para datos de descarga.

Dimensionamiento para drenaje del sistema

Una falla de energía o una ruptura de la línea pueden dar como resultado un cambio repentino en la velocidad del flujo, lo que podría causar la separación de la columna por el escurrimiento del flujo. La mayoría de las tuberías de tamaño pequeño y mediano comúnmente utilizadas en la industria del agua pueden soportar una aspiración completa, pero podría haber daños graves en los accesorios, juntas, etc.; con un vacío de solo 5 psi, puede generar fugas y/o intrusión de contaminantes (Gullick et al, 2004).

➤ **Método de dimensionamiento del orificio para el flujo de gravedad**

Paso 1. Determine la presión negativa permisible (Presión de colapso) para la tubería considerando un factor de seguridad razonable (3.0 o 4.0).

Cuando la tubería no es propensa al colapso, se usa comúnmente una presión diferencial de 5.0 psi.

Paso 2. Determinar el gasto máximo de llenado de la tubería en metros cúbicos por hora.

Paso 3. Consulte la gráfica para seleccionar el diámetro del orificio que proporciona el flujo requerido.

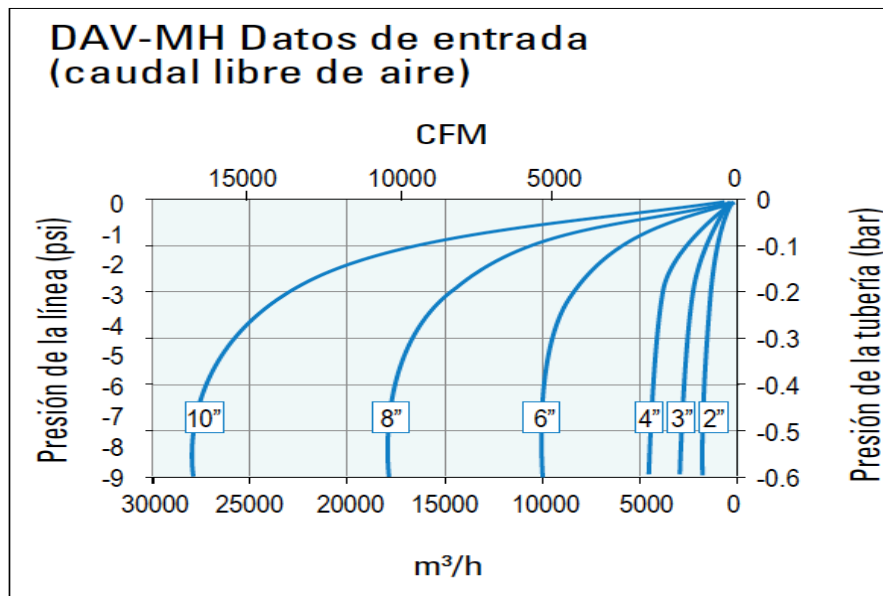


Ilustración 3-165 Gráfica de DOROT para datos de entrada.

3.9.1.1.1 Cálculo de las válvulas de admisión y expulsión de aire

De acuerdo a las recomendaciones del MAPAS 2017 y AWWA se ubicaron las válvulas en bombas, ascenso largo, cambios de pendiente (ascendente) y en distancias de 500 a 1,000 m con pendientes uniforme en la conducción.

El acueducto cuenta con 102.01 km de longitud, con un diámetro que va desde 254 mm hasta 1,219.2 mm, su trayecto inicia desde la mina La Platos, pasando por la planta potabilizadora así cada una de las comunidades (Bermejillo, Britingham, Tlahualilo, La popular, etc.) hasta su descarga con el Tanque el Vergel, ubicado en Gómez Palacios. En la siguiente ilustración se muestra brevemente el proceso para la elección del diámetro nominal de las VAEAs.

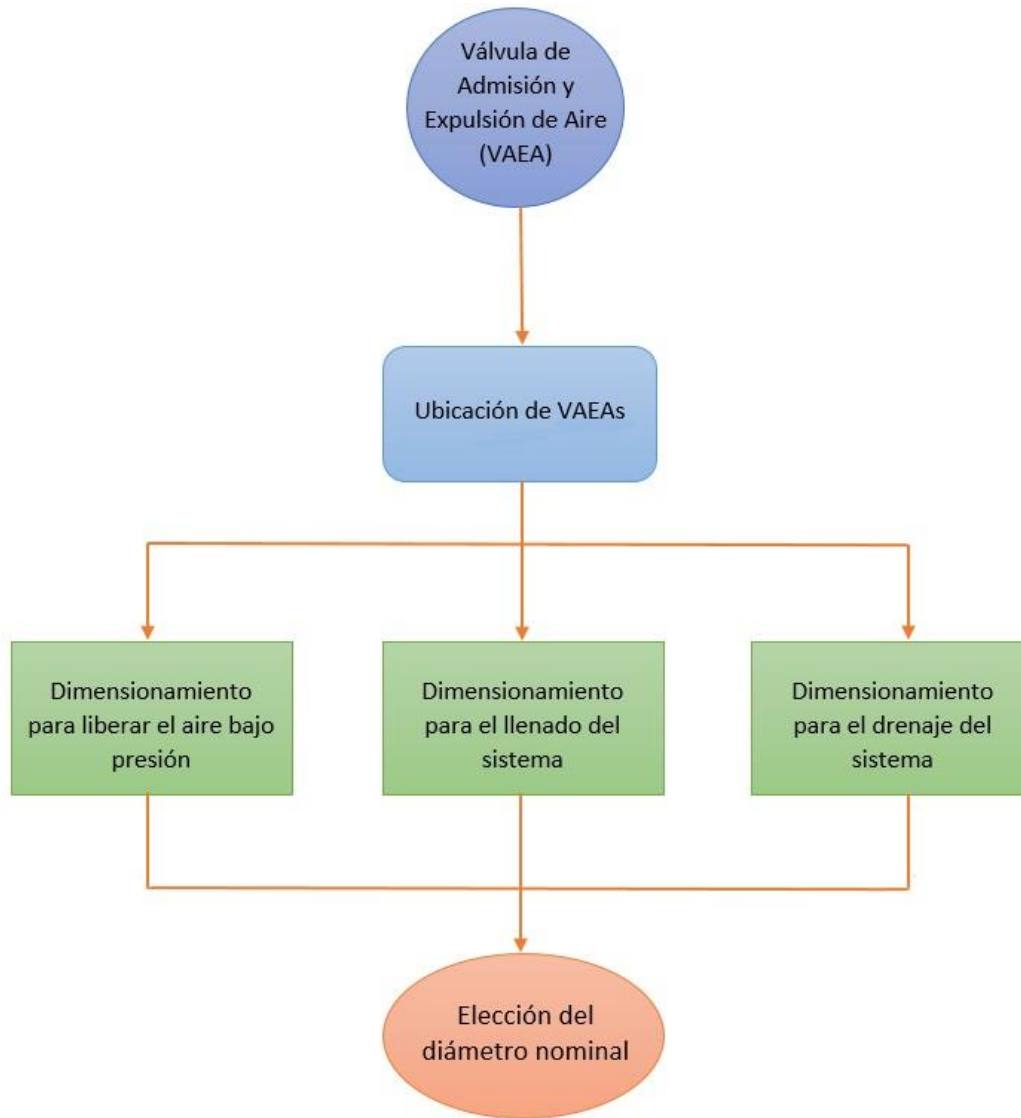


Ilustración 3-166 Esquema del proceso para el cálculo de VAEAs

De acuerdo a las características y configuración del terreno en todo su trayecto se ubicó 140 VAEAs. De las cuales se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3-75 Formato de calculo para las VAEAS

1	2	3	4	5	6
Ubicación de Válvula					
No. Valv.	Cadenamiento	Cad.	Rasante	Lomo	Carga
		m	msnm	msnm	m

Columna 1: Numeración de cada válvula.

Columna 2: Distancia desde el punto de origen hasta el punto preestablecido por cada VAEA.

Columna 3: Longitud desde el inicio de la línea hasta su intercepción con la válvula (m).

Columna 4: Nivel de plantilla de la línea de proyecto (msnm).

Columna 5: Elevación del lomo de la tubería por VAEA (msnm).

Columna 6: Presión de trabajo del conducto para cada ubicación de la válvula (m).

Dimensionamiento para liberar el aire bajo presión.

A continuación se procede a realizar el dimensionamiento para la liberación de aire bajo presión a partir de los datos de la tabla anterior, consecuente se deberá realizar el dimensionamiento para el llenado y el vaciado del sistema y así decidir sobre el diámetro nominal.

Tabla 3-76 Dimensionamiento de la valvula eliminadora de aire

7	8	9
Válvula eliminadora		
Flujo	Flujo	Carga
L/s	SCFM	psi

Columna 7: El flujo (gasto) del sistema expresado en litros por segundo.

Columna 8: Es la multiplicación de la columna 7 por 2.1189 para obtener el flujo en pies cúbicos estándar por minuto (SCFM).

Columna 9: A partir de la columna 6, se determinó la presión de trabajo en libras por pulgada cuadrada (psi).

Para seleccionar el diámetro de orificio, consultar la Tabla 3-74 y se vincula la capacidad de la columna 8 con presión de la columna 9.

De acuerdo a la variación de diámetros a lo largo del acueducto, la línea de conducción se dividió en 10 tramos, por lo tanto, el análisis se realizó por cada uno de ellos. En la siguiente se tabla se muestran los resultados del diámetro obtenido por tramo. Para la elección del orificio, se tomó en cuenta el diámetro mayor por tramo.

Tabla 3-77 Diámetro de orificio para liberar el aire bajo presión.

Eliminadora AWWA M51	
Tramo	Diámetro de orificio (mm)
1	6.40
2	4.80
3	1.60
4	4.80
5	1.60
6	4.80
7	1.60

Eliminadora AWWA M51	
Tramo	Diámetro de orificio (mm)
8	3.20
9	1.40
10	4.80

Dimensionamiento para el llenado del sistema de tuberías.

El dimensionamiento del orificio del llenado inicial de la conducción, se llevó a cabo a través de los gráficos de Dorot (Ilustración 3-164).

Para determinar el diámetro del orificio se requiere determinar el gasto máximo de llenado de la tubería expresado en metros cúbicos por hora, y tomando en cuenta que el volumen de aire desalojado de la tubería, producto del llenado inicial se ventila a la atmosfera a una presión diferencial típica de 2 psi. Entonces, para determinar el diámetro del orificio a través de Dorot, se intercepta de manera vertical la presión (2 psi) y por parte del eje horizontal con el gasto de llenado (m³/h)

En la siguiente tabla se presentan los resultados del dimensionamiento de orificio para el llenado del sistema:

Tabla 3-78 Diámetro de orificio por tramo para el llenado del sistema de tuberías.

VAEA para llenado	
Tramo	Diámetro de orificio (mm)
1	279.40
2	152.40
3	203.20
4	152.40
5	50.80
6	152.40
7	50.80
8	101.60
9	50.80
10	76.20

Dimensionamiento para drenaje del sistema

De igual manera, el dimensionamiento para el drenaje del sistema se llevara a cabo con los graficos de Dorot, donde es necesario determinar la presión de colapso de la tubería considerando para el cálculo un factor de seguridad de 3.0 o 4.0 pero cuando la tubería no es propensa a colapsar se considera una presión fija de 5 psi a lo largo del tramo. También se requiere del gasto máximo de vaciado expresado en metro cúbicos por hora.

Para seleccionar el diámetro del orificio de acuerdo a los datos anteriores se consulta la siguiente gráfico (Ilustración 3-165).

Los resultados del análisis para el dimensionamiento del diámetro de vaciado se presentan a continuación:

Tabla 3-79 Diámetro de orificio para drenaje del sistema por tramo

VAEA para llenado	
Tramo	Diámetro de orificio (mm)
1	254.00
2	152.40
3	152.40
4	152.40
5	203.20
6	152.40
7	152.40
8	101.60
9	152.40
10	76.20

Selección del diámetro nominal

Una vez realizado el análisis completo para el diseño de VAES, se procede a seleccionar el diámetro máximo obtenido del dimensionamiento de llenado así como el de vaciado, por lo tanto el diámetro nominal de VAES para cada tramo se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3-80 Diámetro de orificio por tramo

Válvula de Admisión y Expulsión de Aire	
Tramo	Diámetro de orificio (mm)
1	279.40
2	152.40
3	203.20
4	152.40
5	203.20
6	152.40
7	152.40
8	101.60
9	152.40
10	76.20

En la siguiente ilustración se presenta la ubicación de las 140 VAEAS, que se diseñaron para el acueducto, marcadas con un punto gris a lo largo del conducto.

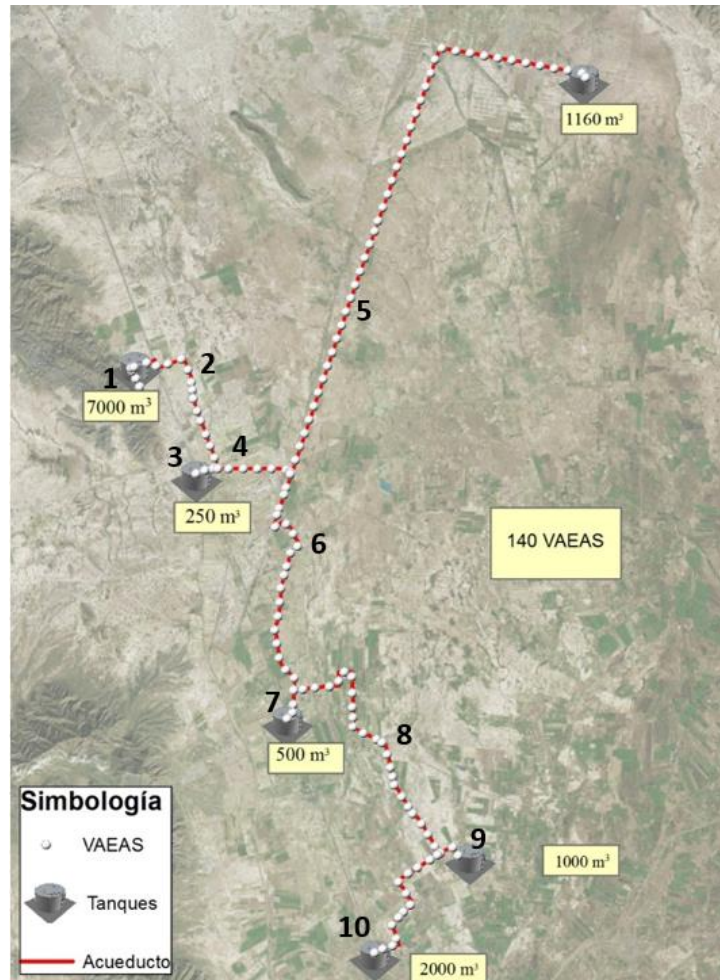


Ilustración 3-167 Ubicación de las VAEAS a lo largo del conducto

Y en la siguiente tabla se presenta las presiones de trabajo por cada tramo del acueducto.

Tabla 3-81 Presiones por tramos del acueducto

Tramo	Nombre	Presión (MCA)	
		Inicio	Final
1	Mina- PP	10	6.26
2	PP- Ent.Bermejillo	70	59.23
3	Ent.Bermejillo - Bermejillo	59.23	53.19
4	Ent.Bermejillo - Ent. Canal Sta Rosa	59.23	71.76
5	Ent. Canal Sta. rosa - Tlahualilo	71.76	40.78
6	Ent. Canal Sta Rosa - Ent. Brttingham	71.76	56.36
7	Ent. Brttingham - Brittingham	56.36	41.32
8	Ent. Brttingham - Ent. La Popular	56.36	42.54
9	Ent. La Popular - La Popular	42.54	33.89
10	Ent. La Popular - El Vergel	42.54	32.86

3.9.1.2 Valvulas de desfogue

Presiones de operación

Para la evaluación del material y diámetros de la tubería propuesta, es necesario considerar las presiones máximas de trabajo producidas por el fluido y fuerzas ocasionadas por paros súbitos de equipos de bombeo.

Desfogues

Se utilizan generalmente en los puntos más bajos del perfil topográfico con el fin de desaguar la línea en caso de rotura durante operación; también se pueden usar para el lavado de la línea durante la construcción. El crucero se forma con una Tee con brida, válvula de compuerta de vástago fijo, válvula Check, codo con un ángulo variable de fierro fundido y un tramo de tubería de acero con un extremo bridado y otro liso, con una longitud variable, con su protección anticorrosiva. Las tapas ciegas son tapones que se colocan cuando un extremo de tubería no va a trabajar temporalmente y que tienen la forma coincidente con el tipo de junta de la tubería en que se coloca, este pudiendo ser de fierro vaciado (Fo.Fo).

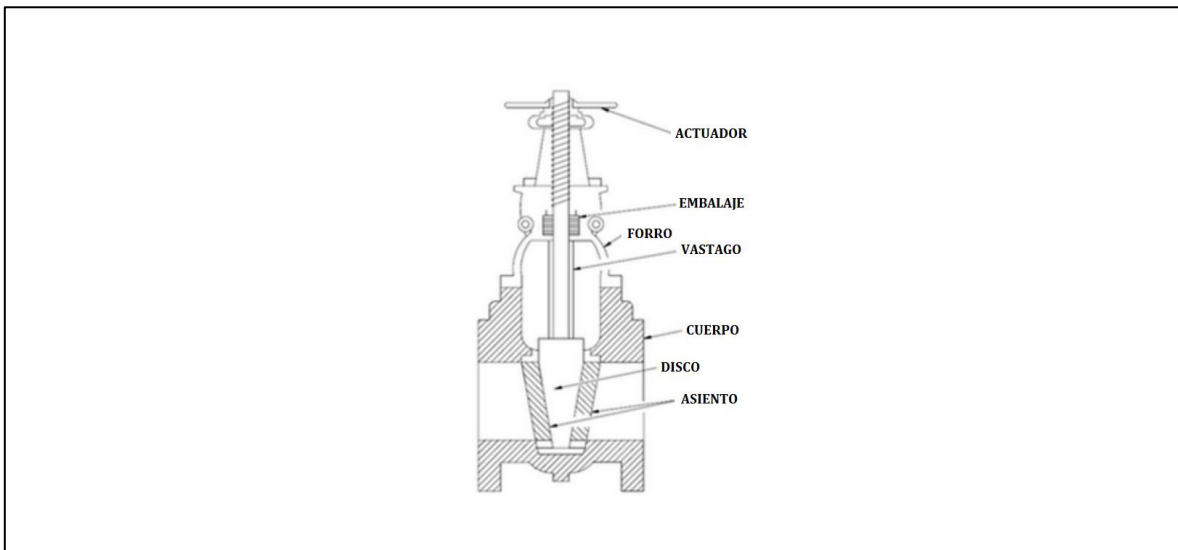


Ilustración 3-168 5 Válvula de desfogue

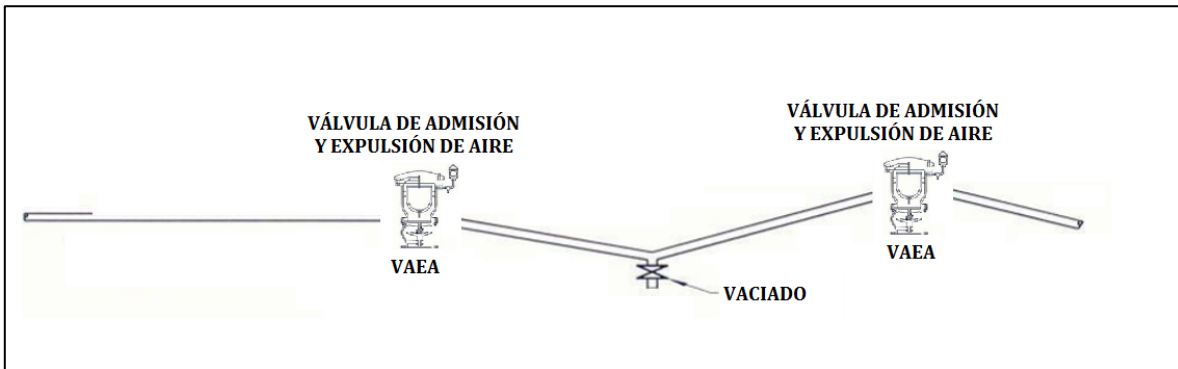


Ilustración 3-169 Configuración de colocación de VAEA's y desfogues en una línea de conducción

En la ilustración se observa que en los puntos bajos de la línea se coloca una pieza especial que permite el vaciado de la tubería, eliminando al mismo tiempo los sedimentos que se acumulan en esos sitios cuando el agua no está en movimiento y que pueden llegar a obstruir el flujo.

El diámetro de la "válvula de expulsión de aire", como también se les llama, se puede preseleccionar de acuerdo con el diámetro de la tubería y gasto que conducirá la línea, deberán seleccionarse siguiendo las instrucciones del fabricante o proveedor específico, presentando ficha técnica para su validación.

De requerirse deberá presentarse el análisis de las válvulas de admisión y expulsión de aire con respecto al diámetro de desfogue.

Vaciado programado en la línea de conducción

El vaciado programado considera la entrada de aire por medio de válvulas de admisión que eviten depresiones en la conducción; la ubicación de éstas deberá ser en los puntos altos del trazo. El vaciado se efectúa mediante válvulas de compuerta ubicadas en las partes bajas y en todo sitio donde sea posible el estancamiento de agua a lo largo de la conducción. Ver la siguiente ilustración

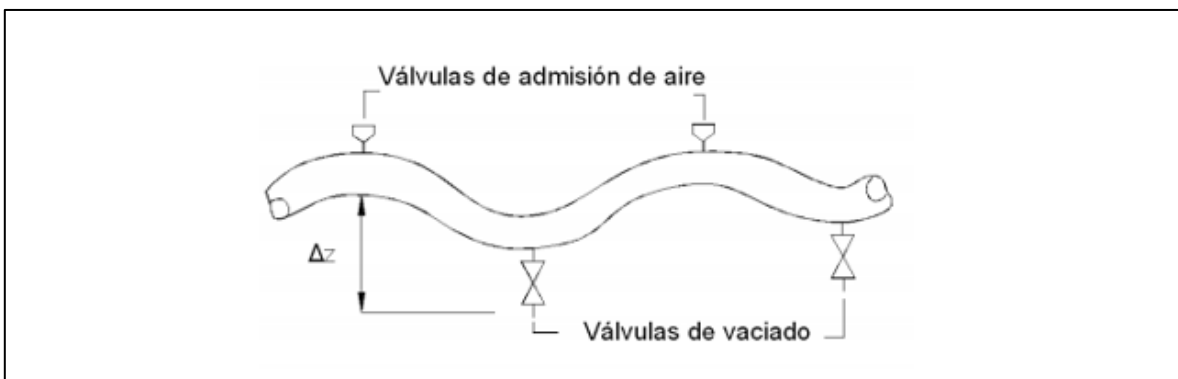


Ilustración 3-170 Arreglo de válvulas para el vaciado de una línea de conducción

De acuerdo a las consideraciones anteriormente mencionadas se establecen 32 valvulas de desfogue a lo largo del acueducto, en la siguiente ilustración, se presenta la ubicación en planta.

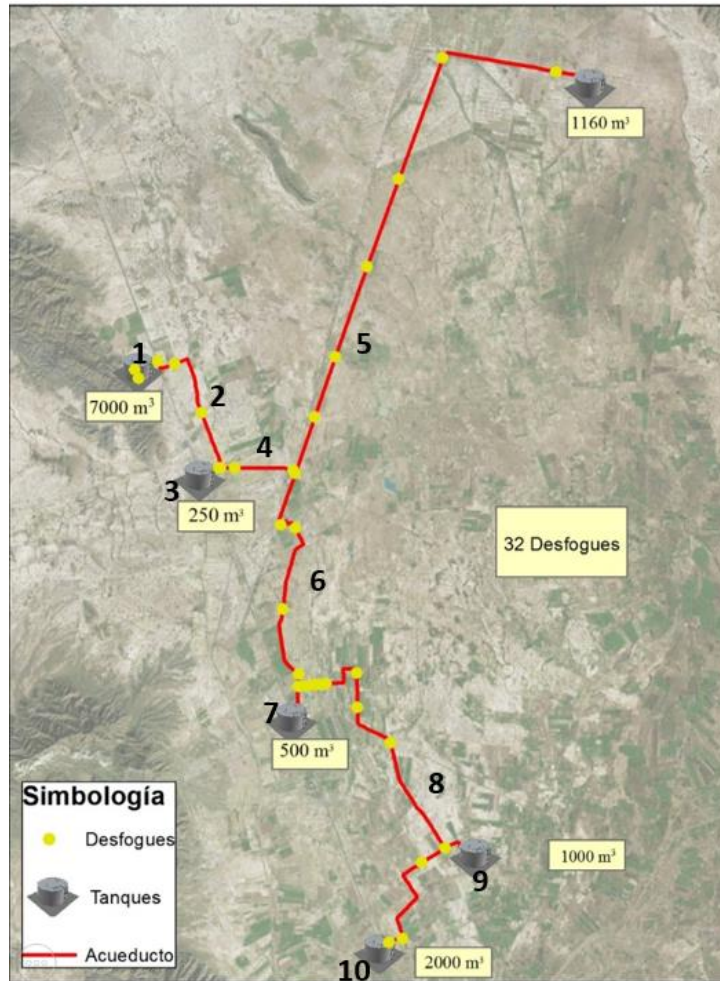


Ilustración 3-171 Ubicación de las válvulas de desfogues.

Y en la siguiente tabla se desglosa por tramo el número de válvulas de desfogue.

Tabla 3-82 Numero de válvulas de desfogue por tramo

Nombre	Válvula de Desfogue
	Cantidad (pza)
Tramo 1	2
Tramo 2	3
Tramo 3	1
Tramo 4	3
Tramo 5	6
Tramo 6	5
Tramo 7	1
Tramo 8	7
Tramo 9	1
Tramo 10	3

3.9.2 Modelo de numérico para el estudio del fenómeno transitorio

3.9.2.1 Parámetros de entrada al programa

Los parámetros necesarios para el programa es contar en un principio con un tanque

En las opciones de cálculo se distinguen tres secciones: Los parámetros asociados al cálculo en régimen permanente, los propios del régimen transitorio y otras opciones de cálculo.

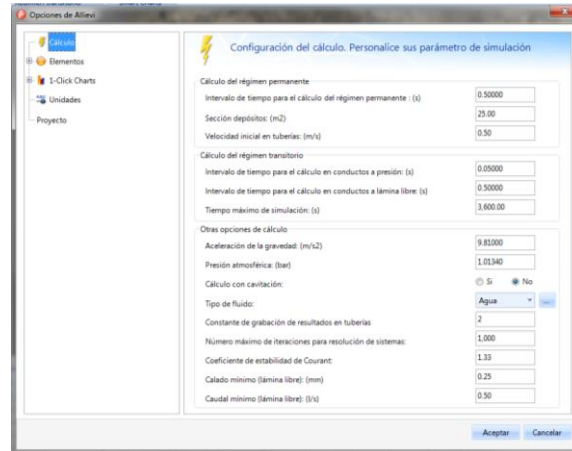


Ilustración 3-172 Parámetros de la simulación

Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

La línea de conducción está compuesta por 48 km de tubería de acero de 48” de diámetro y 25 Km de tubería de acero con un diámetro de 20”, ya que las tuberías son las vías por las que se propagan las perturbaciones, y al mismo tiempo sufren directamente los efectos transitorios generados durante la maniobra. Por lo tanto es importante considerar su resistencia mecánica y la velocidad a la que se propagan las ondas a lo largo de su trazado.

El diámetro, el espesor y el material de la tubería son parámetros que juegan un papel fundamental en la magnitud del transitorio, ya que el D/e (Diámetro/Espesor) además de ser un indicativo de la rigidez también es la manera en la que se propaga la onda en su interior.

Tuberías - Datos básicos												Pérdidas		Caudal nulo	
Nombre	Ni	Zi (m)	Nf	Zf (m)	Dint (mm)	L (m)	e (mm)	a (m/s)	Perfil	Rug (mm)	k	Qin=0	H Imp		
T25	N28	1106	N29	1106	1117.6	10	0	0	Calc.	0	0				
T26	N28	1106	N30	1107	1117.6	757.08	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T27	N30	1107	N31	1109	1117.6	2273.83	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T28	N31	1109	N32	1108	1117.6	1238.89	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T29	N32	1108	N33	1109	1117.6	819.39	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T30	N33	1109	N34	1109	1117.6	2807.5	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T31	N34	1109	N35	1106	1117.6	836.36	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T32	N35	1106	N36	1108	1117.6	828.19	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T33	N36	1108	N37	1108	1117.6	3508.13	20	1139.0603	Calc.	0	0				
T34	N37	1108	N38	1108	1117.6	10	0	0	Calc.	0	0				

Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Tabla 3-83 Datos de entrada del modelo

Nombre	Ni	Zi (m)	Nf	Zf (m)	Dint (mm)	L (m)	e (mm)	a (m/s)	Rugosidad	K
T1	N1	1108	N2	1108	1117.6	10	0	0	0.1	0
T10	N13	1103	N14	1093	508	28170.06	10	1158.7074	0.1	0
T11	N14	1093	N15	1093	508	5910.51	10	1158.7074	0.1	0
T12	N15	1093	N16	1093	508	2861.92	10	1158.7074	0.1	0
T13	N16	1093	N17	1092	508	1554.35	10	1158.7074	0.1	0
T14	N17	1092	N19	1090	508	2570.06	10	1158.7074	0.1	0
T16	N13	1103	N21	1107	1117.6	2005.76	20	1139.0603	0.1	0
T17	N21	1107	N22	1104	1117.6	995.84	20	1139.0603	0.1	0
T18	N22	1104	N23	1105	1117.6	382.28	20	1139.0603	0.1	0
T2	N3	1108	N4	1108	1117.6	10	0	0	0.1	0
T20	N23	1105	N24	1105	1117.6	293.45	20	1139.0603	0.1	0
T21	N24	1105	N25	1106	1117.6	1379.39	20	1139.0603	0.1	0
T22	N25	1106	N26	1106	1117.6	617.64	20	1139.0603	0.1	0
T23	N26	1106	N27	1109	1117.6	2128.02	20	1139.0603	0.1	0
T24	N27	1109	N28	1106	1117.6	1989.7	20	1139.0603	0.1	0
T26	N28	1106	N30	1107	1117.6	757.08	20	1139.0603	0.1	0
T27	N30	1107	N31	1109	1117.6	2273.83	20	1139.0603	0.1	0
T28	N31	1109	N32	1108	1117.6	1238.89	20	1139.0603	0.1	0
T29	N32	1108	N33	1109	1117.6	819.39	20	1139.0603	0.1	0
T3	N4	1108	N5	1106	1117.6	756.56	20	1139.0603	0.1	0
T30	N33	1109	N34	1109	1117.6	2807.6	20	1139.0603	0.1	0
T31	N34	1109	N35	1106	1117.6	836.36	20	1139.0603	0.1	0
T32	N35	1106	N36	1108	1117.6	828.19	20	1139.0603	0.1	0
T33	N36	1108	N37	1108	1117.6	3508.13	20	1139.0603	0.1	0
T35	N37	1108	N39	1109	1117.6	2232.64	20	1139.0603	0.1	0
T36	N39	1109	N40	1108	1117.6	2274.44	20	1139.0603	0.1	0
T37	N40	1108	N41	1116	1117.6	5079.99	20	1139.0603	0.1	0
T38	N41	1116	N42	1116	1117.6	3215.76	20	1139.0603	0.1	0
T4	N5	1106	N6	1099	1117.6	1747.83	20	1139.0603	0.1	0
T40	N42	1116	N44	1118	1117.6	1628.77	20	1139.0603	0.1	0
T41	N44	1118	N45	1119	1117.6	1750.19	20	1139.0603	0.1	0
T42	N45	1119	N46	1120	1117.6	1402.78	20	1139.0603	0.1	0
T43	N46	1120	N47	1121	1117.6	1616.17	20	1139.0603	0.1	0
T46	N10	1122	N56	1122	1117.6	10	0	0	0.1	0
T47	N59	1105	N20	1105	1117.6	10	0	0	0.1	0
T48	N60	1106	N29	1106	1117.6	10	0	0	0.1	0

T49	N61	1108	N38	1108	1117.6	10	0	0	0.1	0
T5	N6	1099	N7	1113	1117.6	3097.25	20	1139.0603	0.1	0
T50	N62	1116	N43	1116	1117.6	10	0	0	0.1	0
T51	N63	1121	N48	1121	1117.6	10	0	0	0.1	0
T52	N64	1090	N18	1090	508	10	0	0	0.1	0
T6	N7	1113	N8	1116	1117.6	3306.09	20	1139.0603	0.1	0
T7	N8	1116	N9	1122	1117.6	842.92	20	1139.0603	0.1	0
T8	N9	1122	N55	1122	1117.6	1224.47	20	1139.0603	0.1	0
T9	N9	1122	N13	1103	1117.6	4839.1	20	1139.0603	0.1	0

Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Allievi dispone de un asistente para obtener el valor de la celeridad, introduciendo el coeficiente del material de la tubería y sus características adimensionales.

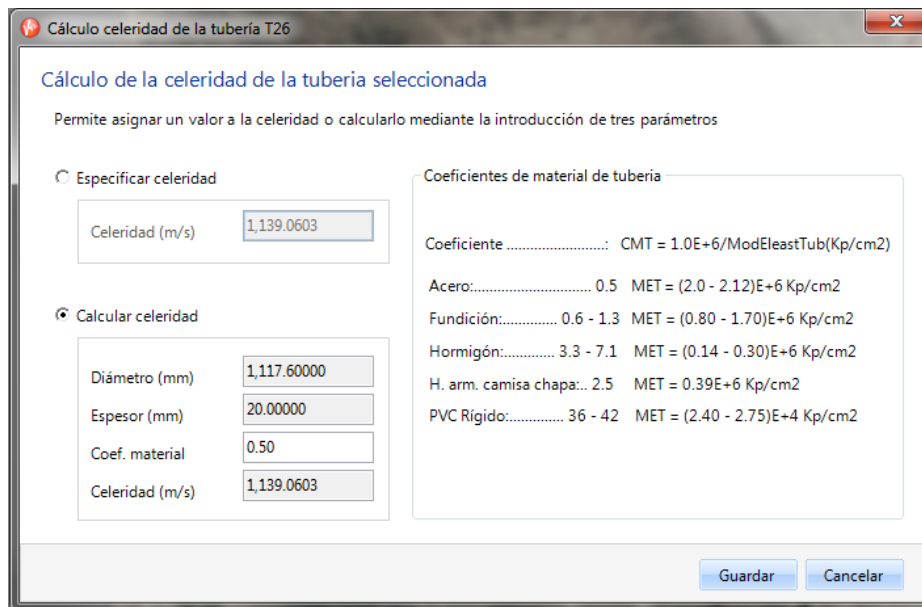


Ilustración 3-173 Celeridad en Allievi

Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Los nodos son elementos necesarios para la unión de cada tramo de tubería por lo que es importante la colocación de cada uno de ellos de preferencia en cada cambio de dirección y/o cada cruce. El único parámetro para los nodos es la cota de elevación.

Nodos	
Nombre	Cota (m)
N19	1090
N17	1092
N16	1093
N15	1093
N14	1093
N6	1099
N13	1103
N22	1104
N24	1105
N20	1105

Ilustración 3-174 Nodos del modelo
Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Tabla 3-84 Cotas de los nodos

Nombre	Cota (m)	Nombre	Cota (m)
N1	1108	N35	1106
N5	1106	N36	1108
N6	1099	N37	1108
N7	1113	N38	1108
N8	1116	N39	1109
N9	1122	N40	1108
N2	1108	N41	1116
N3	1108	N42	1116
N4	1108	N43	1116
N10	1122	N44	1118
N13	1103	N45	1119
N14	1093	N46	1120
N15	1093	N47	1121
N16	1093	N48	1121
N17	1092	N55	1122
N18	1090	N56	1122
N19	1090	N59	1105
N20	1105	N60	1106
N21	1107	N61	1108

Nombre	Cota (m)	Nombre	Cota (m)
N22	1104	N62	1116
N23	1105	N63	1121
N24	1105	N64	1090
N25	1106	N35	1106
N26	1106	N36	1108
N27	1109	N37	1108
N28	1106	N38	1108
N29	1106	N39	1109
N30	1107	N40	1108
N31	1109	N41	1116
N32	1108	N42	1116
N33	1109	N43	1116
N34	1109	N44	1118
N46	1120	N45	1119
N47	1121		
N48	1121		

Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

En primer lugar empezaremos con el trazo de la línea de conducción iniciado dibujando el primer depósito, Allievi permite introducir diferentes tipos de salidas en función de su conexión y sección es por eso que es necesario seleccionar el depósito con el tipo de salida ya sea orientada a la izquierda o hacia la derecha.

Además del tipo de salida de cada depósito, también existen diferentes tipos de depósitos que maneja Allievi

Los depósitos son elemento que el sistema utiliza para almacenar agua y sirven para satisfacer la demanda de una determinada población

En Allievi existen básicamente dos tipos de depósitos:

Depósitos de grandes dimensiones

Depósitos de pequeñas dimensiones

Los depósitos de grandes dimensiones suelen representar a lagos, ríos embalses o depósitos de gran capacidad

Por otra parte, los depósitos de pequeñas dimensiones presentan una sección muy pequeña y es por ello que la simulación de transitorio del nivel del agua puede variar con el tiempo. Estos representan depósitos de capacidad limitada

Allievi permite introducir diferentes tipos de salidas en función de su conexión y sección es por eso que es necesario seleccionar el depósito con el tipo de salida ya sea orientada a la izquierda o hacia la derecha. Dependiendo del tipo de Depósito seleccionado los parámetros de entrada son distintos para cada uno. Para tanques de grandes dimensiones se necesita contar con la cota (Z0), en esta cota

se encuentra la lámina de agua en condiciones permanente, ya que la cota Zs representa la base a la que se encuentra el depósito

Tabla 3-85 Datos básicos

Depósitos - Datos básicos							
	Nombre	Ni	Nf	Zs (m)	Tipo	S (m ²)	Z0 (m)
	D1	---	N1	1108	GD		1111
	D2	---	N10	1122	GD		1125
	D3	---	N18	1090	GD		1093
	D4	---	N20	1105	GD		1108
	D5	N29	---	1106	GD		1109
	D6	N38	---	1108	GD		1111
	D7	---	N43	1116	GD		1119
	D8	---	N48	1121	GD		1124

Tabla 3-86 Depósitos del modelo

Nombre	Ni	Nf	Zs n(m)	Tipo	S (m ²)	Z0 (m)	Zvar	L (m)
D1	---	N1	1108	GD		1111		
D2	---	N10	1122	GD		1125		
D3	---	N18	1090	GD		1093		
D4	---	N20	1105	GD		1108		
D5	N29	---	1106	GD		1109		
D6	N38	---	1108	GD		1111		
D7	---	N43	1116	GD		1119		
D8	---	N48	1121	GD		1124		

Estaciones de bombeo (Bombas)

Las estaciones de bombeo son necesarias si se pretende elevar el agua a un depósito superior o bien suministrar agua a zonas elevadas con unos valores mínimos de presión

Las bombas son elementos esenciales en los sistemas de transporte y distribución de agua. Se utilizan para impulsar un determinado caudal entre depósitos o para conseguir el nivel de presiones deseado

en una red de distribución. Muchos de los transitorios generados en sistemas hidráulicos a presión están asociados a este elemento.

Para Allievi, una estación de bombeo está formada por una sola bomba o por un conjunto de bombas iguales, asociadas en paralelo, y que se comportan exactamente de la misma manera.

Para conocer el comportamiento de la bomba se realizan dos procedimientos

Utilizando curvas características de catalogo

Utilizando curvas universales

Las curvas características de catálogo representan el comportamiento real de la bomba en zonas de funcionamiento convencional. Usualmente esta información es aportada por el fabricante de la bomba.

Las curvas características de las bombas facilitadas por catálogo son:

Altura Manométrica – Caudal (H_b vs Q_b)

Potencia Absorbida – Caudal (P_a vs Q_b)

Rendimiento Global – Caudal (η_b vs Q_b)

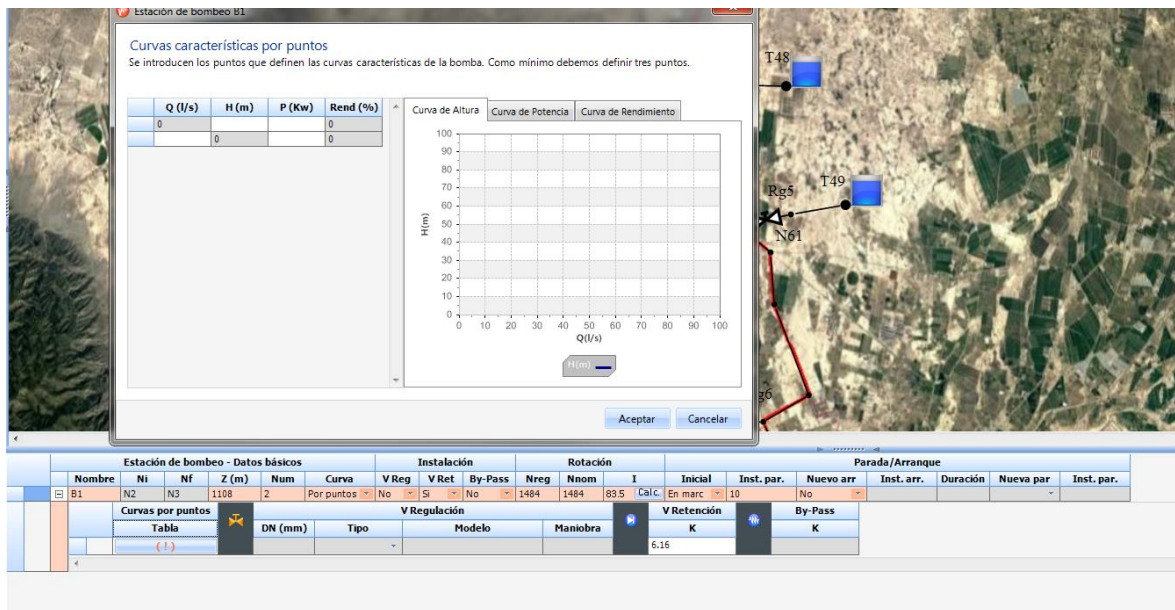


Ilustración 3-175 Curvas características por puntos

Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Debemos introducir los valores de Q_b , H_b y P_a para diferentes puntos de las curvas de altura y potencia de accionamiento (siguiente ilustración). Allievi simula los diversos fenómenos transitorios que se pueden generar debido a una estación de bombeo, o bien, en bombas que se prevean instalar.

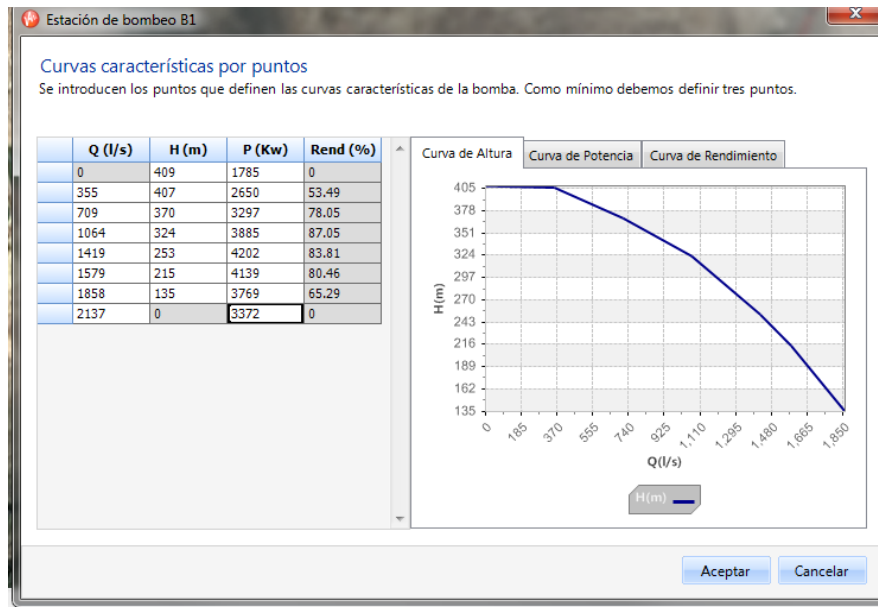


Ilustración 3-176 Curvas características por puntos (Bomba 1)
Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

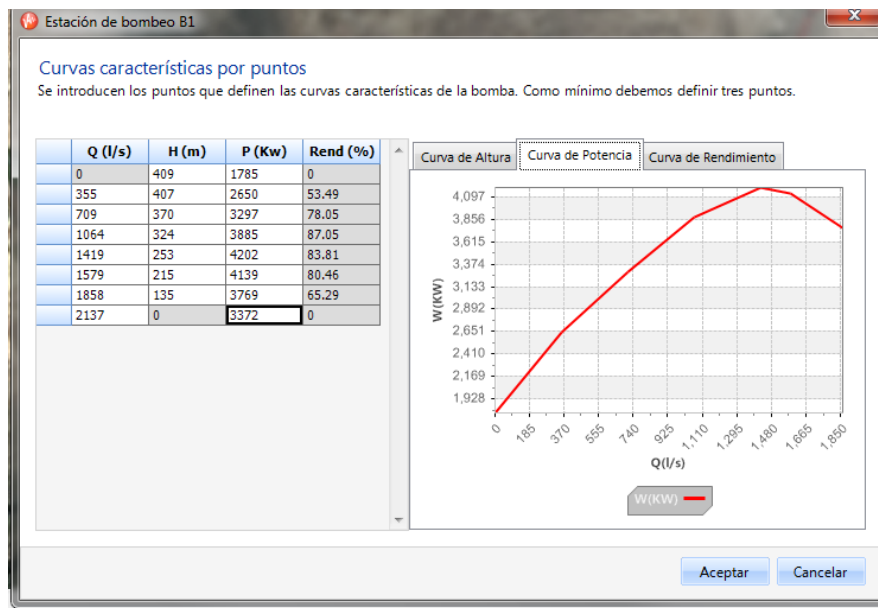


Ilustración 3-177 Curvas características por puntos (Bomba 2)
Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

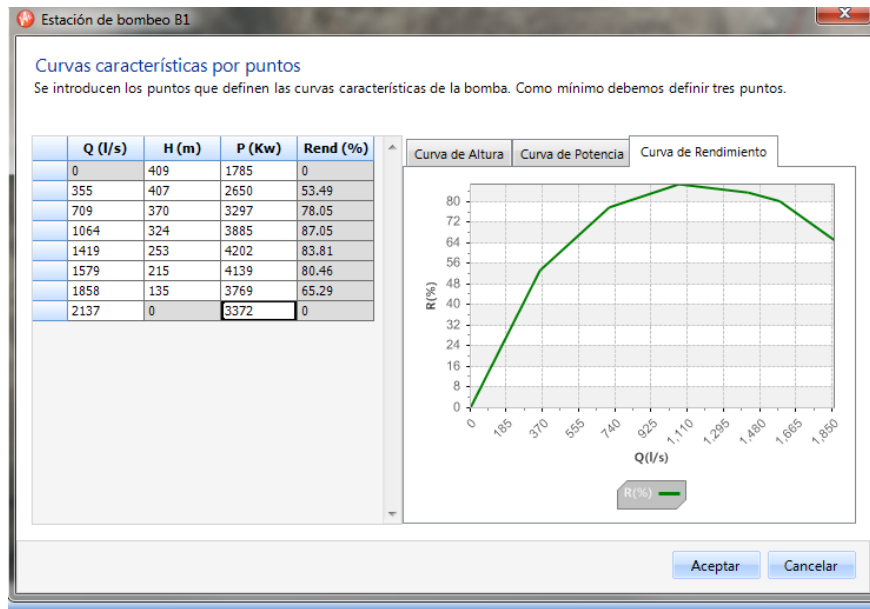


Ilustración 3-178 Curvas características por puntos (Bomba 3)
 Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Las curvas universales permiten caracterizar el comportamiento de las bombas para cualquier condición de funcionamiento, las más comunes fueron propuestas por Marchal, Flesh y Suter, las cuales son utilizadas por Allievi. En este caso si se quiere simular con las curvas universales en Allievi, debemos introducir el Punto Óptimo de funcionamiento, es decir, el Caudal, la Altura y la Potencia de accionamiento del punto de máximo de rendimiento. Ver Ilustración 3-179

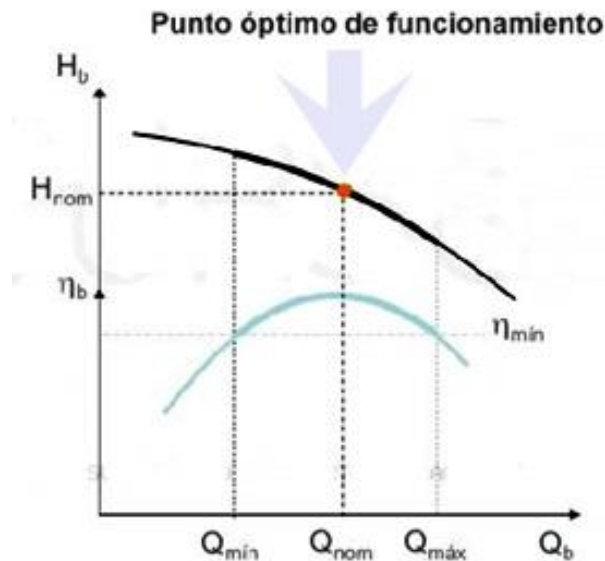


Ilustración 3-179 Curva característica en referencia al funcionamiento óptimo del equipo

Tabla 3-87 Características de los equipos de bombeo para simulación en Allievi

Nombre	Ni	Nf	Z (m)	DN (mm)	K Ramal	Tipo	Modelo	Tipo
Rg1	N56	N55	1122	0	0	De compuerta		Tabulada
Rg3	N59	N23	1105	0	0	De compuerta		Tabulada
Rg4	N28	N60	1106	0	0	De compuerta		Tabulada
Rg5	N37	N61	1108	0	0	De compuerta		Tabulada
Rg6	N62	N42	1116	0	0	De compuerta		Tabulada
Rg7	N63	N47	1121	0	0	De compuerta		Tabulada
Rg8	N19	N64	1090	0	0	De compuerta		Tabulada

3.9.2.2 Transitorio en una conducción de bombeo generado por el paro de bombas

Se llevó a cabo el estudio de fenómeno transitorio considerando el paro súbito de equipos de bombeo. Es importante destacar que existen acciones en los sistemas hidráulicos que provocan fenómenos transitorios, por ejemplo, cambios de régimen de gravedad a bombeo, operación de válvulas de control etc.

De los transitorios que se pueden presentar en una conducción por bombeo, el más desfavorable es el caso de una parada repentina de las bombas en operación, situación que se manifiesta al interrumpirse el suministro de energía eléctrica.

El objetivo de este apartado es el análisis del arranque y paro de bombas de manera súbita en dichos equipos, del cual se pueden presentar escenarios desfavorables para el sistema de conducción.

Para conocer el funcionamiento integral de una es necesario identificar y analizar el escenario: La operación a gasto establecido, el paro súbito de los equipos de bombeo y el arranque de los equipos posterior al paro. Se presentan fenómenos de variación de presión conocidos como transitorios. El estado transitorio en un sistema se genera por el cambio en las condiciones de operación. Pueden ser ocasionados por una mala maniobra o simplemente por la falla en el sistema de alimentación eléctrico, apertura o cierre de válvulas, vaciado o llenado de tuberías, etc. En muchos sistemas es necesario incorporar dispositivos de control o protección adecuados para evitar que las variaciones de presión producidas por los cambios en las condiciones de flujo puedan dañar por colapso o sobrepresión a las tuberías, bombas y otros dispositivos que forman parte de los sistemas de bombeo.

Con el cese del suministro de energía eléctrica los equipos de bombeo rápidamente disminuyen su velocidad y con esto se reduce el gasto bombeado, lo que ocasiona depresiones sucesivas las cuales se propagan desde la planta de bombeo por la tubería con una velocidad a (celeridad de onda). Al llegar al final de la tubería éstas se reflejan y regresan. El tiempo en el que un cambio en la presión recorre la distancia de una ida y una vuelta por la tubería es $2L/a$, y se denomina tiempo de duración de la fase.

Como un ejemplo, la detención instantánea de un flujo con una velocidad de unos 2 m/s en una tubería de acero ($a \approx 1000 \text{ m/s}$) daría un incremento de presión del orden de los 200 metros. Un incremento de presión de esa magnitud sería destructivo para la mayoría de la tubería de conducción de agua potable.

Afortunadamente los cambios del flujo no son instantáneos y las sobrepresiones normalmente no son tan altas.

3.9.2.2.1 Tipos de fenómenos transitorios de transitorios:

- Transitorio muy lento o cuasi-estático; En el que las variables significativas del flujo, fundamentalmente caudales y presiones, varían de manera muy lenta en el tiempo. Como ejemplo más significativo se tiene el comportamiento normal de las redes hidráulicas a presión. La aplicación sucesiva del modelo estático permite su análisis.
- Transitorio lento u oscilación de masa; Ocurre cuando el cierre de válvulas, o cualquier maniobra que trastorne la condición estacionaria del sistema, se realiza en un tiempo mayor que el tiempo característico de la tubería $2L/a$, el cual depende directamente de la longitud de la tubería l y la celeridad de la onda de presión a , o el paro de bombas es controlado por un operador en un tiempo considerable. Este tipo de fenómeno es analizado bajo la teoría de la columna rígida donde se asume que el fluido es incompresible y que la conducción es una frontera rígida.
- Transitorios rápido o Golpe de Ariete; Ocurre después de un paro instantáneo de bombas o un cierre rápido de válvulas, generando sobrepresiones o depresiones, así como la posibilidad de separación de columna líquida en la conducción, por lo que resulta importante colocar distintos dispositivos de control de transitorios en puntos estratégicos que permitan controlar la variación de presión. Este tipo de fenómeno transitorio es analizado con el modelo teórico llamado de columna elástica.

El fenómeno transitorio que corresponde al análisis de las conducciones es por un paro de bombas instantáneo, es decir, un transitorio rápido o un golpe de ariete, anteriormente descrito.

3.9.2.2.1.1 Ecuación de Joukowski

Esta fórmula permite el cálculo del cambio de presión ΔH (sobrepresión o depresión) en una tubería, cuando el tiempo de cierre (variación del caudal) es 'instantáneo' o menor al periodo de la conducción.

$$\Delta H = \frac{a}{g} \Delta v$$

Ecuación 4

Donde:

ΔH : variación de la presión (m)

a : velocidad de propagación de la onda en m/s

Δv : variación de la velocidad en el conducto (m/s)

g : aceleración de la gravedad m/s^2

3.9.2.2.2 Simulación de sistema de conducción

Para la simulación de transitorios hidráulicos se utilizó el software Allievi, que procesa información de manera puntual y genera resultados donde se pueden considerar depósitos y bombas como elementos existentes del proyecto. Ver Ilustración 3-63.

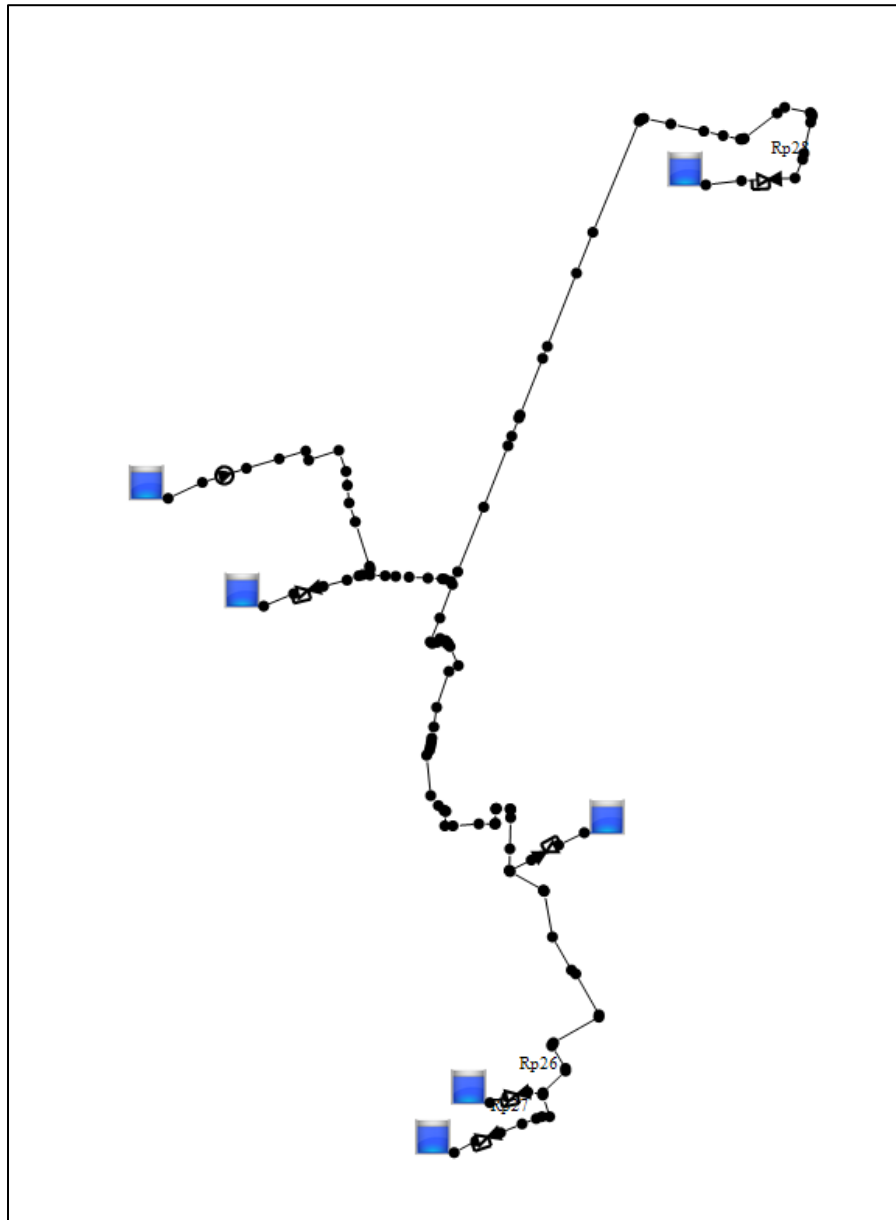


Ilustración 3-180 Sistema de conducción para simular el funcionamiento hidráulico
Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

En general se muestran resultados obtenidos en la simulación con el software Allievi; las sobrepresiones que se obtienen, se mantienen por un periodo corto de tiempo y posteriormente se estabiliza el flujo en el sistema. Ver Ilustración 3-181 e Ilustración 3-182.

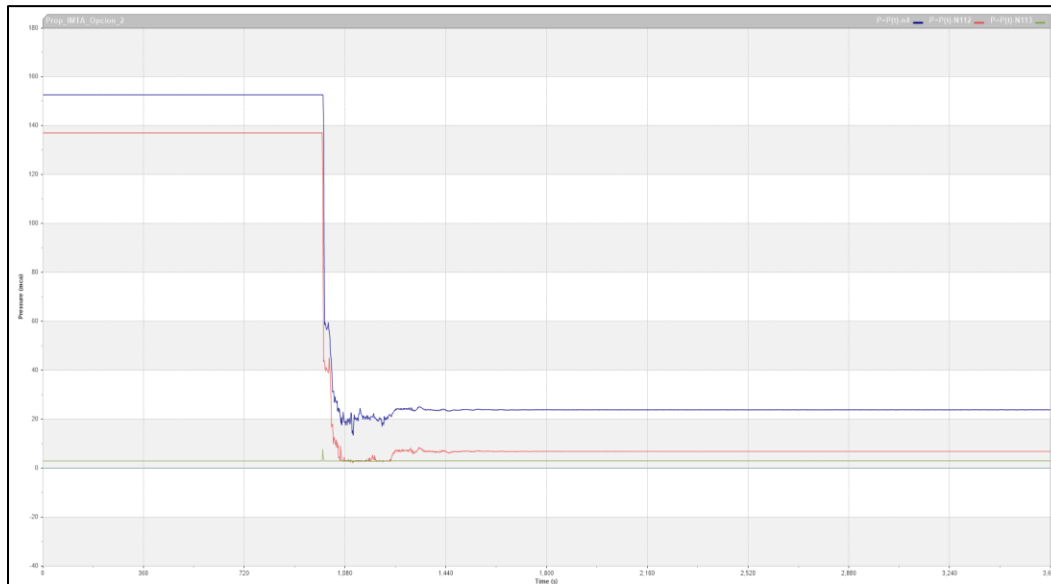


Ilustración 3-181 Resultados del nodo 112, muestra la línea de energía y la presión que se presenta
Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

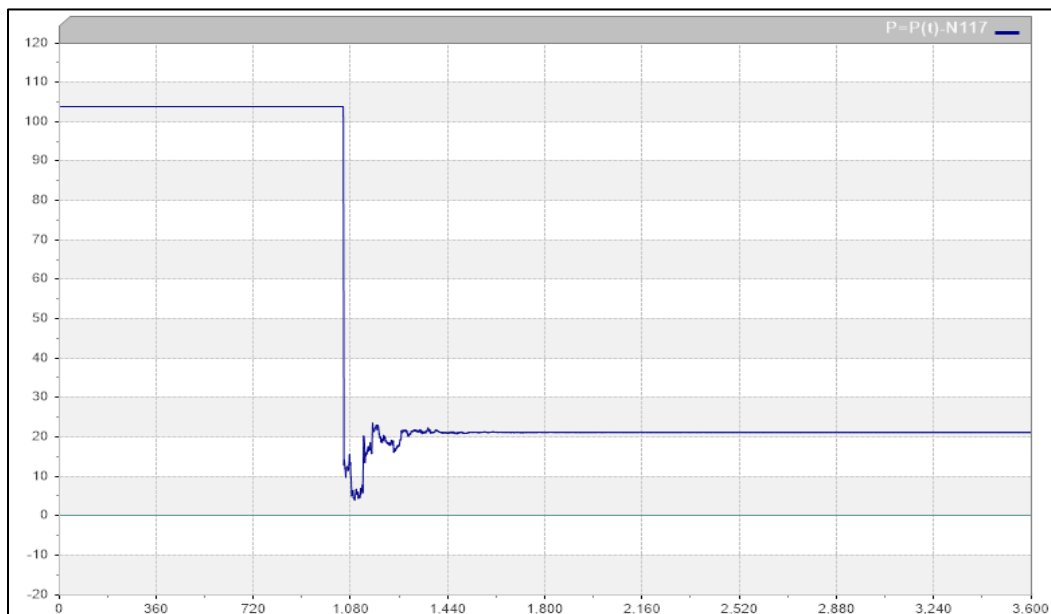


Ilustración 3-182 Resultados del nodo 117, muestra la línea de energía y la presión que se presenta
Fuente: datos extraídos del modelo en Allievi

Lo anterior se puede interpretar como la evolución resultante de la carga hidráulica en el inicio de la tubería viene dada en la Ilustración 3-183.

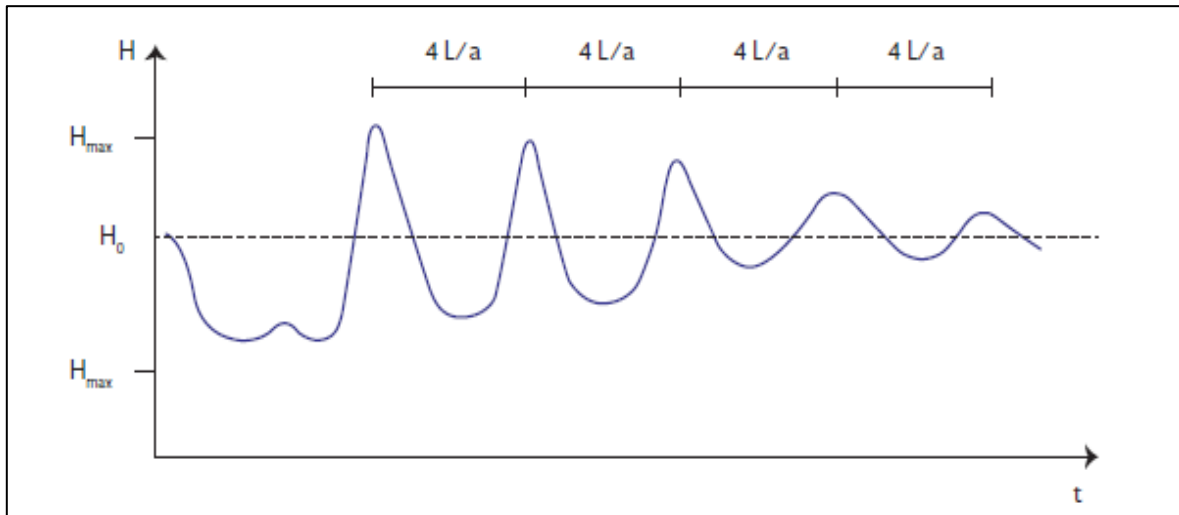


Ilustración 3-183 Evolución de la presión en el inicio de una línea de bombeo durante el transitorio que genera el paro de bombas, sin separación de columna en la línea
Fuente: (MAPAS, 2015)

Las presiones tanto positivas como negativas provocadas por el paro de equipos de bombeo, deben ser menores a las permisibles por la tubería propuesta en el sistema de conducción. Así como evaluar los componentes existentes para evitar colapso de la línea así como el daño de los equipos de bombeo.

3.9.2.2.1 Casos de propagación de la onda constante

En el sistema se pueden generar diversos resultados debido a las situaciones donde se encuentra situado un elemento a analizar. Por ello se ejemplifican los siguientes escenarios. La Ilustración 3-184a representa la línea piezométrica en la tubería en las condiciones de régimen permanente antes del transitorio. Con el cese del suministro de energía eléctrica al inicio de la tubería se presentan depresiones que se propagan hacia el tanque (Ilustración 3-184b).

Al llegar a este, la onda de depresión se refleja y la onda reflejada se superpone con la onda de depresión que continúa llegando (Ilustración 3-184c). La onda reflejada tiende a igualar en su recorrido la carga en la tubería con la del tanque y después del tiempo $2L/a$ llega a las bombas que aún impulsan agua. A partir de ese momento, el transitorio puede considerarse como el resultado de la superposición de tres ondas (Ilustración 3-184d):

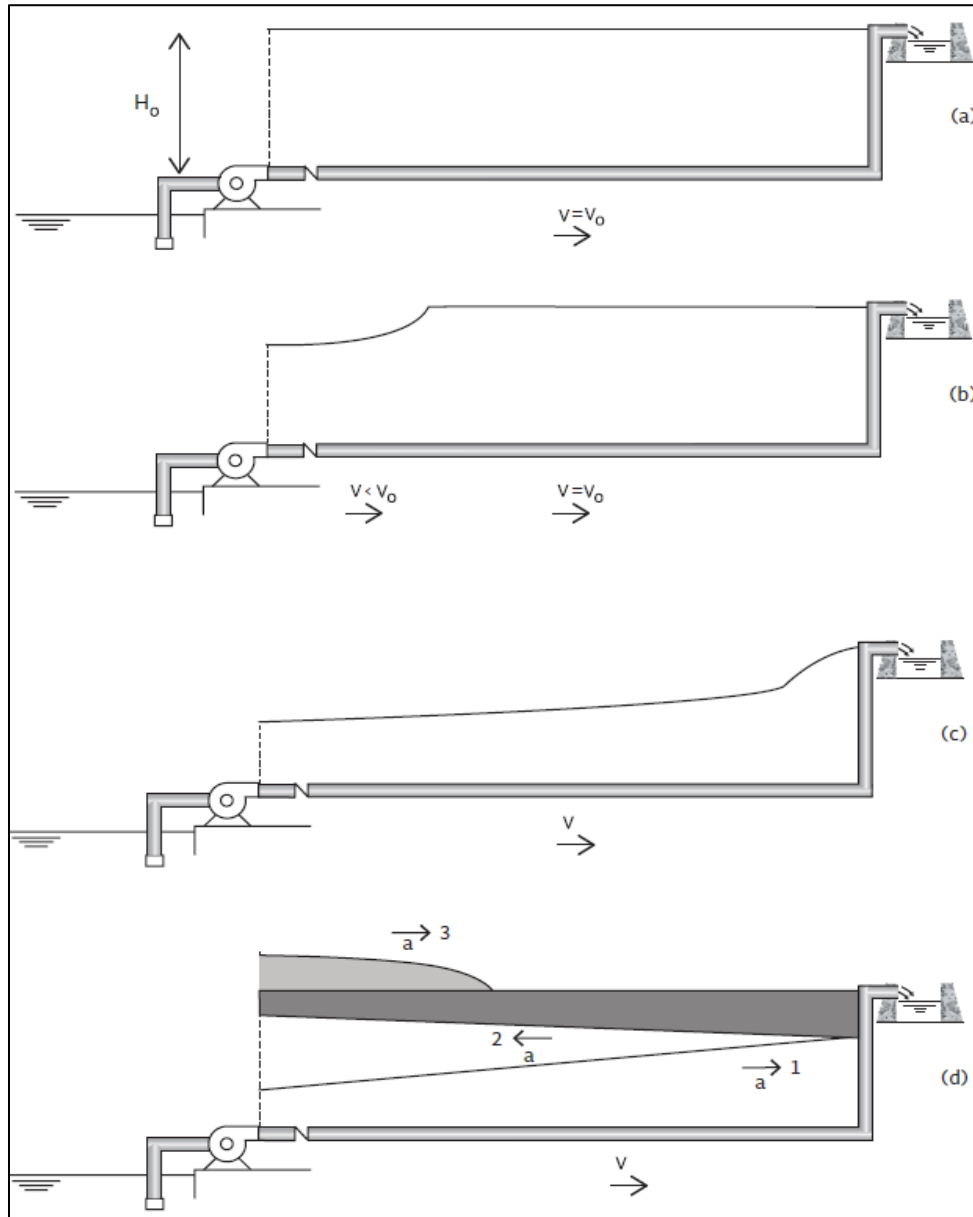


Ilustración 3-184 Tubería en las condiciones de régimen permanente
Fuente: (MAPAS, 2015)

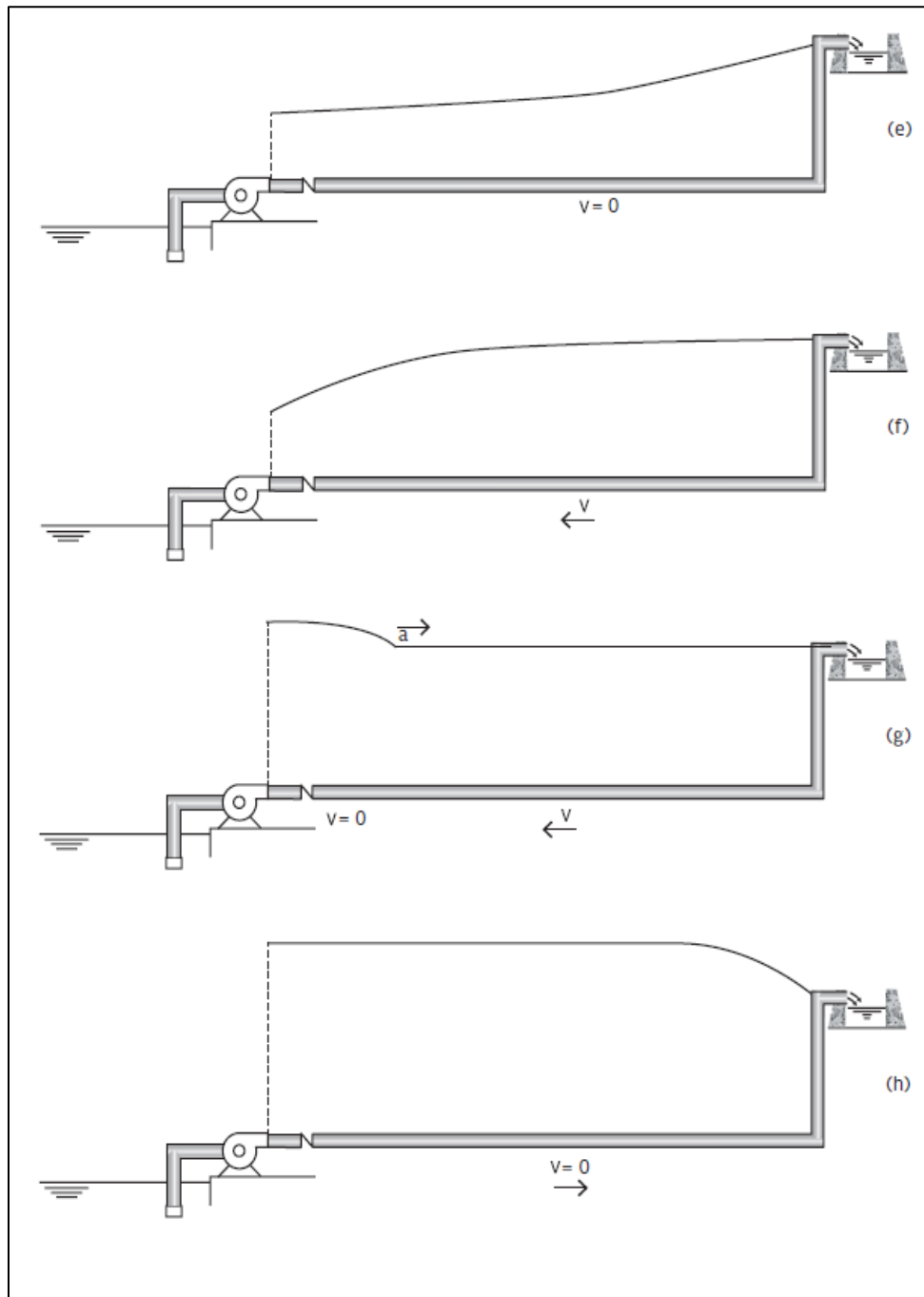


Ilustración 2 216 Tubería en las condiciones de régimen permanente (Continuación)
Fuente: (MAPAS, 2015)

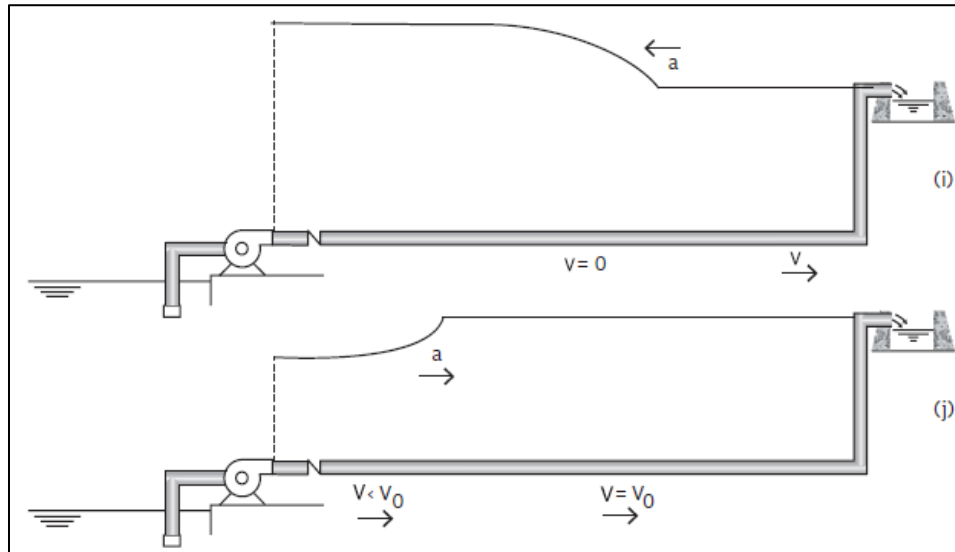


Ilustración 2 216 Tubería en las condiciones de régimen permanente (Continuación)

Fuente: (MAPAS, 2015)

Un golpe de ariete en que se produzca la variación total de la carga ΔH en la Ilustración 3-184 se denomina golpe directo. En caso contrario, el golpe es indirecto.

Con la disminución de la velocidad de rotación de las bombas, disminuye también la carga desarrollada por estas. Cuando la carga al inicio de la tubería resulta mayor que la carga que desarrollan las bombas, las válvulas de no retorno cierran y la velocidad al principio de la tubería se hace cero. Esta variación en la velocidad se propaga hasta que en toda la tubería se establezca una velocidad aproximadamente igual a cero y un nivel piezométrico más bajo que el nivel de agua en el tanque (Ilustración 3-184e). Esto genera un flujo desde el tanque a la tubería, que tiende a restablecer la carga H_0 Ilustración 3-184f).

Al llegar al principio de la tubería, este flujo se detiene bruscamente por las válvulas de no retorno que ya se encuentran cerradas, con lo que se produce una onda de sobrepresión que se propaga y detiene, en su recorrido, el movimiento del agua (Ilustración 3-184g). Al llegar esta onda de sobrepresión al tanque (Ilustración 3-184h), se tendrá en toda la conducción una carga hidráulica mayor de la que da el tanque, lo que genera un flujo de la tubería hacia el tanque.

Este flujo se acompaña de una depresión, que se propaga hacia el inicio de la tubería (Ilustración 3-184i). Una vez que la depresión llega al inicio de la tubería, se produce una nueva depresión como una reflexión de un extremo cerrado (Ilustración 3-184j). Puesto que el estado que muestra la Ilustración 3-184j es similar al de la Ilustración 3-184b, a partir de este momento comienza un nuevo ciclo de depresión y sobrepresión, y el transitorio presenta un carácter periódico.

3.9.2.2.3 Dispositivo para control de transitorios

Para en análisis de los resultados se pueden reducir los efectos de los fenómenos transitorios con el uso de dispositivos de control de transitorios hidráulicos, cuya finalidad es evitar el daño que éstos puedan producir por caídas de presión o el consecuente golpe de ariete, generado por los cambios súbitos en las variables de presión en el sistema.

Para controlar los efectos del transitorio hidráulico se tienen dispositivos de acción directa y dispositivos de acción indirecta. Los primeros ejercen un efecto inmediato desde el instante en que inicia el transitorio y su objetivo es disminuir la rapidez con la que se reduce la velocidad de la columna líquida, lo que a la postre se manifestará en menores oscilaciones de presión y una menor exigencia para la resistencia de la tubería.

Los dispositivos de acción indirecta llevan a cabo su efecto cuando la presión aumenta abruptamente o disminuye peligrosamente. En los casos en que no se puede alargar el transitorio, existe la posibilidad de minimizar sus consecuencias. Para (Guarga, 1995) los dispositivos de protección ante transitorios se clasifican de la siguiente manera:

Dispositivos de acción directa:

- Volantes de inercia
- Cámaras de aire
- Válvulas de cierre programado

Dispositivos de acción indirecta:

- Torres de oscilación
- Tanques unidireccionales
- Válvulas de retención
- Válvulas de admisión y expulsión de aire
- Válvulas de alivio

3.9.2.3 Resultados del modelo hidráulico de fenómenos transitorios

3.9.2.3.1 Presiones de operación

Para la evaluación del material y diámetros de la tubería propuesta, es necesario considerar las presiones máximas de trabajo producidas por el fluido y fuerzas ocasionadas por paros súbitos de equipos de bombeo.

En líneas de conducción, al igual que la tubería de concreto, la de acero es utilizada cuando se tienen altas presiones y se requieren grandes diámetros. La diferencia entre su uso es que las tuberías de concreto generalmente son enterradas y las de acero se pueden emplear en instalaciones expuestas, que en caso de ser enterradas son protegidas por un recubrimiento exterior.

De acuerdo con la norma mexicana NMX-B-177 “*Tubos De Acero Con O Sin Costura, Negros Y Galvanizados Por Inmersión En Caliente*”. Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos que deben cumplir los tubos de acero con o sin costura, negros o galvanizados por el proceso de inmersión en caliente, en tamaños nominales de 1/8 hasta 26 y en los espesores de pared nominal (promedio). Pueden suministrarse tubos con otras dimensiones, siempre y cuando cumplan con los demás requisitos de esta norma.

Los tubos pueden suministrarse en los siguientes tipos y grados:

- Tipo "F". - Soldadura continua a tope por calentamiento en horno.
- Tipo "E". - Soldado por resistencia eléctrica, en dos grados de acero "A" y "B".
- Tipo "S". - Sin costura, en dos grados de acero: "A" y "B".

Los tubos ordenados bajo esta norma son adecuados para soldarse, así como también son apropiados para someterse a operaciones de formado que incluyan la formación de serpentines, dobleces o pestañados, conforme a lo siguiente:

El tipo "F" no es adecuado para pestañado.

Cuando se requieran los tipos "E" y "S" para la formación de serpentines cerrados o para ser doblado en frío, debe especificarse el grado "A", lo anterior no significa una prohibición del uso de los tubos grado "B", en operaciones de doblado en frío.

A opción del fabricante el tipo "E" puede suministrarse sin expandir o expandido en frío. Cuando se efectúe esto último, la expansión no debe ser mayor de 1.5% del diámetro exterior del tubo.

Definiciones

Tipo "F", tubos soldados a tope en horno, soldadura continua

Tubos producidos en tramos continuos de tiras en rollo y cortados subsecuentemente en tramos individuales, teniendo una junta a tope longitudinal, soldado por forja por la presión mecánica desarrollada en el formado en caliente de la tira al pasar a través de un juego de rodillos soldadores de paso circular.

Tipo "E", tubos soldados por resistencia eléctrica

Tubos producidos en tramos individuales o en tramos continuos a partir de la tira en rollos y cortados subsecuentemente a tramos individuales, teniendo una junta tope longitudinal, en donde la unión es producida por el calor obtenido de la resistencia del tubo al flujo de corriente eléctrica en un circuito del cual forma parte el tubo, y por la aplicación de presión.

Tipo "S", tubos sin costura

El tubo sin costura es un producto tubular hecho sin cordón de soldadura. Es fabricado por un formado en caliente, y si es necesario, por un subsecuente acabado en frío para obtener la forma, dimensiones y propiedades deseadas.

Clasificación

Los tubos cubiertos por esta norma se clasifican conforme a su proceso de fabricación, en los tipos: "E", "F" y "S", y en base a las propiedades mecánicas del acero, en los grados "A" y "B"

Para el diseño de la red de distribución, se considera tubería de acero al carbón grado A, con un esfuerzo permisible de 30,000 psi. De acuerdo con el manual de diseño (AWWA, 2004). Las presiones de operación en la red máximas expresadas en kg/cm², se encuentran muy por debajo de las obtenidas en los resultados de la simulación del software Allievi; Ver la siguiente tabla:

Tabla 3-88 Presiones de operación de la red de conducción.

Tramo	Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	P Mín (mca)	P Máx (mca)	P Máx (kg/cm ²)	Esfuerzo permisible (psi) ASTM A53 Grado A	Esfuerzo permisible (kg/cm ²)
Tanque PP a primer cruce	1,219.20	48.00	-10.10	152.73	15.27	30,000	2,109.21
Primer cruce a Tanque Bermejillo	254.00	10.00	-10.98	128.10	12.81	30,000	2,109.21
Cruce 1 a cruce 2	1,219.20	48.00	-10.10	144.28	14.43	30,000	2,109.21
Cruce 2 a Tanque Ceceda	355.60	14.00	-9.88	145.29	14.53	30,000	2,109.21
Cruce 2 a Cruce Brittingham	1,016.00	40.00	-0.71	144.28	14.43	30,000	2,109.21
Cruce Brittingham a Tanque Brittingham	508.00	20.00	4.55	121.07	12.11	30,000	2,109.21
Cruce Brittingham a Cruce La Popular	1,016.00	40.00	-1.54	121.04	12.10	30,000	2,109.21
Cruce La Popular a Tanque la Popular	609.60	24.00	1.43	99.64	9.96	30,000	2,109.21
Cruce La Popular a Tanque Vergel	1,016.00	40.00	0.82	96.37	9.64	30,000	2,109.21

Con ello se concluye que las presiones generadas por un paro súbito de los equipos de bombeo, no sobrepasan los esfuerzos admisibles para las propiedades de la tubería propuesta en la conducción.

3.10 Proyecto hidráulico de bombeos

Las estaciones de bombeo son necesarias si se pretende elevar el agua a un depósito superior o bien suministrar agua a zonas elevadas con unos valores mínimos de presión

Las bombas son elementos esenciales en los sistemas de transporte y distribución de agua. Se utilizan para impulsar un determinado caudal entre depósitos o para conseguir el nivel de presiones deseado en una red de distribución. Muchos de los transitorios generados en sistemas hidráulicos a presión están asociados a este elemento.

Para Allievi, una estación de bombeo está formada por una sola bomba o por un conjunto de bombas iguales, asociadas en paralelo, y que se comportan exactamente de la misma manera.

Para conocer el comportamiento de la bomba se realizan dos procedimientos

Utilizando curvas características de catálogo

Utilizando curvas universales

Las curvas características de catálogo representan el comportamiento real de la bomba en zonas de funcionamiento convencional. Usualmente esta información es aportada por el fabricante de la bomba.

Las curvas características de las bombas facilitadas por catálogo son:

Altura Manométrica – Caudal (H_b vs Q_b)

Potencia Absorbida – Caudal (P_a vs Q_b)

Rendimiento Global – Caudal (η_b vs Q_b)

Para el modelo hidráulico se requieren de 4 bombas: las primeras dos de 300 l/s, la tercera de 200 y una de 167 l/s. La curva de la bomba para impulsar 300 l/s se presenta a continuación:

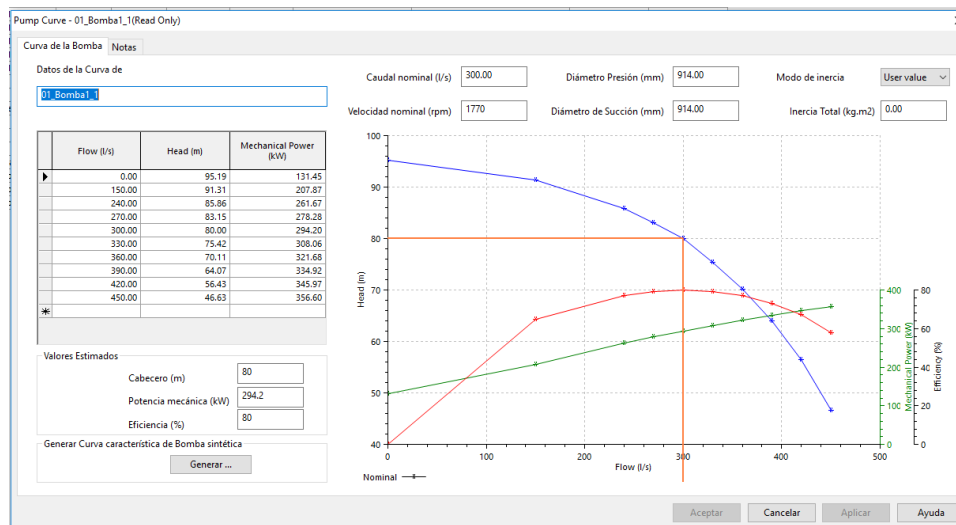


Ilustración 3-185 Curva de la bomba para una impulsión de 300 l/s

Fuente: Elaboración propia

Para la bomba de 200 l/s, se dispone de la siguiente ilustración.

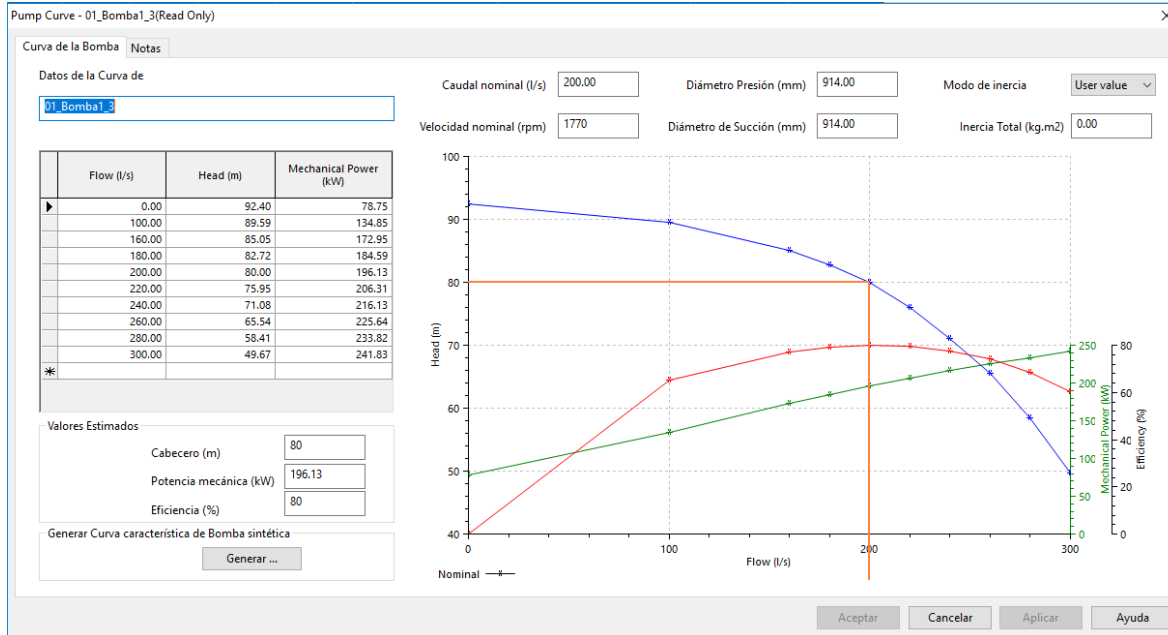


Ilustración 3-186 Curva de la bomba de 200 l/s
 Fuente: *Elaboración propia*

Y por último para la curva de la bomba de 167 l/s se tiene la siguiente disposición.

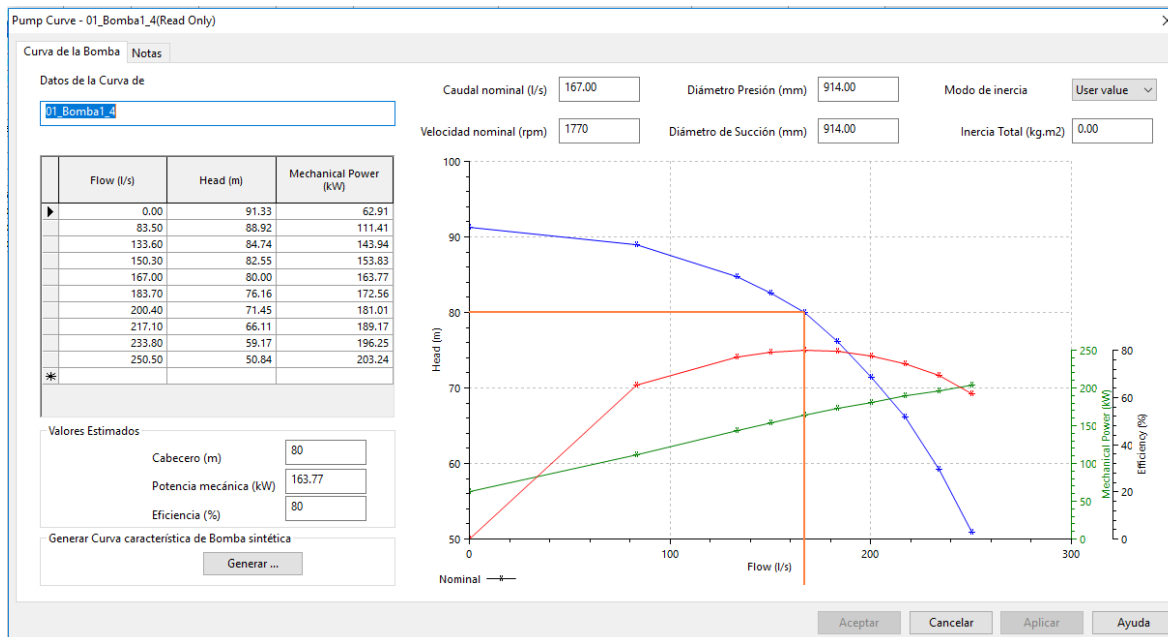


Ilustración 3-187 Curva de la bomba de 167 l/s
 Fuente: *Elaboración propia*

3.10.1 Instalación eléctrica

En el proyecto de una instalación eléctrica se requiere consultarlos reglamentos, manuales y normas para enfocar la tarea desde una posición lo más óptima posible, los materiales y equipos deben contar con certificados ANCE, DNG o cumplir con NOM-001-SEDE a continuación se describe de manera muy general el cumplimiento de la instalación eléctrica:

1. Código de colores de cableado para fases y tierra
2. Material y dimensiones para canalizaciones de alimentadores principales y derivados
3. Conexión a tierra de equipos no portadores de corriente
4. La instalación eléctrica debe de efectuarse de manera limpia y profesional
5. Los conductores deberán ser seleccionados de acuerdo a; Ampicidad, material, caída de tensión, tamaño, temperatura ambiente y exposición física.
6. Las trayectorias de conexiones derivadas deberán coordinarse con otras instalaciones
7. Los tableros deben tener leyendas de identificación de circuitos
8. La instalación eléctrica deberá estar revisada por una unidad verificadora con acreditación y aprobación de la secretaria de energía.
9. Todos los interruptores de más de 1000 A, deberán de ser con protección de falla a tierra.

En el caso del proyecto propuesto se requiere una capacidad de bombeo de 967 litros por segundo del cárcamo de llegada de la mina para distribución, por lo cual se consideran cuatro equipos de bombeo dos de 300 lps, uno de 200 lps y uno de 167 lps.

La carga instalada necesaria deberá de ser 1292.02 KVA ya considerando un transformador de servicios de 5 KVA y trabajando todo con un factor de potencia de 0.85, con motores alta eficiencia Premium de 95%.

EL transformador seleccionado es de 1500 KVA y se consideró un consumo adicional de más el 14% con proyecciones de crecimiento a futuro en cargas eléctricas.

Los equipos listados a continuación muestran a grosso modo la infraestructura y cálculos a realizar para la instalación eléctrica con base a las especificaciones ya mencionas de la NOM-001-SEDE última actualización.

Tabla 3-89 Costo de Instalación Eléctrica			
Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Suministro e instalación de Transformador de 200KVA con utilización de un 80%	1	\$847,000.00	\$847,000.00
Suministro e instalación de Soft-Starter para 450 HP	2	\$95,000.00	\$190,000.00
Suministro e instalación de Soft-Starter para 300 HP	1	\$66,000.00	\$66,000.00
Suministro e instalación de Soft-Starter para 250 HP	1	\$61,000.00	\$61,000.00
Suministro e instalación de Transformador de Servicios de 5KVA	1	\$15,000.00	\$15,000.00
Suministro e instalación de Interruptor principal de 2000 A	1	\$7,000.00	\$7,000.00
Suministro e instalación de Interruptor para 800 A	2	\$38,000.00	\$76,000.00
Suministro e instalación de Interruptor para 350 A	2	\$20,691.00	\$41,382.00
Suministro e instalación de Interruptor para 300 A	1	\$15,550.00	\$15,550.00

Tabla 3-89 Costo de Instalación Eléctrica

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Cálculos y Planos : Memorial de cálculo, Diagrama unifilar general , Selección y arreglo de subestación , Selección de equipo principal diverso (transformador, apartarrayos, fusibles, cuchillas seccionadoras, arrancadores e interruptores), Cálculo de calibres de alimentadores; por ampacidad, por caída de tensión y por corto circuito, Estudio del tipo de arranque de motores, Diseño y cálculo del sistema de tierras, Evaluación que determine si se requiere o no planta de emergencia y en caso de requerirse se integrará al proyecto de fuerza, En caso de requerirse por condiciones de normatividad, se deberá realizar el diseño y cálculo del sistema de pararrayos , Elaboración de planos que contengan los dibujos eléctricos que se requieran como parte del proyecto, los cuales se estima sean: cuadro de cargas y diagrama unifilar, plano de fuerza y tierras; y plano de subestación eléctrica, Acciones y el equipamiento necesario para la automatización.	1	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00
suministro e instalación de bomba de 300 lps	2	\$1,732,000.00	\$3,464,000.00
suministro e instalación de bomba de 200 lps	1	\$1,235,440.00	\$1,235,440.00
suministro e instalación de bomba de 167 lps	1	\$832,880.00	\$832,880.00
Intalación de equipos eléctricos y cableado	1	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00
		Total	\$10,351,252.00

3.10.2 Operación eléctrica

En el caso de la operación eléctrica de los equipos, las consideraciones tomadas son sobre un consumo total de 1039.275 kWh. Usando como referencia las tarifas GDMTH (Diciembre 2017-2018). Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda igual o mayor a 100 kilowatts.

Las consideraciones de trabajo son de 24 hrs los 365 días de la semana:

Tarifa	Descripción	Int. Horario	Cargo	Unidades	ene-18
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria	-	Fijo	\$/mes	926.62
		Base	Variable (Energía)	\$/kWh	0.6125
		Intermedia	Variable (Energía)	\$/kWh	1.0418
		Punta	Variable (Energía)	\$/kWh	1.1849

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00	20:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	
Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril			

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre			
Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00	18:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00	19:00 - 21:00
		21:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Tomando estas consideraciones se muestra el resultado de la operación por mes

Costo de operación utilizando la Tarifa (GDMTH)			
Descripción	No. de equipos	Capacidad	kW-mes
Bombas 300 lps	2	450 HP	477789.36
Bombas 200 lps	1	300 HP	160741.2
Bombas 167 lps	1	250 HP	134690.04
Trasformador de servicios	1	5 KVA	131.75
Total kW-m			773352.35
Costo MNX			\$916,345.20
Costo fijo(MNX) /mes			\$926.62
Total por mes (MNX)			\$917,271.82

3.11 Proyecto funcional de las líneas de conducción

Para el proyecto funcional de la línea de conducción se establece en la siguiente imagen como quedaría definido su disposición, en primer lugar de la lado izquierdo se encuentra la zona de extracción que sería la la mina la Platosa, donde se llevaría el agua a un lugar cercano para poder potabilizarse y bombearse por medio de 4 bombas los 967 l/s. Continúa con un red donde se distribuirán los gastos de acuerdo con el análisis de proyección a futuro calculado en los anteriores apartados. Lo anterior se complementa con el diseño y puesta en marcha de dos tanque de regulación de agua: el primero ubicado en la zona de la localidad denominada la popular y otro en el Vergel, que dispondrán de agua a gravedad a las diferentes localidades.

Tanque en La Mina La
Platosa

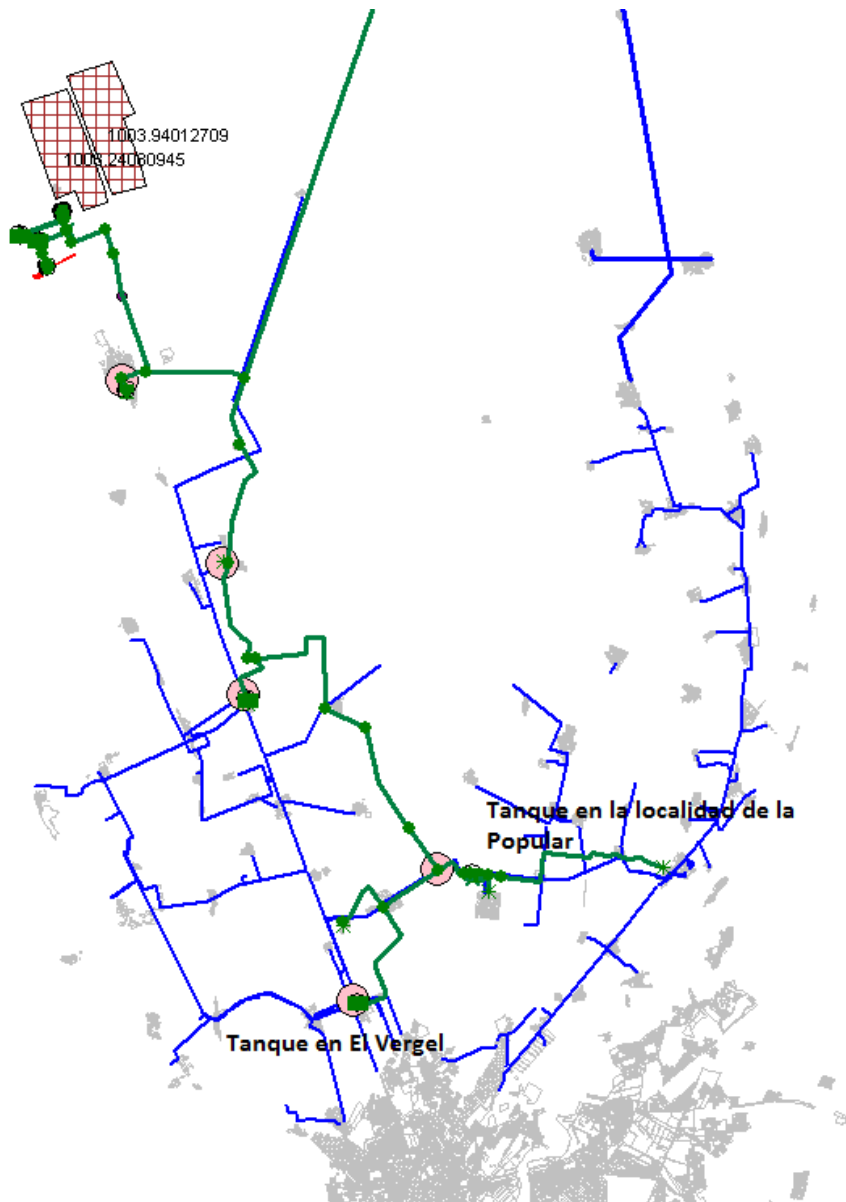


Ilustración 3-188 Proyecto funcional.
Fuente: Elaboración propia

Considerándose que se requieren de una presión mínima de 0.5 kg/cm para que pueda el agua tener 5 metros columna y poder almacenarse por ejemplo en un tanque domiciliario, a continuación se detalla los análisis de presión que se obtienen del modelo hidráulico.

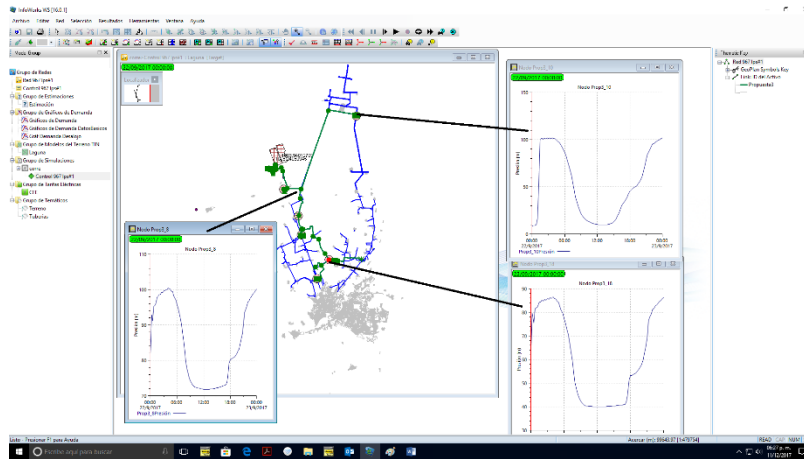


Ilustración 3-189 Presiones que se obtienen a lo largo de 24 horas
Fuente: Elaboración propia

Para la zona en el cruce donde se divide la línea para Tlahualilo y hacia el Vergel se tiene como presión máxima de 100 mca. Lo cual hace ver que se cumple con la condición de presión en esa zona. Ver la siguiente ilustración

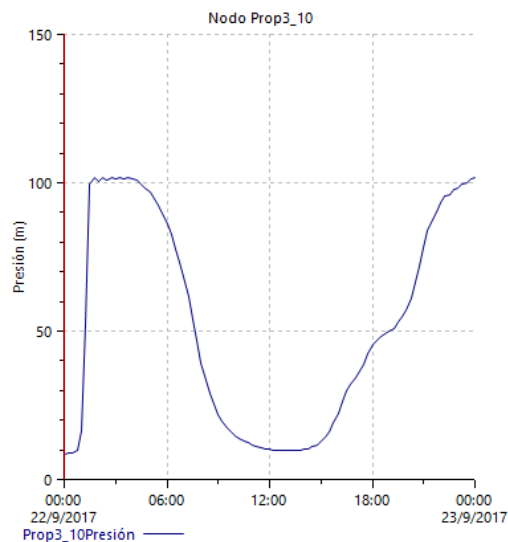


Ilustración 3-190 Presión ubicado en el primer punto de muestreo
Fuente: Elaboración propia

El segundo punto se establece cerca de la línea de llegada al tanque la popular, donde se reparte el agua para las localidades del municipio de Gomez palacio, en esta zona se presentan presiones mínimas de 40 mca cuando se tiene un mayor punto de consumo de la red y en momentos que no se tiene consumo llega a 85 mca. En la siguiente ilustración se presenta esa disposición.

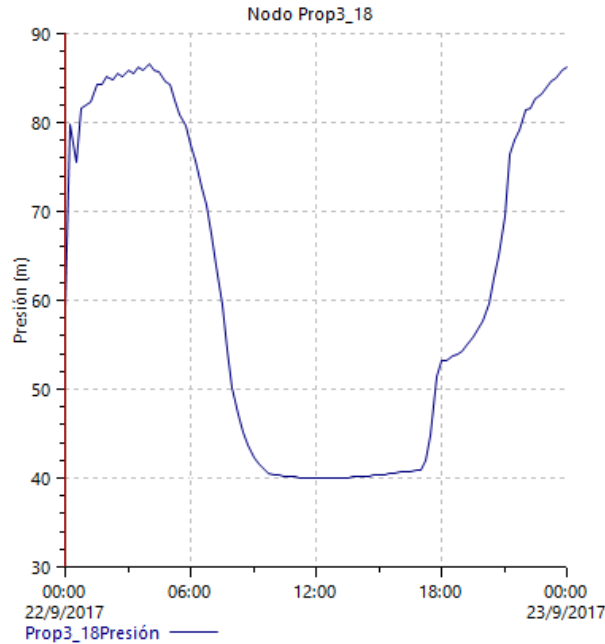


Ilustración 3-191 Segundo muestreo de presión
Fuente: Elaboración propia

El tercer punto se establece cerca de la línea de llegada al tanque ceceda, donde se reparte el agua para las localidades del municipio de Tlahualilo, en esta zona se presentan presiones mínimas de 71 mca cuando se tiene un mayor punto de consumo de la red y en momentos que no se tiene consumo llega a 110 mca. En la siguiente ilustración se presenta esa disposición.

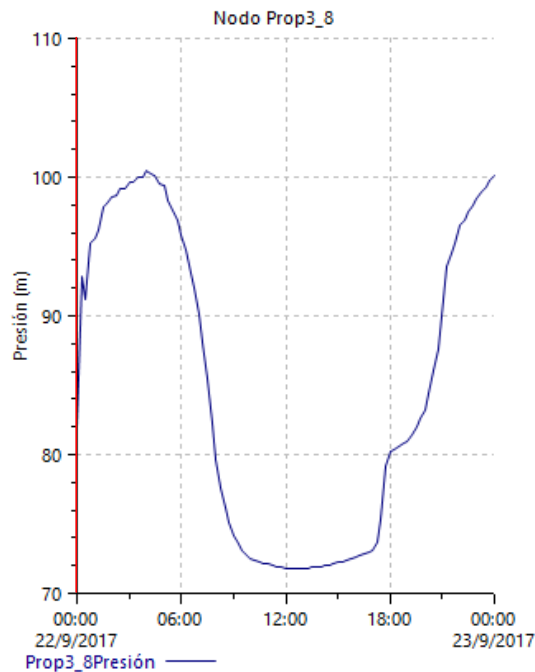


Ilustración 3-192 Tercer punto de muestreo
Fuente: Elaboración propia

4 ANALISIS TARIFARIO

4.1 Introducción

El presente documento recopila y analiza información legal, económica, social y estadística relacionada con la prestación de servicio de agua potable del Municipio de Gómez Palacio, Durango, referente a aspectos técnicos, administrativos, económicos, financieros y legales relacionados con el sistema de tarifas vigente.

Considera un apartado referente al análisis sobre el marco jurídico–legal que norma el establecimiento y la aplicación de la política y estructura tarifaria, permitiendo identificar las acciones susceptibles de realizarse, a fin de realizar posibles modificaciones a la estructura tarifaria, así como a evitar incumplimientos de pago de los usuarios, lo que fortalecerá las finanzas del organismo operador de agua potable.

Evalúa las características sociodemográficas de la región y población objetivo, considerando indicadores como: el grado de marginación y pobreza, capacidad de pago de la población, salud y bienestar, migración, derecho humano al agua, características de la población económicamente activa, producto interno bruto, entre otros.

Adicionalmente en el documento se analiza el sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de Gómez Palacio, denominado: *Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango, (SIDEAPA)*, respecto a su funcionamiento, estructura institucional, organizacional, recursos hídricos, gastos de operación, mantenimiento, entre otros, y se detallará el área comercial con información sobre: padrón de usuarios, coberturas, micro medición, facturación, cartera vencida, etc.

Finalmente se desarrolla un apartado para determinar la estructura tarifaria y su sistematización, con las siguientes consideraciones: fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora de la estructura tarifaria actual, tarifa de autosuficiencia financiera y proyección de ingresos y egresos.

4.2 Marco Jurídico regulatorio

- Ley de Agua del Estado de Durango
- Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango
- Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango
- Reglamento Interior del Republicano Ayuntamiento de Gómez Palacio, Durango
- Facultades y atribuciones del Consejo Directivo del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango.

4.3 Análisis del Marco Jurídico

4.3.1 Ley de Agua del Estado de Durango

En la Ley de Agua del Estado de Durango, se establece el concepto de “Tarifa Media de Equilibrio”, como la tarifa promedio que deberá aplicarse por cada unidad cobrada a los usuarios, para asegurar el equilibrio financiero del prestador de los servicios. Adicionalmente en la misma ley se señala en el Artículo 150: “que todo usuario del sector público, así como del sector privado o social, está obligado al pago de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que preste el Ayuntamiento, el organismo operador correspondiente o, en su caso, la Comisión, con base en las cuotas y tarifas autorizadas”, las cuales se deben cubrir (Artículo 151) dentro de los plazos que en cada caso señale el recibo correspondiente y en las oficinas que en cada caso determine el Ayuntamiento, el organismo operador correspondiente o la Comisión, y en caso de no realizarse conforme a los

tiempos señalados, (Artículo 152) el propietario de un predio responderá por los adeudos, los cuales tendrán el carácter de crédito fiscal para efectos de cobro.

Con dichos ordenamientos se da amplia certeza jurídica del actuar de los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento respecto al cobro de tarifas, como a las acciones legales a ejercer en caso de incumplimiento de pago por parte de los usuarios.

Adicionalmente en el Artículo 28 Fracción III, de la Ley de Agua del Estado de Durango se establece que los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento, estarán a cargo de los Ayuntamientos o la Comisión, a través diversas figuras entre las cuales se incluye la de Organismos descentralizados, carácter legal del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango, mismo que se analizará más adelante.

Respecto a las cuotas y tarifas, en el Artículo 169, se establece que las tarifas deberán proporcionar: autosuficiencia financiera de los prestadores de los servicios públicos; la racionalización del consumo; el acceso de la población de bajos ingresos a los servicios públicos, considerando la capacidad de pago de los distintos estratos de usuarios; una menor dependencia de los municipios hacia el Estado y la Federación, para la prestación de los servicios públicos; y la orientación del desarrollo urbano e industrial.

Las tarifas medias de equilibrio deberán ser suficientes para cubrir los costos derivados de la operación, el mantenimiento y administración de los sistemas; la rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura existente; la amortización de las inversiones realizadas; los gastos financieros de los pasivos; y las inversiones necesarias para la expansión de la infraestructura. Las fórmulas deberán reflejar el efecto, que, en su caso, tengan en las tarifas medias de equilibrio las aportaciones que hagan los Gobiernos Estatal, Federal y Municipal, a cualquier otra instancia pública, privada o social. Las fórmulas también deberán tomar en cuenta explícitamente el efecto de la eficiencia física, comercial, operativa y financiera de los prestadores de los servicios (Artículo 171)

Dichas cuotas y tarifas se determinarán y actualizarán por el prestador de los servicios con base al concepto transformador-pagador y en la aplicación de las fórmulas que defina la Comisión. Estas fórmulas establecerán los parámetros y su interrelación para el cálculo de las tarifas medias de equilibrio. (Artículo 170).

Aunque en la Ley de Agua del Estado de Durango, se establece que las cuotas y tarifas se determinarán y actualizarán en función de la aplicación de las fórmulas que defina la Comisión, en el Artículo 173 de la misma ley, se especifica que las revisiones a las fórmulas, en lo que se refiere a los componentes del costo y la relación entre ellos, se harán por la Comisión cada cinco años, cuando menos, y dichas revisiones podrán hacerlas a petición de uno o varios prestadores de servicios, quienes deberán anexar una propuesta y un estudio técnico que la justifique. Para ello el prestador de los servicios podrá determinar una estructura tarifaria que tome en cuenta el tipo y nivel socioeconómico o la capacidad de pago de los diferentes estratos de usuarios, de forma que permita establecer criterios de equidad en el costo de dichos servicios. La estructura tarifaria deberá diseñarse de manera que de su aplicación resulten los mismos ingresos que si se aplicaran las tarifas medias. (Artículo 175), así mismo las tarifas medias de equilibrio deberán diferenciar las correspondientes a la prestación de los diferentes servicios. En este sentido, las fórmulas determinarán: I.- La tarifa media de equilibrio de los servicios de abastecimiento de agua potable; II.- La tarifa media de equilibrio de los servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales; III.- La cuota por conexión a la red de agua potable; IV.- La cuota por conexión a la red de drenaje; y V.- Las demás que se requieran. (Artículo 172).

Conforme a lo anteriormente dicho, se cuenta con un marco jurídico regulatorio que permite la posibilidad de modificación de las tarifas siempre y cuando se cumpla con la normatividad aplicable, y se justifique la necesidad de modificación, para su aprobación.

4.3.2 Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango

Una vez que se ha señalado en el Artículo 28 Fracción III, de la Ley de Agua del Estado de Durango, que los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento, estarán a cargo en este caso de los Ayuntamientos, y que se sabe existe el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango, (SIDEAPA Gómez Palacio, Dgo.) es importante analizar la Ley Hacendaria que rige a los Municipios, mediante la cual se establece que: La Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango, tiene por objeto regular los ingresos de las haciendas públicas de los municipios del Estado, contemplados en las leyes de ingresos y por los diversos conceptos a que se refiere el Código Fiscal Municipal y por la legislación común del Estado aplicada en forma supletoria, así como fijar la normatividad de los mismos. (Artículo 8). La Hacienda Pública Municipal, para cubrir los gastos de su administración y demás obligaciones a su cargo, percibirán en cada ejercicio fiscal los ingresos por concepto de impuestos, derechos, contribuciones por mejoras, productos, aprovechamientos, participaciones e ingresos extraordinarios que anualmente establezcan las leyes de Ingresos correspondientes. (Artículo 9).

Por su parte en el Artículo 11 de la misma Ley, se establecen, las características generales que tendrán los ingresos del Municipio, tales como objeto, sujeto y sus obligaciones, base y exenciones. Y será en las leyes de ingresos de los municipios del Estado en donde se deben establecer las cuotas, tasas o tarifas de aquellas fuentes de ingresos establecidas en esta Ley, que percibirán en cada ejercicio fiscal. (Artículo 12), y en caso de no estar prevista en la Ley, no podrá recaudarse, por lo que cualquier modificación deberá ser en estricto apego a las leyes de leyes de ingresos correspondientes y sus modificaciones aprobadas por el Congreso del Estado. (Artículo 13).

Conforme al Artículo 16, de la Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango, las cuotas y tarifas para el cobro de los derechos, se calcularán en atención al costo total de la administración y operación en la prestación de los servicios públicos. Podrán establecerse cuotas y tarifas diferenciales tratándose de un mismo servicio cuando las personas físicas o morales lo aprovechen en distinta proporción o calidad o por razones de equidad tributaria. En tal caso, en la determinación del monto de las mismas, se garantizará la viabilidad económica financiera y la factibilidad operativa de la prestación del servicio público de que se trate.

La recaudación y administración de los ingresos tributarios y no tributarios municipales corresponde a la Tesorería Municipal o su equivalente. Corresponderá a los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento de naturaleza paramunicipal la administración y recaudación de sus propios ingresos. (Artículo 17).

Adicionalmente en el Artículo 127 de la Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango, se establece que: la estructura de cuotas y tarifas para el pago de las obras y servicios necesarios para la prestación del servicio público al que se alude en esta sección, será establecida en la ley de ingresos municipales respectiva y se determinarán de conformidad con las siguientes bases generales: I. La autosuficiencia financiera de los organismos operadores; II. Los costos totales de administración y operación de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento; III. El tipo, nivel socioeconómico y capacidad de pago de los diferentes estratos de usuarios; IV. El tipo de uso y rangos de consumo; V. Cuotas fijas mínimas por tipos de uso; VI. Los precios por unidad de obra o servicio; y VII. Los criterios y parámetros señalados en la Ley de Agua para el Estado de Durango.

4.3.3 Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango

Conforme a la reglamentación correspondiente, la Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango debe aprobarse cada año y publicarse en el Diario o Gaceta Oficial antes del 31 de diciembre del año inmediato anterior al ejercicio fiscal aplicable, en caso de no realizarlo se mantendrán vigentes las cuotas o tarifas del ejercicio fiscal anterior.

Para el ejercicio fiscal 2017, la Ley de ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango establece que los Ingresos que se perciban por concepto de Derechos por la prestación del Servicio Público de Agua Potable,

Drenaje, Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de sus Aguas Residuales, contemplados en esta Ley, se administrarán en forma independiente por el Organismo correspondiente, en virtud de ser éste un Organismo Público Descentralizado con Personalidad Jurídica y Patrimonio Propio.

Las personas físicas o morales obligadas a abastecerse de agua Potable y a utilizar la red de drenaje del Sistema Municipal Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, Dgo. (SIDEAPA) y/o del Organismo equivalente en el medio rural el denominado SIDEAPAAR conforme a lo que establecen los Artículos del 125 al 130 de la Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango, estarán sujetos a las bases y tarifas que se establecen ésta misma Ley.

El Artículo 6 de la Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango para el ejercicio fiscal 2017, establece que el Municipio a través del Organismo Operador urbano o rural, tendrá a su cargo, en función de la disponibilidad del agua potable y factibilidad de los servicios; dotar del servicio público de agua potable y alcantarillado de acuerdo con el Artículo 3 fracción II, a los siguientes giros: I. Doméstico, II. Mercantiles y de Servicios, III. Industriales, IV. Servicios Públicos, V. Educativos y de investigación, VI. Así como todo aquel que deba surtir de agua potable que no se destine para consumo doméstico.

En el Anexo I, Capítulo II Tarifas para el cobro del servicio de agua potable y alcantarillado, se establece que las tarifas se pagaran conforme a lo siguiente:

4.3.4 Tarifa doméstica

El cobro de agua potable para uso doméstico se hará conforme a las siguientes bases:

1°.- En el caso de usuarios de ingresos económicos de subsistencia por solidaridad social, se harán cobros de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas familiares, que deberán ser previamente comprobadas en forma individual.

2°.- Tomando como base el cobro por metro cúbico consumido, se establecen los siguientes rangos en las zonas Urbana y Rural, y el valor del mismo se incrementará de acuerdo a la siguiente tarifa Tabla 4-1:

Tabla 4-1. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m³) consumidos

Urbano Doméstico			
Servicio Domestico		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)	
		Domestica	Residencial
0	12	113.85	128.07
13	20	9.49	10.67
21	30	9.73	10.91
31	40	10.2	11.39
41	50	10.44	11.63
51	60	10.91	12.34
61	70	11.86	13.29
71	80	12.34	13.76
81	90	13.05	14.7
91	100	14.47	16.37
101	9999	17.79	20.16

El cobro de la tarifa mínima será de 12 m³ mensuales y se aplicará en el caso de todo consumo doméstico de agua. Sólo en el caso de usuarios de ingresos económicos de subsistencias que gocen de este servicio por solidaridad social, y tomando como base el cobro por metro cúbico consumido. Se establecen los siguientes rangos y zonas, y el valor del mismo se incrementará de acuerdo a la siguiente tarifa, Tabla 4-2:

Tabla 4-2. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m3) consumidos. Servicio subsidiado

Servicio Subsidiado		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)
		Domestica
0	12	68.31
13	20	5.7
21	30	5.94
31	40	6.17
41	50	6.17
51	60	6.41
61	70	6.64
71	80	7.12
81	90	7.35
91	100	7.83
101	9999	9.73

3°.- El cobro de la tarifa mínima será de 12 m³ mensuales y se aplicará en el caso de todo consumo doméstico de agua aun cuando no se registre consumo alguno.

4°.- A los usuarios del servicio de agua potable con servicio medido que no cuenten con el servicio de drenaje en el área urbana se les deducirá el 30% del monto del cobro mensual del servicio de agua potable.

A los usuarios del medio rural se aplicará el 30% de cobro por concepto de drenaje al momento de contar con este servicio.

5°.- En el predio o finca que no se cuente con aparato medidor para determinar el consumo mensual de agua potable, se cobrará la cuota fija que el Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado establezca, tomando en cuenta la ubicación del predio, el número de habitantes y el estudio socio-económico que al efecto se realice, pero nunca será menor de 12 metros cúbicos aplicando la tarifa en vigor.

6°.- Cuando el porcentaje de incremento al salario mínimo sea menor que el incremento relativo a las tarifas eléctricas se justificará el cambio de las tarifas de agua con base en la diferencia resultante.

7°.- La tarifa vigente para el ejercicio fiscal del 2017, se actualizará en el mes de enero del mismo año, indexando el aumento del porcentaje estimado de incremento anual inflacionario.

4.3.5 Tarifas mixtas, comerciales, industriales, de prestadores de servicios y pública:

El cobro de las tarifas de consumo comercial, industrial, mixta y pública se hará conforme a las siguientes bases:

I.- La relación usuario y Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado, deberá sujetarse a las disposiciones de esta Ley y de la de Agua para el Estado de Durango.

II.- Respecto al consumo de agua en esta categoría, se establecen los siguientes rangos, el cobro del servicio se hará por metro cúbico consumido y sobre la base que el valor del mismo se incrementará entre rangos de acuerdo a la tabla siguiente, Tabla 4-3:

Tabla 4-3. Tarifas urbana mixta, pública, comercial e industrial en relación a los metros cúbicos (m3) consumidos

Consumos de tarifas Mixto, Publica, Comercial e Industrial		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)			
		MIXTA	PÚBLICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL
0	12	\$ 147.99	\$ 147.99	\$ 304.53	\$ 440.28
13	20	\$ 12.34	\$ 12.34	\$ 25.61	\$ 33.47
21	30	\$ 12.81	\$ 12.81	\$ 26.10	\$ 33.58
31	40	\$ 13.29	\$ 13.29	\$ 26.80	\$ 41.10
41	50	\$ 13.76	\$ 13.76	\$ 27.51	\$ 41.13
51	60	\$ 14.00	\$ 14.00	\$ 27.51	\$ 41.15
61	70	\$ 15.42	\$ 15.42	\$ 29.41	\$ 43.15
71	80	\$ 16.13	\$ 16.13	\$ 30.83	\$ 43.17
81	90	\$ 17.08	\$ 17.08	\$ 32.49	\$ 43.19
91	100	\$ 18.51	\$ 18.51	\$ 34.63	\$ 43.21
101	9999	\$ 23.25	\$ 23.25	\$ 43.40	\$ 60.58

III.- El cobro de la tarifa mínima será de 12 m3 mensuales y se aplicará en el caso de todo consumo comercial, industrial y público aun cuando no se registre consumo alguno.

IV.- Cuando el porcentaje de incremento al salario mínimo sea menor que el incremento relativo a las tarifas eléctricas se justificará el cambio de las tarifas de agua con base en la diferencia resultante.

V - Si la industria o comercio arroja sustancias dañinas al sistema de alcantarillado, no se suministrará servicios de agua potable independientemente de la aplicación de sanciones y reparación del daño a que quede sujeto el infractor en tanto no instale un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

VI.- Los usuarios que dispongan de toma de agua de 25 mm. (1") o más cubrirán como cargo mínimo mensual el importe equivalente a 200 metros cúbicos; aun cuando no se registre consumo alguno.

VII- Los usuarios que hagan uso del servicio de descarga por tener una fuente de abastecimiento de agua propia, deberán pagar el 30 por ciento del equivalente al metro cúbico extraído a razón de la tarifa industrial establecida por el Organismo Operador.

VIII.- Para realizar el pago del inciso anterior, los usuarios estarán obligados a instalar un sistema de medición en sus fuentes de abastecimiento. El usuario deberá permitir al personal autorizado del Organismo Operador el acceso a sus instalaciones con objeto de que pueda medir mensualmente su consumo.

IX.- En el caso de los usuarios que no cuenten con el servicio de agua potable o fuente de abastecimiento propia y que utilicen el servicio de drenaje, deberán instalar un sistema de medición en el registro de salida con el objeto de que personal del Organismo Operador pueda medir mensualmente su descarga.

X.- Para los predios contratados en el servicio de agua potable con tarifas Urbana Doméstica, Urbana Residencial y/o Conurbada en las que se habiliten en las casas habitación, con áreas comerciales, se aplicara la tarifa mixta, excepto cuando el usuario del predio solicite la toma comercial para estas áreas, o a juicio del sistema operador deban independizarse los servicios de agua potable.

XI.- Cuando el porcentaje de incremento al salario mínimo sea menor que el incremento relativo a las tarifas eléctricas se justificará el cambio de las tarifas de agua con base en la diferencia resultante.

XII.- Los propietarios o poseedores de giros mercantiles e industriales, cualesquiera que éstos sean, deberán garantizar por medio de depósito, antes de la instalación de la toma de agua. El importe de los derechos por el servicio de agua correspondientes a tres meses para cuyo efecto se aplicará la tarifa comercial, industrial o pública al volumen de agua solicitado y autorizado. En caso de que dejen de pagar tres meses consecutivos de los servicios se aplicará el depósito y al agotarlo se suspenderán los servicios.

XIII.- La tarifa vigente para el ejercicio fiscal del 2017, se actualizará en el mes de enero del mismo año, indexando el aumento del porcentaje estimado de incremento anual inflacionario.

4.3.6 Tarifa de estudios y proyectos para la factibilidad del servicio de agua potable que deberán pagar los desarrolladores, comercios, industrias o prestadores de servicios.

En el Municipio de Gómez Palacio se aplicará la Tarifa de Estudios y Proyectos para la Factibilidad del Servicio de Agua Potable por los servicios de conexión a la red municipal de agua potable y alcantarillado, luego de cumplir cabalmente con los requisitos contenidos en los puntos 1° a 20° del apartado de “Tarifa de estudios y proyectos para la factibilidad del servicio de agua potable que deberán pagar los desarrolladores, comercios, industrias o prestadores de servicios”, así mismo las cuotas aplicables serán:

Por el Estudio y Proyecto para la Factibilidad del Servicio de Agua Potable en función de la memoria de cálculo en litros por segundo por cada una de las viviendas que se vayan a construir en el fraccionamiento de que se trate, con la siguiente clasificación, Tabla 4-4 .

Tabla 4-4. Costo de factibilidades por clasificación de vivienda

1.- Vivienda Económica	\$144,703.00	por litro por segundo
2.- Vivienda Media	\$173,644.00	por litro por segundo
3.- Vivienda Residencial	\$231,525.00	por litro por segundo

Los valores anteriores se les adicionará un 30% por concepto del servicio de drenaje, cuando el Organismo Operador este en posibilidad de prestar este servicio.

El pago del Estudio y Proyecto para la Factibilidad del Servicio de Agua Potable para comercios, industrias y prestadores de servicios será de acuerdo a la siguiente tarifa, Tabla 4-5.

Tabla 4-5. Usuarios que no utilizan el agua en proceso

Volumen consumido		Tarifa	Restricciones
DE	HASTA		
0	10	Exento	Solo comercios con tarifa mensual mixta en el supuesto del artículo 14 b) fracción X de esta ley a criterio del organismo operador.
0	10	\$ 2,331.68	No aplica para cadenas comerciales, franquicias, trasnacionales, multinacionales o similares.
11	20	\$ 4,663.36	
21	30	\$ 5,829.20	
31	50	\$ 6,995.04	
51	75	\$ 9,326.72	
76	100	\$ 23,316.80	
100	200	\$ 34,975.20	

Tabla 4-6. Usuarios que utilizan el agua en proceso

Volumen consumido		Tarifa
DE	HASTA	
0	50	\$ 13,990.08
51	75	\$ 18,653.44
76	100	\$ 23,316.80
101	200	\$ 93,267.20

4.3.7 Tarifa de conexión de servicios de agua potable doméstica, comercial e industrial.

1°.- Los servicios de conexión para el servicio de agua potable son los siguientes:

Tabla 4-7 Servicios de conexión para el servicio de agua potable

SERVICIO MEDIDO	AGUA 1/2"	AGUA 3/4"	AGUA 1"	AGUA 2"	Drenaje 6"
TARIFA EN PESOS					
Colonia y/o Fraccionamiento Residencial Servicios	\$ 909.57	\$ 2,046.55	\$ 3,885.29	\$ 15,541.23	\$ 757.96
Urbano Residencial Servicios	\$ 1,189.36	\$ 2,326.33	\$ 4,165.07	\$ 15,821.01	\$ 1,037.74
Comercial Servicios	\$ 2,106.28	\$ 4,775.25	\$ 9,061.22	\$ 36,245.01	\$ 1,061.17
Industrial Servicios	\$ 3,031.93	\$ 6,821.84	\$ 12,944.67	\$ 51,778.73	\$ 1,516.97
Mixta Servicios	\$ 1,684.97	\$ 3,856.86	\$ 7,248.97	\$ 28,996.00	\$ 848.93
Otros Privadas y Edificios Servicios	\$ 1,894.93	\$ 4,263.58	\$ 8,090.34	\$ 32,361.14	\$ 1,894.93

2°.- Por concepto de otros servicios los cobros y cargos serán como sigue:

Tabla 4-8 Otros servicios, cobros y cargos

	COSTO EN PESOS
SOLICITUD DE INSPECCION DE SERVICIOS	\$ 82.81
Venta de agua potable en pipas m3	\$ 21.41
Venta de agua residual tratada en pipa	\$ 10.69
Por Cambio de Nombre de Usuario en Recibo	
Doméstico	\$ 267.84
Comercial e Industrial	\$ 425.12
Otros Cargos	
Carta de No Adeudo	\$ 74.45

Cancelación de Servicio Doméstico	\$ 315.79
Cancelación de Servicio Comercial e Industrial	\$ 425.12
Duplicado de Recibo	\$ 8.80
Por Reconexión de Servicios	
Niple	\$ 71.39
Banqueta	\$ 302.59
Descarga	
Válvula De Seguridad	\$ 408.07
Instalación y/o Reposición de Medidor	\$ 785.64
Válvula de Seguridad	\$ 408.07
Limpieza de registro manual	\$ 115.76
Limpieza de registro con equipo vector Doméstico	\$ 347.26
Limpieza de registro con equipo vector Comercial	\$ 578.76
Limpieza de registro con equipo vector Industrial	\$ 1,157.52

Adicionalmente se señala del Artículo 15 al 20, de la Ley de Ingresos Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango para el ejercicio fiscal 2017, la normatividad especial referente al uso que se le debe dar a los recursos obtenidos por el Organismo Operador, así como la tasa de interés por conceptos de recargo que deberá cobrarse a los usuarios con adeudos de un mes o más y que se calcularan a la tasa del 1.13% mensual de acuerdo a los lineamientos emitidos por la SHCP.

También se señala el tratamiento que debe darse a tomas con adeudos ubicadas en edificios y privadas, para los cuales la totalidad de viviendas deben responder solidariamente y en consecuencia por su adeudo se podrá embargar la totalidad del inmueble, mientras no se instalen aparatos medidores individuales.

Por otro lado en el Artículo 28 de la misma ley se establece que: Las personas obligadas a pagar los servicios de agua potable deberán cubrirlos dentro de los términos que señala la Ley.

Cuando los giros o establecimientos no cubran los servicios de agua potable dentro de los plazos que en cada caso señale el recibo correspondiente y en las oficinas que en cada caso ponga a disposición el organismo al usuario, de no realizarlo se podrá proceder a hacer efectivo su pago sobre los bienes de los propietarios de los mismos.

Cuando se transfiera la propiedad de un inmueble con sus servicios, el nuevo propietario se subroga en los derechos y obligaciones derivados de la contratación anterior, debiendo dar aviso al Organismo Operador.

El Artículo 36 Ley de Ingresos Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango para el ejercicio fiscal 2017 establece y da certeza del cobro de las multas, a las que pueden hacerse acreedores los usuarios, lo que brinda respaldo jurídico al Organismo Operador de tomar acciones que permitan el incremento en la recaudación a fin de garantizar la operación del mismo.

Un punto a tener en cuenta dentro del análisis tarifario y las observaciones jurídicas que se deben cumplir al establecer las tarifas, es considerar que la Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango señala que: Protegiendo el salario de los trabajadores municipales activos, pensionados y jubilados, el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado (SIDEAPA) condonará el 50% del valor de los recibos de agua, así mismo, la Tesorería Municipal otorgará el cincuenta por ciento de descuento en el pago de cualquier impuesto, derecho o aprovechamiento.

4.3.8 Reglamento Interior del Republicano Ayuntamiento de Gómez Palacio, Durango

El Reglamento Interior del Republicano Ayuntamiento de Gómez Palacio, Durango, establece en su Artículo 2.- El Municipio de Gómez Palacio, Durango, es un ente autónomo que posee personalidad jurídica; libertad interior, patrimonio propio, libertad para administrar su Hacienda, sin subordinación, ni intermediación alguna entre este y el Gobierno del Estado y su gobierno es electo directa y popularmente, con base en lo dispuesto en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la particular del Estado.

En la misma Ley, en el Artículo 117 numeral 2, se establecen las unidades administrativas Descentralizada, Desconcentrada y Paramunicipal y dentro de dicho apartado en la Fracción II, aparece el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, Durango, SIDEAPA.

Dicha Ley otorga la certeza jurídica del funcionamiento y alcance del Municipio y la injerencia en el Organismo Operador.

4.3.9 Facultades y atribuciones del Consejo Directivo del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango

Una vez que se cuenta con el marco jurídico regulatorio en materia del agua en el estado, los alcances de la hacienda municipal y la designación descentralizada del Organismo Operador, la operación del Organismo, se encuentra regulada por las Facultades y atribuciones del Consejo Directivo del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango, máxima autoridad del mismo.

El SIDEAPA es el organismo operador municipal por medio del cual el municipio de Gómez Palacio Dgo. Suministra y regula el servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, saneamiento y tratamiento de aguas residuales conforme a las bases establecidas en la ley de agua para el estado de Durango, en la Ley de Aguas Nacionales y la normativa aplicable en materia de agua.

El Consejo Directivo será la máxima autoridad de los organismos operadores y tendrá las más amplias facultades de dominio, administración y representación que requieran de poder o cláusula especial conforme a la ley.

El consejo directivo será designado por el ayuntamiento a propuesta del presidente municipal y estará integrado por: un presidente, que será el presidente municipal; dos representantes del ayuntamiento; un representante de la comisión; dos vocales nombrados por el consejo consultivo y un secretario técnico que será el director general del organismo operador.

Y son facultades, responsabilidades y atribuciones del consejo directivo las siguientes, según el artículo 6 del documento: Facultades y atribuciones del Consejo Directivo del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango:

- I. Establecer las políticas, normas y criterios técnicos, de organización y administración que orienten las actividades del organismo operador.
- II. Resolver sobre los asuntos que en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, calidad del agua y otras actividades conexas someta a su consideración el director del organismo operador.
- III. Aprobar y expedir la estructura administrativa y el reglamento interno del organismo operador.
- IV. Revisar y aprobar los programas de inversión y el presupuesto general del organismo operador.
- V. Revisar y aprobar los estados financieros y los balances anuales del organismo operador, así como los informes generales y especiales, previo conocimiento del comisario, y ordenar su publicación.
- VI. Determinar las cuotas y tarifas, de conformidad con lo establecido en el la ley de agua para el estado de Durango.

- VII. Administrar el patrimonio del organismo operador y cuidar de su adecuado manejo.
- VIII. Acordar la extensión de los servicios a otros municipios, previamente a los acuerdos o convenios respectivos en los términos de la presente ley, para que el organismo operador municipal se convierta en intermunicipal
- IX. A propuesta del presidente nombrar o remover, al director del organismo operador.
- X. Autorizar la contratación de créditos que sean necesarios para la prestación de servicios y la realización de las obras, y supervisar su aplicación, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.
- XI. Otorgar poder general para actos de administración y de dominio, así como para pleitos y cobranzas, con todas las facultades generales o especiales que requieran poder o cláusula especial conforme a la ley, así como revocarlos y sustituirlos; además, en su caso, efectuar los trámites de ley para la desincorporación de los bienes de dominio público que se quieran enajenar.
- XII. Las demás que le otorguen las leyes y reglamentos vigentes que rigen en esta materia en el estado de Durango.

Con base en lo anterior se puede determinar que el marco jurídico regulatorio de cuotas y tarifas por servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento se encuentran perfectamente definidos, y existen los canales adecuados para solicitar modificaciones y/o actualización en función de los costos de operación, así como los procesos para garantizar la cobertura de pagos, que permitan el adecuado funcionamiento del organismo operador; en el caso de cuotas y tarifas, también existe la regulación adecuada para que sean conforme a la realidad económica de los usuarios, que no excedan la capacidad de pago, permitiendo a su vez el uso racional y responsable del líquido.

4.4 Análisis Económico Social

El Municipio de Gómez Palacio colinda al norte con los municipios de Mapimí, Tlahualilo y el estado de Coahuila de Zaragoza; al este con el estado de Coahuila de Zaragoza; al sur con el estado de Coahuila de Zaragoza y el municipio de Lerdo; al oeste con los municipios de Lerdo y Mapimí. Ocupa el 0.7% de la superficie del estado Cuenta con 359 localidades y una población total de 327,985 habitantes (INEGI, 2010).

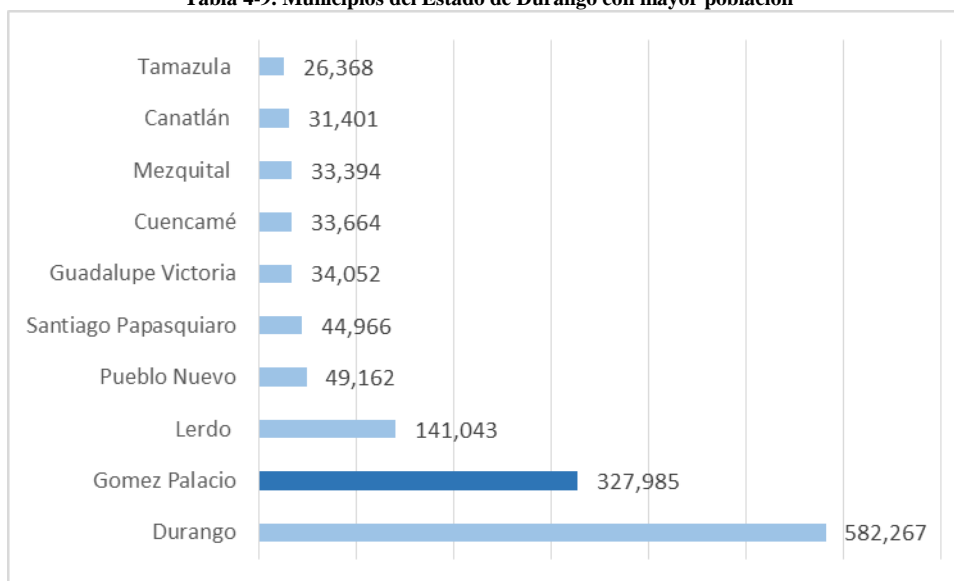
La población se analiza a través de indicadores entre los que se incluyen, población, tasas de crecimiento, migración, marginación, índices de desarrollo humano, entre otros.

4.4.1 Población

La forma en que la población se distribuye en los municipios es producto de las particularidades sociales, demográficas y económicas de la entidad. Por tanto, los municipios más poblados del estado son Durango, Gómez Palacio y Lerdo, al concentrar 64.4% de la población total. El Municipio de Gómez Palacio es el segundo con mayor población en el Estado de Durango, concentrando poco más del 20% del total de la población estatal. Ver Tabla 4-9.

La cabecera municipal del Municipio de Gómez Palacio, lleva el mismo nombre, para el 2016 se estimaba con información del Consejo Nacional de Población (CONAPO) que la población total del municipio era de 357,664 habitantes, de los cuales el 78.5% residía en la cabecera municipal de Gómez Palacio.

Tabla 4-9. Municipios del Estado de Durango con mayor población



Fuente: IMTA con información de Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 Durango (INEGI, 2010)

4.4.2 Tasa de crecimiento

El crecimiento promedio anual del municipio de Gómez Palacio fue del 1.8% para el periodo del 2000 al 2010, mientras que la proyección de la población considerada por la CONAPO para el periodo de 2010 a 2016 se estimó en 0.8% promedio anual, por lo que el IMTA realiza una estimación de la población en base a datos de la CONAGUA y CONAPO, resultado para el periodo de 2017 a 2030 se considera un crecimiento promedio anual de 1.1%.

Tabla 4-10. Proyección de la población del Municipio de Gómez Palacio, Dgo. (2017-2030)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
IMTA GÓMEZ PALACIO URBANA	281,678	284,297	286,941	289,610	292,303	295,021	297,765	300,534	303,329	306,150	308,997	311,871	314,772	317,699	320,654	323,636	326,645	329,683	332,749
IMTA GÓMEZ PALACIO RURAL	79,642	81,011	82,410	83,841	85,304	86,801	88,331	89,896	91,498	93,136	94,811	96,525	98,279	100,074	101,910	103,789	105,712	107,680	109,695
IMTA TOTAL	361,320	365,308	369,351	373,451	377,607	381,822	386,096	390,431	394,827	399,286	403,809	408,396	413,051	417,773	422,564	427,425	432,358	437,364	442,444

Fuente: IMTA.

Del Censo de Población y Vivienda 2010, se conoce que el 0.2% de la población total del Municipio de Gómez Palacio, habla alguna lengua indígena, es decir un total de 561 personas conformado por 306 hombres y 255 mujeres, entre las cuales se incluyen: Mazahua, Náhuatl, Tarahumara y Triqui principalmente.

Tabla 4-11. Población hablante de lengua indígena en el Municipio de Gómez Palacio, Durango.

Municipio	total	hombres	mujeres	Población Total 2010	%
Gómez Palacio	561	306	255	335,386	0.2%

Fuente: IMTA con datos de Censo de Población y Vivienda 2010.

4.4.3 Índice de Desarrollo Humano

El Índice de Desarrollo humano (IDH) es un indicador creado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con el fin de determinar el nivel de desarrollo que tienen los países del mundo. Fue ideado con el objetivo de conocer, no sólo los ingresos económicos de las personas en un país, sino también para evaluar si el país aporta a sus ciudadanos un ambiente donde puedan desarrollar mejor o peor su proyecto y condiciones de vida. El IDH tiene en cuenta tres variables:

- 1) Esperanza de vida al nacer. Analiza el promedio de edad de las personas fallecidas en un año.
- 2) Educación. Recoge el nivel de alfabetización adulta y el nivel de estudios alcanzado (primaria, secundaria, estudios superiores)
- 3) PIB per Cápita (a paridad de poder adquisitivo). Considera el producto interno bruto per cápita y evalúa el acceso a los recursos económicos necesarios para que las personas puedan tener un nivel de vida decente.

El índice IDH aporta valores entre 0 y 1, siendo 0 la calificación más baja y 1 la más alta. En este sentido, la PNUD clasifica a los países en tres grandes grupos:

- Países con Alto desarrollo Humano (“High Human Development”). Tienen un IDH mayor de 0,80.
- Países con Medio desarrollo Humano (“Medium Human Development”). Tienen un IDH entre 0,50 y 0,80.
- Países con Bajo desarrollo Humano (“Low Human Development”). Tienen un IDH menor de 0,50.

En México se genera un IDH medido a nivel municipal, considerando variables como:

- Defunciones de menores de un año de edad por cada mil nacimientos ocurridos en el año
- Población alfabetizada de 15 y más años entre la población de 15 y más años de edad
- Población de 6 y 24 años que asiste a la escuela entre la población de 6 y 24 años de edad
- Ingreso per cápita anual, ajustado a cuentas nacionales (dólares PPC)

Derivado de dicha información se obtiene

- A. El Grado de Desarrollo humano (la clasificación del IDH se determina utilizando valores del IDH con siete decimales). Los valores pueden ser: A: Alto, M: Medio y B: Bajo
- B. Índice componente del IDH, calculado a partir de la tasa de mortalidad infantil
- C. Índice componente del IDH, calculado a partir de la tasa de alfabetización y la tasa de asistencia escolar
- D. Índice componente del IDH, calculado a partir del ingreso per cápita anual

Para el caso del Municipio de Gómez Palacio, el IDH alcanza un valor de 0.8509, incluso por arriba del índice calculado para el estado de Durango, lo que representa que en la entidad y en general en el municipio se tiene un alto grado de desarrollo humano, entendido como las posibilidades de desarrollo de los habitantes, considerando el nivel de ingresos, servicios de salud y de educación. Ver Tabla 4-12.

Tabla 4-12. Índice de Desarrollo Humano Municipal 2005.

Estado	Municipio	Índice de desarrollo humano municipal	Grado de desarrollo humano. La clasificación del IDH se determina utilizando valores del IDH con siete decimales. Los valores pueden ser: A:Alto, M:Medio y B:Bajo	Índice componente del IDH, calculado a partir de la tasa de mortalidad infantil	Índice componente del IDH, calculado a partir de la tasa de alfabetización y la tasa de asistencia escolar	Índice componente del IDH, calculado a partir del ingreso per cápita anual
		idh	gdh	isal	ieduc	iing
Estados Unidos Mexicanos	Total Nacional	0.8031	A	0.825	0.8331	0.7513
Durango	Total del estado	0.8045	A	0.824	0.8555	0.7339
Durango	Gómez Palacio	0.8509	A	0.9328	0.8711	0.7489

Fuente: Oficina Nacional de Desarrollo Humano. PNUD-México.

4.4.4 Índice de Marginación

El índice de marginación es un resumen que permite diferenciar los municipios del país, según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relaciones con la residencia en localidades pequeñas. Es un insumo para diagnosticar las desigualdades socio-económicas y espaciales que existen.

Para el Municipio de Gómez Palacio, se identifica un porcentaje de población de 15 años y más analfabeta de 2.43%, mientras que 13.14% de población de 15 años y más no cuenta con nivel primaria, adicionalmente el 1.75% de las viviendas no cuenta con drenaje sanitario, respecto a las viviendas sin energía eléctrica estas disminuyen únicamente el 0.22%. Ver, Tabla 4-13.

Referente al servicio de agua se identifica que en el municipio, únicamente el 0.13% de las viviendas no cuenta con dicho servicio.

Un indicador relevante para calcular el índice de marginación es la población ocupada que gana 2 salarios mínimos, la cual para el Municipio de estudio representa el 31.48%. Ver Tabla 4-13

Tabla 4-13. Indicadores de construcción del Índice de Marginación.

Concepto	Valor
Porcentaje de población de 15 años y más analfabeta	2.43
Porcentaje de población de 15 años y más sin primaria	13.14
Porcentaje de ocupación de viviendas sin drenaje sanitario	1.75
Porcentaje de ocupación de viviendas sin energía eléctrica	0.22
Porcentaje de ocupación de viviendas sin agua	0.13
Porcentaje de ocupación en viviendas con piso de tierra	4.57
Porcentaje de población ocupada que gana 2 salarios mínimos	31.48
Grado de marginación	MUY BAJO
Índice de marginación	10.15

Concepto	Valor
Lugar Estatal	38
Lugar Nacional	2333

Fuente: Base de datos de Índice de Marginación 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.

Considerando que el Estado de Durango cuenta con 39 municipios, y que el Municipio de Gómez Palacio es el segundo en importancia por su nivel de población, es entendible que éste se ubique en el lugar 38, con un grado de marginación muy bajo, y contextualizándolo en la realidad nacional, se encuentra en el lugar número 2333 de 2456 municipios totales. En este sentido los municipios de media tabla hacia arriba presentan un alto grado de marginación y los últimos lugares de la tabla (como el caso de estudio), presentan bajos grados de marginación, información consistente con el Índice de Desarrollo Humano presentado en el apartado anterior.

4.4.5 Migración

De acuerdo a información del Consejo Estatal de Población (COESPO), Durango, para el año 2012, el estado se ubicaba en la novena posición a nivel nacional de expulsión de migrantes, con una tasa de 10.28 por ciento: "El estado presenta una tasa de migración neta internacional negativa equivalente a 10 personas por cada mil habitantes. Por lo tanto Durango ocupa el lugar número nueve dentro de las entidades en las que más personas salen a radicar a otro país"

En dicho informe se incluye que los principales destinos de los migrantes son los estados de Texas, California, Illinois, Arizona, Georgia, Florida y Carolina del Norte que en su conjunto concentran cerca del 75 por ciento de los duranguenses que emigran.

Respecto a los municipios expulsores de migrantes se señala, en primer lugar de migración Coneto de Comonfort, seguido por San Pedro del Gallo, San Luis del Cordero, Indé y Poanas que tienen un grado de intensidad migratoria catalogados como: muy alto y alto. Mientras que los municipios con menos migrantes internacionales son: Pueblo Nuevo, San Dimas, Gómez Palacio, Mezquital y Lerdo. (Barrientos, 2012).

Respecto a la migración nacional con información del Censo de Población y Vivienda, 2010, se conoce que el 11.6% de la población que radica en el Municipio de Gómez Palacio procede de otras entidades del país, y que poco más del 77% de la población que ahí radica es originaria de dicho lugar. Ver Tabla 4-14.

Tabla 4-14. Migración en el Municipio de Gómez Palacio, Dgo.

Municipio	Estado de Durango	Gómez Palacio
Población nacida en la entidad federativa	85.6%	77.8%
Población nacida en otra entidad federativa	11.6%	20.6%
Población nacida en Estados Unidos de América	0.9%	0.4%
Población nacida en otro país	0.0%	0.0%
Población para la que no se especifica lugar de nacimiento	1.9%	1.2%

Fuente: IMTA con datos de Censo de Población y Vivienda 2010

Un indicador de bienestar del municipio es el hecho de que no sea un alto expulsor de migrantes internacionales, sino que por el contrario sea un municipio atrayente de población de municipios y estados aledaños, lo que implica

que el municipio brinda oportunidades de mejoras que pueden ser desde servicios educativos, de salud y de mercado laboral.

4.4.6 Economía

Otro factor relevante a considerar para conocer las posibilidades y capacidad de pago de los habitantes de una región, es conocer su economía, a que se dedican, cuales son los salarios promedio, cuantas personas están empleadas o desempleadas, de que características son los trabajos que se ofrecen, cuanto valor genera para el país, entre otros.

4.4.6.1 Producto Interno Bruto

Es un indicador económico utilizado para medir la producción en este caso del estado de Durango, el cual se define como el valor total de la producción (valor de los bienes y servicios producidos) en el territorio durante el año (2010), considerando únicamente a los agentes económicos que residen dentro del estado.

El Producto Interno Bruto, es un indicador de la actividad económica y el PIB per cápita, se puede definir como una medida de los ingresos que obtienen los residentes de la zona, ya que el resultado es un indicador del nivel de vida, proporcionando un valor indicativo del poder adquisitivo.

Tabla 4-15. Participación por actividad económica en el Producto Interno Bruto del Estado de Durango, 2010

Actividad	Valor	% participación
Industria	30,261,529	23.01%
Comercio	19,416,105	14.76%
Agricultura	16,188,506	12.31%
Servicios inmobiliarios	15,926,314	12.11%
Construcción	9,982,453	7.59%
Transporte correo almacén	9,689,617	7.37%
Minería	8,856,732	6.73%
Servicios educativos	7,959,898	6.05%
Servicios de salud	4,091,740	3.11%
Servicios financieros	3,168,392	2.41%
Servicios de alojamiento	2,252,882	1.71%
Electricidad gas agua	2,003,940	1.52%
Servicios profesionales	1,576,917	1.20%
Servicios de esparcimiento	139,581	0.11%

Fuente: IMTA con datos de INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

La industria en el estado de Durango representa el segundo mayor valor del Producto Interno Bruto, con poco más del 23% de la participación, mientras que la agricultura únicamente representa el 12.31%, ubicándola en el cuarto sitio. Ver Tabla 4-15.

Considerando el rubro de servicios estos representan el 28.22% , el mayor valor en el Producto Interno Bruto, formado por servicios inmobiliarios, educativos, de salud, financieros, alojamientos, servicios profesionales y de esparcimiento. Dentro de los cuales el de mayor generación de valor es el de servicios inmobiliarios.

A nivel nacional el comportamiento es muy similar, colocando a las economías de servicios por encima de las economías industriales.

4.4.6.2 PIB Per-cápita

Según datos del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), con información del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) e INEGI, para el 2005, el Municipio de Gómez Palacio, aportaba el 22.3% del total del Producto Interno Bruto en el estado de Durango, lo que representaba un PIB per-cápita con valor de \$62,861 pesos, cuando el PIB per-cápita promedio del estado se ubicaba en tan solo en \$42,518 pesos, y el PIB per-cápita nacional en \$42,312 pesos. Ver Tabla 4-16

El total estatal representa únicamente el 1.2% en la generación del Producto Interno Bruto del país.

Tabla 4-16. PIB Per-cápita municipal, 2005.

Municipio	PIB total (dólares)	PIB per-cápita (dólares)	PIB total (pesos)	Participación Estatal	PIB per-cápita (pesos)	Posición Estatal
Durango	4,891,837,512	9288	34,616,007,862	40.3%	65,728	1
Gómez Palacio	2,705,107,021	8883	19,142,092,451	22.3%	62,861	2
Lerdo	1,288,992,115	9977	9,121,268,045	10.6%	70,603	3
Santiago Papasquiaro	335,507,753	8077	2,374,146,519	2.8%	57,155	4
Canatlán	225,198,141	7672	1,593,564,911	1.9%	54,288	5
Guadalupe Victoria	224,886,349	7015	1,591,358,584	1.9%	49,640	6
Cuencamé	195,043,397	6169	1,380,181,524	1.6%	43,655	7
Nuevo Ideal	187,023,444	7714	1,323,430,097	1.5%	54,586	8
Mapimí	181,171,990	7898	1,282,023,580	1.5%	55,886	9
Pueblo Nuevo	177,133,687	3760	1,253,447,421	1.5%	26,610	10
Vicente Guerrero	151,692,418	7359	1,073,417,898	1.3%	52,072	11
Tlahualilo	137,857,816	6934	975,520,390	1.1%	49,066	12
Mezquital	126,867,313	4219	897,748,520	1.0%	29,856	13
Poanas	117,116,503	4991	828,749,072	1.0%	35,317	14
Nombre de Dios	111,928,428	6463	792,036,803	0.9%	45,735	15
El Oro	90,374,008	8606	639,511,712	0.7%	60,900	16
Rodeo	83,944,660	7474	594,015,847	0.7%	52,891	17
Tepehuanes	80,508,794	6937	569,702,699	0.7%	49,091	18
San Dimas	76,568,027	3967	541,816,736	0.6%	28,069	19
Ocampo	71,034,876	7703	502,662,616	0.6%	54,507	20
Peñón Blanco	69,387,028	7015	491,001,983	0.6%	49,641	21
Nazas	68,593,123	5638	485,384,084	0.6%	39,897	22
Tamazula	60,598,591	2341	428,812,545	0.5%	16,564	23
San Juan del Río	59,439,230	5590	420,608,582	0.5%	39,553	24
Pánuco de Coronado	55,722,401	4688	394,307,263	0.5%	33,174	25
Guanaceví	48,984,241	4791	346,626,161	0.4%	33,903	26
General Simón Bolívar	48,827,983	5103	345,520,436	0.4%	36,108	27
Santa Clara	37,558,656	5817	265,775,533	0.3%	41,161	28
Súchil	32,195,908	4647	227,827,232	0.3%	32,885	29
Topia	27,569,531	3453	195,089,700	0.2%	24,435	30
Indé	25,817,509	5352	182,691,898	0.2%	37,871	31
San Juan de Guadalupe	24,727,216	4221	174,976,681	0.2%	29,870	32
San Bernardo	24,047,448	6454	170,166,452	0.2%	45,670	33

Municipio	PIB total (dólares)	PIB per-cápita (dólares)	PIB total (pesos)	Participación Estatal	PIB per-cápita (pesos)	Posición Estatal
Coneto de Comonfort	21,785,068	5056	154,157,221	0.2%	35,776	34
Hidalgo	21,018,267	4995	148,731,127	0.2%	35,345	35
Canelas	17,663,494	4318	124,991,816	0.1%	30,553	36
Otáez	12,304,478	2708	87,069,924	0.1%	19,166	37
San Luis del Cordero	9,740,417	4839	68,925,908	0.1%	34,240	38
San Pedro del Gallo	9,212,176	6199	65,187,931	0.1%	43,868	39
		Totales	85,870,555,764	100.0%	42,518	

Fuente: Estimación del INAFED con base en el PNUD e INEGI.

4.4.6.3 Población Económicamente Activa (PEA)

La población económicamente activa, es parte de la población total que participa en la producción económica. Para fines estadísticos, se contabiliza en la PEA a todas las personas mayores de 12 años, que tienen empleo o que, no teniéndolo, están buscándolo o a la espera de alguno. En dicho indicador se excluye a pensionados y jubilados, a las amas de casa, estudiantes y menores de edad.

Tabla 4-17. Indicadores Económicos y Poblacionales, 2010.

Concepto	Total del estado Durango	Gómez Palacio
Población económicamente activa (PEA) Personas de 12 años y más que trabajaron; tenían trabajo pero no trabajaron o; buscaron trabajo en la semana de referencia.	589,777	124,348
PEA Hombres	415,955	86,070
PEA Mujeres	173,822	38,278
Población ocupada (PEA Ocupada) Personas de 12 a 130 años de edad que trabajaron o que no trabajaron, pero si tenían trabajo en la semana de referencia.	553,840	114,643
Población ocupada Hombres	386,467	78,353
Población ocupada Mujeres	167,373	36,290
Población desocupada (PEA Desocupada)	35,937	9,705
Población desocupada Hombres	29,488	7,717
Población desocupada Mujeres	6,449	1,988
Tasa de participación económica	48.80	50.83
Tasa de participación económica Hombres	70.66	72.03
Tasa de participación económica Mujeres	28.03	30.58

Fuente: IMTA con datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

La población ocupada indica a las personas de 12 a 130 años de edad que trabajaron o que no trabajaron, pero si tenían trabajo en la semana de referencia, mientras que la población desocupada se refiere a aquellas que pese a encontrarse en busca de un empleo, no encontraron o no trabajaron durante la semana de referencia. Ver Tabla 4-17

Por otra parte la tasa de participación económica representa el Cociente entre la población económicamente activa (definida como las personas que trabajan o buscan trabajo) de 12 años y más y la población total de 12 años y más, multiplicado por 100.

Es decir, un valor de 50 significa que un 50% de la población adulta (de 12 y más años de edad) está inserta en la actividad económica, ya sea trabajando o buscando trabajo.

Tabla 4-18. Participación del Municipio de Gómez Palacio en la PEA.

Municipio	Población económicamente activa: Personas de 12 años y más que trabajaron; tenían trabajo pero no trabajaron o; buscaron trabajo en la semana de referencia.	Población ocupada: Personas de 12 a 130 años de edad que trabajaron o que no trabajaron pero si tenían trabajo en la semana de referencia.	Tasa de participación económica. Mide el grado de participación de la población en el mercado de trabajo
Total del estado Durango	589,777	553,840	48.8
Gómez Palacio	124,348	114,643	50.8
Participación estatal	21.1%	20.7%	

Fuente: IMTA con datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010

La población económicamente activa del municipio de Gómez Palacio, representó el 21.10% del total de la población económicamente activa en el estado de Durango; y el 20.7% de la población económicamente ocupada. La tasa de participación económica del municipio, se situó por arriba de la tasa media del estado. Ver Tabla 4-18

Tabla 4-19. Participación de la población económicamente ocupada y desocupada en el total estatal.

	Población económicamente ocupada:	Población ocupada Hombres	Población ocupada Mujeres	Población desocupada	Población desocupada Hombres	Población desocupada Mujeres
Total del estado Durango	93.9%	92.9%	94.8%	6.1%	7.1%	5.2%
Gómez Palacio	92.2%	91.0%	97.2%	7.8%	9.0%	2.8%

Fuente: IMTA con datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010

La población económicamente ocupada representó el 92.2% de la población económicamente activa, lo que implica que únicamente el 7.8% de la población económicamente activa estuviera desocupada, y la mayoría de la PEA ocupada fueron mujeres con una tasa del 97.2%.

Como parte del análisis económico social del municipio es relevante conocer la salud financiera del mismo, un municipio con estabilidad económica, es más factible a brindar respaldo a las acciones del organismo operador, realizar inversiones de manera conjunta, o simplemente la imagen de la ciudadanía ante una buena gestión impactan de manera directa en la imagen del organismo operador, como parte de los indicadores se tienen el de ingresos y egresos.

4.4.6.4 Ingresos Municipales

Para el 2005, los ingresos municipales se componían de la siguiente manera, Tabla 4-20:

Tabla 4-20. Ingresos Municipales por tipo, 2005

Gómez Palacio	
Ingresos	Participación
Aportaciones Federales + Participaciones Federales =	46.2%
Derechos	38.0%
Impuestos	8.9%
Aprovechamientos	2.5%
Otros ingresos	1.9%
Financiamiento	1.6%
Productos	0.7%
Contribución de mejoras	0.2%

Fuente: INEGI. Estadísticas de finanzas públicas estatales y municipales. Sistema Municipal de Base de Datos.

El 46.2% del total de los ingresos del municipio de Gómez Palacio, Durango, provenían de una fuente federal y únicamente el 38% de la recaudación de derechos, en cuyo apartado podemos encontrar los servicios de agua potable, los derechos se definen como: contraprestaciones establecidas por el poder público conforme a la ley, en pago de un servicio público particular divisible, es decir, implican esencialmente una contraprestación, lo cual significa que derivan de una relación bilateral en la que el contribuyente, a cambio de la entrega de la correspondiente aportación económica, recibe el Estado un servicio que le beneficia de manera directa y específica.

Para el año 2009, el comportamiento de los ingresos municipales fue prácticamente similar, representando el 47.6% las aportaciones y participaciones federales, respecto a los derechos recaudados estos disminuyeron del 38% que representaban en 2005 a solo el 29.2% en el 2009. Tabla 4-21.

Tabla 4-21. Ingresos Municipales por tipo, 2009

Gómez Palacio	
Ingresos	Participación
Aportaciones Federales + Participaciones Federales =	47.6%
derechos	29.2%
otros ingresos	12.2%
impuestos	6.5%
aprovechamientos	3.4%
productos	0.9%

Fuente: INEGI. Estadísticas de finanzas públicas estatales y municipales. Sistema Municipal de Base de Datos.

A nivel nacional es común observar comportamientos similares al del Municipio de Gómez Palacio, Durango, en donde los ingresos dependen hasta en un 60% de las participaciones o aportaciones federales, y solo una fracción de la recaudación de derechos o impuestos, situación peligrosa cuando disminuyen los ingresos federales y existe una menor repartición de recursos a estados y municipios, los cuales entran en crisis financiera al no ser autosustentables.

4.4.6.5 Egresos Municipales

La composición de los egresos municipales, ha presentado una mayor variación que los ingresos, para el año 2000 los servicios personales representaban casi el cuarenta por ciento del total de los egresos (38.9%), seguido de las inversiones realizadas en obras públicas cuyo monto representaba poco más del 23%. Ver Tabla 4-22

Para el 2005 el mismo rubro de obras públicas representó únicamente el 12.5% del total de las inversiones realizadas, rubro que alcanzó su máximo porcentaje en el año 2007, donde sobre paso el 30%, y para el año 2009, volvió a descender alcanzando un porcentaje de 15.4%. Ver Tabla 4-22

Tabla 4-22. Egresos Municipales por tipo, 2000-2009

Tipo de Egreso	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Servicios personales	38.9%	38.2%	33.9%	39.3%	34.8%	29.3%	31.9%	28.2%	25.2%	27.9%
materiales suministros	6.4%	7.8%	2.3%	10.0%	9.1%	6.3%	7.3%	5.9%	6.4%	4.7%
Servicios generales	16.0%	14.9%	5.6%	12.4%	16.8%	41.8%	14.8%	18.8%	20.8%	21.2%
Subsidios transf ayudas	6.6%	6.4%	4.7%	8.5%	7.6%	5.1%	8.8%	8.9%	10.7%	26.1%
Adquisiciones	2.5%	4.1%	1.7%	1.7%	0.8%	1.3%	0.9%	1.4%	4.1%	1.7%
Obras públicas	23.8%	22.8%	27.2%	18.9%	21.3%	12.5%	29.0%	30.9%	27.4%	15.4%
inversion financiera	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Recursos fed est	0.0%	0.0%	17.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Deuda pública	5.8%	5.9%	6.1%	9.1%	9.6%	3.6%	7.3%	5.9%	5.4%	2.9%
Disponibilidades	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%

Fuente: INEGI. Estadísticas de finanzas públicas estatales y municipales. Sistema Municipal de Base de Datos.

4.4.7 Salud

La salud es un indicador relevante, para conocer el bienestar de la población, debe ser entendido como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. En este sentido es indispensable contar con los recursos clínicos y médicos que permitan no solo atender enfermedades, sino que además otorguen prevención y atención en caso de necesitarla.

4.4.7.1 Cobertura

La cobertura médica se refiere al acceso que puede tener cualquier ciudadano a los servicios de salud, independientemente de la institución que preste el servicio.

Para el censo del 2010, se reportaban a nivel municipal 74,793 personas sin derechohabiencia, de las cuales 36,893 eran mujeres y 37,900 hombres, es decir existían en el municipio de Gómez Palacio, una mayor cantidad de hombres que no contaban con derechohabiencia al servicio médico. Ver Tabla 4-23

Tabla 4-23. Población derechohabiente y no derechohabiente a servicios de salud.

Municipio	Población total sin derechohabiencia a servicios de salud	Población total sin derechohabiencia a servicios de salud (Hombres)	Población total sin derechohabiencia a servicios de salud (Mujeres)	Población total con derechohabiencia a servicios de salud
Total del estado Durango	713,125	353,597	359,528	708,077
Gómez Palacio	74,793	37,900	36,893	195,400

INEGI. Censo General de Población y Vivienda 2000

A nivel estatal la población sin derechohabiencia representa casi el 50%, mientras que, para el municipio de Gómez Palacio, la población que no cuenta con dicha prestación únicamente representa el 27.7%. Ver Tabla 4-24

Tabla 4-24. Porcentaje de población derechohabiente y no derechohabiente a servicios de salud.

Municipio	Población total sin derechohabiencia a servicios de salud	Población total con derechohabiencia a servicios de salud
Total del estado Durango	50.2%	49.8%
Gómez Palacio	27.7%	72.3%

INEGI. Censo General de Población y Vivienda 2000

4.4.8 Capacidad de pago

En México, “la población ha sufrido, desde mediados de los años ochenta, la pérdida de poder adquisitivo. En el año de 1976 el salario mínimo era de 6 mil 500 pesos, si traemos su valor a pesos actuales, para 2011 había bajado a mil 766 pesos, una pérdida de 73%. Si bien no todo el personal ocupado percibe el salario mínimo, su aumento es un parámetro que rige el crecimiento de otros salarios. El salario medio industrial, por ejemplo, ha sufrido también una pérdida, aunque ligeramente menor. Buena parte de la estrategia económica de los últimos años ha dependido de mantener el crecimiento de los salarios por debajo del aumento de los precios. A diferencia de los años sesenta y setenta, cuando la meta era crecimiento y empleo, ahora se tiene como objetivo la reducción del gasto público y de la inflación” (Rovira, 2012). Ver Ilustración 4-1



Ilustración 4-1 Salario mínimo general, 1934-2011

“Conforme a cifras del CONEVAL, la población en condiciones de pobreza representa el 43.6% de la población total y la que se encuentra en pobreza extrema representa el 11.3%; esto es, más de 50% de la población en el país es pobre. Esta situación es coincidente con la estructura regresiva que presenta el salario: 14 % de la población económicamente activa del país (PEA) percibe un salario mínimo; 27.5 %, entre uno y dos salarios mínimos; 21.6 %, entre dos y tres salarios mínimos; el 12.7 %, entre tres y cinco salarios mínimos y sólo el 5.2 % reporta obtener más de cinco salarios mínimos (INEGI). El conjunto, más del 40% de la PEA recibe hasta 2 salarios mínimos: 4,802 pesos o menos al mes.” (López, 2017).

Conforme a las recomendaciones en materia de gasto, el Banco Mundial señala que la inversión de las familias en pago de servicios no debe superar el porcentaje de cinco por ciento, lo que garantizaría un sano desarrollo y cobertura de necesidades básicas.

4.5 Descripción del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

Para el Municipio de Gómez Palacio, existen dos sistemas de aguas, el primero de ellos denominado: Sistema Municipal Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, Dgo. (SIDEAPA) y el segundo es su equivalente en el medio rural el denominado SIDEAPAAR.

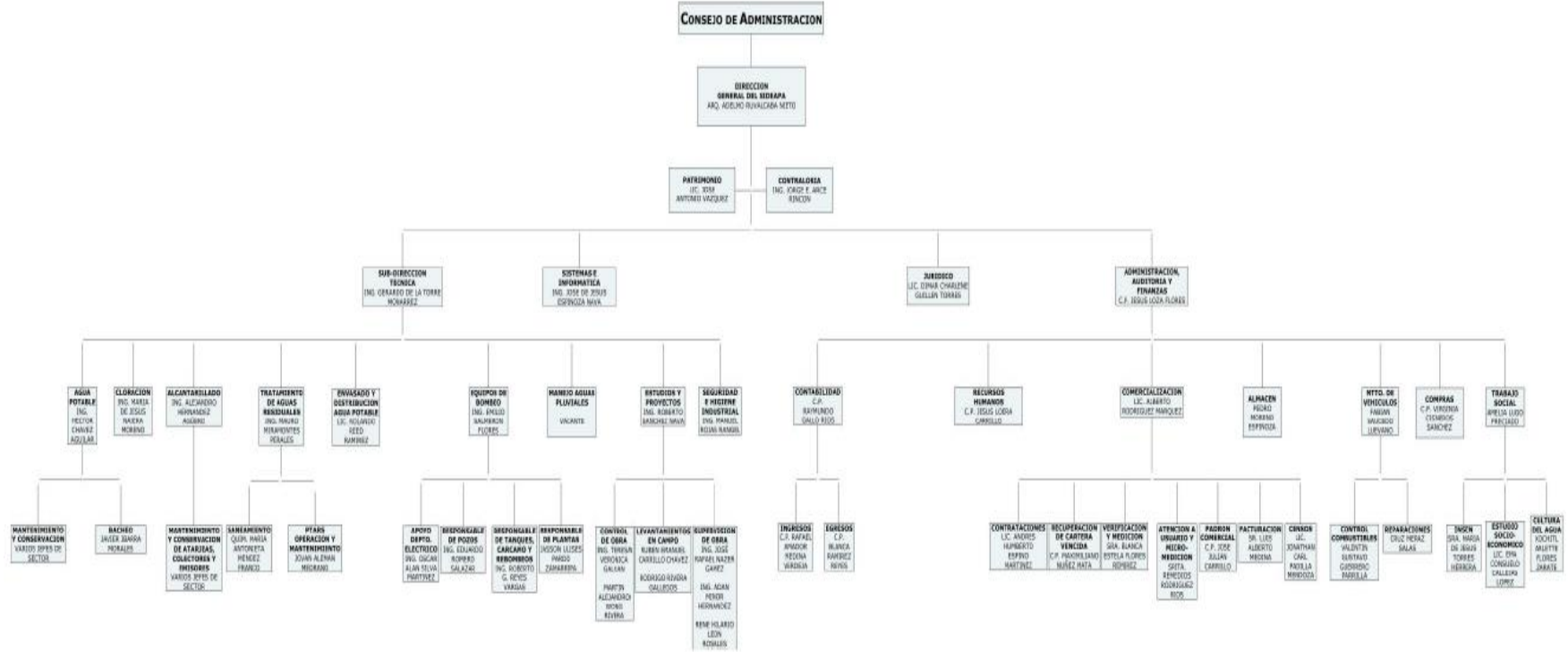
En el presente estudio se analizará únicamente el primer sistema, teniendo como estructura orgánica la siguiente:

Un consejo de administración, una administración general con un staff conformado por un área de patrimonio y una contraloría, y cuatro subdirecciones:

- Sub dirección técnica
- Sistemas e informática
- Jurídico
- Administración, auditoría y finanzas

4.5.1 Estructura Orgánica

Tabla 4-25. Estructura orgánica del SIDEAPA



Fuente: <http://www.sideapa.gob.mx/SIDEAPA/organigrama2016.pdf>

Nota: Es importante actualizar el Organigrama, con la finalidad de que este alineado con el Manual de Facultades por Unidad Administrativa

4.5.2 Funciones y atribuciones por unidad administrativa

4.5.2.1 Dirección General

El director general será nombrado y removido en su caso por el consejo directivo a propuesta de su presidente; y tendrá las siguientes, atribuciones, facultades y responsabilidades:

- I. Ejecutar los acuerdos y disposiciones del consejo directivo, dictando las medidas necesarias para su cumplimiento.
- II. Presentar al consejo directivo, a más tardar dentro de la primera quincena de noviembre de cada año, los presupuestos de ingresos y egresos, y los programas de trabajo y financiamiento para el siguiente año.
- III. Presentar al consejo directivo, dentro de los tres primeros meses del año, los estados financieros y el informe de actividades del ejercicio anterior.
- IV. Rendir al consejo directivo el informe anual de actividades, los informes sobre el cumplimiento de los acuerdos del organismo operador y remitir copia a la comisión.
- V. Representar al organismo ante cualquier autoridad, organismo descentralizado federal, estatal y municipal, personas físicas o morales de derecho público o privado con todas las facultades que corresponden a los apoderados generales para pleitos y cobranzas, actos de administración y actos de dominio en los términos que marca el código civil del estado de Durango, así como otorgar, sustituir o revocar poderes generales o especiales;
- VI. Proponer al consejo directivo la contratación de créditos necesarios para el cumplimiento de los fines del organismo operador.
- VII. Gestionar y obtener el financiamiento para obras y amortización de pasivos, así como suscribir, otorgar y endosar títulos de crédito y contratos y obligaciones de crédito ante instituciones públicas o privadas, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.
- VIII. Nombrar y remover al personal del organismo operador, de conformidad con las disposiciones laborales aplicables.
- IX. Elaborar el proyecto de presupuesto de ingresos y egresos del organismo y someterlo a consideración del consejo para su aprobación.
- X. Celebrar contratos y convenios con los usuarios para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como con autoridades federales, estatales y municipales, organismos públicos o privados, y particulares con el objeto de cumplir con las funciones que le encomienda esta ley.
- XI. Licitación y contratar para su ejecución, las obras autorizadas, así como realizar las actividades que se requieran para lograr que el organismo operador preste a la comunidad servicios adecuados y eficientes.
- XII. Realizar en forma regular y periódica, el muestreo y análisis que le permitan tomar las medidas adecuadas para optimizar la calidad del agua que se distribuye a la población, así como el que, una vez utilizada, se vierta a las redes de alcantarillado y plantas de tratamiento.
- XIII. Realizar las acciones necesarias para que el organismo operador se ajuste al sistema estatal de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como a la coordinación y normatividad que efectúe la comisión;
- XIV. Establecer relaciones de coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, la administración pública descentralizada o paraestatal y las personas de los sectores social y privado, para el trámite y atención de asuntos de interés común;

- XV. Someter a la aprobación del consejo directivo las cuotas y tarifas que deba cobrar el organismo operador por la prestación de los servicios a su cargo, con base en las prevenciones establecidas por la ley de agua para el estado de Durango.
- XVI. Convocar a reuniones del consejo directivo, por propia iniciativa o a petición de tres miembros del consejo consultivo o del comisario;
- XVII. Someter a la aprobación del consejo directivo, el reglamento interior del organismo operador y sus modificaciones.
- XVIII. Ordenar la suspensión de los servicios, por las causas que la ley de agua para el estado de Durango establezca;
- XIX. Aplicar las sanciones que establece la ley de agua para el estado de Durango y de más normatividad aplicable a la materia, por las infracciones que se cometan y que sean competencia del organismo operador;
- XX. Las demás que le señale el consejo directivo, la ley de agua para el estado de Durango y demás disposiciones en la materia.

4.5.2.2 *Dirección de Planeación y Control*

El titular del puesto es responsable de llevar a cabo la correcta inspección, vigilancia y fiscalización de las actividades del organismo, así como promover la eficiencia y la eficacia en la operación, mediante la aplicación de auditorías o la revisión sistemática de controles internos. Asesorar y ofrecer consultoría a la estructura del organismo a sus trabajadores para lograr el cabal cumplimiento de las disposiciones legales vigentes. Facultades, responsabilidades y atribuciones siguientes:

- I. Planear, programar, organizar y coordinar el sistema de control y evaluación de las operaciones del sistema para efectos preventivos y correctivos.
- II. Fiscalizar el ingreso y el ejercicio del gasto; y su congruencia con el presupuesto anual de egresos.
- III. Establecer las bases generales y realizar en forma programada auditorías integrales, inspecciones y evaluaciones a las unidades administrativas que integran el sistema.
- IV. Vigilar que los recursos federales y estatales asignados se apliquen en los términos estipulados en las leyes, reglamentos y convenios respectivos.
- V. Establecer y verificar el buen funcionamiento del sistema de control interno (control de activos, uso eficiente de los recursos, e información confiable).
- VI. Procurar la coordinación con la entidad de auditoría superior del estado y la secretaría de contraloría y modernización administrativa del gobierno del estado, para el mejor cumplimiento de sus funciones.
- VII. Vigilar el cumplimiento de normas y políticas establecidas en el organismo.
- VIII. Auxiliar en la revisión de los informes financieros mensuales, bimestrales y/o trimestrales, y verificar que se rindan oportunamente y en forma debida a la entidad de auditoría superior del estado para la glosa correspondiente.
- IX. Vigilar que los ingresos se enteren conforme a los procedimientos contable y disposiciones legales aplicables.
- X. Verificar el cumplimiento de las obligaciones fiscales y financieras del organismo en tiempo y forma.
- XI. Supervisar las licitaciones de obras y o servicios del sistema.

- XII. Dar seguimiento a las observaciones hechas por el consejo directivo o por los auditores generales del estado.
- XIII. Verificar el correcto y eficiente manejo del control patrimonial.
- XIV. Atender las observaciones que realicen los auditores externos en su informe al director, e informar del resultado de las auditorías al director general.
- XV. Supervisar el ejercicio del gasto y verificar los ingresos de acuerdo al presupuesto establecido.
- XVI. Asistir como miembro del comité de adquisiciones con voz, pero sin voto a las Licitaciones públicas, restringidas y directas que se realicen en el organismo por requerimientos de las áreas usuarias, para verificar que las mismas se realicen en apego a la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del Estado de Durango vigente.
- XVII. Atender las instrucciones del director general para proceder al periodo de información previa al inicio del procedimiento administrativo, disciplinario ó resarcitorio cuando se consideren posible irregularidades en el desempeño de las funciones de los servidores públicos.
- XVIII. Verificar que se entreguen los informes a las dependencias fiscalizadoras.
- XIX. Supervisar los estudios, proyectos y obras que construyen o amplíen las redes de distribución de agua potable, drenaje, alcantarillado y saneamiento.
- XX. Verificar y supervisar la actualización del padrón de usuarios.
- XXI. Verificar la entrega recepción del organismo y entre departamentos en los cambios de administración.

4.5.2.3 Departamento Jurídico

El área jurídica es el departamento encargado de asesorar legalmente al organismo operador; así como representarlo ante las diversas dependencias gubernamentales y privadas además de atender todo tipo de actos administrativos y judiciales ejerciendo toda clase de derechos y acciones ante cualquier autoridad de la federación, de los estados, del distrito federal y de los municipios. Así mismo tendrá la representación necesaria en los términos del artículo 11°. De la ley Federal del Trabajo, quedando como los representantes patronales de este organismo operador. Facultades, responsabilidades y atribuciones siguientes:

- I. Representar como apoderado legal al SIDEAPA
- II. Responder a emplazamientos a huelga
- III. Manejar legalmente los contratos individuales de trabajo
- IV. Representar al patrón en cuestiones laborales.
- V. Responder a los requerimientos de los juzgados.
- VI. Atender quejas ante PROFECO.
- VII. Atender legalmente accidentes presentados en el organismo.
- VIII. Atender el cumplimiento de obras.
- IX. Atender los requerimientos de pago hechos por otras instancias.
- X. Atender a los usuarios morosos, para que cumplan con las obligaciones que tienen para con este sistema operador con la finalidad de ponerse al corriente en sus obligaciones.
- XI. Imponer las multas correspondientes a todos aquellos usuarios que violen las leyes vigentes relacionadas con el sistema operador.

4.5.2.4 Gerencia Técnica

La gerencia técnica es la responsable de la ejecución del sistema operacional a través de sus departamentos de proyectos y construcción, agua potable, alcantarillado y saneamiento; es la responsable de la planeación, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable alcantarillado y saneamiento. También es responsable de coordinarse con las instancias federales, estatales y municipales para la instrumentación de programas de desarrollo urbano en materia de agua y saneamiento, así como de inversiones en infraestructura básica. Facultades, responsabilidades y atribuciones siguientes:

Gerencia Técnica

- I. Coordinar programas de ampliación de servicios con los gobiernos estatal y municipal.
- II. Acordar con la dirección general y otras áreas, en su caso, la ejecución de proyectos.
- III. Supervisar la ejecución de nuevas obras de acuerdo con lo proyectado.
- IV. Revisar el sistema hidráulico con el fin de localizar fallas para su inmediata reparación.
- V. Supervisar que los programas de captación, almacenamiento y distribución de agua se lleven a cabo conforme a los objetivos del organismo.
- VI. Verificar la correcta operación de las instalaciones y de sus equipos de bombeo.
- VII. Realizar recorridos diarios a los diferentes sectores, a fin de detectar contingencias.
- VIII. Dar seguimiento y solución en campo a peticiones de los usuarios.
- IX. Revisar y firmar la documentación correspondiente a las actividades específicas realizadas en campo, así como el material requerido.
- X. Supervisar el consumo de materiales que se soliciten al almacén.

Proyectos y Construcción de Obras

- I. Determinar la factibilidad de servicios.
- II. Elaborar y supervisar proyectos para la ejecución de nuevas obras, apegados a la normatividad de CNA y las políticas de propio organismo.
- III. Supervisar que los fraccionadores cumplan con los requisitos para la instalación de los servicios.
- IV. Determinar los presupuestos para nuevas obras y de los costos para instalación de los servicios a los usuarios.
- V. Llevar a cabo la construcción de nuevas obras de acuerdo con los proyectos elaborados.

Agua Potable

- I. Proporcionar el mantenimiento preventivo y correctivo a las líneas y redes de agua.
- II. Llevar a cabo el bacheo en los lugares donde realizaron obras o mantenimiento.
- III. Atender reportes de fugas y falla de servicios tramitando y resolviendo lo procedente en relación con los reportes que los usuarios presenten respecto al funcionamiento y operación de los servicios a su cargo.
- IV. Vigilar el funcionamiento de los pozos
- V. Supervisar nuevas obras y aportar criterios para determinar las factibilidades.
- VI. Proyectar, instalar y dar mantenimiento a las instalaciones y equipo eléctrico.

Alcantarillado

- I. Dar el mantenimiento correctivo a las redes de alcantarillado en la ciudad.
- II. Dictaminar las instalaciones dentro de los programas de repavimentación.
- III. Supervisar en planos y en campo las instalaciones para nuevos fraccionamientos.
- IV. Coordinar acciones con instancias externas para el desarrollo de programas
- V. Dar mantenimiento preventivo al drenaje pluvial.
- VI. Participar en la planeación en coordinación con el departamento de proyectos.
- VII. Coordinar y programar los trabajos con los jefes de sector y el personal administrativo.
- VIII. Supervisar obras e inspecciones en los lugares donde se reporten problemas relacionados con la red de drenaje y alcantarillado.
- IX. Coordinar las acciones relacionadas con otras dependencias como son: obras públicas, Desarrollo Urbano, CNA, CFE, TELMEX y todas aquellas relacionadas con esta operación.
- X. Inspeccionar los trabajos en campo para evaluar la problemática y dar solución a los problemas.
- XI. Elaborar el programa de desazolve en las colonias que correspondan al municipio de Gómez Palacio, Dgo.
- XII. Supervisar la elaboración de los reportes de sus jefes de brigadas.
- XIII. Supervisar y coordinar la justificación en la utilización de materiales para el control de sus obras
- XIV. Vigilar constantemente el cumplimiento de la normatividad según las leyes ecológicas aplicables y vigentes.

4.5.2.5 Gerencia de Administración y Finanzas

Corresponde a la gerencia de administración y finanzas la operación del sistema financiero del SIDEAPA. Los departamentos a su cargo son los de finanzas, contabilidad, recursos humanos, recursos materiales y sistemas. Además de que es el responsable de asegurar que el organismo cuente oportunamente con los recursos humanos, materiales y financieros suficientes para la prestación del servicio público a la comunidad ejerciendo una adecuada planeación y administración de los ingresos así como el control de los egresos de acuerdo a las disposiciones y políticas tanto internas como externas del sistema operador. Facultades, responsabilidades y atribuciones siguientes:

- I. Coordinar y controlar el suministro oportuno de los recursos humanos, materiales y financieros a las diferentes áreas del organismo de acuerdo al presupuesto de egresos autorizado.
- II. Proponer a la dirección general planes y programas para la administración de los recursos del organismo.
- III. Establecer las políticas, normas y procedimientos que deberán observar todas las áreas del organismo en materia de administración de recursos humanos, materiales y financieros.
- IV. Proponer y supervisar la implantación de sistemas, métodos y procedimientos tendientes a simplificar y racionalizar la operación financiera del organismo.
- V. Establecer las normas para el registro de las operaciones financieras y de resguardo de vales y bienes.
- VI. Coordinar la integración del presupuesto anual de operación e inversión del organismo.
- VII. Supervisar y controlar el programa anual de adquisiciones.
- VIII. Verificar la integración de la información financiera del organismo y efectuar los análisis correspondientes.

- IX. Supervisar y analizar el plan de flujo de caja y controlar mensualmente su comportamiento a fin de detectar desviaciones y en su caso proponer medidas correctivas.
- X. Supervisar y evaluar el cumplimiento de las funciones de las áreas bajo su responsabilidad, así como la correcta aplicación de las normas, políticas y lineamientos establecidos.
- XI. Informar a la dirección general la posición financiera del organismo.
- XII. Dar seguimiento a los programas.
- XIII. Integrar los informes trimestrales para la junta directiva.
- XIV. Elaborar los presupuestos anuales de ingresos y egresos.
- XV. Generar los índices financieros para seguimiento y control.

Finanzas y Contabilidad

- I. Elaborar los estados financieros del organismo.
- II. Realizar la cobranza de los servicios, tanto por cajas internas, como móviles y externas.
- III. Verificar y controlar la cobranza de los servicios.
- IV. Elaborar las pólizas con sus debidos soportes.
- V. Realizar el pago a los proveedores.
- VI. Registrar los ingresos y egresos del organismo.
- VII. Elaborar el registro de nóminas.
- VIII. Controlar y responder a los requisitos fiscales y obligaciones.
- IX. Verificar los tiempos de pago de servicios como CFE, CNA, etc.
- X. Llevar el control de los proveedores para su pago.
- XI. Hacer los cortes de caja diario.
- XII. Realizar las conciliaciones bancarias.
- XIII. Presentar a la gerencia administrativa y de finanzas una evaluación constante, así como cualquier desviación relacionada con los ingresos y egresos.

Recursos Humanos

- I. Reclutar y contratar personal de acuerdo con las necesidades del organismo.
- II. Administrar y controlar la información de los trabajadores.
- III. Elaborar las nominas
- IV. Realizar los pagos de salarios a los trabajadores.
- V. Elaborar los presupuestos de egresos por concepto de personal.
- VI. Calcular los egresos del ejercicio siguiente por concepto de retiros, jubilaciones, etc.
- VII. Calcular las responsabilidades fiscales y de seguridad social para el pago correspondiente.
- VIII. Impulsar la capacitación para el personal.

Recursos Materiales

- I. Realizar las adquisiciones para el organismo
- II. Asegurar que las compras se realicen en tiempo forma y calidad, según los requerimientos de las áreas.

- III. Elaborar cotizaciones y fincar los pedidos de acuerdo con lo que marca la ley.
- IV. Evaluar a los proveedores e incluir o excluir, según sea el caso.
- V. Llevar el control de combustible.
- VI. Mandar reparar las fallas en los equipos de transporte, ya sea interna o externamente.
- VII. Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones del organismo, que no tengan relación con la operación técnica.
- VIII. Dar apoyo a las demás áreas del organismo en lo que respecta a servicios generales.
- IX. Realizar y llevar el control de los stocks máximos y mínimos en el almacén del organismo.
- X. Vigilar y controlar los registros de las entradas y salidas de almacén.
- XI. Elaborar las requisiciones correspondientes para el mantenimiento de los stocks.
- XII. Realizar los inventarios conjuntamente con el departamento de contabilidad.
- XIII. Entregar materiales a las áreas que lo soliciten.

Sistemas

- I. Administrar el sistema de informática del organismo operador.
- II. Administrar la base de datos del organismo.
- III. Administrar la red.
- IV. Asignar cuentas a nuevos usuarios.
- V. Diseñar, probar e implementar nuevos sistemas.
- VI. Respalidar la información.
- VII. Dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo de cómputo.
- VIII. Elaborar y actualizar la página de internet.
- IX. Emitir la prefacturación del servicio de agua.
- X. Captura de lecturas.
- XI. Emitir las cifras de control de la facturación.
- XII. Emitir la facturación de los servicios.
- XIII. Dar el soporte técnico a todas las áreas que lo requieran.
- XIV. Evaluar y autorizar el equipo de cómputo que cada área requiera.

4.5.2.6 Gerencia Comercial

Corresponde a la gerencia de comercialización el dirigir, coordinar, aplicar, diseñar todas aquellas estrategias y programas que le permitan en tiempo y forma el cumplimiento en el pago por los servicios otorgados por este sistema operador; buscando siempre la eficiencia en los procedimientos de lectura en medidores, en instalación de los mismos, en la realización de contratos, en la reparación o cambio de medidores y en la adecuada atención a los usuarios para aclarar situaciones de inconformidad. Facultades, responsabilidades y atribuciones siguientes:

- I. Proporcionar a los particulares el servicio de agua potable, instalando para ello el medidor correspondiente.

- II. Deberá cobrar de acuerdo a las tarifas establecidas en las disposiciones legales en la materia procediendo en su caso legalmente contra los usuarios morosos.
- III. Integrar y mantener actualizado el padrón de usuarios de los servicios a su cargo.
- IV. Aplicar para el cobro de los servicios la normatividad vigente y los lineamientos establecidos.
- V. Atender, aclarar y dar solución a las inconformidades presentadas por usuarios.
- VI. Vigilar el cumplimiento de las normas y procedimientos vigentes que marca la ley de hacienda de los municipios del estado de Durango relacionados con el sistema operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- VII. Realizar propuestas que mejoren el control, y operación en el sistema comercial.
- VIII. Supervisar, y vigilar la colocación de micromedidores colocados en el municipio.
- IX. Diseñar programas, procedimientos y campañas permanentes en la promoción para la recuperación de adeudos.
- X. Autorizar en su caso los descuentos especiales debidamente justificados.
- XI. Las demás que le sean propias en sus funciones y estén establecidas por las disposiciones legales aplicables.

4.5.2.7 Gerencia de Saneamiento

El área de saneamiento del sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo., tiene por objeto el control de la calidad del agua potable que se suministra a la población, así como todo lo relativo a la preservación y restauración al ambiente en materia de descargas, tratamiento, uso, re-uso, manejo y disposición final de las aguas residuales provenientes del drenaje municipal. Todo lo anterior de acuerdo con las facultades que le conceden, tanto las leyes federales y estatales, como sus respectivos reglamentos. Este departamento está sujeto al reglamento de protección al ambiente en materia de control de contaminación del agua residual del sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado para el municipio de Gómez Palacio, Dgo. Las disposiciones de este reglamento son de orden público e interés social en el ámbito del territorio comprendido en el municipio de Gómez Palacio, estado de Durango. Facultades, responsabilidades y atribuciones siguientes:

- I. Elaborar y aplicar los programas necesarios para prevenir y controlar la contaminación de las aguas de jurisdicción municipal.
- II. Ii. Vigilar y controlar la contaminación del agua generada por los servicios municipales.
- III. Iii. Llevar y mantener actualizado el registro de las descargas de aguas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que este servicio administre, así como las fuentes de contaminación de agua de jurisdicción municipal.
- IV. Iv. Apoyar a otros niveles de gobierno en el control de la calidad de las descargas que hayan obtenido su registro, para lo cual tomara en cuenta las condiciones particulares que hayan fijado las autoridades competentes, así como las leyes y normas oficiales mexicanas aplicables.
- V. V. Hacerlas denuncias y gestiones correspondientes, en caso de que existan descargas o vertimientos en las aguas utilizadas en el municipio de materiales radioactivos u otros que propicien su contaminación.
- VI. Vi. Promover el re-uso de aguas residuales tratadas para la industria, la agricultura, el riego de áreas verdes u otros usos similares, siempre y cuando se satisfagan las normas técnicas sanitarias y ecológicas correspondientes.
- VII. Monitorear y controlar la calidad de las descargas.

4.5.2.8 Decreto de Creación

Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado de Gómez Palacio, Dgo.

Capítulo I Disposiciones Generales

Figura jurídica

Conforme a lo establecido en el artículo 115 de la constitución política de los estados unidos mexicanos, y la ley orgánica del municipio libre del estado de Durango, titulo tercero capitulo iv, la administración municipal está conformada por la administración central, organismos descentralizados y desconcentrados (fideicomisos públicos y empresas de participación mayoritaria).

Organismos operadores municipales

De conformidad a la ley de agua para el estado de Durango en su artículo 28 fracción ii y artículo 39, los organismos operadores municipales tendrán personalidad jurídica y patrimonio propio, así como autonomía técnica y administrativa en el manejo de sus recursos pudiendo, asimismo, ejercer los actos de autoridad que específicamente les señala la ley de agua para el estado de Durango. Estos organismos operadores municipales son creados por acuerdo de cabildo del h. Ayuntamiento, con objeto de llevar a cabo una oportuna toma de decisiones y una mayor eficacia en la prestación de los servicios públicos municipales.

Marco legal

El marco legal en base a la legislación vigente se encuentra contenido en:

Marco jurídico federal:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley general de bienes nacionales.
- Ley de aguas nacionales y su reglamento
- Ley federal de derechos
- Ley orgánica de la administración pública federal.
- Ley de planeación
- Ley general de equilibrio ecológico y la protección al ambiente.
- Ley de contribución de mejoras por obras públicas federales infraestructura hidráulica.
- Ley general de salud.

Marco jurídico estatal:

- Constitución política del estado de Durango.
- Ley orgánica de la administración pública del estado de Durango.
- Ley de obras pública del estado de Durango.
- Ley general de desarrollo urbano para el estado de Durango.
- Ley estatal de equilibrio ecológico y protección al ambiente.
- Ley de planeación del estado de Durango.
- Ley de hacienda de los municipios del estado de Durango.

- Ley de salud del estado de Durango.
- Ley de agua para el estado de Durango.
- Ley de adquisiciones arrendamientos y servicios y su reglamento.

Marco normativo municipal:

- Ley orgánica del municipio libre del estado de Durango y las demás disposiciones jurídicas federales, estatales y municipales que incidan en el desarrollo urbano, la ecología y la planificación en el municipio de Gómez palacio, Dgo.

Conclusión:

En las disposiciones legales solamente se permite comprender que este es el marco legal que regula la titularidad; la distribución; el aprovechamiento; el desarrollo; la preservación de la cantidad, la calidad, el uso; y el saneamiento o tratamiento de aguas.

Objetivo:

El SIDEAPA es el organismo operador municipal por medio del cual el municipio de Gómez Palacio Dgo. Suministra y regula el servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, saneamiento y tratamiento de aguas residuales conforme a las bases establecidas en la ley de agua para el estado de Durango, en la ley de aguas nacionales y la normativa aplicable en materia de agua.

Existencia y creación del organismo operador.

Artículo 1°. El presente manual de operación establece las bases de organización administrativa del sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo. En los términos de la ley de agua para el estado de Durango; en base al acuerdo de transformación que en cesión ordinaria celebrada el día 16 de diciembre del 2005 por el h. Cabildo del republicano ayuntamiento de Gómez Palacio, Dgo. Y publicado en el periódico oficial en fecha 23 de febrero del 2006 documento en donde se crea el organismo operador municipal de agua del Municipio de Gómez Palacio Dgo., con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Artículo 2°. El sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo., tendrá que dar cumplimiento y hacer cumplir en base a las disposiciones contenidas en el artículo 41 de la ley de agua para el estado de Durango los siguientes fines y funciones.

I. Planear, programar, analizar, proyectar, presupuestar, construir, rehabilitar, ampliar, operar, administrar, conservar y mejorar los sistemas de captación, conducción, potabilización, almacenamiento y distribución de agua potable, así como los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y las obras e instalaciones que permitan el reúso de las mismas y el manejo de lodos, producto de dicho tratamiento.

II. Proporcionar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a los centros de población y asentamientos humanos de las zonas urbanas y rurales en el municipio que les corresponda, en los términos de los convenios y contratos que para ese efecto se celebren.

III. Promover programas para la ampliación y mejoramiento de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como para el uso racional del agua;

IV. Otorgar permisos de descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado en los términos de la presente ley.

V. Otorgar los permisos para las tomas de agua de los sistemas de distribución.

- VI. Realizar por sí o por terceros, las obras para agua potable, alcantarillado y saneamiento que se construyan en su jurisdicción, así como dictaminar los proyectos de dotación de dichos servicios y supervisar la construcción de las obras correspondientes.
- VII. Formular y mantener actualizado el padrón de usuarios de los servicios a su cargo.
- VIII. Elaborar y remitir al cabildo los estudios que fundamenten las cuotas y tarifas apropiadas para el cobro de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en cada uno de los municipios de la entidad.
- IX. Proponer al ayuntamiento las cuotas y tarifas de conformidad con lo establecido por el capítulo vi del título cuarto de la presente ley.
- X. Ordenar y ejecutar, respecto de los servicios a su cargo, la supresión por falta de pago y en los demás casos y términos que se señalan en la presente ley;
- XI. Realizar las inspecciones y verificaciones, así como aplicar las sanciones que establece la presente ley.
- XII. Organizar y orientar a los usuarios para su participación en la prestación de los servicios, y desarrollar programas de capacitación y adiestramiento para su personal
- XIII. Solicitar a las autoridades competentes la expropiación, ocupación temporal, total o parcial de bienes, o la limitación de los derechos de dominio, en los términos de ley.
- XIV. Determinar créditos fiscales, recargos, sanciones pecuniarias y demás accesorios legales en términos de la legislación aplicable y exigir su cobro, inclusive por la vía económico-coactiva.
- XV. Realizar las gestiones que sean necesarias a fin de obtener los créditos o financiamientos que se requieran para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a su cargo, en los términos de la legislación aplicable.
- XVI. Constituir y manejar fondos de reserva dirigidos a la rehabilitación, ampliación y mejoramiento de las obras e instalaciones, para la reposición de activos y el servicio de la deuda, en los términos de su reglamento interior y la normatividad aplicable.
- XVII. Cubrir oportunamente las contribuciones, derechos, aprovechamientos y productos que establezca la legislación fiscal federal y estatal aplicables.
- XVIII. Elaborar sus programas y presupuestos anuales de ingresos y egresos, de conformidad con la legislación aplicable.
- XIX. Adquirir los bienes muebles e inmuebles necesarios para el cumplimiento de su objeto, así como realizar todas las acciones patrimoniales que se requieran, directa o indirectamente para el cumplimiento de sus fines y atribuciones.
- XX. Celebrar con personas de los sectores público, social o privado, los convenios o contratos necesarios para el cumplimiento de sus atribuciones, en los términos de la legislación aplicable.
- XXI. Formular y mantener actualizado el inventario de bienes y recursos que integran su patrimonio.
- XXII. Elaborar los estados financieros del organismo y proporcionar la información y documentación que le soliciten las autoridades competentes.
- XXIII. Rendir anualmente a la junta de gobierno un informe de las labores del organismo, realizadas durante el ejercicio anterior, así como del estado general del organismo y sobre las cuentas de su gestión; dicho informe deberá presentarse dentro de los 60 días siguientes al término del ejercicio anterior.
- XXIV. Elaborar los reglamentos interiores y manuales para el correcto funcionamiento del organismo, así como establecer las oficinas y dependencias necesarias dentro de su jurisdicción.

XXV. Establecer las oficinas necesarias dentro de su jurisdicción.

XXVI. Formular y mantener actualizado el inventario de bienes y recursos que integran su patrimonio.

XXVII. Utilizar todos los ingresos que recaude, obtenga o reciba, exclusivamente en los servicios públicos, destinándolos en forma prioritaria a eficientar la administración y operación del organismo y posteriormente a ampliar la infraestructura hidráulica, ya que en ningún caso podrán ser destinados a otros fines.

XXVIII. Realizar todas las acciones que se requieran, directa o indirectamente, para el cumplimiento de sus objetivos.

XXIX. Las demás atribuciones que les señalan esta ley, su reglamento, su instrumento de creación y las disposiciones estatales y federales en la materia.

Capítulo II Patrimonio

Artículo 3°. El Patrimonio del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Dgo. Se integra con:

I. Los ingresos propios que resulten del cobro por la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a su cargo en los términos de la presente ley.

II. Los bienes inmuebles, equipo e instalaciones que a la fecha de la constitución del organismo operador formen parte de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento existente, tanto en la cabecera municipal, como en todos los núcleos de población y fraccionamientos del mismo municipio.

III. Los bienes muebles e inmuebles, así como las aportaciones, donaciones y subsidios que les sean entregados por los gobiernos federal, estatal o municipal, y por otras personas y organismos públicos o privados.

IV. Los bienes y derechos que adquieran por cualquier medio.

V. Los demás ingresos que obtengan por los frutos o productos de su patrimonio.

VI. Los ingresos y demás contribuciones accesorias que resulten de la aplicación de la presente ley, cuyo cobro corresponda al organismo operador.

Capítulo III de su Administración

Artículo 4°. La Administración Del Organismo Operador Municipal Estará A Cargo De:

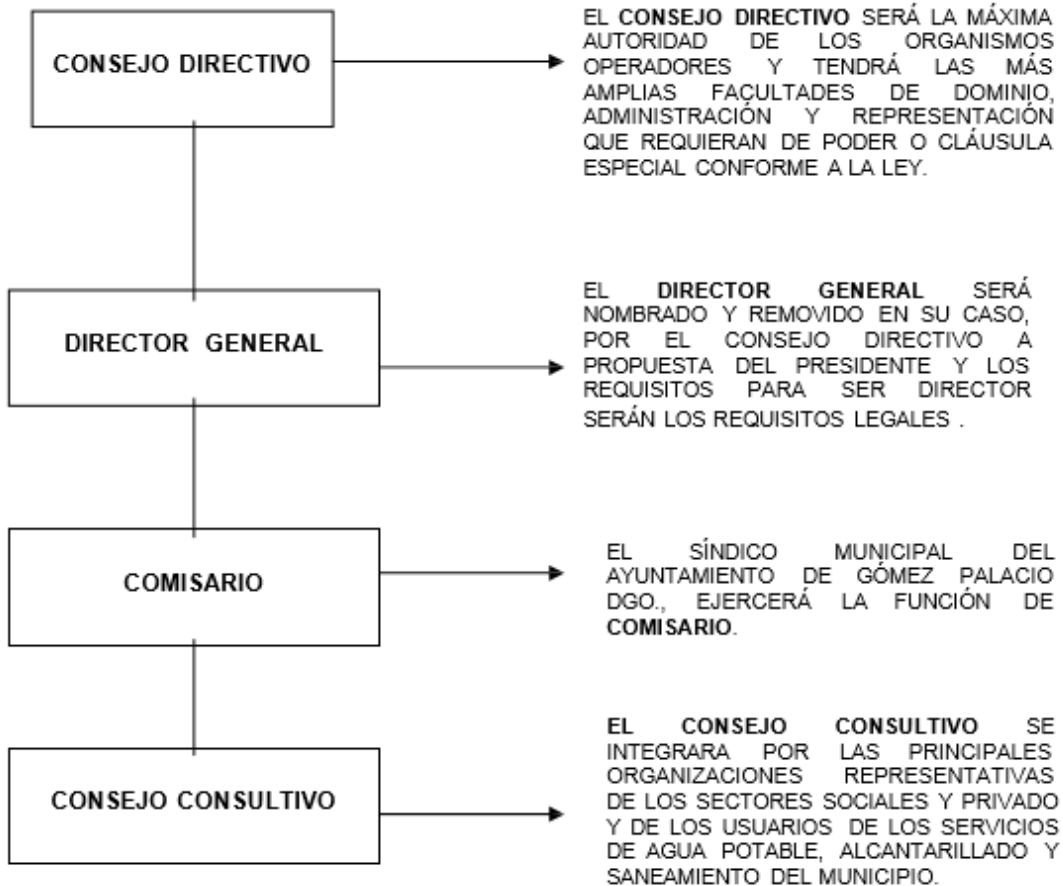
I. Un Consejo Directivo.

II. Un Director General.

III. Un Comisario.

IV. Un Consejo Consultivo.

ADMINISTRACIÓN DEL ORGANISMO:



Artículo 5°. El consejo directivo será designado por el ayuntamiento a propuesta del presidente municipal y estará integrado por: un presidente, que será el presidente municipal; dos representantes del ayuntamiento; un representante de la comisión; dos vocales nombrados por el consejo consultivo y un secretario técnico que será el director general del organismo operador .

4.5.3 Ejes rectores del SIDEAPA Gómez Palacio



Lograr la cobertura total de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y saneamiento del Municipio de Gómez Palacio de manera eficiente, oportuna y confiable, brindando un servicio de calidad y modernidad en la atención global. Contribuyendo a crear en la comunidad una cultura del uso racional del agua, lo cual se traducirá en una mejor calidad de vida.



Ser un organismo moderno y autosuficiente, que contribuya al bienestar social y a la conservación del medio ambiente, administrando con eficiencia el personal, los recursos financieros y materiales con que cuenta.



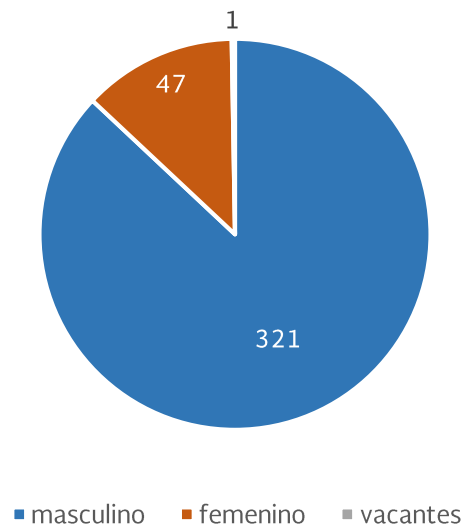
Garantizar el suministro de agua potable al 100% de la población las 24 horas del día en forma continua, cumpliendo con las normas de calidad.



Eficiencia, Responsabilidad, Respeto, Lealtad y Amabilidad.

4.5.4 Plantilla de personal

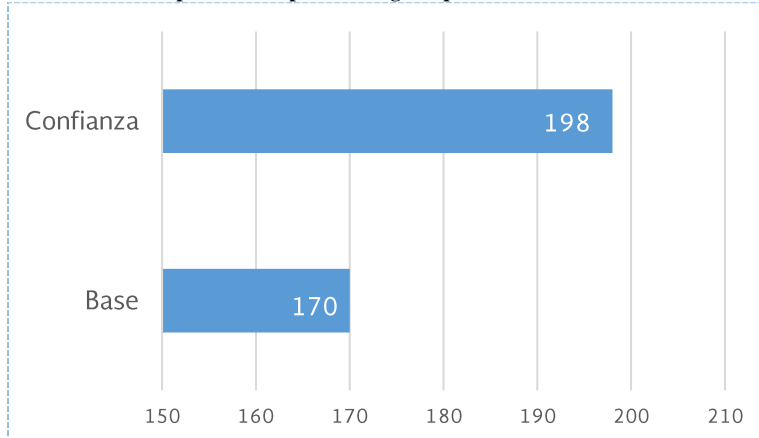
Tabla 4-26 Composición según sexo de la plantilla de personal del SIDEAPA



Fuente: IMTA con datos de http://www.sideapa.gob.mx/Transp_Inicio.aspx.

Según información obtenida en internet el SIDEAPA cuenta con un total de 369 puestos de trabajo, de los cuales uno de ellos se encuentra vacante y del resto 12.77% (47 personas) es ocupado por personal femenino y 87.23% por personal masculino (321 personas). Ver Tabla 4-27.

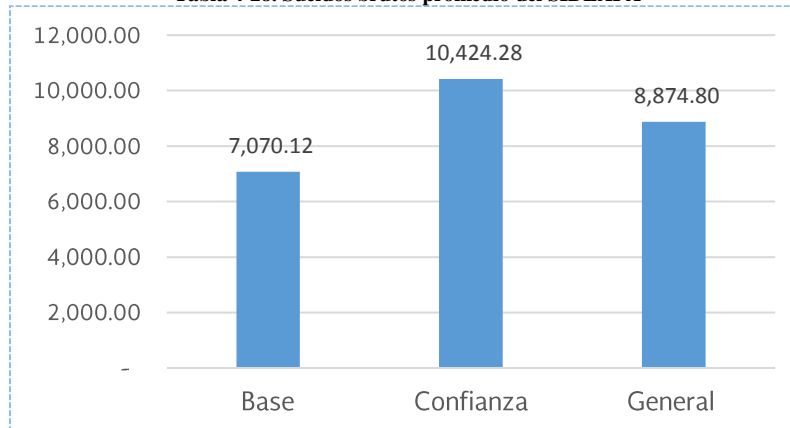
Tabla 4-27. Composición del personal según tipo de contratación en el SIDEAPA



Fuente: IMTA con datos de http://www.sideapa.gob.mx/Transp_Inicio.aspx.

Referente al tipo de contratación, el SIDEAPA cuenta con 198 personas bajo el esquema de personal de confianza (53.8%) y 170 personas contratadas como personal de base (46.2%), de dichas categorías los sueldos brutos promedios se ubican en \$10,424.28, para la primera categoría y en \$7,070.12 para el personal de base. Ver Tabla 4-27

Tabla 4-28. Sueldos brutos promedio del SIDEAPA



Fuente: IMTA con datos de http://www.sideapa.gob.mx/Transp_Inicio.aspx.

4.5.5 Ingresos y egresos

Para el año 2014 los ingresos por servicios representaron el 79.4%, dentro de los cuales se incluyen servicios como: Instalación de servicios, reconexiones y carta de no adeudo. Ver Tabla 4-29

Tabla 4-29. Ingresos del SIDEAPA por tipo, 2014.

CONCEPTO	%
Servicios	79.4%
Productos	0.1%
Aprovechamiento	3.7%

Diversos	10.7%
Devolución indirectos	0.2%
Estímulo fiscal	1.5%
Devolución programa PRODDER	4.3%
TOTAL	100%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

Durante el periodo del 2011-2014 los ingresos tuvieron un incremento promedio anual de 2.8%, aun cuando en el 2013 se presentó una disminución del monto recaudado de 9.3% con respecto al 2012, por su parte los egresos, tuvieron un incremento mucho mayor al crecimiento de los ingresos. Ver Tabla 4-30.

Tabla 4-30. Ingresos 2011-2014

	2011	2012	2013	2014
Total Ingresos	174,219,761.57	187,850,544.21	170,331,472.13	189,405,789.72
Tasa de crecimiento respecto al año anterior		7.8%	-9.3%	11.2%
Tasa de crecimiento promedio del periodo				2.8%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

Tabla 4-31. Egresos 2011-2014

	2011	2012	2013	2014
Total Egresos	173,314,106.45	187,779,760.36	207,275,567.41	213,551,971.32
Tasa de crecimiento respecto al año anterior		8.3%	10.4%	3.0%
Tasa de crecimiento promedio del periodo				7.2%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

Parte importante de los egresos son siempre las erogaciones realizadas en servicios personales, en este sentido los gastos realizados por el SIDEAPA Gómez Palacio, tuvieron un crecimiento promedio anual de 5.3% durante el periodo de (2011-2014). Ver Tabla 4-32

Tabla 4-32. Erogaciones en servicios personales (2011-2014)

TOTAL	54,163,414.93	55,600,695.65	61,678,248.18	63,157,470.21
Tasa de crecimiento respecto al año anterior		2.7%	10.9%	2.4%
Tasa de crecimiento promedio del periodo				5.3%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

4.5.6 Morosidad

El SIDEAPA presenta un alto índice de morosidad en el pago de los servicios, para el mes de abril de 2017, más del 50% de los usuarios presentaba algún grado de mora, que va desde los 3 meses hasta periodos superiores a los 30 meses. Únicamente el 43% de los usuarios, pagó los servicios en tiempo. Ver Tabla 4-33

Tabla 4-33. Clasificación de usuarios según tiempo de morosidad, Abril 2017

No de meses	No de usuarios	% sobre usuarios totales
Al corriente	38,777	43%
de 3 a 10 meses	11,447	13%
de 11 a 20 meses	7,463	8%
de 21 a 30 meses	5,487	6%
más de 30 meses	26,650	30%
Total	89,824	100%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

4.5.7 Coberturas

Tabla 4-34. Coberturas, 2015
MÓDULO DE COBERTURAS

Indicador	Resultado
Cobertura de agua potable	99.92%
Cobertura de alcantarillado	97.59%
Cobertura de tratamiento	97.59%
Eficiencia global.	38.05%
Capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales (Ips.)	630
% de cumplimiento de calidad bacteriológica de agua potable	100.00%

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

“En general la cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento son excelentes, sin embargo preocupa la eficiencia global del sistema (38.05%), ya que en general es baja, aun cuando el servicio cubre la demanda, hay que involucrar a los usuarios con la tecnificación y modernización del sistema”. (Plan de Desarrollo Integral, 2016). Ver Tabla 4-34.

4.5.8 Eficiencia energética

Tabla 4-35. Eficiencia energética
MÓDULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Indicador	Resultado
Incidencia de la energía eléctrica	39.80%
Gasto unitario de la energía eléctrica (\$/kwh)	1.60

Gasto de EE por metro cúbico producido (\$/m3)	2.53
Indicador energético (kwh/m3 producido)	1.58
Porcentaje de consumo en punta (promedio)	13.69%
Factor de carga	0.90
Factor de potencia	0.94

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

“Se recomienda realizar una auditoría energética, que incluya todas las áreas de uso priorizando un paquete de inversiones que permita abatir los altos costos de energía eléctrica, existe un gran potencial en este rubro (cambio de equipo, bombas, capacitores, automatización, etc.) así mismo ver continuamente las tarifas disponibles por el impacto de consumos punta.” (Plan de Desarrollo Integral, 2016). Ver

Tabla 4-35.

4.5.9 Administración y manejo del personal

Tabla 4-36. Indicadores de administración y manejo de personal
MÓDULO DE ADMINISTRACION Y MANEJO DEL PERSONAL.

Indicador	Resultado
Índice laboral (empleados/1000 tomas)	4.22
Sueldos mensuales promedio por empleado (\$/empleado/mes)	14,924
Recaudación mensual promedio por empleado (\$/empleado/mes)	46,597
Proporción de personal operativo	79.68%
Gastos en remuneración (sueldos, salarios y prestaciones)	\$67,873,951
Proporción de gastos en remuneración respecto al gasto operacionales	33.23%

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

4.5.10 Gestión Comercial

Tabla 4-37. Gestión Comercial
MÓDULO DE GESTION COMERCIAL

Indicador	Resultado
Eficiencia comercial	82.59%
Cobertura de micro-medición instalada	37.28%
Cobertura de volumen micro medido	37.76%
Cobertura de micro-medición con lectura	37.28%
Recaudación anual por toma (%/toma/año)	2,359
Facturación anual por toma (\$/toma/año) integrada	2,856
Tarifa media facturada (\$/m ³) integrada	17.31
Tarifa media facturada doméstico (\$/m3) integrada	9.65
Tarifa media facturada comercios e industrias (\$/m3) integrada	61.51
Tarifa media cobrada (\$/m3) integrada	14.29
Facturación anual por toma servicio medido (\$/toma/año) integrada	5,019
Facturación anual por toma cuota fija (\$/toma/año) integrada	1,570
% Volumen de agua facturada con micro-medición	37.76%
Volumen de agua facturada con cuota fija	62.24%

MÓDULO DE GESTIÓN COMERCIAL	
Indicador	Resultado
Consumo medio (m ³ /toma/mes)	13.75
Tomas activadas sin micro-medidor leído	56,350
% Medidores con más de 5 años de antigüedad	41.79%
% Medidores con más de 10 años de antigüedad	2.90%
% Pérdidas comerciales sobre pérdidas totales	25.00%
Potencial de cobranza en agua suministrada (agua suministrada no facturada)	75,091,703
Potencial de cobranza en lo facturado (por agua facturada no cobrada)	44,659,486

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

“El módulo de gestión comercial es el reflejo del funcionamiento del sistema, es por ello que se recomienda su modernización y/o actualización permanente, partiendo del padrón de usuarios, instalación y renovación del equipo de medición general, debe de incrementarse el servicio medido, el servicio a entidades públicas – escuelas, hospitales, etc., reducir los servicios con cuota fija, actualizar el estudio tarifario y buscar esquemas financieros para aumentar la micro medición y diversificar las fuentes-puntos de cobranza.” (Plan de Desarrollo Integral , 2016). Ver Tabla 4-37.

4.5.11 Capacidad de pago de usuarios domésticos

Actualmente el pago de un usuario de servicio doméstico paga en promedio 12 m³ al mes, lo que implica que debe cubrir una tarifa de \$113.85 (Ciento trece pesos 85/100 M.N.), considerando un ingreso de hasta 2 salarios mínimos, que corresponden a 4,802 pesos mes, lo que significa que el gasto destinado a agua potable, alcantarillado y saneamiento representa el 2.37% del total de su ingreso, considerando que el 40% de la población económicamente activa recibe hasta dos salarios mínimos.

Respecto a la población que recibe la tarifa subsidiada, por lo que efectivamente realiza un pago de \$68.31 por el consumo promedio estimado de 12 m³ al mes, considerando un ingreso de 1 salario mínimo, el importe que paga por los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento representa el 2.84% del total de su ingreso estimado en \$2,401.20. Finalmente la población con mayores ingresos (superiores a 2 salarios mínimos), paga una tarifa de \$128.07 (tarifa residencial), lo que apenas representa el 1.77% del total de su ingreso estimado en \$7,203.60 mensuales, para el mismo gasto de 12 m³ al mes.

Conforme al análisis anterior, se puede notar que las personas de menores recursos destinan una mayor cantidad de su ingreso al pago de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, mientras que las personas con mayores ingresos, pagan una proporción menor de su ingreso por los mismos servicios.

4.6 Diagnóstico del SIDEAPA

Derivado del Plan de Desarrollo Integral que realizó el SIDEAPA en 2015, se definieron carteras de inversión programadas en cuanto a acciones e inversiones para los siguientes rubros (Plan de Desarrollo Integral , 2016):

4.6.1 Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para reducir costos de energía eléctrica.

“Elaboración de una auditoría energética. Es importantes realizar una revisión de campo así como en gabinete del importante rubro que representa en la operación del OO como es la Energía Eléctrica. Para esto es importante validar la eficiencia de los quipos, mantenimientos necesarios para su puesta a punto, situación probable, equipos que generen alta demanda por obsoletos y su uso continuo, la falta de capacidad de equipos (sobre utilización).

Revisión de tarifas aplicadas a los equipos y si operación pertinente, cobro adecuado y no estimado. Esta auditoria deberá de generar un ahorro directo sobre el desembolso del estudio equivalente a una inversión de \$150,000.00”.

4.6.2 Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para incrementar la productividad del personal.

“Estas acciones a realizar en este módulo, no son consideradas de momento, pueden ser sujetas a adicionarse como otras acciones PRODI en puntos posteriores.”

4.6.3 Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para mejora de la gestión comercial

“Ajuste de consumos de cuota fija. Actualmente el OO tiene un gran número de servicios en cuota fija. Es necesario incorporar a varios de estos servicios en servicio medido que le permita aumentar la relación de tomas medidas - facturación - recaudación. El amplio espectro de cobertura del servicio es importe pero siempre y cuando sea medido no es cuota fija.

Corrección de errores de micromedición mediante sustitución de medidores. Se debe realizar un programa de sustitución de aquellos medidores en tomas que se encuentren deficientes, adicionalmente incorporar más medidores para aumentar la exactitud de medición / facturación.

Firma de convenios con bancos y otras instituciones para ampliar las opciones de pago de los servicios de agua y saneamiento. Es importante tener un rápido acceso al usuario para que pueda hacer pagos en diferentes lugares. El aumento en la recaudación derivado de una mejor eficiencia comercial lo agradecerá las finanzas liquidas el organismo. Contar adicionalmente con un sistema comercial más moderno con un padrón de usuarios debidamente medido y actualizado permitirá tener mejor información de la acción.

Mejoras en la cobranza mediante esquemas que faciliten el pago. Formalización de acuerdos que permita pagar en ligares de mayor afluencia, que den la opción de domiciliar el pago, pago con instrumentos financieros (crédito), convenios de pago, etc. Capturar la mayor cantidad de recurso.

Censo de usuarios para mejorar el padrón. Es importante saber cuántos usuarios tiene el organismo, cuantos están medidos, como deben de darse de alta los servicios, facilitar la cancelación y baja de servicios. Esto permitirá tener un mejor control operativo del servicio.

Sistema de cómputo para altas y bajas del padrón de usuarios, Hoy en día se requiere de sistemas que permitan agilizar el procesamiento del estado de los usuarios así como también permitan el manejo de mayores actividades en relación al padrón por trabajador, es decir menos personal con mayores funciones.

Modificaciones a la estructura tarifaria. Se sabe que el servicio de agua potable es un servicio que no se paga como es debido, es importante que se tome en cuenta que hay costos adheridos al pago para la operación. Esto mismo tiene cambios con el paso del tiempo y es importante que de cierta forma se vayan actualizando conforme a las necesidades son que genere una actitud de impago entre los usuarios. Está comprobado que un aumento desmedido genera el impago.”

4.6.4 Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para reducción de pérdidas físicas de agua

“Localización y reparación de fugas en tuberías principales y secundarias. Esta es una acción diaria constante a reforzar para lograr reducir pérdidas físicas, Dicha reducción asegurará la viabilidad en el crecimiento futuro de servicios de manera sustentable.

Instalación de micromedidores en las tomas. Es necesario el crecimiento en 28,176 nuevos medidores que ayudarán a reducir la cuota fija y cobrar por el servicio medido. Esto debe realizarse de forma gradual para hacer más preciso y eficiente el servicio del OO en sus diferentes áreas comerciales y operativas.

Instalación de macromedidores en captaciones. La mejora en la medición permite ser más precisos sobre las pérdidas reales sobre el volumen producido de agua contra el volumen entregado por toma. Esto tendrá en el futuro un crecimiento sano en el OO así como el buen uso y explotación del recurso tan vital que es el agua”.

Adicionalmente se deberá revisar y controlar las presiones para disminuir las pérdidas físicas de agua.

4.6.5 Programa de Acciones e Inversiones (PAI) para la sostenibilidad de las acciones

“Las acciones propuestas de éste módulo no se encuentran consideradas pues algunas ya fueron realizadas y otras no se pretenden realizar al no estar indicadas”.

La cabecera municipal del mismo nombre, concentra un promedio de 77% de la población total.

Considerando el índice de hacinamiento reportado por INEGI para el municipio de Gómez Palacio, así como la proyección de la demanda 2017-2030, se estiman un número total de tomas domesticas de 90,330 para el año 2017 y por otra parte el Plan de Desarrollo Integral (PDI) elaborado en el año 2015, considera un número total de tomas domesticas de 84,899, es decir existe una diferencia de más de 5,431 posibles tomas existentes.

4.6.6 Demanda

Se proyecta el número de tomas reportadas por el SIDEAPA considerando las estimaciones realizadas por el IMTA, así como el consumo promedio anual de usuarios domésticos a partir de un consumo mensual promedio de 12.07 m³, para obtener la demanda total de usuarios domésticos. Tabla 4-38.

Tabla 4-38. Estimación de la demanda de usuarios domésticos (2017-2030).

DOMESTICO	Tomas estimadas	Consumo promedio mensual (m ³)	Consumo promedio anual (m ³)
2017	86,624	1,045,556	12,546,676
2018	87,580	1,057,096	12,685,158
2019	88,550	1,068,796	12,825,549
2020	89,533	1,080,660	12,967,920
2021	90,529	1,092,686	13,112,235
2022	91,540	1,104,883	13,258,599
2023	92,564	1,117,251	13,407,012
2024	93,604	1,129,795	13,557,543
2025	94,657	1,142,516	13,710,192
2026	95,727	1,155,419	13,865,029
2027	96,811	1,168,507	14,022,088
2028	97,911	1,181,781	14,181,369
2029	99,027	1,195,251	14,343,012
2030	100,159	1,208,915	14,506,981

Fuente: IMTA

La demanda calculada se ajusta al número real de tomas que reporta el SIDEAPA para el año 2015, y se realiza la estimación considerando la proyección del incremento de población reportada por CONAPO para el 2016, se obtiene un estimado de poco más de 100 mil tomas para el año 2030.

4.7 Análisis de Oferta – Demanda al 2030.

Como parte del análisis se integra el estudio de la evolución de la oferta y demanda de agua con base en una proyección de consumos por tipo de usuario, así como su correspondiente demanda en servicios de alcantarillado y saneamiento.

A partir de la información del Consejo Nacional de Población (CONAPO) y su estimación de la evolución de la población por localidad, se tienen catalogadas 9 grandes localidades, todas aquellas que durante el periodo de estimación no superan los 2,500 habitantes, se agrupan en una clasificación denominada “resto”, para el periodo de 2010 a 2016. Ver Tabla 4-39

Tabla 4-39. Proyección de la población a 2016, municipio de Gómez Palacio.

Localidad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gómez Palacio	263,159	266,053	268,783	271,438	274,059	276,613	279,097
Esmeralda	2,300	2,418	2,541	2,669	2,803	2,943	3,088
La Flor	1,629	1,713	1,800	1,891	1,985	2,084	2,187
Pastor Rouaix	2,757	2,730	2,702	2,673	2,643	2,613	2,583
La Popular	3,483	3,536	3,588	3,640	3,691	3,741	3,791
San Felipe	4,655	4,753	4,850	4,947	5,045	5,143	5,241
Seis de Octubre	1,562	1,621	1,680	1,740	1,803	1,867	1,932
Transporte	2,683	2,702	2,719	2,735	2,751	2,766	2,779
El Vergel	2,308	2,342	2,375	2,407	2,439	2,471	2,502
Resto	50,850	51,487	52,097	52,697	53,294	53,883	54,462
Total	335,386	339,355	343,135	346,836	350,513	354,123	357,664

Fuente: CONAPO

La estimación de la población de 2017 a 2030 se presenta en la Tabla 4-40

Tabla 4-40. Proyección de la población de 2017 a 2030 para el municipio de Gómez Palacio.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
IMTA GÓMEZ PALACIO	281,67	284,29	286,94	289,61	292,30	295,02	297,76	300,53	303,32	306,15	308,99	311,87	314,77	317,69
IMTA GÓMEZ PALACIO	79,642	81,011	82,410	83,841	85,304	86,801	88,331	89,896	91,498	93,136	94,811	96,525	98,279	100,07
IMTA TOTAL	361,32	365,30	369,35	373,45	377,60	381,82	386,09	390,43	394,82	399,28	403,80	408,39	413,05	417,77

Fuente: Estimaciones conforme a correos de fecha 17 y 19 de enero de 2018.

Respecto a los usuarios comerciales a partir del Plan de Desarrollo Integral (PDI) elaborado en el año 2015, se conoce que el consumo promedio mensual de los usuarios comerciales es de 26.52 m³, con lo que se puede estimar el crecimiento de las tomas para este tipo de usuarios, así como el volumen promedio anual demandado en m³, usando los mismos principios que los considerados en la estimación de la demanda de usuarios domésticos.

Tabla 4-41. Estimación de la demanda de usuarios comerciales (2017-2030).

COMERCIAL	Tomas estimadas	Consumo promedio mensual (m ³)	Consumo promedio anual (m ³)
2017	3,472	92,082	1,104,980
2018	3,510	93,098	1,117,176
2019	3,549	94,128	1,129,540
2020	3,589	95,173	1,142,078
2021	3,629	96,232	1,154,788
2022	3,669	97,307	1,167,678
2023	3,710	98,396	1,180,749
2024	3,752	99,501	1,194,006
2025	3,794	100,621	1,207,450
2026	3,837	101,757	1,221,086
2027	3,880	102,910	1,234,919
2028	3,925	104,079	1,248,946
2029	3,969	105,265	1,263,182
2030	4,015	106,469	1,277,623

Fuente: IMTA

Para los usuarios industriales, se hace un procesamiento similar de la información obteniéndose la siguiente tabla, en la cual se considera un consumo promedio mensual de 165.73 m³.

Tabla 4-42. Estimación de la demanda de usuarios industriales (2017-2030).

INDUSTRIAL	Tomas estimadas	Consumo promedio mensual (m ³)	Consumo promedio anual (m ³)
2017	679	112,450	1,349,403
2018	686	113,691	1,364,297
2019	694	114,950	1,379,396
2020	701	116,226	1,394,708
2021	709	117,519	1,410,229
2022	717	118,831	1,425,971
2023	725	120,161	1,441,932
2024	733	121,510	1,458,122
2025	741	122,878	1,474,540
2026	750	124,266	1,491,192
2027	758	125,674	1,508,084
2028	767	127,101	1,525,215
2029	776	128,550	1,542,600
2030	785	130,020	1,560,235

Fuente: IMTA

El consumo estimado de los usuarios de servicio público es de 19.52 m³ al mes, con dicha información y conociendo el número de tomas clasificadas bajo esta modalidad, se puede estimar el consumo promedio mensual y el consumo promedio anual, proyectado hasta 2030.

Tabla 4-43. Estimación de la demanda de usuarios de servicio público (2017-2030).

SERVICIO PUBLICO	Tomas estimadas	Consumo promedio mensual (m ³)	Consumo promedio anual (m ³)
2017	447	8,724	104,682
2018	452	8,820	105,838
2019	457	8,917	107,009
2020	462	9,016	108,197
2021	467	9,117	109,401
2022	472	9,219	110,622
2023	478	9,322	111,860
2024	483	9,426	113,116
2025	488	9,532	114,390
2026	494	9,640	115,682
2027	499	9,749	116,992
2028	505	9,860	118,321
2029	511	9,972	119,670
2030	517	10,086	121,038

Fuente: IMTA

Por otro lado se estima que el consumo promedio de los usuarios de servicio mixto es de 4.89 m³ al mes, con dicha información se obtiene la demanda promedio mensual y el consumo promedio anual a 2030.

Tabla 4-44. Estimación de la demanda de usuarios de servicio mixto (2017-2030).

MIXTA	Tomas estimadas	Consumo promedio mensual (m ³)	Consumo promedio anual (m ³)
2017	446	2,180	26,164
2018	451	2,204	26,453
2019	456	2,229	26,746
2020	461	2,254	27,043
2021	466	2,279	27,344
2022	471	2,304	27,649
2023	476	2,330	27,958
2024	482	2,356	28,272
2025	487	2,383	28,591
2026	493	2,409	28,914
2027	498	2,437	29,241
2028	504	2,464	29,573
2029	510	2,493	29,910
2030	516	2,521	30,252

Fuente: IMTA

Dicha información considera el crecimiento promedio de cada tipo de usuario, a partir de registros históricos asociados al crecimiento promedio de la población determinado conforme a correos

electrónicos de fechas 17 y 19 de enero de 2018. Con cada uno de dichos registros, se conoce la demanda total, adicionalmente se puede estimar el ingreso, considerando los consumos promedio, asociados a la tarifa correspondiente de dichos consumos.

4.7.1 Oferta

La oferta consiste en la capacidad productiva de agua que tiene el SIDEAPA, considerando la restricción definida por el volumen máximo concesionado por la Comisión Nacional del Agua, misma que se ampara mediante título de concesión de derechos.

Para el año 2015, según información del Plan de Desarrollo Integral proporcionado por el SIDEAPA, el volumen de agua producido fue de 32,182,488 m³/año. Lo que implica que considerando el volumen de extracción actual y el crecimiento estimado de la demanda (a partir de la estimación del crecimiento poblacional), para el año 2030, se tendrá un requerimiento de casi 38 millones de metros cúbicos al año. Ver Tabla 4-45. Volumen producido 2015-2030 SIDEAPA.

Tabla 4-45. Volumen producido 2015-2030 SIDEAPA

Gómez Palacio	Volumen producido (m ³ /año)
2015	32,182,488
2016*	32,504,238
2017	32,836,526
2018	33,198,953
2019	33,566,379
2020	33,938,984
2021	34,316,678
2022	34,699,735
2023	35,088,153
2024	35,482,115
2025	35,881,621
2026	36,286,852
2027	36,697,899
2028	37,114,763
2029	37,537,806
2030	37,966,938

*Se considera proyección de CONAPO únicamente para el 2016.

Fuente: IMTA conforme a correos electrónicos de fechas 17 y 19 de Enero de 2018 (2017-2030).

Por otro lado, conforme a los registros del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), el SIDEAPA cuenta con 22 títulos de concesión que le permiten la extracción de únicamente 21,641,853 metros cúbicos al año.

Tabla 4-46. Títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua a favor del SIDEAPA.

Titular	Título	Uso	Fecha registro	Tipo de concesión	Volumen que ampara el título
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio	07DGO150081/36HMDA1 2	Público Urbano	06/02/2013	Volumen de descarga (m3/día)	7,768
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO100303/36HMDA1 3	Público Urbano	15/12/1994	Volumen de descarga (m3/día)	41,915
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118478/36HMDA1 4	Público Urbano	28/07/2008	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	35,600
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118690/36HMDA1 2	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	456,250
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118691/36HMDA0 9	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118693/36HMDA0 9	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	300,000
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118694/36HMDA0 9	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118695/36HMDA1 3	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,185
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118696/36HMDA1 3	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118697/36HMDA1 5	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181

Titular	Título	Uso	Fecha registro	Tipo de concesión	Volumen que ampara el título
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118698/36HMDA09	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO112385/36HMGR05	Público Urbano	17/06/2005	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	325,255
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO112654/36HMGR98	Público Urbano	14/06/1999	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	346,841
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO112655/36HMDA08	Público Urbano	14/06/1999	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	400,000
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO112656/36HMGR98	Público Urbano	14/06/1999	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	567,575
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO112657/36HMGR98	Público Urbano	14/06/1999	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	378,688
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO112658/36HMGR98	Público Urbano	14/06/1999	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	157,680
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118684/36HMDA11	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	645,350
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118685/36HMDA11	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	473,040
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118686/36HMDA11	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118687/36HMDA11	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181

Titular	Título	Uso	Fecha registro	Tipo de concesión	Volumen que ampara el título
municipio de Gómez Palacio, Dgo.				to subterráneo (m3/año)	
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118688/36HMDA09	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118689/36HMDA09	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,645,181
Sistema descentralizado de agua potable y alcantarillado del municipio de Gómez Palacio, Dgo.	07DGO118692/36HMDA09	Público Urbano	11/05/2009	Volumen aprovechamiento subterráneo (m3/año)	1,103,760
Total del volumen de extracción concesionado (m3/año)					21,641,853
Total del volumen de descarga autorizado (m3/día)					49,683
Total del volumen de descarga autorizado (m3/año)					18,134,339

Fuente: Registro Público de Derechos de Agua. CONAGUA. <http://app.conagua.gob.mx/Repda.aspx>

La totalidad del agua producida por el SIDEAPA proviene de aprovechamientos subterráneos.

Respecto al volumen de descarga el SIDEAPA cuenta con dos títulos registrados en el REPDA que amparan 49,683 metros cúbicos al día, es decir 18, 134, 339 metros cúbicos al año.

Tabla 4-47. Situación de los permisos de descarga del SIDEAPA

Total del volumen de extracción concesionado (m3/año)	21,641,853
Total del volumen de descarga autorizado	18,134,339
Déficit en el volumen de descarga autorizado según registros del REPDA (m3/año)	-3,507,514

Fuente: IMTA con información del Registro Público de Derechos de Agua. CONAGUA.

4.7.2 Interacción Oferta – Demanda en situación actual

En 2015 para atender la demanda (considerando el volumen de agua facturado), es decir la cantidad de líquido que le fue facturada a las casas, comercios, industrias y demás establecimientos fue necesaria una producción de 32,182,488 (m³/año), sin embargo únicamente se pudieron contabilizar (facturar) 14,826,288 (m³/año), es decir que la diferencia 17,356,200 (m³/año) se perdió a lo largo de las líneas de conducción ya sea por fugas o clandestinaje, lo que representa el 53.93% del total del agua producida.

Considerando el nivel de eficiencia física (46.07%), y las estimaciones del crecimiento poblacional, se tiene la siguiente proyección de Oferta – Demanda. Ver Tabla 4-48. Interacción Oferta - Demanda situación actual.

Tabla 4-48. Interacción Oferta - Demanda situación actual (m³/año)

AÑO	Volumen concesionado REPDA (Oferta)	Volumen producido (Demanda)	Volumen facturado	Volumen de agua perdido a lo largo de la red de distribución	Oferta - Demanda (Déficit)
2015	21,641,853	32,182,488	14,830,508	17,351,980	- 10,540,635
2016*	21,641,853	32,504,238	14,978,778	17,525,460	- 10,862,385
2017	21,641,853	32,836,526	15,131,905	17,704,621	- 11,194,673
2018	21,641,853	33,198,953	15,298,921	17,900,033	- 11,557,100
2019	21,641,853	33,566,379	15,468,239	18,098,139	- 11,924,526
2020	21,641,853	33,938,984	15,639,945	18,299,038	- 12,297,131
2021	21,641,853	34,316,678	15,813,997	18,502,682	- 12,674,825
2022	21,641,853	34,699,735	15,990,519	18,709,216	- 13,057,882
2023	21,641,853	35,088,153	16,169,512	18,918,641	- 13,446,300
2024	21,641,853	35,482,115	16,351,060	19,131,056	- 13,840,262
2025	21,641,853	35,881,621	16,535,162	19,346,459	- 14,239,768
2026	21,641,853	36,286,852	16,721,903	19,564,949	- 14,644,999
2027	21,641,853	36,697,899	16,911,324	19,786,575	- 15,056,046
2028	21,641,853	37,114,763	17,103,425	20,011,338	- 15,472,910
2029	21,641,853	37,537,806	17,298,374	20,239,432	- 15,895,953
2030	21,641,853	37,966,938	17,496,129	20,470,809	- 16,325,085

*Se considera proyección de CONAPO únicamente para el 2016.

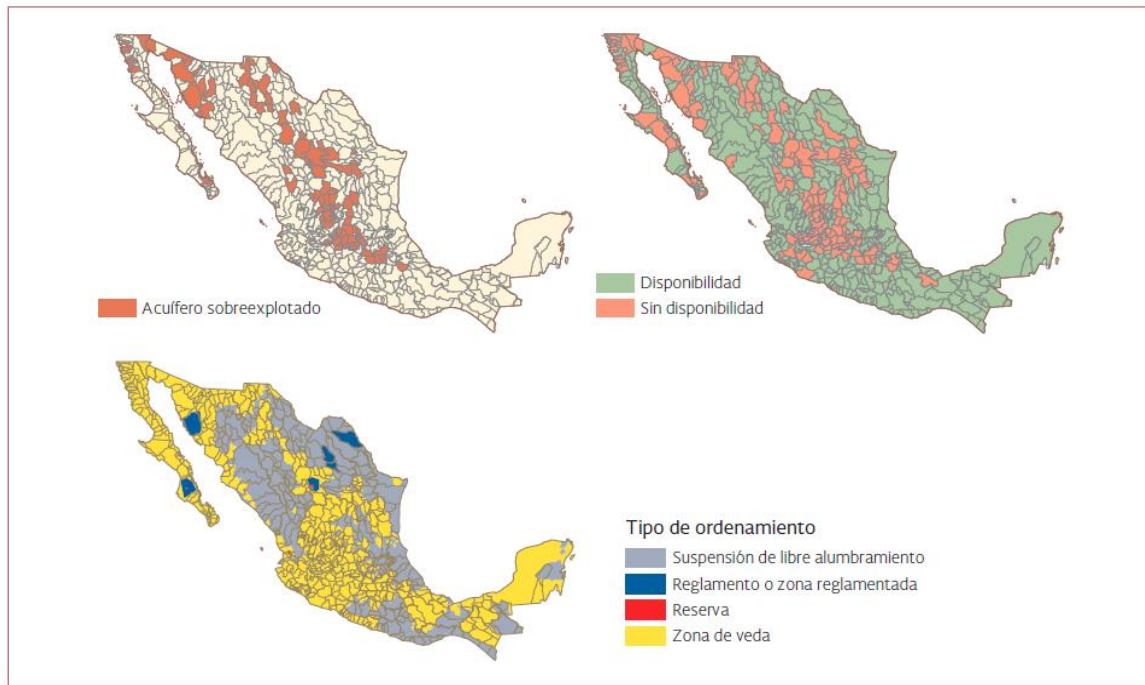
Fuente: IMTA (2017-2030).

En situación actual se tiene un déficit para el año 2015 de poco más de 10 millones de metros cúbicos al año, y considerando que dicha situación no varíe para el año 2030, el déficit será de cerca de 16 millones de metros cúbicos al año.

4.7.3 Interacción Oferta – Demanda con mejora de eficiencias

La situación hídrica en el país presenta diversas complejidades, un porcentaje importante de los acuíferos se encuentran sobre explotados y la calidad de un gran número de ellos contiene diversos contaminantes, por lo que es necesario tomar acciones en pro de la eficiencia del uso, manejo y conservación.

Al 31 de diciembre de 2015 se reportan 105 acuíferos sobreexplotados, de acuerdo con los resultados de los estudios recientes realizados por la CONAGUA, (se definen sobre explotados, los acuíferos que superan el volumen de extracción versus su capacidad de recarga). Ver Ilustración 4-2.



Fuente: CONAGUA (2016b).

Ilustración 4-2 Situación de los Acuíferos, 2015

Por otro lado si consideramos el cambio climático es imprescindible realizar acciones de mejora de eficiencia física, así como acciones en caminadas al uso responsable del recurso.

Actualmente la eficiencia física del sistema es de 46.07%, el resto se pierde en las líneas de conducción y/o por clandestinaje, por lo que considerando acciones de mejora de la eficiencia (programas de detección de fugas y programas que fortalezcan la micro medición, dicha eficiencia podría incrementarse hasta un 80%.) Ver apartado PAI para reducción de pérdidas físicas de agua.

Considerando dichas mejoras en la eficiencia, la interacción de oferta y demanda tendría el siguiente comportamiento.

Tabla 4-49. Interacción Oferta - Demanda con mejora de eficiencias (m³/año)

Año	Volumen concesionado REPDA (Oferta)	Volumen producido (Demanda)	Volumen facturado	Volumen de agua perdido a lo largo de la red de distribución	Oferta - Demanda (Déficit/ Superávit)	Eficiencia Física
2015	21,641,853	32,182,488	14,830,508	17,351,980	-10,540,635	46%
2016*	21,641,853	32,504,238	14,978,778	17,525,460	-10,862,385	46%
2017	21,641,853	32,836,526	15,131,905	17,704,621	-11,194,673	46%
2018* *	21,641,853	25,243,219	15,298,921	9,944,298	-3,601,366	61%
2019	21,641,853	23,202,359	15,468,239	7,734,120	-1,560,506	67%
2020	21,641,853	21,895,924	15,639,945	6,255,978	-254,071	71%
2021	21,641,853	21,066,854	15,813,997	5,252,857	574,999	75%

Año	Volumen concesionado REPDA (Oferta)	Volumen producido (Demanda)	Volumen facturado	Volumen de agua perdido a lo largo de la red de distribución	Oferta - Demanda (Déficit/ Superávit)	Eficiencia Física
2022	21,641,853	20,787,675	15,990,519	4,797,156	854,178	77%
2023	21,641,853	20,211,890	16,169,512	4,042,378	1,429,963	80%
2024	21,641,853	20,438,824	16,351,060	4,087,765	1,203,029	80%
2025	21,641,853	20,668,952	16,535,162	4,133,790	972,901	80%
2026	21,641,853	20,902,378	16,721,903	4,180,476	739,475	80%
2027	21,641,853	21,139,155	16,911,324	4,227,831	502,698	80%
2028	21,641,853	21,379,281	17,103,425	4,275,856	262,572	80%
2029	21,641,853	21,622,968	17,298,374	4,324,594	18,885	80%
2030	21,641,853	21,870,161	17,496,129	4,374,032	-228,308	80%

*Se considera proyección de CONAPO únicamente para el 2016.

**Se considera mejora de eficiencias a partir del 2018.

Con la reducción gradual de pérdidas físicas de agua, para el 2021 con una eficiencia física del 75%, se reduciría la demanda y se lograría abastecer a la ciudadanía con únicamente el volumen concesionado por la CONAGUA, sin embargo con el alto incremento poblacional estimado para el 2030, se requerirían acciones adicionales a fin de disminuir la demanda ya sea a través de incrementar en un porcentaje aún mayor la eficiencia física, lo que en niveles superiores al 80% representa inversiones cuantiosas o bien considerar la adquisición de nuevos títulos de concesión a través de la compra de derechos.

4.8 Descripción del sistema comercial

4.8.1 Datos básicos

Tabla 4-50. Datos para el cálculo de los indicadores básicos

ID	Indicador	Medida	Valor
1	Población total	Habitantes	327,985
2	Población con servicio de agua potable	Habitantes	327,710
3	Índice de hacinamiento	Habitantes	4
4	Total de tomas activas registradas	Tomas	89,842
4.1	Tomas domésticas	Tomas	84,899
4.1.1	Tomas domésticas con medidor	Tomas	29,894
4.2	Tomas comerciales	Tomas	3,403
4.2.1	Tomas comerciales con medidor	Tomas	2,613
4.3	Tomas industriales	Tomas	665
4.3.1	Tomas industriales con medidor	Tomas	607
4.4	Tomas servicio público	Tomas	438
4.4.1	Tomas servicio público con medidor	Tomas	239
4.5	Otras tomas	Tomas	437
4.5.1	Otras tomas con medidor	Tomas	139
4.6	Medidores instalados funcionando	Unidad	33,492

ID	Indicador	Medida	Valor
4.6.1	Medidores hasta con 5 años de antigüedad	Tomas	19,496
4.6.2	Medidores entre 6 y 10 años de antigüedad	Tomas	13,025
4.6.3	Medidores con antigüedad mayor a 10 años	Tomas	971
5	Tomas con servicio continuo	Tomas	89,842
6	Tomas conectadas al alcantarillado	Tomas	87,747
7	Volumen producido	m3/año	32,182,488
7.1	Producción anual de agua subterránea	m3/año	32,182,488
7.2	Producción anual de agua superficial	m3/año	-
8	Fuentes de abastecimiento activas	Unidad	29
8.1	Micromedidores instalados funcionando	Unidad	17
9	Volumen macro medido	m3/año	18,830,934
10	Volumen de agua facturado	m3/año	14,826,288
11	Volumen de agua residual tratado	m3/año	19,205,424
12	Consumo medio	m3/año	13.75
12.1	Consumo medio doméstico	m3/año	12.07
12.2	Consumo medio comercial	m3/año	26.52
12.3	Consumo medio industrial	m3/año	165.73
12.4	Consumo medio servicio público	m3/año	19.52
12.5	Consumo medio otros	m3/año	4.89
12	Gastos operacionales	\$	204,264,193
13	Gastos de energía eléctrica	\$	81,298,329
14	Sueldos y prestaciones	\$	67,873,951
15	Materiales	\$	4,709,355
16	Cloros y reactivos	\$	352,734
17	Derechos de explotación, uso o aprovechamiento de agua	\$	9,875,825
18	Otros gastos operacionales	\$	40,153,999
19	Otros no gastos operacionales (pagos de crédito u otros)	\$	14,298,503
20	Número de empleados	empleados	379
21	Capacidad instalada de tratamiento	Lps	630
22	Importe de agua, alcantarillado y saneamiento facturado	\$	256,584,093
23	Importe de agua, alcantarillado y saneamiento recaudado	\$	211,924,607
24	Facturación por agua potable	\$	170,980,719
25	Facturación por alcantarillado	\$	53,911,413
26	Facturación por saneamiento	\$	31,691,961
27	Ingresos por derechos de conexión	\$	1,755,216
28	Ingresos por factibilidades	\$	3,596,405
29	Otros ingresos	\$	29,492,342
30	Ingresos por aportaciones federales, estatales o municipales	\$	-
31	Ingresos no operacionales (interés u otros)	\$	20,987,039
32	Facturación total	\$	291,428,056
33	Cuentas por cobrar de más de 360 días	\$	240,506,214
34	Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs)	Unidad	3
35	Plantas potabilizadoras	Unidad	3
36	Muestras totales bacteriológicas analizadas	Unidad	48
37	Muestras bacteriológicas con cumplimiento de normatividad	Unidad	48
38	Porcentaje de reposición a aplicar	%	0.8%

ID	Indicador	Medida	Valor
39	Valor nuevo de reposición por toma (VNR)	\$/toma	34,000
40	Crecimiento anual de las tomas	%	0.90%
41	% de financiamiento por el organismo del crecimiento	%	55.00%
42	Pérdidas físicas no perceptibles en red	%	0.01%
43	Pérdidas físicas no perceptibles en tomas	%	0.00%
44	Pérdidas comerciales respecto al total de pérdidas	%	25.00%
45	Aporte a fondo perdido PRODI	%	50.00%

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

4.8.2 Padrón de usuarios

El SIDEAPA reporta para el año 2015, un total de 89,842 tomas registradas, de las cuales 84,899 corresponden a tomas domésticas, 3,403 a tomas comerciales, 665 a tomas industriales, 438 a tomas de servicio público y 437 catalogadas como otras tomas.

Tabla 4-51. Distribución de tomas por tipo de usuario

Clasificación	Unidad	Valor	Porcentaje
Tomas domésticas	Tomas	84,899	94.5%
Tomas comerciales	Tomas	3,403	3.8%
Tomas industriales	Tomas	665	0.7%
Tomas servicio público	Tomas	438	0.5%
Otras tomas	Tomas	437	0.5%
Total de tomas activas registradas	Tomas	89,842	100%

Fuente: IMTA con información del Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

De estas 84,899 tomas registradas por el SIDEAPA, únicamente el 37.3% cuenta con medidor, dichas tomas con medidor se distribuyen de la siguiente manera, ver Ilustración 4-3.

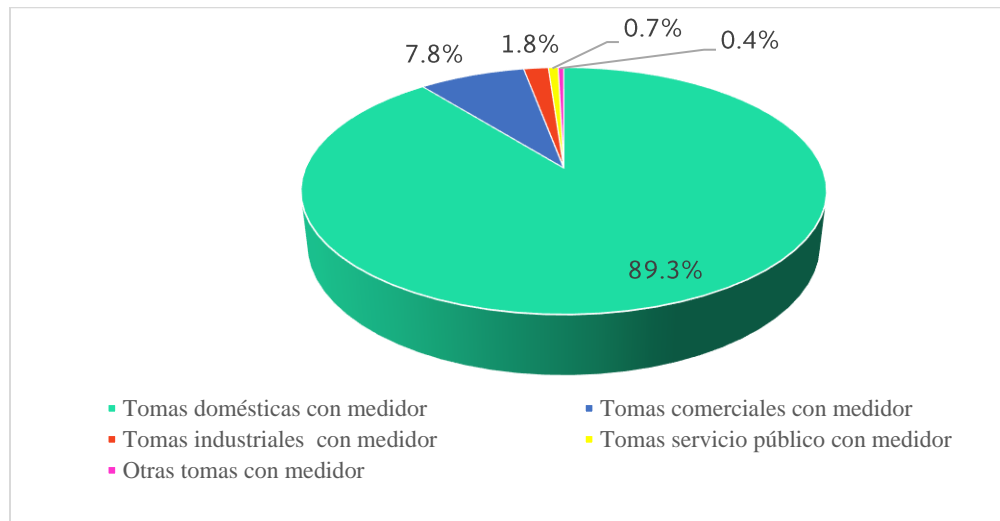


Ilustración 4-3 Distribución de medidores existentes

Fuente: IMTA con información del Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

4.8.2.1 Confiabilidad del padrón de usuarios

Considerando la información disponible, respecto a registros históricos en donde se muestra que para el año 2015 hubo una disminución de poco más de 2,000 usuarios registrados, se sugiere realizar una actualización censal del padrón de usuarios, con la finalidad de identificar tomas clandestinas, no registradas, o bien cambios de uso de suelo que impacten directamente en las finanzas del organismo, adicionalmente para ubicar a usuarios que sean altos consumidores de agua y que actualmente no cuenten con medidor funcionando, para posteriormente instalar o cambiar medidor que permita un uso responsable y limitado, así como mejoras en la recaudación.

4.8.3 Medición

Cerca del 90% de medidores corresponden a tomas domiciliarias, cuyo consumo promedio es de 12.07 metros cúbicos al mes. Ver Tabla 4-52. Total de medidores instalados.

Tabla 4-52. Total de medidores instalados

Tipo de toma	Consumo promedio mensual (m ³)	Tomas	Porcentaje
Tomas domésticas con medidor	12.07	29,894	89.3%
Tomas comerciales con medidor	26.52	2,613	7.8%
Tomas industriales con medidor	165.73	607	1.8%
Tomas servicio público con medidor	19.52	239	0.7%
Otras tomas con medidor	4.89	139	0.4%
Totales	Consumo medio 13.75	33,492	100%

Fuente: IMTA con información del Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

Conforme a los datos presentados, se conoce que de las 3,403 tomas comerciales que se tienen registradas 2,613 cuentan con medidor, es decir el 76.7% del total de las tomas comerciales cuentan con consumo medido, y respecto a las tomas industriales el 91.2%. Estos usuarios consumen un promedio de 26.52 m³ y 165.73 m³ respectivamente, por lo que en dichos rubros se cuenta con un área de oportunidad susceptible de mejora, que tendría impactos en el área comercial y técnica. Adicionalmente se debe considerar que de los 33,492 medidores existentes el 38.9% de estos han excedido su vida útil, lo que disminuye el grado de confiabilidad de medición. Ver Tabla 4-53.

Tabla 4-53. Distribución de medidores por antigüedad.

Total de medidores instalados	Tomas	33,492	100%
Medidores hasta con 5 años de antigüedad	Tomas	19,496	58.2%
Medidores entre 6 y 10 años de antigüedad	Tomas	13,025	38.9%
Medidores con antigüedad mayor a 10 años	Tomas	971	2.9%
Medidores / Total de tomas registradas			37.3%

Fuente: IMTA con información del Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

4.8.4 Tarifas

La Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango establece las tarifas de agua potable correspondientes al ejercicio fiscal 2017, que deberán pagar los ciudadanos. Dichas tarifas se establecen de la siguiente manera.

4.8.4.1 Doméstico subsidiado (bajo)

El cobro de la tarifa mínima de agua potable, será de 12 m³ mensuales y se aplicará en el caso de todo consumo doméstico de agua. Sólo en el caso de usuarios de ingresos económicos de subsistencias que gocen de este servicio por solidaridad social, y tomando como base el cobro por metro cúbico consumido. Se establecen los siguientes rangos y zonas, y el valor del mismo se incrementará de acuerdo a la siguiente tarifa:

Tabla 4-54. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m3) consumidos. Servicio subsidiado

Servicio Subsidiado		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)
		Domestica
0	12	\$ 68.31
13	20	\$ 5.70
21	30	\$ 5.94
31	40	\$ 6.17
41	50	\$ 6.17
51	60	\$ 6.41
61	70	\$ 6.64
71	80	\$ 7.12
81	90	\$ 7.35

Servicio Subsidiado		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)
		Domestica
91	100	\$ 7.83
101	9999	\$ 9.73

Fuente: Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

Para consumos de cero a 12 m³, se aplica una tarifa base, si se consume una cantidad de metros cúbicos adicionales, el costo se calcula dependiendo de en qué rango se ubique la cantidad consumida, el principio que se considera es que cada metro cúbico adicional es más caro que el anterior (cada vez que se pasa al siguiente bloque) lo que ayuda a desincentivar su consumo, o bien el uso responsable del agua, ver Tabla 4-55.

Tabla 4-55. Tarifas de agua, servicio doméstico subsidiado (bajo) (0 a 30 m³)

Doméstico Subsidiado					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
0	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
1	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
2	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
3	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
4	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
5	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
6	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
7	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
8	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
9	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
10	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
11	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
12	12	68.31	N/A	0	\$ 68.31
13	12	68.31	1	5.7	\$ 74.01
14	12	68.31	2	11.4	\$ 79.71
15	12	68.31	3	17.1	\$ 85.41
16	12	68.31	4	22.8	\$ 91.11
17	12	68.31	5	28.5	\$ 96.81
18	12	68.31	6	34.2	\$ 102.51
19	12	68.31	7	39.9	\$ 108.21
20	12	68.31	8	45.6	\$ 113.91
21	12	68.31	9	51.54	\$ 119.85
22	12	68.31	10	57.48	\$ 125.79
23	12	68.31	11	63.42	\$ 131.73
24	12	68.31	12	69.36	\$ 137.67
25	12	68.31	13	75.3	\$ 143.61
26	12	68.31	14	81.24	\$ 149.55
27	12	68.31	15	87.18	\$ 155.49
28	12	68.31	16	93.12	\$ 161.43
29	12	68.31	17	99.06	\$ 167.37
30	12	68.31	18	105	\$ 173.31

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

En la Ley de ingresos se establece que los trabajadores al servicio del Ayuntamiento, tendrán tarifa preferencial en el pago de los servicios por lo que pueden acceder al servicio subsidiado de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

La tarifa publicada incluye el servicio de drenaje.

4.8.4.2 Doméstico (medio)

El cobro de la tarifa mínima será de 12 m³ mensuales y se aplicará en el caso de todo consumo doméstico de agua aun cuando no se registre consumo alguno. La tarifa publicada incluye el costo de drenaje que asciende a 30% de la tarifa, por lo que: a los usuarios del servicio de agua potable con servicio medido que no cuenten con el servicio de drenaje en el área urbana se les deducirá el 30% del monto del cobro mensual del servicio de agua potable y a los usuarios del medio rural se aplicará el 30% de cobro por concepto de drenaje al momento de contar con este servicio.

Tabla 4-56. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m³) consumidos. Servicio Doméstico y Residencial

Servicio Doméstico		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)	
		Doméstica	Residencial
0	12	113.85	128.07
13	20	9.49	10.67
21	30	9.73	10.91
31	40	10.20	11.39
41	50	10.44	11.63
51	60	10.91	12.34
61	70	11.86	13.29
71	80	12.34	13.76
81	90	13.05	14.70
91	100	14.47	16.37
101	9999	17.79	20.16

Fuente: Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

Considerando el mismo principio que en el servicio subsidiado las tarifas para el servicio doméstico (medio), quedan como se detalla a continuación:

Tabla 4-57. Tarifas de agua, servicio doméstico (medio) (0 a 30 m³)

Doméstico (Medio)					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
0	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
1	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85

Doméstico (Medio)					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
2	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
3	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
4	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
5	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
6	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
7	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
8	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
9	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
10	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
11	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
12	12	113.85	N/A	0	\$ 113.85
13	12	113.85	1	9.49	\$ 123.34
14	12	113.85	2	18.98	\$ 132.83
15	12	113.85	3	28.47	\$ 142.32
16	12	113.85	4	37.96	\$ 151.81
17	12	113.85	5	47.45	\$ 161.30
18	12	113.85	6	56.94	\$ 170.79
19	12	113.85	7	66.43	\$ 180.28
20	12	113.85	8	75.92	\$ 189.77
21	12	113.85	9	85.65	\$ 199.50
22	12	113.85	10	95.38	\$ 209.23
23	12	113.85	11	105.11	\$ 218.96
24	12	113.85	12	114.84	\$ 228.69
25	12	113.85	13	124.57	\$ 238.42
26	12	113.85	14	134.3	\$ 248.15
27	12	113.85	15	144.03	\$ 257.88
28	12	113.85	16	153.76	\$ 267.61
29	12	113.85	17	163.49	\$ 277.34
30	12	113.85	18	173.22	\$ 287.07

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

4.8.4.3 Doméstico residencial (alto)

Por su parte las tarifas para el consumo doméstico residencial o alto, son las siguientes, considerando que el costo ya incluye el servicio del drenaje (30%):

Tabla 4-58. Tarifas de agua, servicio doméstico residencial (alto) (0 a 30 m³)

Residencial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
0	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
1	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
2	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07

Residencial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
3	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
4	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
5	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
6	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
7	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
8	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
9	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
10	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
11	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
12	12	128.07	N/A	0	\$ 128.07
13	12	128.07	1	10.67	\$ 138.74
14	12	128.07	2	21.34	\$ 149.41
15	12	128.07	3	32.01	\$ 160.08
16	12	128.07	4	42.68	\$ 170.75
17	12	128.07	5	53.35	\$ 181.42
18	12	128.07	6	64.02	\$ 192.09
19	12	128.07	7	74.69	\$ 202.76
20	12	128.07	8	85.36	\$ 213.43
21	12	128.07	9	96.27	\$ 224.34
22	12	128.07	10	107.18	\$ 235.25
23	12	128.07	11	118.09	\$ 246.16
24	12	128.07	12	129	\$ 257.07
25	12	128.07	13	139.91	\$ 267.98
26	12	128.07	14	150.82	\$ 278.89
27	12	128.07	15	161.73	\$ 289.80
28	12	128.07	16	172.64	\$ 300.71
29	12	128.07	17	183.55	\$ 311.62
30	12	128.07	18	194.46	\$ 322.53

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

4.8.4.4 Comercial

El cobro de la tarifa mínima será de 12 m³ mensuales y se aplicará en el caso de todo consumo comercial, industrial y público aun cuando no se registre consumo alguno, a partir de las siguientes tarifas, ver Tabla 4-59.

Tabla 4-59. Tarifas urbana mixta, pública, comercial e industrial en relación a los metros cúbicos (m³) consumidos

Consumos de tarifas Mixto, Publica, Comercial e Industrial		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)			
		MIXTA	PÚBLICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL
0	12	\$147.99	\$147.99	\$304.53	\$440.28
13	20	\$12.34	\$12.34	\$25.61	\$33.47
21	30	\$12.81	\$12.81	\$26.10	\$33.58
31	40	\$13.29	\$13.29	\$26.80	\$41.10

Consumos de tarifas Mixto, Pública, Comercial e Industrial		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)			
		MIXTA	PÚBLICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL
41	50	\$13.76	\$13.76	\$27.51	\$41.13
51	60	\$14.00	\$14.00	\$27.51	\$41.15
61	70	\$15.42	\$15.42	\$29.41	\$43.15
71	80	\$16.13	\$16.13	\$30.83	\$43.17
81	90	\$17.08	\$17.08	\$32.49	\$43.19
91	100	\$18.51	\$18.51	\$34.63	\$43.21
101	9999	\$23.25	\$23.25	\$43.40	\$60.58

Fuente: Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

Los usuarios que hagan uso del servicio de descarga por tener una fuente de abastecimiento de agua propia, deberán pagar el 30 por ciento del equivalente al metro cúbico extraído a razón de la tarifa industrial establecida por el Organismo Operador.

En el caso de los usuarios que no cuenten con el servicio de agua potable o fuente de abastecimiento propia y que utilicen el servicio de drenaje, deberán instalar un sistema de medición en el registro de salida con el objeto de que personal del Organismo Operador pueda medir mensualmente su descarga.

Tabla 4-60. Tarifas de agua, servicio comercial (0 a 60 m³)

Comercial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
0	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
1	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
2	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
3	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
4	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
5	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
6	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
7	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
8	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
9	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
10	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
11	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
12	12	\$304.53	N/A	0	\$ 304.53
13	12	\$304.53	1	\$25.61	\$ 330.14
14	12	\$304.53	2	\$51.22	\$ 355.75
15	12	\$304.53	3	\$76.83	\$ 381.36
16	12	\$304.53	4	\$102.44	\$ 406.97
17	12	\$304.53	5	\$128.05	\$ 432.58
18	12	\$304.53	6	\$153.66	\$ 458.19
19	12	\$304.53	7	\$179.27	\$ 483.80
20	12	\$304.53	8	\$204.88	\$ 509.41
21	12	\$304.53	9	\$230.98	\$ 535.51
22	12	\$304.53	10	\$257.08	\$ 561.61

Comercial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
23	12	\$304.53	11	\$283.18	\$ 587.71
24	12	\$304.53	12	\$309.28	\$ 613.81
25	12	\$304.53	13	\$335.38	\$ 639.91
26	12	\$304.53	14	\$361.48	\$ 666.01
27	12	\$304.53	15	\$387.58	\$ 692.11
28	12	\$304.53	16	\$413.68	\$ 718.21
29	12	\$304.53	17	\$439.78	\$ 744.31
30	12	\$304.53	18	\$465.88	\$ 770.41
31	12	\$304.53	19	\$492.68	\$ 797.21
32	12	\$304.53	20	\$519.48	\$ 824.01
33	12	\$304.53	21	\$546.28	\$ 850.81
34	12	\$304.53	22	\$573.08	\$ 877.61
35	12	\$304.53	23	\$599.88	\$ 904.41
36	12	\$304.53	24	\$626.68	\$ 931.21
37	12	\$304.53	25	\$653.48	\$ 958.01
38	12	\$304.53	26	\$680.28	\$ 984.81
39	12	\$304.53	27	\$707.08	\$ 1,011.61
40	12	\$304.53	28	\$733.88	\$ 1,038.41
41	12	\$304.53	29	\$761.39	\$ 1,065.92
42	12	\$304.53	30	\$788.90	\$ 1,093.43
43	12	\$304.53	31	\$816.41	\$ 1,120.94
44	12	\$304.53	32	\$843.92	\$ 1,148.45
45	12	\$304.53	33	\$871.43	\$ 1,175.96
46	12	\$304.53	34	\$898.94	\$ 1,203.47
47	12	\$304.53	35	\$926.45	\$ 1,230.98
48	12	\$304.53	36	\$953.96	\$ 1,258.49
49	12	\$304.53	37	\$981.47	\$ 1,286.00
50	12	\$304.53	38	\$1,008.98	\$ 1,313.51
51	12	\$304.53	39	\$1,036.49	\$ 1,341.02
52	12	\$304.53	40	\$1,064.00	\$ 1,368.53
53	12	\$304.53	41	\$1,091.51	\$ 1,396.04
54	12	\$304.53	42	\$1,119.02	\$ 1,423.55
55	12	\$304.53	43	\$1,146.53	\$ 1,451.06
56	12	\$304.53	44	\$1,174.04	\$ 1,478.57
57	12	\$304.53	45	\$1,201.55	\$ 1,506.08
58	12	\$304.53	46	\$1,229.06	\$ 1,533.59
59	12	\$304.53	47	\$1,256.57	\$ 1,561.10
60	12	\$304.53	48	\$1,284.08	\$ 1,588.61

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017

4.8.4.5 Industrial

Para las tarifas industriales, aplicaran los mismos principios descritos en el apartado de tarifas comerciales, y las tarifas que deberán cubrir son las siguientes:

Tabla 4-61. Tarifas de agua, servicio industrial (0 a 170 m³)

Industrial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
0	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
1	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
2	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
3	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
4	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
5	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
6	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
7	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
8	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
9	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
10	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
11	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
12	12	\$440.28	N/A	0	\$ 440.28
13	12	\$440.28	1	\$33.47	\$ 473.75
14	12	\$440.28	2	\$66.94	\$ 507.22
15	12	\$440.28	3	\$100.41	\$ 540.69
16	12	\$440.28	4	\$133.88	\$ 574.16
17	12	\$440.28	5	\$167.35	\$ 607.63
18	12	\$440.28	6	\$200.82	\$ 641.10
19	12	\$440.28	7	\$234.29	\$ 674.57
20	12	\$440.28	8	\$267.76	\$ 708.04
21	12	\$440.28	9	\$301.34	\$ 741.62
22	12	\$440.28	10	\$334.92	\$ 775.20
23	12	\$440.28	11	\$368.50	\$ 808.78
24	12	\$440.28	12	\$402.08	\$ 842.36
25	12	\$440.28	13	\$435.66	\$ 875.94
26	12	\$440.28	14	\$469.24	\$ 909.52
27	12	\$440.28	15	\$502.82	\$ 943.10
28	12	\$440.28	16	\$536.40	\$ 976.68
29	12	\$440.28	17	\$569.98	\$ 1,010.26
30	12	\$440.28	18	\$603.56	\$ 1,043.84
31	12	\$440.28	19	\$644.66	\$ 1,084.94
32	12	\$440.28	20	\$685.76	\$ 1,126.04
33	12	\$440.28	21	\$726.86	\$ 1,167.14
34	12	\$440.28	22	\$767.96	\$ 1,208.24
35	12	\$440.28	23	\$809.06	\$ 1,249.34
36	12	\$440.28	24	\$850.16	\$ 1,290.44
37	12	\$440.28	25	\$891.26	\$ 1,331.54

Industrial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
38	12	\$440.28	26	\$932.36	\$ 1,372.64
39	12	\$440.28	27	\$973.46	\$ 1,413.74
40	12	\$440.28	28	\$1,014.56	\$ 1,454.84
41	12	\$440.28	29	\$1,055.69	\$ 1,495.97
42	12	\$440.28	30	\$1,096.82	\$ 1,537.10
43	12	\$440.28	31	\$1,137.95	\$ 1,578.23
44	12	\$440.28	32	\$1,179.08	\$ 1,619.36
45	12	\$440.28	33	\$1,220.21	\$ 1,660.49
46	12	\$440.28	34	\$1,261.34	\$ 1,701.62
47	12	\$440.28	35	\$1,302.47	\$ 1,742.75
48	12	\$440.28	36	\$1,343.60	\$ 1,783.88
49	12	\$440.28	37	\$1,384.73	\$ 1,825.01
50	12	\$440.28	38	\$1,425.86	\$ 1,866.14
51	12	\$440.28	39	\$1,467.01	\$ 1,907.29
52	12	\$440.28	40	\$1,508.16	\$ 1,948.44
53	12	\$440.28	41	\$1,549.31	\$ 1,989.59
54	12	\$440.28	42	\$1,590.46	\$ 2,030.74
55	12	\$440.28	43	\$1,631.61	\$ 2,071.89
56	12	\$440.28	44	\$1,672.76	\$ 2,113.04
57	12	\$440.28	45	\$1,713.91	\$ 2,154.19
58	12	\$440.28	46	\$1,755.06	\$ 2,195.34
59	12	\$440.28	47	\$1,796.21	\$ 2,236.49
60	12	\$440.28	48	\$1,837.36	\$ 2,277.64
61	12	\$440.28	49	\$1,880.51	\$ 2,320.79
62	12	\$440.28	50	\$1,923.66	\$ 2,363.94
63	12	\$440.28	51	\$1,966.81	\$ 2,407.09
64	12	\$440.28	52	\$2,009.96	\$ 2,450.24
65	12	\$440.28	53	\$2,053.11	\$ 2,493.39
66	12	\$440.28	54	\$2,096.26	\$ 2,536.54
67	12	\$440.28	55	\$2,139.41	\$ 2,579.69
68	12	\$440.28	56	\$2,182.56	\$ 2,622.84
69	12	\$440.28	57	\$2,225.71	\$ 2,665.99
70	12	\$440.28	58	\$2,268.86	\$ 2,709.14
71	12	\$440.28	59	\$2,312.03	\$ 2,752.31
72	12	\$440.28	60	\$2,355.20	\$ 2,795.48
73	12	\$440.28	61	\$2,398.37	\$ 2,838.65
74	12	\$440.28	62	\$2,441.54	\$ 2,881.82
75	12	\$440.28	63	\$2,484.71	\$ 2,924.99
76	12	\$440.28	64	\$2,527.88	\$ 2,968.16
77	12	\$440.28	65	\$2,571.05	\$ 3,011.33
78	12	\$440.28	66	\$2,614.22	\$ 3,054.50
79	12	\$440.28	67	\$2,657.39	\$ 3,097.67
80	12	\$440.28	68	\$2,700.56	\$ 3,140.84
81	12	\$440.28	69	\$2,743.75	\$ 3,184.03
82	12	\$440.28	70	\$2,786.94	\$ 3,227.22

Industrial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
83	12	\$440.28	71	\$2,830.13	\$ 3,270.41
84	12	\$440.28	72	\$2,873.32	\$ 3,313.60
85	12	\$440.28	73	\$2,916.51	\$ 3,356.79
86	12	\$440.28	74	\$2,959.70	\$ 3,399.98
87	12	\$440.28	75	\$3,002.89	\$ 3,443.17
88	12	\$440.28	76	\$3,046.08	\$ 3,486.36
89	12	\$440.28	77	\$3,089.27	\$ 3,529.55
90	12	\$440.28	78	\$3,132.46	\$ 3,572.74
91	12	\$440.28	79	\$3,175.67	\$ 3,615.95
92	12	\$440.28	80	\$3,218.88	\$ 3,659.16
93	12	\$440.28	81	\$3,262.09	\$ 3,702.37
94	12	\$440.28	82	\$3,305.30	\$ 3,745.58
95	12	\$440.28	83	\$3,348.51	\$ 3,788.79
96	12	\$440.28	84	\$3,391.72	\$ 3,832.00
97	12	\$440.28	85	\$3,434.93	\$ 3,875.21
98	12	\$440.28	86	\$3,478.14	\$ 3,918.42
99	12	\$440.28	87	\$3,521.35	\$ 3,961.63
100	12	\$440.28	88	\$3,564.56	\$ 4,004.84
101	12	\$440.28	89	\$3,625.14	\$ 4,065.42
102	12	\$440.28	90	\$3,685.72	\$ 4,126.00
103	12	\$440.28	91	\$3,746.30	\$ 4,186.58
104	12	\$440.28	92	\$3,806.88	\$ 4,247.16
105	12	\$440.28	93	\$3,867.46	\$ 4,307.74
106	12	\$440.28	94	\$3,928.04	\$ 4,368.32
107	12	\$440.28	95	\$3,988.62	\$ 4,428.90
108	12	\$440.28	96	\$4,049.20	\$ 4,489.48
109	12	\$440.28	97	\$4,109.78	\$ 4,550.06
110	12	\$440.28	98	\$4,170.36	\$ 4,610.64
111	12	\$440.28	99	\$4,230.94	\$ 4,671.22
112	12	\$440.28	100	\$4,291.52	\$ 4,731.80
113	12	\$440.28	101	\$4,352.10	\$ 4,792.38
114	12	\$440.28	102	\$4,412.68	\$ 4,852.96
115	12	\$440.28	103	\$4,473.26	\$ 4,913.54
116	12	\$440.28	104	\$4,533.84	\$ 4,974.12
117	12	\$440.28	105	\$4,594.42	\$ 5,034.70
118	12	\$440.28	106	\$4,655.00	\$ 5,095.28
119	12	\$440.28	107	\$4,715.58	\$ 5,155.86
120	12	\$440.28	108	\$4,776.16	\$ 5,216.44
121	12	\$440.28	109	\$4,836.74	\$ 5,277.02
122	12	\$440.28	110	\$4,897.32	\$ 5,337.60
123	12	\$440.28	111	\$4,957.90	\$ 5,398.18
124	12	\$440.28	112	\$5,018.48	\$ 5,458.76
125	12	\$440.28	113	\$5,079.06	\$ 5,519.34
126	12	\$440.28	114	\$5,139.64	\$ 5,579.92
127	12	\$440.28	115	\$5,200.22	\$ 5,640.50

Industrial					
M ³ Consumido	M ³ base	Costo base	M ³ adicional	Costo M ³ adicional	Costo TOTAL
128	12	\$440.28	116	\$5,260.80	\$ 5,701.08
129	12	\$440.28	117	\$5,321.38	\$ 5,761.66
130	12	\$440.28	118	\$5,381.96	\$ 5,822.24
131	12	\$440.28	119	\$5,442.54	\$ 5,882.82
132	12	\$440.28	120	\$5,503.12	\$ 5,943.40
133	12	\$440.28	121	\$5,563.70	\$ 6,003.98
134	12	\$440.28	122	\$5,624.28	\$ 6,064.56
135	12	\$440.28	123	\$5,684.86	\$ 6,125.14
136	12	\$440.28	124	\$5,745.44	\$ 6,185.72
137	12	\$440.28	125	\$5,806.02	\$ 6,246.30
138	12	\$440.28	126	\$5,866.60	\$ 6,306.88
139	12	\$440.28	127	\$5,927.18	\$ 6,367.46
140	12	\$440.28	128	\$5,987.76	\$ 6,428.04
141	12	\$440.28	129	\$6,048.34	\$ 6,488.62
142	12	\$440.28	130	\$6,108.92	\$ 6,549.20
143	12	\$440.28	131	\$6,169.50	\$ 6,609.78
144	12	\$440.28	132	\$6,230.08	\$ 6,670.36
145	12	\$440.28	133	\$6,290.66	\$ 6,730.94
146	12	\$440.28	134	\$6,351.24	\$ 6,791.52
147	12	\$440.28	135	\$6,411.82	\$ 6,852.10
148	12	\$440.28	136	\$6,472.40	\$ 6,912.68
149	12	\$440.28	137	\$6,532.98	\$ 6,973.26
150	12	\$440.28	138	\$6,593.56	\$ 7,033.84
151	12	\$440.28	139	\$6,654.14	\$ 7,094.42
152	12	\$440.28	140	\$6,714.72	\$ 7,155.00
153	12	\$440.28	141	\$6,775.30	\$ 7,215.58
154	12	\$440.28	142	\$6,835.88	\$ 7,276.16
155	12	\$440.28	143	\$6,896.46	\$ 7,336.74
156	12	\$440.28	144	\$6,957.04	\$ 7,397.32
157	12	\$440.28	145	\$7,017.62	\$ 7,457.90
158	12	\$440.28	146	\$7,078.20	\$ 7,518.48
159	12	\$440.28	147	\$7,138.78	\$ 7,579.06
160	12	\$440.28	148	\$7,199.36	\$ 7,639.64
161	12	\$440.28	149	\$7,259.94	\$ 7,700.22
162	12	\$440.28	150	\$7,320.52	\$ 7,760.80
163	12	\$440.28	151	\$7,381.10	\$ 7,821.38
164	12	\$440.28	152	\$7,441.68	\$ 7,881.96
165	12	\$440.28	153	\$7,502.26	\$ 7,942.54
166	12	\$440.28	154	\$7,562.84	\$ 8,003.12
167	12	\$440.28	155	\$7,623.42	\$ 8,063.70
168	12	\$440.28	156	\$7,684.00	\$ 8,124.28
169	12	\$440.28	157	\$7,744.58	\$ 8,184.86
170	12	\$440.28	158	\$7,805.16	\$ 8,245.44

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017

4.8.4.6 *Mixta*

El cobro de la tarifa mínima será de 12 m³ mensuales, y se aplicará aun cuando no se registre consumo alguno.

Los usuarios que hagan uso del servicio de descarga por tener una fuente de abastecimiento de agua propia, deberán pagar el 30 por ciento del equivalente al metro cúbico extraído a razón de la tarifa establecida por el Organismo Operador.

En el caso de los usuarios que no cuenten con el servicio de agua potable o fuente de abastecimiento propia y que utilicen el servicio de drenaje, deberán instalar un sistema de medición en el registro de salida con el objeto de que personal del Organismo Operador pueda medir mensualmente su descarga.

Tabla 4-62. Tarifas de agua, servicio mixto (0 a 170 m3)

<i>Mixta</i>					
M ³ Consumido	M3 base	Costo base	M3 adicional	Costo M3 adicional	Costo TOTAL
0	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
1	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
2	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
3	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
4	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
5	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
6	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
7	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
8	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
9	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
10	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
11	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
12	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
13	12	\$147.99	1	\$12.34	\$ 160.33
14	12	\$147.99	2	\$24.68	\$ 172.67
15	12	\$147.99	3	\$37.02	\$ 185.01
16	12	\$147.99	4	\$49.36	\$ 197.35
17	12	\$147.99	5	\$61.70	\$ 209.69
18	12	\$147.99	6	\$74.04	\$ 222.03
19	12	\$147.99	7	\$86.38	\$ 234.37
20	12	\$147.99	8	\$98.72	\$ 246.71
21	12	\$147.99	9	\$111.53	\$ 259.52
22	12	\$147.99	10	\$124.34	\$ 272.33
23	12	\$147.99	11	\$137.15	\$ 285.14
24	12	\$147.99	12	\$149.96	\$ 297.95
25	12	\$147.99	13	\$162.77	\$ 310.76
26	12	\$147.99	14	\$175.58	\$ 323.57
27	12	\$147.99	15	\$188.39	\$ 336.38
28	12	\$147.99	16	\$201.20	\$ 349.19
29	12	\$147.99	17	\$214.01	\$ 362.00
30	12	\$147.99	18	\$226.82	\$ 374.81

Mixta					
M ³ Consumido	M3 base	Costo base	M3 adicional	Costo M3 adicional	Costo TOTAL
31	12	\$147.99	19	\$240.11	\$ 388.10
32	12	\$147.99	20	\$253.40	\$ 401.39
33	12	\$147.99	21	\$266.69	\$ 414.68
34	12	\$147.99	22	\$279.98	\$ 427.97
35	12	\$147.99	23	\$293.27	\$ 441.26
36	12	\$147.99	24	\$306.56	\$ 454.55
37	12	\$147.99	25	\$319.85	\$ 467.84
38	12	\$147.99	26	\$333.14	\$ 481.13
39	12	\$147.99	27	\$346.43	\$ 494.42
40	12	\$147.99	28	\$359.72	\$ 507.71
41	12	\$147.99	29	\$373.48	\$ 521.47
42	12	\$147.99	30	\$387.24	\$ 535.23
43	12	\$147.99	31	\$401.00	\$ 548.99
44	12	\$147.99	32	\$414.76	\$ 562.75
45	12	\$147.99	33	\$428.52	\$ 576.51
46	12	\$147.99	34	\$442.28	\$ 590.27
47	12	\$147.99	35	\$456.04	\$ 604.03
48	12	\$147.99	36	\$469.80	\$ 617.79
49	12	\$147.99	37	\$483.56	\$ 631.55
50	12	\$147.99	38	\$497.32	\$ 645.31
51	12	\$147.99	39	\$511.32	\$ 659.31
52	12	\$147.99	40	\$525.32	\$ 673.31
53	12	\$147.99	41	\$539.32	\$ 687.31
54	12	\$147.99	42	\$553.32	\$ 701.31
55	12	\$147.99	43	\$567.32	\$ 715.31
56	12	\$147.99	44	\$581.32	\$ 729.31
57	12	\$147.99	45	\$595.32	\$ 743.31
58	12	\$147.99	46	\$609.32	\$ 757.31
59	12	\$147.99	47	\$623.32	\$ 771.31
60	12	\$147.99	48	\$637.32	\$ 785.31

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

4.8.4.7 Pública

Para el caso de la tarifa pública, esta será considera una tarifa mínima será de 12 m³ mensuales, y se aplicará aun cuando no se registre consumo alguno.

Los usuarios que hagan uso del servicio de descarga por tener una fuente de abastecimiento de agua propia, deberán pagar el 30 por ciento del equivalente al metro cúbico extraído a razón de la tarifa establecida por el Organismo Operador.

En el caso de los usuarios que no cuenten con el servicio de agua potable o fuente de abastecimiento propia y que utilicen el servicio de drenaje, deberán instalar un sistema de medición en el registro de salida con el objeto de que personal del Organismo Operador pueda medir mensualmente su descarga.

Tabla 4-63. Tarifas de agua, servicio mixto (0 a 170 m3)

Pública					
M ³ Consumido	M3 base	Costo base	M3 adicional	Costo M3 adicional	Costo TOTAL
1	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
2	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
3	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
4	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
5	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
6	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
7	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
8	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
9	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
10	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
11	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
12	12	\$147.99	N/A	0	\$ 147.99
13	12	\$147.99	1	\$12.34	\$ 160.33
14	12	\$147.99	2	\$24.68	\$ 172.67
15	12	\$147.99	3	\$37.02	\$ 185.01
16	12	\$147.99	4	\$49.36	\$ 197.35
17	12	\$147.99	5	\$61.70	\$ 209.69
18	12	\$147.99	6	\$74.04	\$ 222.03
19	12	\$147.99	7	\$86.38	\$ 234.37
20	12	\$147.99	8	\$98.72	\$ 246.71
21	12	\$147.99	9	\$111.53	\$ 259.52
22	12	\$147.99	10	\$124.34	\$ 272.33
23	12	\$147.99	11	\$137.15	\$ 285.14
24	12	\$147.99	12	\$149.96	\$ 297.95
25	12	\$147.99	13	\$162.77	\$ 310.76
26	12	\$147.99	14	\$175.58	\$ 323.57
27	12	\$147.99	15	\$188.39	\$ 336.38
28	12	\$147.99	16	\$201.20	\$ 349.19
29	12	\$147.99	17	\$214.01	\$ 362.00
30	12	\$147.99	18	\$226.82	\$ 374.81
31	12	\$147.99	19	\$240.11	\$ 388.10
32	12	\$147.99	20	\$253.40	\$ 401.39
33	12	\$147.99	21	\$266.69	\$ 414.68
34	12	\$147.99	22	\$279.98	\$ 427.97
35	12	\$147.99	23	\$293.27	\$ 441.26
36	12	\$147.99	24	\$306.56	\$ 454.55
37	12	\$147.99	25	\$319.85	\$ 467.84
38	12	\$147.99	26	\$333.14	\$ 481.13
39	12	\$147.99	27	\$346.43	\$ 494.42
40	12	\$147.99	28	\$359.72	\$ 507.71
41	12	\$147.99	29	\$373.48	\$ 521.47
42	12	\$147.99	30	\$387.24	\$ 535.23
43	12	\$147.99	31	\$401.00	\$ 548.99

Pública					
M ³ Consumido	M3 base	Costo base	M3 adicional	Costo M3 adicional	Costo TOTAL
44	12	\$147.99	32	\$414.76	\$ 562.75
45	12	\$147.99	33	\$428.52	\$ 576.51
46	12	\$147.99	34	\$442.28	\$ 590.27
47	12	\$147.99	35	\$456.04	\$ 604.03
48	12	\$147.99	36	\$469.80	\$ 617.79
49	12	\$147.99	37	\$483.56	\$ 631.55
50	12	\$147.99	38	\$497.32	\$ 645.31
51	12	\$147.99	39	\$511.32	\$ 659.31
52	12	\$147.99	40	\$525.32	\$ 673.31
53	12	\$147.99	41	\$539.32	\$ 687.31
54	12	\$147.99	42	\$553.32	\$ 701.31
55	12	\$147.99	43	\$567.32	\$ 715.31
56	12	\$147.99	44	\$581.32	\$ 729.31
57	12	\$147.99	45	\$595.32	\$ 743.31
58	12	\$147.99	46	\$609.32	\$ 757.31
59	12	\$147.99	47	\$623.32	\$ 771.31
60	12	\$147.99	48	\$637.32	\$ 785.31

Fuente: IMTA conforme a lo publicado en Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

4.8.5 Indicadores comerciales

Respecto a la parte comercial del Organismo Operador de Agua Potable (SIDEAPA), se conoce lo siguiente:

- Se requiere realizar un ajuste de consumos de cuota fija, lo que permitirá incrementar el nivel de recaudación, considerando que las tomas de cuota fija tienden a consumir un mayor volumen de agua, respecto al consumo que realizan los usuarios con servicio medido.
- Se requiere realizar la sustitución de medidores, para disminuir los errores de micro medición debido a pérdida de exactitud considerando que existen medidores que han excedido su vida útil, o bien se presentan dañados o se encuentran averiados incrementando el porcentaje de error en la lectura.
- Existen recomendaciones de la impartición de cursos de formación de recursos humanos en eficiencia comercial y en atención a usuarios con la finalidad de fortalecer a los trabajadores del SIDEAPA.
- El área comercial requiere ser fortalecida mediante la firma de convenios con bancos y otras instituciones para ampliar las opciones de pago de los servicios de agua potable, y saneamiento, lo que ayudaría a incrementar el nivel de recaudación.
- Se requiere adicionalmente un nuevo sistema comercial que permita vincular de manera eficiente todos los procesos, agilizando las tareas y facilitando la toma de decisiones.
- El área de cobranza requiere ser fortalecida mediante la mejora de esquemas que permitan al usuario facilidades para cubrir sus adeudos.

- Es imprescindible realizar una actualización del padrón de usuarios, mediante el levantamiento de un censo, en el cual se incluyan estrategias para identificar posibles usuarios clandestinos, con diferente uso al contratado, derivaciones, entre otras; y que dicha actualización pueda ser sistemática, de forma que facilite la localización, regulación e incorporación de los resultados encontrados.
- Como parte de los requerimientos de la actualización del sistema comercial, es importante considerar la actualización del sistema de cómputo que cuente con la capacidad y velocidad de procesamiento de la información, así como el alojamiento de la información recopilada en la actualización del padrón de usuarios.
- Como parte de las mejoras propuestas en el Plan de Desarrollo Integral (PDI) se menciona la realización de un estudio tarifario, que permita la actualización de las tarifas, así como la modificación de la estructura tarifaria que de sustentabilidad real al SIDEAPA.
- Una fortaleza del marco jurídico del SIDEAPA, es que la legislación vigente permite la actualización continua de las tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Conforme a lo presentado en el manual de operación del SIDEAPA, se cuenta con lineamientos establecidos de los alcances de cada área, en los cuales se garantiza la correcta operación del organismo, y las interrelaciones de las áreas involucradas en los procesos.

Del Plan de Desarrollo Integral (PDI), se conocen los siguientes indicadores:

Tabla 4-64. Módulo de eficiencia física

Indicador	Resultado
Eficiencia física	46.07%
Continuidad en el servicio	100.00%
% De tomas con servicio continuo	100.00%
Dotación a nivel de producción por habitante (l/hab/día)	269
Consumo por habitante (l/hab/día)	124
% Agua no contabilizada	53.93%
Tiempo promedio de servicio (horas diarias)	24
Cobertura de volumen macro medido	58.51%
Relación de agua residual trata respecto a agua potable facturada	129.54%
Perdidas físicas no perceptibles en la red y tomas	0.01%
Perdidas físicas en tanques	0.16%

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA.

La eficiencia física se ubica en 46.07%, el resto (53.93%) se pierde a lo largo de las líneas de distribución, o bien debido a tomas clandestinas, mala medición, etc. El SIDEAPA reporta contar con servicio de agua continuo las 24 horas al día.

Respecto al tratamiento de agua es importante señalar que se recibe una mayor cantidad de agua, que aquel volumen que en teoría utilizan los usuarios (agua facturada), por lo que de ahí se puede obtener

un claro indicador en el nivel de clandestinaje, o bien errores de la medición del agua entregada en viviendas, lo anterior considerando que no se tienen registros proporcionados por el SIDEAPA de usuarios que cuenten con pozos propios y únicamente utilicen la red para descarga.

Tabla 4-65. Módulo financiero

Indicador	Resultado
Margen operativo (\$)	42,504,377
Margen operativo sobre ingresos (cobranzas) (%)	20.06%
Costo unitario de operación por metro cúbico producido (\$/m3)	6.35
Costo unitario de operación por metro cúbico facturado (\$/m3)	13.78
Costo total promedio mensual por toma (\$/toma/mes)	189.47
Liquidez	0.92
Prueba del ácido	0.87
Capital de trabajo	- 5,220,183
Índice de endeudamiento	8.19%
Apalancamiento	1.09
Rentabilidad	4.25%
Productividad	3.90%
Infraestructura por usuario	11,487
Relación de operación	1.21

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA

Respecto al módulo financiero, se reporta un margen operativo sobre ingresos de cobranza del 20.06%, lo que indica que el organismo opera con números negros, aun cuando tiene un alto porcentaje de pérdidas físicas de agua, lo que implica tener que extraer poco más del doble de agua requerida (producida) para abastecer las necesidades reales de la población, lo que a su vez conlleva a realizar gastos innecesario de operación como es el pago de combustibles o energía eléctrica para el uso de bombas. Un incremento en la eficiencia física del sistema impactará incluso en las finanzas del mismo.

La prueba del ácido es una razón financiera de solvencia, indica la capacidad del Organismo Operador a hacer frente a sus compromisos u obligaciones de pago sin considerar los inventarios, es decir, únicamente considera los activos que podrían llegar a venderse de manera inmediata. Para el SIDEAPA la razón financiera de la prueba del ácido es de 0.87, lo que implica que por cada peso que se debe, se cuenta con 87 centavos para cubrirla, indicador que pese a ser menor a uno (estado ideal), se encuentra en un nivel aceptable.

Razón de apalancamiento, fue calculada como activo entre patrimonio, lo que indica en qué porción de los activos del organismo son financiados con el patrimonio.

Tabla 4-66. Módulo financiero corregido

Indicador	Resultado
Reposición anual	24,437,024
Inversión por crecimiento	15,115,978
Descuentos por cuentas por cobrar del activo circulante	240,506,214
Margen operativo (\$)	2,951,375
Margen operativo sobre ingresos (cobranza) (%)	1.39%
Gasto unitario de operación por metro cúbico producido (\$/m3)	7.58
Gasto unitario de operación por metro cúbico facturado (\$/m3)	16.44
Gasto total promedio mensual por toma (\$/toma/mes)	226.15
Liquidez	- 2.90
Prueba del acido	- 2.94
Capital de trabajo	- 245,726,397
Índice de endeudamiento	10.51%
Apalancamiento	0.85
Rentabilidad	-3.01%
Productividad	-3.55%
Infraestructura por usuario (a 20 años)	20,292
Relación de operación	0.88
Requerimiento de financiamiento	23,382,969
% De financiamiento requerido sobre ingresos.	9.48%

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA

En el módulo financiero corregido se presentan indicadores como gastos unitarios de operación por metro cúbico producido y facturado, valores que reafirman el impacto negativo de los altos niveles de pérdidas físicas de agua.

4.8.6 Coberturas

La información con la que se cuenta, indica que las coberturas en el municipio de Gómez Palacio, Durango, están por arriba del 97%, para los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento, ver Tabla 4-67.

Tabla 4-67. Cobertura de agua potable, alcantarillado y tratamiento

Cobertura	Resultado
Agua potable	99.92%
Alcantarillado	97.59%
Tratamiento	97.59%

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA

4.8.7 Usuarios morosos

Respecto a usuarios oportunos y morosos, estos últimos se han incrementado durante los últimos años, ver Tabla 4-68. En 2014 representaban el 45%, considerando atrasos desde 2 meses hasta más de 30 meses, sin embargo para el cierre del 2016 y hasta abril de 2017, representaron el 57%.

Tabla 4-68. Evolución de la morosidad, 2014-2017*

No. de meses	DICIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2015		DICIEMBRE 2016		ABRIL 2017*	
	No. de meses	%	No. de meses	%	No. de meses	%	No. de meses	%
Al corriente	48,349	55	48,602	54	38,884	43	38,777	43%
De 2 meses	3,012	3	2,997	3	-	-	-	-
De 3 a 10	11,587	13	12,160	14	10,913	12	11,447	13%
De 11 a 20	5,023	6	7,355	8	8,105	9	7,463	8%
De 21 a 30	3,406	4	3,655	4	5,642	6	5,487	6%
Más de 30	16,530	19	15,235	17	25,861	29	26,650	30%
Total	87,907	100	90,004	100	89,405	100	89,824	100%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

Para el 2014, los usuarios con deudas de más de 30 meses eran únicamente el 19%, y para principios de 2017, se habían incrementado hasta representar el 30%.

Es importante señalar la disminución de usuarios reportados por el SIDEAPA, ya que para el 2015 se consideraban un total de 90,004 usuarios y para el 2016, esta cifra disminuyó 599 usuarios, ubicándose en 89,405, situación que contrasta con las proyecciones de crecimiento poblacional.

4.8.8 Cobranza

Las finanzas del SIDEAPA, es un factor relevante a considerar puesto que no únicamente se incrementa el número de usuarios morosos, sino que además el monto al que asciende la cartera vencida se ha incrementado sustancialmente durante los últimos años, pasando de \$15,549,723 en 2014 a 17,687,290 en 2016, lo que implicó un incremento de 13.75%. Dicho panorama debe considerarse ante la posibilidad de reestructurar las tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, debido a que un incremento tendrá impactos significativos en los usuarios actuales, mismos que siguiendo la tendencia actual, es posible que caigan en mora o en incumplimiento de pago.

Para garantizar que las modificaciones en las tarifas no tendrán impactos negativos en la recaudación y cobranza, es necesario fortalecer esta última área, para que se generen acciones efectivas que fortalezcan la cultura de corte y pago, toda vez que jurídicamente existen los mecanismos para mejorar las finanzas del SIDEAPA, está demostrado que cuando los usuarios no ven sanciones reales

o restricciones del servicio por el no pago, es mucho más factible que dejen de pagar por el servicio, aun cuando no haya incrementos en las tarifas.

Tabla 4-69 Importe de cartera vencida, 2014-2016

Cuentas por cobrar	Importe	Tasa de crecimiento
2014	15,549,723	-
2015	14,631,611	-6%
2016	17,687,290	21%
	Tasa de crecimiento de 2014 a 2016	13.70%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED.

4.8.9 Costo del personal

Una parte de los costos más importantes de cualquier organización, son los relativos a sueldos y salarios, porque a través de su personal es como se logra dar un servicio eficiente y de calidad, sin embargo está demostrado que grandes estructuras, en donde existe personal adicional al necesario únicamente dificulta la fluidez en la operación, convirtiéndola en un lugar burocrático y poco eficiente, para ello más adelante se deberá analizar la cantidad de empleados en relación al número de tomas que administra el organismo.

En la Tabla 4-70, se muestra el registro de 2014 a 2016, de recursos pagados por concepto de sueldos y salarios, en el cual se aprecia que varía en un rango de 63 a 71 millones de pesos anuales, lo que representa aproximadamente un tercio de los gastos totales.

Tabla 4-70. Registro histórico de sueldos y salarios, 2014-2016

Concepto	2014	2015	2016
Sueldos y salarios	\$ 63,157,470	\$ 70,435,942	\$ 67,873,952
Promedio mensual	5,263,123	5,869,662	5,656,163
% respecto del total de gastos	29.6%	32.8%	30.9%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

El promedio mensual de sueldos y salarios, se ubica en poco más de 5 millones en 2014, mientras que para el 2015, se incrementó considerablemente hasta cerca de los 5.9 millones mensuales, ver Tabla 4-70. Por otro lado durante el 2016, los sueldos tuvieron mucha variación ya que crecieron abruptamente durante el mes de agosto para luego disminuir en el mes de septiembre de ese mismo año, ver Ilustración 4-4.

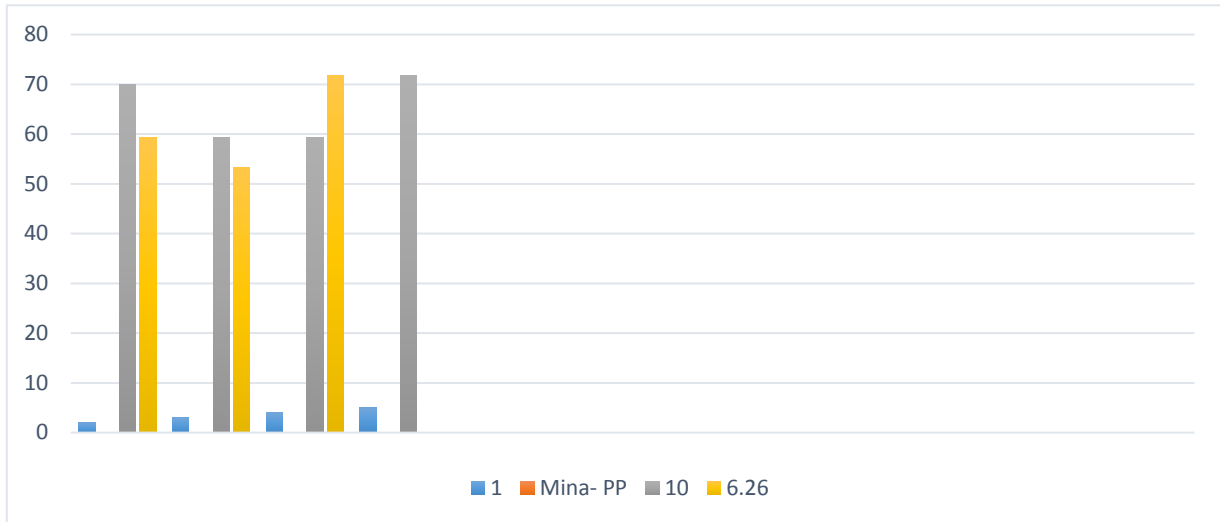


Ilustración 4-4 Comparativo de Gastos Personales por mes, 2014-2017
 Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

4.8.10 Personal por cada mil tomas

El costo erogado en sueldos y salarios es un indicador relevante para conocer las finanzas del organismo operador, sin embargo, para que el análisis sea realmente de utilidad es necesario insertarlo en el contexto de la cantidad de personal que se tiene para atender al universo de usuarios, ver Ilustración 4-5, indicador índice de personal por cada 1,000 tomas.

Eficiencia física	46.07%
Índice de personal/1000 tomas	4.22
% Gastos de personal	33.23%
% Gastos EE	39.80%

Ilustración 4-5 Indicadores del SIDEAPA, 2015
 Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA

El indicador se calcula en 4.22 empleados por cada 1,000 tomas para el año 2015, valor que se encuentra en el rango permisible según las mejores prácticas en México, sin embargo un análisis detallado y considerando las tomas registradas en el PDI 2015, así como la plantilla de personal publicada en la página de transparencia del SIDEAPA, se calcula un total de 368 empleados, divididos en las categorías de base y confianza, ver Tabla 4-27. Composición del personal según tipo de contratación en el SIDEAPA, lo que implica que el indicador para el 2017, es de únicamente 4.09, de los cuales el 0.93 pertenece al área comercial, situación a considerar en la distribución del trabajo al interior del SIDEAPA, con el fin de eficientar la organización.

4.8.11 Proyección de ingresos

En apartados anteriores se ha evidenciado los altos índices de morosidad de los usuarios, lo que impacta directamente en las finanzas del SIDEAPA, en específico en los ingresos que son la fuente para mantener la operación del organismo, sin embargo pese a las complicaciones que enfrenta el organismo en el tema de recaudación, ha logrado mantener ingresos superiores al total de gastos, lo que implica que actualmente trabaja con margen operacional positivo.

Tabla 4-71. Comparativo de ingresos totales, 2011-2016

MES	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ENERO	14,810,103.56	14,212,408.92	13,692,885.97	18,101,483.05	16,439,510.16	18,367,810.45
FEBRERO	12,795,370.06	14,370,002.28	16,605,728.85	13,004,416.09	16,127,948.17	16,435,533.09
MARZO	13,562,894.12	13,170,524.47	10,544,053.12	14,135,084.81	16,591,256.67	16,234,098.52
ABRIL	14,100,882.86	14,956,770.78	18,240,209.01	13,850,837.83	13,757,539.98	15,714,875.83
MAYO	13,782,011.05	16,013,727.27	16,215,878.82	14,912,679.01	18,698,096.22	16,776,176.59
JUNIO	13,341,300.06	14,722,438.10	15,469,385.59	18,903,792.20	17,350,710.51	17,202,125.49
JULIO	16,671,229.13	13,769,617.27	12,310,875.28	17,375,865.40	15,895,820.39	19,664,278.98
AGOSTO	12,789,153.74	15,108,297.59	11,871,337.40	13,847,682.33	16,941,007.80	18,627,844.20
SEPTIEMBRE	14,807,608.87	13,770,479.37	12,526,366.70	14,939,020.91	21,104,257.00	17,091,130.05
OCTUBRE	13,278,909.12	15,428,472.32	15,981,115.03	14,602,796.03	17,107,491.00	21,658,561.92
NOVIEMBRE	15,550,897.00	12,969,848.67	13,083,264.42	17,595,145.15	15,187,408.49	19,388,231.19
DICIEMBRE	18,729,402.00	29,357,957.17	13,790,371.94	18,136,986.91	17,403,558.80	33,592,977.19
TOTAL INGRESOS	174,219,761.57	187,850,544.21	170,331,472.13	189,405,789.72	202,604,605.19	230,753,643.50
PROMEDIO MENSUAL	14,518,313.46	15,654,212.02	14,194,289.34	15,783,815.81	16,883,717.10	19,229,470.29
TC =		7.8%	-9.3%	11.2%	7.0%	13.9%
TCPA =						6%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

Del 2011 al 2016, los ingresos se han incrementado en un promedio de 6% anual, pasando de 174 millones en 2011 a 230 millones en 2016, ver Tabla 4-71. Para el año 2030, se estima considerando el comportamiento de 2011 a 2016, así como la proyección de la población, que se alcanzará un ingreso total de al menos 587 millones, ver Tabla 4-72.

Tabla 4-72. Evolución de los ingresos, 2011-2030*

Año	Ingresos Anuales	Promedio mensual	Tasa de Crecimiento
Ingreso 2011	174,219,762	14,518,313	
Ingreso 2012	187,850,544	15,654,212	8%
Ingreso 2013	170,331,472	14,194,289	-9%
Ingreso 2014	189,405,790	15,783,816	11%
Ingreso 2015	202,604,605	16,883,717	7%
Ingreso 2016	230,753,644	19,229,470	14%
Proyección 2017	246,686,277	20,557,190	7%
Proyección 2018	263,718,996	21,976,583	7%
Proyección 2019	281,927,758	23,493,980	7%

Año	Ingresos Anuales	Promedio mensual	Tasa de Crecimiento
Proyección 2020	301,393,763	25,116,147	7%
Proyección 2021	322,203,820	26,850,318	7%
Proyección 2022	344,450,729	28,704,227	7%
Proyección 2023	368,233,700	30,686,142	7%
Proyección 2024	393,658,792	32,804,899	7%
Proyección 2025	420,839,387	35,069,949	7%
Proyección 2026	449,896,695	37,491,391	7%
Proyección 2027	480,960,296	40,080,025	7%
Proyección 2028	514,168,717	42,847,393	7%
Proyección 2029	549,670,049	45,805,837	7%
Proyección 2030	587,622,609	48,968,551	7%

*Proyección a partir de información 2011-2016, así como estimaciones poblaciones conforme a correos electrónicos de fechas 17 y 19 de enero de 20187. Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

4.8.12 Proyección de egresos

Respecto a los egresos que ha reportado el SIDEAPA, estos han tenido un incremento promedio anual de 5% de 2011 a 2016, lo que implicó que pasaron de 173 millones a 219 millones durante dicho periodo. Ver Tabla 4-73.

Tabla 4-73. Comparativo de egresos totales, 2011-2016

MES	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ENERO	12,328,254.8	12,839,212.1	14,349,582.9	16,530,290.5	18,004,214.9	15,607,473.6
FEBRERO	13,543,898.3	14,792,170.7	16,051,590.2	16,685,549.3	17,115,024.7	19,059,212.1
MARZO	15,021,467.7	14,735,808.6	13,819,080.0	17,034,074.1	17,038,743.8	16,369,113.0
BRIL	13,605,680.8	13,657,680.7	15,010,557.0	17,480,336.5	17,719,716.1	17,635,659.7
MAYO	13,753,292.4	14,509,736.8	16,237,313.9	16,648,922.7	15,400,650.5	15,394,134.6
UNIO	13,846,278.9	15,562,531.9	15,541,197.0	17,143,823.6	17,662,867.8	22,990,999.4
JULIO	13,880,905.8	13,889,801.6	18,381,321.8	16,122,415.8	18,566,764.6	17,508,254.0
AGOSTO	15,085,713.9	15,386,076.6	21,091,059.7	15,966,894.8	17,425,819.9	22,436,145.5
SEPTIEMBRE	15,169,649.6	13,028,321.6	15,231,148.5	16,710,280.8	19,170,368.6	12,816,771.8
OCTUBRE	12,979,363.9	16,886,701.2	18,404,608.2	21,123,534.7	17,270,858.8	16,685,501.2
NOVIEMBRE	14,462,649.0	14,478,706.7	18,823,770.5	17,402,003.8	16,330,307.4	20,113,790.6
DICIEMBRE	19,636,951.0	28,013,011.4	24,334,337.1	24,703,844.0	23,292,703.2	23,243,748.3
TOTAL EGRESOS	173,314,106.	187,779,760.	207,275,567.	213,551,971.	214,998,041.	219,860,804.
PROMEDIO	14,442,842.2	15,648,313.3	17,272,963.9	17,795,997.6	17,916,503.4	18,321,733.6
TC =		8%	10%	3%	1%	2%
TCPA =						5%

Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

Considerando la tasa de crecimiento promedio anual del periodo comprendido entre 2011 a 2016, así como el crecimiento poblacional estimado, la proyección de egresos totales es la siguiente (Tabla 4-74):

Tabla 4-74. Evolución de los egresos, 2011-2030*

Año	Egresos Anuales	Promedio mensual	Tasa de Crecimiento
2011	173,314,106	14,442,842	
2012	187,779,760	15,648,313	8%
2013	207,275,567	17,272,964	10%
2014	213,551,971	17,795,998	3%
2015	214,998,041	17,916,503	1%
2016	219,860,804	18,321,734	2%
Proyección 2017*	230,574,137	19,214,511	5%
Proyección 2018*	241,809,507	20,150,792	5%
Proyección 2019*	253,592,352	21,132,696	5%
Proyección 2020*	265,949,349	22,162,446	5%
Proyección 2021*	278,908,476	23,242,373	5%
Proyección 2022*	292,499,072	24,374,923	5%
Proyección 2023*	306,751,908	25,562,659	5%
Proyección 2024*	321,699,253	26,808,271	5%
Proyección 2025*	337,374,949	28,114,579	5%
Proyección 2026*	353,814,488	29,484,541	5%
Proyección 2027*	371,055,089	30,921,257	5%
Proyección 2028*	389,135,787	32,427,982	5%
Proyección 2029*	408,097,517	34,008,126	5%
Proyección 2030*	427,983,210	35,665,268	5%

*Proyección a partir de información 2011-2016. Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

Los egresos del 2011 al 2012 presentaron un incremento de 8%, y al siguiente año crecieron alcanzando una tasa del 10%, sin embargo para el 2014, se generó mayor control sobre el total de los gastos, logrando disminuir su crecimiento en tan solo 3%. Ver Tabla 4-74.

Considerando que aun cuando no se generen controles tan estrictos y continúe el crecimiento promedio anual de 5%, los egresos presentan un porcentaje menor de crecimiento, comparado con la tasa de crecimiento promedio anual que presentan los ingresos, que se ubican en 7%.

4.8.13 Balance entre ingresos y egresos

Para conocer la estabilidad financiera del Organismo, un indicador importante es el resultado patrimonial, mismo que se obtiene de restar el total de los egresos al total de los ingresos, un resultado negativo indica que los egresos son mayores a los ingresos y por lo tanto existe un déficit entre lo que se obtiene como recaudación, contra los gastos necesarios para la operación, por el contrario un resultado positivo indica que los ingresos son suficientes para cubrir los gastos que se generan.

Tabla 4-75. Proyección de resultado patrimonial a 2030*

Año	TOTAL INGRESOS	TOTAL EGRESOS	RESULTADO PATRIMONIAL
2011	174,219,762	173,314,106	905,655
2012	187,850,544	187,779,760	70,784
2013	170,331,472	207,275,567	-36,944,095
2014	189,405,790	213,551,971	-24,146,182
2015	202,604,605	214,998,041	-12,393,436
2016	230,753,644	219,860,804	10,892,839
2017*	246,686,277	230,574,137	16,112,140
2018*	263,718,996	241,809,507	21,909,489
2019*	281,927,758	253,592,352	28,335,406
2020*	301,393,763	265,949,349	35,444,414
2021*	322,203,820	278,908,476	43,295,344
2022*	344,450,729	292,499,072	51,951,657
2023*	368,233,700	306,751,908	61,481,792
2024*	393,658,792	321,699,253	71,959,539
2025*	420,839,387	337,374,949	83,464,437
2026*	449,896,695	353,814,488	96,082,207
2027*	480,960,296	371,055,089	109,905,207
2028*	514,168,717	389,135,787	125,032,930
2029*	549,670,049	408,097,517	141,572,532
2030*	587,622,609	427,983,210	159,639,398

*Proyección considerando estimaciones de ingresos y egresos. Fuente: IMTA con datos proporcionados por la CAED

Considerando los registros de 2011 a 2016, y las proyecciones obtenidas a partir de la tendencia de los datos, tanto para ingresos como para egresos, y se generó la proyección de resultado patrimonial a 2030, resultado en la Tabla 4-75. Se estima que con las condiciones actuales del SIDEAPA, para el año 2030, se seguirá trabajando con saldo positivo, aun considerando el alto índice de morosidad y el incremento promedio de las tasas actuales.

4.9 Estructura tarifaria

La identificación del costo del servicio y el precio que se cobra a los distintos usuarios (tarifas) se denomina **estructura tarifaria**.

4.9.1 Vigente

Conforme a la información existente en el PDI del año 2015 proporcionado por el SIDEAPA, el total de egresos (costos) erogados en el 2015, ascendieron a \$205, 162,279 (Doscientos cinco millones

ciento sesenta y dos mil doscientos setenta y nueve pesos 00/100 M.N.) y la producción de agua fue de 32, 182,488 m³, (Ver Tabla 4-76 y Tabla 4-50.) Lo que representa un costo promedio de \$6.37 pesos por metro cúbico de agua.

Tabla 4-76 Desglose de egresos, 2015 SIDEAPA

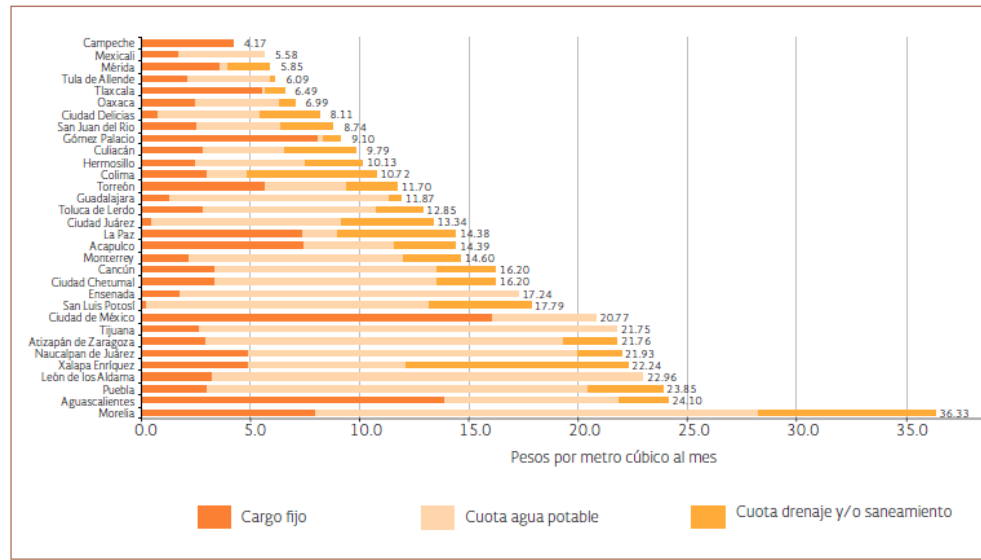
Servicio	2015
Operación	
Sueldos y prestaciones	\$ 67 873 951
Energía eléctrica	\$ 81 298 329
Materiales	\$ 4 709 355
Pago de derechos	\$ 9 875 825
Otros gastos operacionales	\$ 40 153 199
Cloro y reactivos	\$ 352 734
Otros gastos	\$ 898 086
Gastos adicionales PRODI	
Total de egresos	205,162,279

Fuente: Plan de Desarrollo Integral (PDI) proporcionado por el SIDEAPA

Por otra parte el servicio doméstico, que representa el 94.5% del total de usuarios (ver Tabla 4-51), tiene una tarifa base de \$113.85 pesos, por hasta 12 metros cúbico mensuales consumidos (ver Tabla 4-56), lo que implica que el precio promedio de cada metro cúbico, asciende a \$9.48 pesos (\$113.85 entre 12 m³), lo que supera en \$3.11 pesos, la tarifa de equilibrio, es decir la tarifa en la cual los costos son iguales a la cuota cobrada.

4.9.2 Comparativo nacional

La Comisión Nacional del Agua, en su publicación de 2016 “Estadísticas del Agua en México”, en el apartado relativo a Tarifas de agua potable y saneamiento presenta una gráfica comparativa de 32 ciudades distribuidas en todo el territorio nacional. En dicha gráfica se presenta la tarifa (precio por metro cúbico al mes) agregando los siguientes rubros: agua potable, alcantarillado y saneamiento. El municipio de Gómez Palacio ocupa el noveno lugar respecto a la tarifa más baja con un precio por metro cúbico al mes de \$9.10, mientras que el municipio de Torreón, que colinda con Gómez Palacio, se ubica en el décimo tercer lugar con un precio por metro cúbico al mes de \$11.70, esto es, \$2.60 pesos por debajo. Ver Ilustración 4-6.



Fuente: CONAGUA (2016a).

Ilustración 4-6 Tarifas domésticas de agua potable, alcantarillado y/o saneamiento en ciudades selectas, 2015.

El precio por metro cúbico al mes promedio de las 32 ciudades es de \$14.62, es decir que el Municipio de Gómez Palacio se ubica \$5.52 pesos por debajo de dicho promedio, siendo que se ubica en una zona con relativamente poca disponibilidad de agua subterránea, de donde proviene la producción agua que abastece al municipio.

4.9.3 Comparativo en la región:

4.9.3.1 Uso doméstico

A partir de una herramienta diseñada por el IMTA, denominada Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP) (la información de la plataforma, fue corregida para la elaboración del presente documento), se presenta un comparativo de tarifas de uso doméstico de los municipios de Durango, Gómez Palacio, Saltillo, San Luis Potosí y Torreón, (las tarifas incluyen el monto correspondiente a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento), ver Tabla 4-77:

Tabla 4-77. Comparativo de tarifas de uso doméstico 2017 (10 m³).

Uso Doméstico 2017 (10 m3)	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis Potosí	Torreón
Bajo	78.45	68.31	55.08	67.50	134.24
Medio	89.11	72.58	68.50	67.50	134.24
Alto	114.81	128.07	85.14	67.50	134.24
Incremento de Servicio doméstico bajo a medio	13.6%	6.3%	24.4%	0.0%	0.0%
Incremento de Servicio doméstico medio a alto	28.8%	76.5%	24.3%	0.0%	0.0%
Crecimiento promedio anual	21.0%	36.9%	24.3%	0.0%	0.0%

Fuente: IMTA con información corregida del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP)

Respecto a las tarifas de uso doméstico en consumos de 10 m³ que cobran algunas ciudades seleccionadas de la región, entre las que se incluyen: San Luis Potosí, Saltillo, Durango y Torreón (zona conurbada con el municipio de Gómez Palacio), se muestra evidente el contraste en los montos cobrados por el SIDEAPA, los incrementos entre las clasificaciones bajo, medio y alto, en el resto de las ciudades se realiza de manera escalonada y relativamente proporcional, a excepción de San Luis Potosí y Torreón, que mantienen la misma tarifa para cualquier clasificación, mientras que en Gómez Palacio, la tarifa de consumo doméstico medio, es únicamente \$4.27 pesos más alta que el servicio doméstico subsidiado (bajo), mientras que del servicio doméstico (medio) al servicio residencial (doméstico alto), recibe un incremento de \$59.76 pesos. Ver Tabla 4-77.

Gráficamente se puede notar en la Ilustración 4-7, que las tarifas de Gómez Palacio son por mucho menores, principalmente la tarifa de uso doméstico medio, respecto a las tarifas de la ciudad de Torreón, aun cuando son zona conurbada y las diferencias sociodemográficas son prácticamente las mismas.

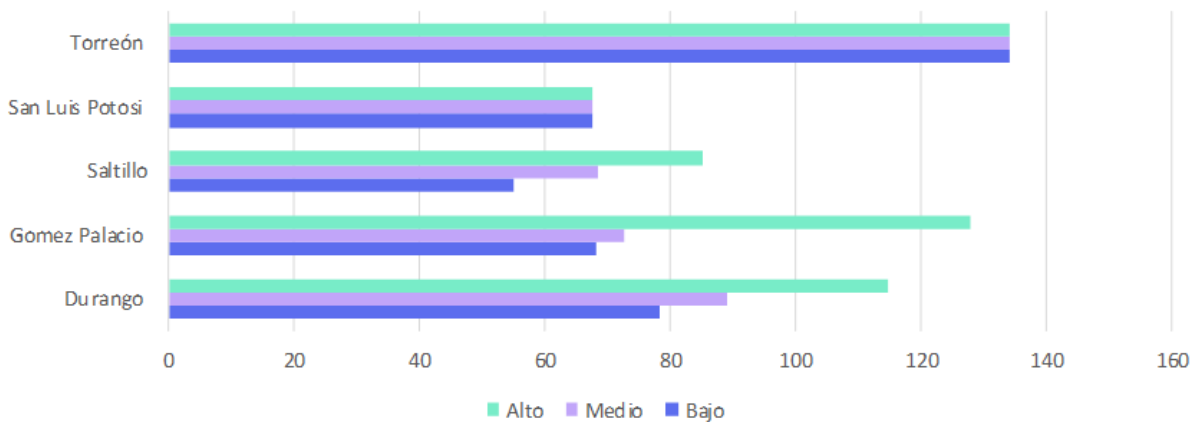


Ilustración 4-7 Tarifas de uso doméstico por 10 m³ (bajo, medio, alto) en ciudades seleccionadas, 2017.

Fuente: IMTA

Otro factor a considerar, es que el SIDEAPA Gómez Palacio, considera una tarifa base para el consumo de hasta 12 m³ mensuales, mientras que la coincidencia a nivel nacional es determinar la misma tarifa base considerando un consumo base de 0 a 10 m³, es decir 2m³ menos que como actualmente lo hace el SIDEAPA, situación que impacta directamente en la recaudación y finanzas del organismo operador.

Analizando la composición de la tarifa para el uso doméstico subsidiado (bajo), se puede notar que el municipio de Gómez Palacio, tiene la segunda tarifa más baja de las ciudades seleccionadas, considerando que en la tarifa de \$68.31 pesos, se incluye el 30% del servicio de alcantarillado, lo que representa que el servicio de agua potable es de únicamente \$47.81 pesos (es decir, el 70% de \$68.31), ver Ilustración 4-8 e Ilustración 4-9.

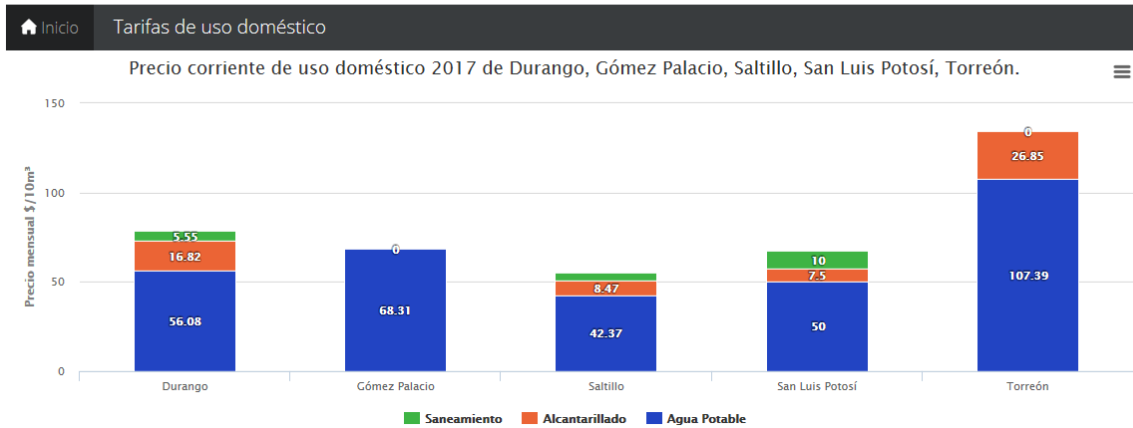


Ilustración 4-8 Comparativo de tarifas de uso doméstico bajo desglosado, 2017 (10 m³)
 Fuente: Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP)

La Ilustración 4-9 muestra las tarifas integradas (agua potable, alcantarillado y saneamiento) del consumo correspondiente a 10 m³ mismos que deben ser cubiertos de manera mensual por los usuarios.

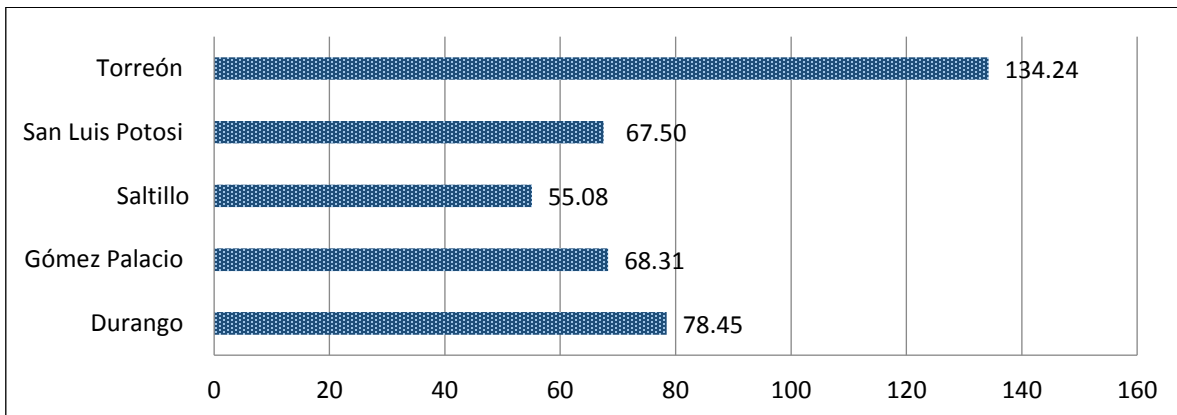


Ilustración 4-9 Tarifa de uso doméstico bajo, 2017 (10m³)
 Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

Considerando la tarifa integrada más alta que se cobra en el servicio de uso doméstico para un consumo de 10 m³, el municipio de Gómez Palacio se ubica como la segunda más alta, únicamente \$6.17 pesos más barata que el municipio de Torreón, ver Ilustración 4-10.

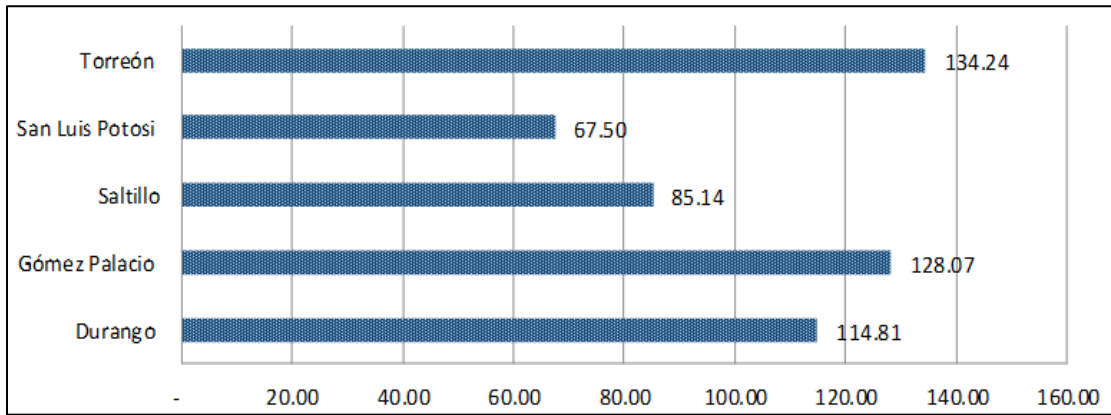


Ilustración 4-10 Tarifa de uso doméstico alto, 2017 (10m³)
 Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

4.9.4 Uso comercial

Los usuarios comerciales ascienden a cerca del 4% del total del padrón de usuarios, y la tarifa del municipio de Gómez Palacio es \$136.98 pesos más baja que en el municipio de Torreón, aun cuando es zona conurbada y las tarifas de uso comercial se consideran lucrativas, esto representa al menos un 25% más económico que la tarifa actual de \$512.20 considerando un consumo de 20m³. Ver Ilustración 4-11.

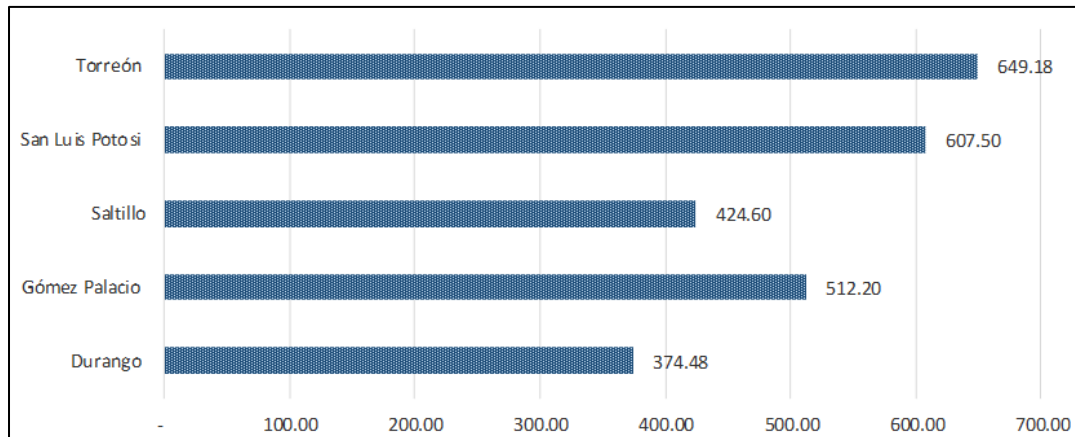


Ilustración 4-11 Tarifa de uso comercial, 2017 (20m³)
 Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

En general considerando las tarifas actuales de mayor uso en el municipio de Gómez Palacio, las tarifas son muy competitivas considerando además los costos actuales de producción, lo que hace concluir que el verdadero problema se encuentra en la operación del SIDEAPA, principalmente en la falta de medición y cobranza.

4.9.5 Uso industrial

Respecto al uso industrial, la tarifa del municipio de Gómez Palacio es muy competitiva, se ubica como la segunda más alta, y se mantiene en promedio con el resto de las ciudades seleccionadas. Ver Ilustración 4-12.

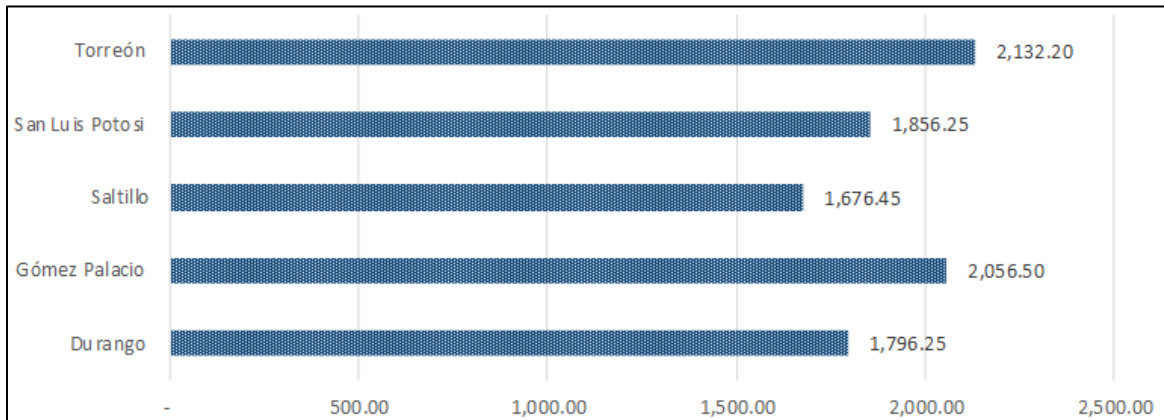


Ilustración 4-12 Tarifa de uso industrial, 2017 (50m³)

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

La tarifa industrial se ubica en un rango adecuado considerando los altos consumos de este tipo de usuarios, y la finalidad del uso del agua que tiene como principal característica la de ser insumo en un proceso productivo lucrativo. Cabe recordar que los usuarios con la clasificación de industriales ascienden a únicamente 0.7% del total del padrón.

4.10 Sistematización (evolución de tarifas)

En el presente apartado se analizarán los datos históricos de las tarifas del 2007 al 2017, para las ciudades seleccionadas (Durango, Saltillo, San Luis Potosí, Torreón y Gómez Palacio), dicha información muestra la forma en que se ha sistematizado la actualización (evolución) de tarifas y a partir de ello poder trazar planes de acción a futuro que permitan que las tarifas sean dinámicas.

4.10.1 Doméstico

La tarifa de uso doméstico subsidiado (bajo), se ha incrementado en un 100% del 2007 al 2017, es decir en 10 años duplicó su costo, pasando de \$34.27 a \$68.31, mientras que en la zona conurbada (municipio de Torreón), en ese mismo lapso de tiempo la tarifa pasó de \$57.70 a \$134.24, es decir se incrementó en 132%, mientras que en Gómez Palacio únicamente lo hizo en 100%. Ver Ilustración 4-13.

En Gómez Palacio no únicamente se ha incrementado de forma más mesurada la tarifa, sino que además da preferencia al sector más desfavorecido ofreciendo una tarifa subsidiada para personas social y económicamente vulnerables, situación que se encuentra establecida en la legislación vigente y considerada en el presupuesto de ingresos autorizado.

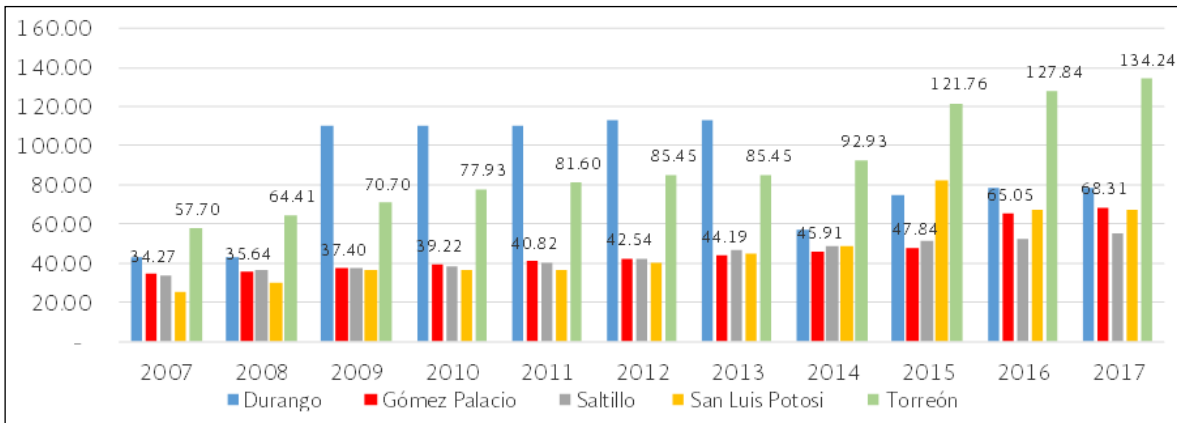


Ilustración 4-13 Tarifa de uso doméstico bajo, 2007-2017 (10m³)

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

Otro señalamiento importante a considerar en el municipio de Gómez Palacio es, el hecho de que la base mínima del cobro se ubica en consumos de hasta 12 m³ mensuales, mientras que, en el resto de las ciudades analizadas, la base se ubica únicamente en 10 m³, lo que garantiza el abasto de agua determinado en la ley como derecho humano al agua, sin comprometer el abasto sustentable, ya que un valor por arriba de los 10 m³ no incentiva el uso responsable del agua.

Tabla 4-78. Comparativo de tarifas de uso doméstico bajo 2007- 2017 (10m³)

Uso Doméstico Bajo	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis Potosí	Torreón
2007	43.14	34.27	33.72	25.20	57.70
2008	43.14	35.64	36.56	30.16	64.41
2009	110.36	37.40	37.24	36.45	70.70
2010	110.36	39.22	38.68	36.45	77.93
2011	110.36	40.82	40.33	36.45	81.60
2012	112.97	42.54	41.75	40.37	85.45
2013	112.97	44.19	47.11	44.82	85.45
2014	56.66	45.91	48.84	48.20	92.93
2015	74.71	47.84	51.11	82.62	121.76
2016	78.45	65.05	52.30	67.50	127.84
2017	78.45	68.31	55.08	67.50	134.24
Crecimiento promedio anual	6.2%	7.1%	5.0%	10.4%	8.8%

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

Considerando que la tarifa doméstica baja (subsidiada) en el municipio de Gómez Palacio, únicamente se aplica a personas vulnerables o con prestaciones específicas (como es el caso de los trabajadores municipales), y no es una tarifa general a la población, no genera mayores complicaciones el hecho de que sea una tarifa extremadamente baja, aun cuando considere 12 m³ base, sin embargo considerar la disminución a solo 10 m³, para desincentivar el consumo e incrementar el consumo consciente y responsable, siempre será una opción factible de realizarse.

Respecto a la tarifa de uso doméstico medio, ésta ha tenido un comportamiento similar a la doméstica baja, del 2007 al 2017 ha pasado de \$36.41 a \$72.58, lo que implica que su crecimiento fue del 100%,

sin embargo dicha tarifa es únicamente \$4.27 pesos más alta que la tarifa subsidiada, lo que realmente no representa una diferenciación de tarifas, situación que impacta directamente en las finanzas del organismo, toda vez que la tarifa no representa un valor adecuado que permita valorar y cuidar el suministro de agua, situación que se agrava considerando que la tarifa inicial se considera hasta consumos de 12 m³ de agua. Ver Ilustración 4-14.

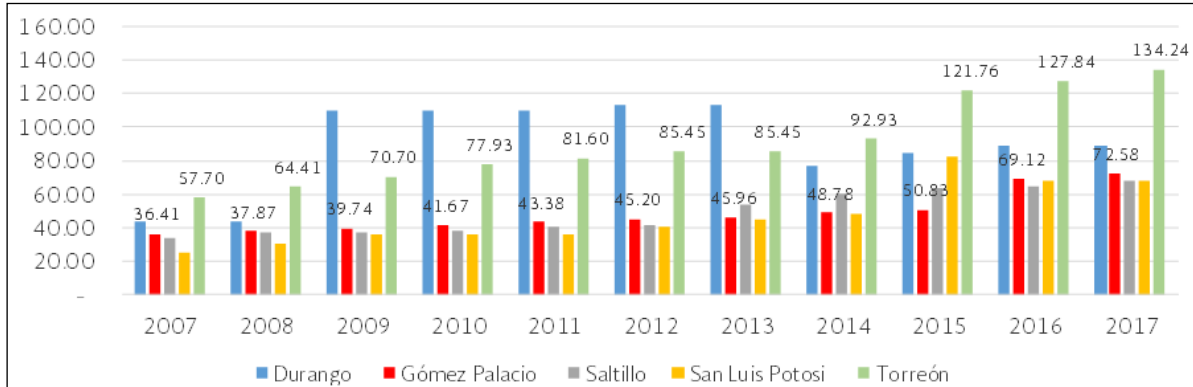


Ilustración 4-14 Tarifa de uso doméstico medio, 2007-2017 (10m³)

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

Las tarifas han tenido un incremento promedio anual de 7.1% en el municipio de Gómez Palacio, siendo la tasa más baja del periodo de las ciudades seleccionadas, situación que permitiría incrementar o justificar alzas de la tarifa, siempre y cuando dichas modificaciones sean acompañadas de incrementos en los instrumentos de medición y monitoreo, así como estrategias efectivas de cobranza y recaudación, ya que de no cumplirse dichos requisitos podría ser perjudicial al existir amplias posibilidades de incrementos en el número de usuarios morosos. Ver Tabla 4-79.

Tabla 4-79. Comparativo de tarifas de uso doméstico medio 2007- 2017 (10 m³)

Uso Doméstico Medio	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis Potosí	Torreón
2007	43.14	36.41	33.72	25.20	57.70
2008	43.14	37.87	36.56	30.16	64.41
2009	110.36	39.74	37.24	36.45	70.70
2010	110.36	41.67	38.68	36.45	77.93
2011	110.36	43.38	40.33	36.45	81.60
2012	112.97	45.20	41.75	40.37	85.45
2013	112.97	45.96	53.06	44.82	85.45
2014	77.22	48.78	60.71	48.20	92.93
2015	84.92	50.83	63.55	82.62	121.76
2016	89.11	69.12	65.02	67.50	127.84
2017	89.11	72.58	68.50	67.50	134.24
Crecimiento promedio anual	7.5%	7.1%	7.3%	10.4%	8.8%

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

La diferencia entre la tarifa doméstica baja (subsidiada) y la tarifa doméstica media, es únicamente de \$4.27, es decir, mientras que la primera se ubica en \$68.31 la segunda es de \$72.58, dicha diferencia representa el 6.3% respecto a la tarifa doméstica baja, mientras que en casos como el de la

ciudad de Saltillo, la tarifa de un rango a otro, se incrementa en 24.4% y para el caso de Durango 13.6%, en el resto de las ciudades comparadas, no existe diferenciación de tarifas, existe una tarifa única denominada doméstica que se aplica a todos por igual. Ver Ilustración 4-15.

Ofrecer tarifas diferenciadas resulta buena alternativa considerando que exista verdadero contraste entre ellas, es decir que psicológicamente incentive el pago de las personas a partir de su capacidad de pago, sin generar inconformidades y que a su vez estimule el uso y cuidado del agua, por lo que los metros cúbicos que se determinan como factor base para el cobro, toman mayor relevancia.

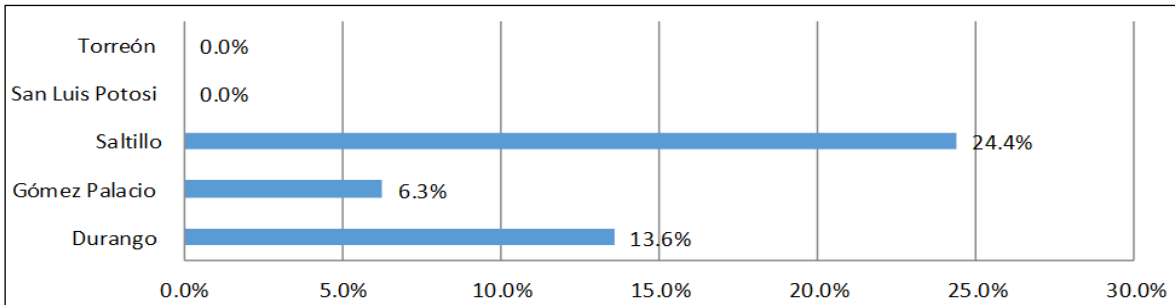


Ilustración 4-15 Incrementos de servicio doméstico bajo a medio (10 m³)

Fuente: IMTA

La tarifa de consumo doméstico alto, a diferencia de las dos primeras (doméstico bajo y medio), ha tenido un incremento de 124% en el periodo de 2007 a 2017, siguiendo la tendencia de la tarifa presentada en el municipio de Torreón, manteniéndose siempre ligeramente por debajo del costo en dicho municipio, en donde el incremento en el mismo periodo ascendió a 132%. Ver Ilustración 4-16.

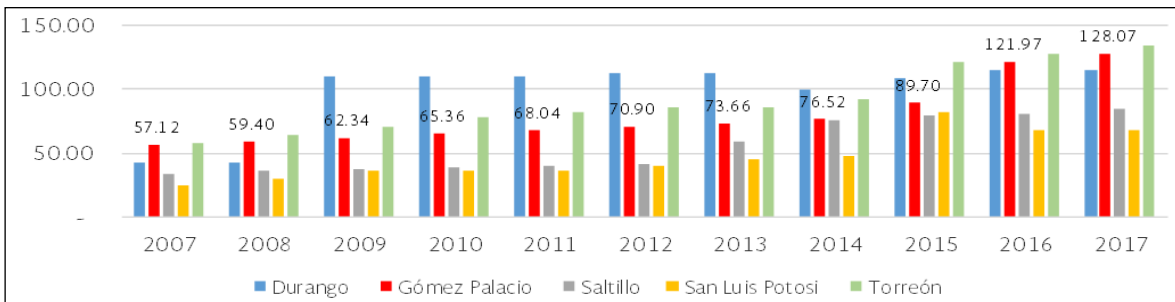


Ilustración 4-16 Tarifa de uso doméstico alto, 2007-2017 (10m³)

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

Únicamente en el municipio de Durango se presentó una disminución de tarifas, del año 2013 al 2014, sin embargo posteriormente para el 2015 volvieron a tener incrementos, presentando un crecimiento promedio anual en el periodo de 2007 a 2017, de 10.3%. Ver Tabla 4-80. Dicha situación es relativamente extraña ya que no es usual ver disminuciones en las tarifas de agua, considerando los crecientes costos de producción (extracción) y distribución de agua, así como el abatimiento de acuíferos, lo que implica necesariamente costos ambientales.

Tabla 4-80. Comparativo de tarifas de uso doméstico alto 2007- 2017 (10m³)

Uso Doméstico Alto	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis Potosí	Torreón
2007	43.14	57.12	33.72	25.20	57.70

2008	43.14	59.40	36.56	30.16	64.41
2009	110.36	62.34	37.24	36.45	70.70
2010	110.36	65.36	38.68	36.45	77.93
2011	110.36	68.04	40.33	36.45	81.60
2012	112.97	70.90	41.75	40.37	85.45
2013	112.97	73.66	59.72	44.82	85.45
2014	99.57	76.52	75.41	48.20	92.93
2015	109.40	89.70	78.95	82.62	121.76
2016	114.81	121.97	80.81	67.50	127.84
2017	114.81	128.07	85.14	67.50	134.24
Crecimiento promedio anual	10.3%	8.4%	9.7%	10.4%	8.8%

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

Como ya se ha analizado anteriormente, el incremento de la tarifa de uso doméstico bajo a medio, es de únicamente 6.3% (ver Ilustración 4-15), mientras que el incremento de la tarifa doméstica media a alta, es de 76.5%, lo que implica una verdadera diferenciación de tarifa, caso que no ocurre de domestico bajo a medio, ver Ilustración 4-17.

Contar con tarifas diferenciadas genera beneficios sociales y permite una mejor aceptación, además de contribuir al uso consciente y responsable del agua, mientras que tarifas tan parecidas (doméstico bajo y medio), no permite valorar adecuadamente el costo real de las mismas y por lo tanto responsabilizarse del pago, y por otra lado, tarifas abismales (domestico medio y alto), genera inconformidad sobre todo en aquellos usuarios que no necesariamente tienen las posibilidades económicas y se les considera dentro de la tarifa más alta.

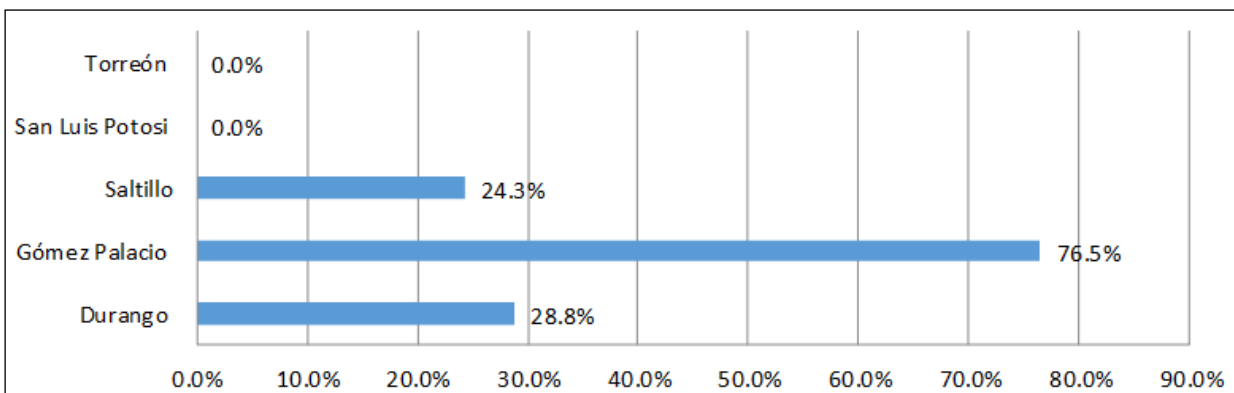


Ilustración 4-17 Incrementos de servicio doméstico medio a alto (10 m³)

Fuente: IMTA

4.10.2 Comercial

La tarifa de uso comercial, ha tenido un incremento de 66% del 2007 al 2017, pasando de \$308.45 a \$512.20, comparada con las ciudades seleccionadas, la tarifa que se cobra en el municipio de Gómez Palacio, es la tercera más baja para el año 2017, únicamente Saltillo y Durango cobran tarifas inferiores, considerando un consumo de 20 m³ mensuales. Ver Ilustración 4-18.

Respecto a la tarifa del municipio de Torreón, la tarifa de Gómez Palacio es \$136.98 pesos más baja, considerando el consumo de 20 m³ mensuales, aun cuando ambos municipios se encuentran contiguos. En dicha tarifa también se considera un valor de cobro mínimo que considera de 0 a 12 m³ de agua, aun cuando el agua de uso comercial se considere lucrativo.

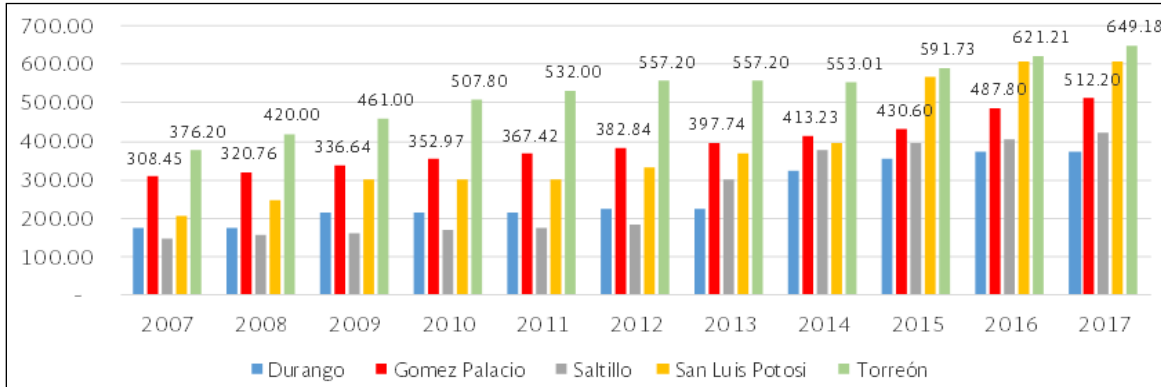


Ilustración 4-18 Tarifa de uso comercial, 2007-2017 (20m³)

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

La tarifa del municipio de Gómez Palacio, tuvo un incremento promedio anual de 5.2%, mientras que en municipios como Saltillo y San Luis Potosí alcanzo incrementos superiores al 11%, ver Tabla 4-81.

La tarifa del SIDEAPA Gómez Palacio, es una tarifa competitiva y el hecho de que se mantenga ligeramente menor a la tarifa del municipio de Torreón puede ser buena estrategia para comercios que buscan disminuir costos sin sacrificarse por largas distancias. Sin embargo, aún tiene posibilidades de tener incrementos mayores, siempre y cuando sean justificados a partir de la tasa de equilibrio.

Tabla 4-81. Comparativo de tarifas de uso comercial 2007-2017 (20m³)

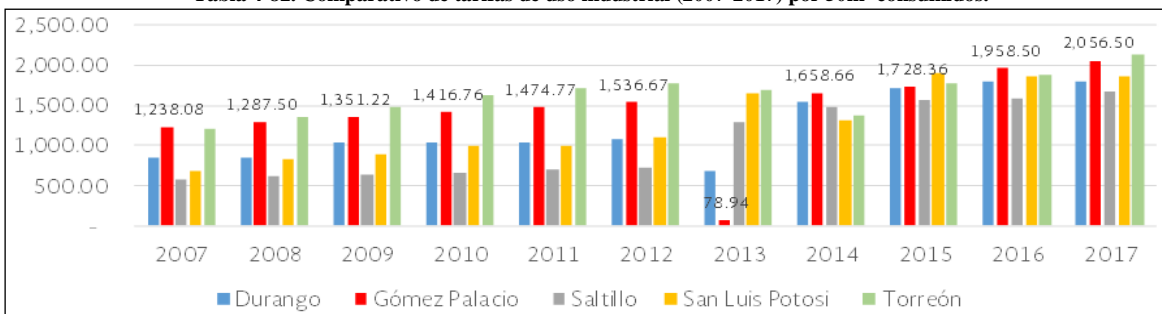
Uso Comercial	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis Potosí	Torreón
2007	171.88	308.45	146.40	206.40	376.20
2008	171.88	320.76	154.90	247.26	420.00
2009	214.14	336.64	162.60	298.89	461.00
2010	214.14	352.97	168.80	298.89	507.80
2011	214.14	367.42	176.00	298.89	532.00
2012	224.83	382.84	182.20	331.29	557.20
2013	224.83	397.74	298.58	368.01	557.20
2014	322.13	413.23	376.70	395.55	553.01
2015	356.44	430.60	393.80	567.27	591.73
2016	374.48	487.80	403.00	607.50	621.21
2017	374.48	512.20	424.60	607.50	649.18
Crecimiento promedio	8.1%	5.2%	11.2%	11.4%	5.6%

Fuente: IMTA con información del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP)

4.10.3 Industrial

Las tarifas de uso industrial se comportan de forma muy similar a las tarifas comerciales del municipio de Gómez Palacio, estas han tendido un incremento de 66% del año 2007 al 2017, pasando de \$1,238.08 a \$2,056.50 (durante el 2013, únicamente se presenta una disminución la cual se determinó como error del SITAP), se ubican como las segundas más caras de las ciudades seleccionadas, únicamente por debajo de las tarifas de Torreón. Ver Tabla 4-82.

Tabla 4-82. Comparativo de tarifas de uso industrial (2007-2017) por 50m³ consumidos.



Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP)

Las tarifas del municipio de Gómez Palacio tuvieron un crecimiento promedio anual de 5.2%, lo que las ubicó con la tasa de crecimiento promedio anual más baja de las 5 ciudades seleccionadas, mientras que los municipios de Saltillo y San Luis Potosí alcanzaron tasas de crecimiento promedio anual por arriba del 10%. Ver Tabla 4-83.

Tabla 4-83. Comparativo de tarifas de uso industrial 2007-2017 (50 m³)

Uso Industrial	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis P.	Torreón
2007	847.13	1,238.08	580.00	690.00	1,205.50
2008	847.13	1,287.50	610.25	826.80	1,345.00
2009	1,028.64	1,351.22	640.50	899.68	1,477.50
2010	1,028.64	1,416.76	665.50	999.68	1,628.00
2011	1,028.64	1,474.77	694.00	999.68	1,705.00
2012	1,080.29	1,536.67	718.00	1,107.00	1,785.00
2013	672.00	78.94	1,299.00	1,651.39	1,697.00
2014	1,545.56	1,658.66	1,486.70	1,321.65	1,368.86
2015	1,711.20	1,728.36	1,555.55	1,895.40	1,785.62
2016	1,796.25	1,958.50	1,592.10	1,856.25	1,874.31
2017	1,796.25	2,056.50	1,676.45	1,856.25	2,132.20
Crecimiento promedio anual	7.8%	5.2%	11.2%	10.4%	5.9%

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

El crecimiento de las tarifas (tasa promedio anual) en el periodo de 2007 a 2017, en el municipio de Gómez Palacio es de 7.1% para el uso doméstico bajo y medio, mientras que para el uso comercial e industrial, ha sido únicamente de 5.2% promedio anual, la tasa más alta se ha dado en el uso doméstico residencial o alto, aun cuando los usos comerciales e industriales son cien por ciento lucrativos, y los incrementos en el servicio doméstico impactan directamente a las familias. Ver Tabla 4-84.

Tabla 4-84. Tasa de crecimiento promedio anual (2007-2017)

Tasa de crecimiento promedio anual (2007-2017)					
Tipo de uso	Durango	Gómez Palacio	Saltillo	San Luis Potosí	Torreón
Uso Doméstico Bajo (10 m ³)	6.2%	7.1%	5.0%	10.4%	8.8%
Uso Doméstico Medio (10 m ³)	7.5%	7.1%	7.3%	10.4%	8.8%
Uso Doméstico Alto (10 m ³)	10.3%	8.4%	9.7%	10.4%	8.8%
Uso Industrial (50 m ³)	7.8%	5.2%	11.2%	10.4%	5.9%
Uso Comercial (20 m ³)	8.1%	5.2%	11.2%	11.4%	5.6%

Incluye el costo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Fuente: IMTA

En contraste con lo que ocurre en el municipio de Gómez Palacio, se encuentra el municipio de Saltillo, en donde los menores incrementos se dan en la clase social más desfavorecida, es decir en el uso doméstico bajo, en donde únicamente se han presentado incrementos de 5%, mientras en el uso doméstico medio y alto, se han registrado tasas del 7.3% y 9.7% respectivamente, y aun con dichos incrementos el uso doméstico en general ha presentado menores incrementos, siendo que a nivel comercial e industrial la tasa ha sido de hasta 11.2%. Es decir los incrementos se presentan de forma escalonada e impactan de mayor manera los usos lucrativos. Ver Ilustración 4-19.

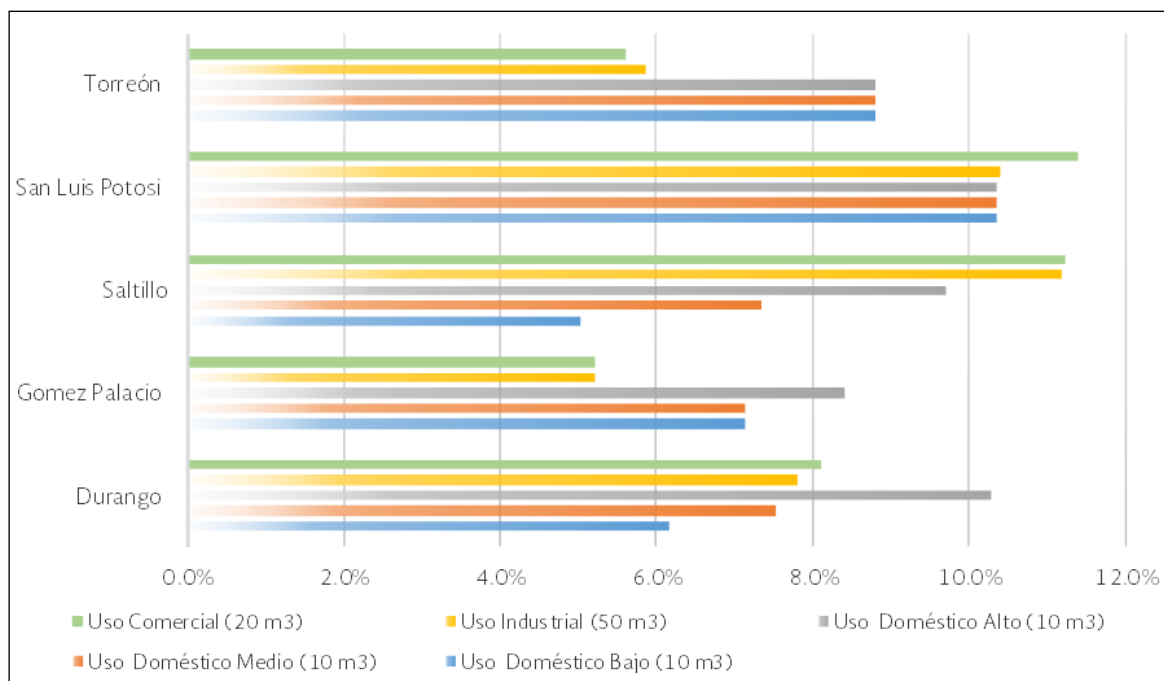


Ilustración 4-19 Tasa de crecimiento promedio anual (2007-2017)

En los casos de los municipios de San Luis Potosí y Torreón, no existe sub clasificación del uso doméstico, es una tarifa única que cubren todos los usuarios sin distinción, únicamente se diferencian las tarifas respecto al uso comercial e industrial.

Un factor importante, es que las tarifas deben ser capaces de desincentivar el consumo excesivo de agua, sobre todo en aquellas regiones en donde no se cuenta con calidad y cantidad suficiente, situación que debe ser valorada por los usuarios, en donde no solo debe considerarse el consumo inmediato, sino además la sustentabilidad futura del recurso.

4.10.4 Fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora

Fortalezas

- En la legislación vigente se consideran todos los requerimientos necesarios que dan certeza jurídica para la actualización dinámica de tarifas.
- Se cuenta medios legales suficientes para realizar el proceso de cobro, toda vez que existen lineamientos específicos considerados en los diferentes niveles de reglamentación jurídica, incluso normados en la ley.
- La estructura tarifaria actual, considera la tarifa de equilibrio y permite al organismo operador funcionar con números negros.
- Las tarifas vigentes, permiten tener margen operacional, aun cuando se tiene una eficiencia física del 46.07%.

Debilidades

- Pérdida física de agua (53.93%), lo que impacta directamente en el volumen de producción, así como en sus costos, para hacer satisfacer el volumen total demandado.
- No existen procesos eficientes de recuperación de cartera vencida, lo que implica que el número de usuarios morosos ha aumentado, y con ello los usuarios que pagaban a tiempo ha disminuido pasando de 48,349 usuarios (55%) a 38,777 (43%), por lo tanto, incrementos en las tarifas podría tener consecuencias negativas en la recaudación, a consecuencia de la falta de sanciones por parte del organismo (el 30% del total de usuarios tienen adeudos de más de 30 meses).
- Existe solo un 37.3% de cobertura en micromedición y de este porcentaje el 41.8% de medidores tiene más de 6 años de antigüedad.
- Las tasas de crecimiento población esperadas (1.1% promedio anual) al 2030, implican un incremento sustancial durante el periodo de 14.3% acumulado, lo que presiona la rapidez con la que debe mejorar el organismo tanto en la mejora de la eficiencia física, la eficiencia de recaudación y la adaptación y mitigación del cambio climático, ya que incluso con mejoras en la eficiencia física (meta de 80%), al 2030 se tendrá un déficit de agua de 228 mil metros cúbicos de agua.

Oportunidades de mejora

- Considerar que la parte técnica del organismo se encuentra estrechamente ligada con la parte comercial, por lo que mejoras en la red de distribución mediante programas de detección de

fugas, reparación y mantenimiento, terminaran impactando en forma directa los ingresos y las finanzas del organismo operador.

- Incrementar el número de usuarios con medidor, principalmente aquellos considerados de alto consumo, con la finalidad de reducir la cantidad demanda y/o en su defecto, incrementar la facturación y recaudación de dichos usuarios.
- Revisar y actualizar los manuales de procedimientos respecto a la facturación y cobranza, con la finalidad de hacerlos efectivos, lo que impactará directamente en la percepción ciudadana y finalmente en los ingresos del organismo operador.
- Analizar la plantilla de personal con el fin de canalizar personal a áreas prioritarias y/o donde sean más eficientes para el funcionamiento del organismo operador, considerando que únicamente uno de cada cuatro empleados pertenece al área comercial y que existen 4.09 empleados por cada mil tomas.
- Retabular la tarifa base de cobro de las tarifas de agua para usos doméstico, comercial e industrial disminuyéndola de 12 a 10 metros cúbicos.
- Diferenciar verdaderamente las tarifas de uso doméstico subsidiado (bajo) y domestico medio, incrementando las segundas en un mínimo de 25% y un máximo de 35%.

4.10.5 Tarifa de autosuficiencia financiera

Con la información disponible el análisis permite identificar que no existen incrementos justificables, salvo por el caso de la diferenciación de tarifas, que permitirá valorar el consumo actual de actual de agua, aun cuando existieran incrementos en los costos de producción y distribución. Los primeros pasos a seguir es incrementar el nivel de micromedición y las eficiencias de recaudación y cobranza.

El incremento justificable en la tarifa para el año 2018, es de 7% promedio considerando los incrementos históricos, así como la tasa de inflación actual misma que se ubica en 6.6% al 31 de noviembre de 2017, misma que se esperaría alcance un mínimo de 6.77% al cierre del 31 de diciembre.

Dichos incrementos deberían generarse de manera gradual en todas las clasificaciones de consumos, con la finalidad de mantener tarifas diferenciadas.

5 REVISIÓN DEL MARCO LEGAL Y SOCIAL DE LOS DERECHOS DEL USO DEL AGUA DE LA MINA LA PLATOSA

5.1 Introducción

El reúso de aguas de la Mina La Platosa para su uso público urbano requiere del análisis del marco legal e institucional del Estado de Durango, pero también de los municipios a los cuales se proveería dicha agua, una vez tratada y potabilizada, que en el caso son a las poblaciones de poblaciones de Tlahualillo, Mapimí y la parte rural del municipio de Gómez Palacio.

El análisis del marco jurídico pasa necesariamente por definir los derechos que tiene o debe tener la empresa que tiene la concesión de la mina y la que, en su caso, proveería las aguas de laboreo. El estudio incluye por tanto reflexiones en torno a la falta de concesión de derechos de agua como del consiguiente permiso de descarga.

Una vez definido lo anterior, se hace necesario clarificar cómo sería el mecanismo o esquema para la entrega de agua en bloque y algunos de los elementos institucionales que se consideran necesarios para determinar la instancia a cargo tanto de la administración de los servicios, que incluyen su tratamiento y potabilización, como de los acuerdos necesarios para garantizar la provisión a las restantes poblaciones.

De acuerdo con la información obtenida, la intención es que estos servicios queden a cargo del organismo operador del municipio de Gómez Palacio y, por ende, se analiza un posible arreglo institucional a partir de este escenario, pero a la vez se definen otros esquemas posibles a través de instancias creadas exprefeso para la operación de este servicio. La definición dependerá del análisis que dichos organismos lleven a cabo en forma conjunta con la CAED así como con otras instancias a nivel estatal y federal.

El análisis considera elementos clave como la necesaria constitución de servidumbres, la posible expropiación de predios y el cumplimiento de normatividad aplicable, entre ellas en materia de impacto ambiental.

Asimismo, se toman en consideración mecanismos financieros y una posible propuesta para la canalización y administración de fondos dentro de un esquema de colaboración y coordinación.

El estudio incluye el marco legal general aplicable en el que se desenvuelve los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del estado de Durango (incluyendo servicio de agua en bloque)

El objetivo último es encontrar formas jurídicas e institucionales de coadyuvar para el reúso del agua que se obtiene del laboreo de la Mina para uso público urbano y coadyuvar a prevenir revertir los abatimientos en los niveles estáticos del acuífero en la mina en el periodo de 2009-2014 de aproximadamente 3.2 metros.

El gasto promedio de agua extraída del acuífero y que es conducida mediante tuberías agua de laboreo, escurrimiento y excedentes a las 2 piletas: “Guadalupe Sur” y “623” de la mina es de 801.24 L/s y 567.81 L/s respectivamente, dando un total aproximado de 1,369.05 L/s

De lo anterior y con el propósito de mitigar los problemas de sequía extrema prevalecientes en la región lagunera de la porción noreste del Estado de Durango, la sobreexplotación del acuífero principal y a que existe un alto déficit en la oferta de agua para satisfacer la demanda actual y futura de abastecimiento público en esa región y dada la baja calidad del agua se planea aprovechar el agua

de laboreo que se capta en el interior de la mina La Platosa (y sustituir las extracciones actuales de agua subterránea), para su potabilización y suministro a las poblaciones de los Mapimí, Tlahualilo y Gómez Palacio Rural, Durango.

5.2 Antecedentes

En estudios anteriores se realizó un análisis del marco jurídico general específicamente considerando las siguientes disposiciones: Ley de Agua del Estado de Durango, Ley de Hacienda para los Municipios del Estado de Durango, Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Durango, Reglamento Interior del Republicano Ayuntamiento de Gómez Palacio, Durango y de las Facultades y atribuciones del Consejo Directivo del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango.

En dicho análisis se mencionan las diversas modalidades de administración de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, de las tarifas y sus reglas de fijación, cobro, entero y destino, las formas y las modalidades de organización de los organismos prestadores, además de cuestiones de regulación específica, que pueden ser aplicables al tema en cuestión: identificar los aspectos legales que posibiliten la utilización del agua, proveniente del laboreo de la mina La Platosa, como fuente de abastecimiento de algunos municipios del Estado de Durango ubicados en la Región lagunera.

5.2.1 Objetivo general

Elaborar análisis Legal para tener certeza legal sobre los derechos de uso del agua de la Mina La Platosa, y que su uso sea para abasto de agua potable.

5.2.2 Objetivos específicos

Analizar el marco legal general aplicable en el que se desenvuelve los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del estado de Durango (incluyendo servicio de agua en bloque)

Determinar la naturaleza jurídica del agua de laboreo de la mina la Platosa

Identificar las leyes y reglamentos aplicables e instancias responsables para acceso del agua potabilizada en bloque a las poblaciones de Tlahualillo, Mapimí y Gómez Palacio Rural, provenientes de la mina La Platosa

Identificar los procedimientos legislativos relevantes para la planeación, financiamiento, construcción, operación, potabilización, conducción, y funcionamiento de las obras de captación, distribución y abastecimiento de agua potabilizada a las poblaciones de la porción noreste del Estado de Durango en la región lagunera.

En el siguiente inciso se presentan los resultados del análisis “Revisión del marco legal y social de los derechos del uso del agua de la mina la platosa”. Para mayor información o explicación de algunos temas al respecto, abordar en el anexo 4.1 Marco normativo federal relacionado con la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento y en el anexo 4.2 Marco normativo estatal relacionado con la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

5.3 Análisis jurídico del agua proveniente del laboreo de la mina “la platosa”

5.3.1 Regularización de los derechos de agua y el permiso de descarga

En primer término, es relevante clarificar que se entiende por aguas provenientes del **laboreo de las minas**, aquéllas del subsuelo que necesariamente deban extraerse para permitir la realización de obras y trabajos de exploración y explotación. (Artículo 124 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, segundo párrafo).

Aunque en su origen es **agua subterránea**, posteriormente **agua residual**,² luego **agua potabilizada** (prácticamente se puede considerar de **reúso**)³ al ser presuntamente tratada y potabilizada de acuerdo con la “Modificación a la Norma Oficial Mexicana Nom-127-Ssa1-1994, Salud Ambiental. Agua para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”⁴ se convierte en **agua potable** y entregada con esa calidad en **bloque** a las poblaciones y está sujeta a la Ley de Agua del Estado de Durango que dice que para la construcción y prestación de servicios de una obra de este tipo se debe de considerar lo siguiente:

- Realizar estudios de factibilidad técnica y financiera de la obra para la prestación de este servicio
- El servicio se prestará previa celebración de convenio en el cual debe precisarse:
- La infraestructura que aportaría la Comisión de Agua del Estado de Durango (CAED)
- El caudal por suministrar
- La forma y sitio (s) de entrega
- La tarifa por pagar y
- La forma de garantizar el pago por servicios de entrega de agua en bloque
- El servicio se proporcionaría con las aguas asignadas para el efecto⁵
- Cuando la obra de suministro de agua en bloque se construya con recursos federales, la prestación de los servicios será de competencia federal.

La regularización del aprovechamiento del agua subterránea que realiza la mina de donde proviene el agua de laboreo se dificulta ya que corresponde a una zona de veda⁶ y la Conagua no otorga concesiones en esas zonas.

Sin embargo, es importante regularizar esta situación y que la empresa Minera pueda contar con la concesión y el correspondiente permiso de descarga, pues precisa dotar de seguridad jurídica tanto para la empresa minera como posteriormente el reúso para uso público urbano. Lo anterior permitiría

² La Ley de Aguas Nacionales, (artículo 3º fracción VI) define a las. Aguas residuales: como las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

³ “la explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento (Artículo 3º fracción XLVI)

⁴ Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de junio de 2000

⁵ Artículos 117, 118 y 119

⁶ Todos los aprovechamientos de la Mina se encuentran en los límites del Acuífero Principal Región- Lagunera, en los límites señalados en el DECRETO que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en las zonas de Ceballos y de La Laguna, que comprenden parte de los Estados de Chihuahua, Durango y Coahuila. Publicado en el D.O.F. el 06 de diciembre de 1958. .

asimismo a la autoridad tener un mayor control sobre el uso del agua de la actividad, que actualmente se aprovecha de facto no solo por la empresa minera sino por terceros para uso agrícola⁷.

Como argumento adicional: la Ley de Minería le da preferencia a esta actividad para solicitar la concesión conforme a la Ley de la Materia (Ley de Aguas Nacionales) El Artículo 19 fracción V de la ley Minera, prevé que las concesiones mineras confieren derecho a: *Aprovechar las aguas provenientes del laboreo de las minas para la exploración o explotación y beneficio de los minerales o sustancias que se obtengan y el uso doméstico del personal empleado en las mismas.*

Y la fracción VI “Obtener preferentemente concesión sobre las aguas de las minas para cualquier uso diferente” al que se señala en la fracción anteriormente citada, en los términos de la ley de la materia (Ley de Aguas Nacionales)

De lo anterior se desprende que las aguas provenientes del laboreo de las minas pueden ser utilizadas para uso doméstico⁸ y que a dicha actividad le es conferida la preferencia para utilizar aguas a otros usos siempre que cumpla con lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

En caso de que la empresa minera haya tenido en el pasado algún título, autorización o permiso puede acudir a la Conagua a solicitar su regularización (aunque el último decreto que daba esa facilidad tenía vigencia hasta el 31 de diciembre de 2016): DECRETO por el que se establecen facilidades administrativas para el otorgamiento de nuevas concesiones o asignaciones de aguas nacionales a los usuarios que cuenten con títulos cuya vigencia hubiera expirado a partir del 1 de enero de 2004.⁹ (Se sabe que no tiene ni ha tenido concesión por uso o aprovechamiento del agua del subsuelo).

El otorgamiento de la concesión se realiza a través del trámite CNA-01-004 CONCESIÓN DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. Junto con la solicitud se solicitará el permiso de descarga de aguas residuales y un permiso para la realización de las obras que se requieran para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas.

El otorgamiento de una concesión o asignación se sujetará a lo dispuesto por la LAN y su reglamento y tomará en cuenta la disponibilidad media anual del agua, la programación hídrica; los derechos de explotación, uso o aprovechamiento de *agua inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua; el reglamento de la cuenca hidrológica que se haya expedido, en su caso; la normatividad en materia de control de la extracción, así como de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas; y la normatividad relativa a las zonas reglamentadas, vedas y reservas de aguas nacionales existentes en el acuífero, cuenca hidrológica, o región hidrológica.*

La situación de disponibilidad del agua del acuífero Principal-Región Lagunera está en déficit tal como se observa en el siguiente cuadro:

⁷ De acuerdo con oficio de la Secretaría de Energía DGIE.315.12.137 de fecha 28 de noviembre de 2012 (anexo) firmado por el Director General de Inversión extranjera, la Empresa solicitó la concesión a Conagua, pero le fue negada, por localizárselos aprovechamientos en zona vedada.

⁸ LAN: Artículo 3 Fracción LVI. "Uso Doméstico": La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;

⁹ Diario Oficial de la Federación 17 de mayo de 2016

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
0523	PRINCIPAL- REGIÓN LAGUNERA	518.9	0.0	642.491952	930.9	0.000000	-23.591952

(Cifras en millones de m³ anuales)

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea.

Nota: Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” y “4” de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

Fuente: ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, lunes 20 de abril de 2015 DIARIO OFICIAL (Segunda Sección)

La Platosa debe solicitar el permiso de descarga (Trámite CONAGUA-01-001 Permiso de descarga de aguas residuales):

Las personas físicas o morales que viertan, infiltren, depositen o inyecten aguas residuales a un cuerpo receptor de propiedad nacional o bien cuando se infiltren en terrenos, sean o no bienes nacionales, y puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, requieren permiso de descarga expedido por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Dichas aguas residuales deben tratarse previamente a su vertido a los cuerpos receptores para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas, así como cumplir con lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN), la Ley Federal de Derechos (LFD) y las Normas Oficiales Mexicanas.

Como nota adicional en el estado de Durango hay otros aprovechamientos de agua, de los que la Conagua ha autorizado concesión de aguas nacionales, para apoyar la actividad.

Ejemplos:

- Primero empresa minera S.A. de CV.
- Avino Silver & Gold Mines LTD
- Compañía Minera Bacís S.A. de C.V.
- Altos Hornos de México S.A. de C.V.
- Industrias Peñoles, S.A.B. de C.V. 1
- Minera Autlán, S.A.B. de C.V.
- Goldcorp Inc.
- First Majestic Silver Corporación
- Grupo Minero Bacis, S.A. de C.V.
- Fresnillo PLC
- Endeavour Silver Corp.
- Compañía Minera San Valentín, S.A. de C.V.
- Aftermath Silver Ltd
- Compañía Minera Copalquín, S.A. de C.V.
- Alma Campesina

Volumen extraído anualmente, en todo el Estado de Durango, por la industria Minera: con título de concesión es de aproximadamente 32.188 millones m³ anuales.¹⁰ (Dentro de este cálculo *aparentemente* no está considerado el volumen extraído por La Platosa.)

Si la Mina la Platosa no cuenta con concesión y permiso de descarga de agua residual entra en las posibles causas de: suspensión, clausura, multas y sanciones administrativas, penales y de reparación de daño ambiental por aprovechamientos de agua irregulares y de descarga de agua residual sin tratamiento:

5.3.2 Sanciones en caso de incumplimiento de la ley y trámite para regularización

Causas de suspensión:

- Cuando no se cuente con permiso de descarga
- Cuando la descarga no se sujete a las Normas Oficiales Mexicanas o a lo establecido en ley
- Se omita el pago de derechos de descarga durante más de un año fiscal
- Lo anterior es sin perjuicio de las responsabilidades civiles penales o administrativas incurridas
- Por riesgo inminente de deterioro a la salud, a los bienes y ecosistemas (por descargas) ¹¹

Causas de clausura:

- Por riesgo inminente, daño, deterioro a la salud a las aguas o los bienes nacionales, a la biodiversidad o a los ecosistemas vinculados al agua:
- Clausura temporal del aprovechamiento de aguas nacionales ¹²

Causas de multa y clausura:

- **Descargas en contravención a la ley** (no contar con permiso) cuando puedan contaminar
- Explotar usar o aprovechar aguas nacionales residuales sin cumplir con normas
- Explotar, usar o aprovechar aguas nacionales sin título de concesión o asignación
- **Ejecutar obras para extraer aguas del subsuelo en zonas reglamentadas, de veda y reserva sin permiso** (pierden a favor de la nación las obras y estarán bajo custodia la maquinaria y equipo, independientemente de multas y en su caso otras sanciones penales y administrativas)
- Suministrar aguas nacionales para consumo humano sin cumplir normas de calidad
- Ocasionar daños ambientales considerables o que generen desequilibrios hídricos
- Por reincidencia de otras multas que establece la ley ¹³

La clausura puede ser temporal o definitiva, parcial o total de total de los pozos y de las obras o tomas de aguas nacionales.

¹⁰ Registro Público de Derechos de Agua 2014, <http://www.cartocritica.org.mx/2016/concesiones-de-agua-para-las-mineras/>

¹¹ Artículo 92 Fracciones I, II III y penúltimo párrafo, 118 BIS Fracción II

¹² Artículo 18 Bis2 Fracción I

¹³ Artículo 119 Fracciones I, II; VIII, IX, XIII y XVII y 122

Es la clausura el aprovechamiento ilegal de aguas nacionales a través de infraestructura **sin contar con concesión o asignación o de pozos clandestinos.**

En el caso de clausura, se actuará en los términos de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y el Reglamento aplicable al procedimiento administrativo en materia de agua.¹⁴

Sanciones penales

El Código Penal Federal¹⁵ establece penas “de uno a nueve años de prisión y de trescientos a tres mil días multa, **al que ilícitamente descargue, deposite, o infiltre, lo autorice u ordene, aguas residuales**, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes **en los suelos, subsuelo, aguas marinas, ríos, cuencas, vasos o demás depósitos o corrientes de agua de competencia federal**, que cause un riesgo de daño o dañe a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a la calidad del agua, a los ecosistemas o al ambiente.

Reparación de Daño ambiental¹⁶

Cuando se comprometan ecosistema vital

Cuando se descarguen aguas residuales en contravención a la ley y que se cause contaminación a un cuerpo receptor la Conagua u el Organismo de Cuenca competente, intervendrá para que se instrumente **la reparación del daño ambiental** a cuerpos de agua de propiedad nacional causado por extracciones o descargas de agua¹⁷.

De acuerdo a información disponible, está pendiente la construcción e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales por parte de la empresa minera concesionaria. Entre otras, se han observado, entre otras, quejas respecto a presuntos daños al medio ambiente y a la tierra de labor agrícola. Por ejemplo, hay una queja del Ejido la Sierrita (y algunos sindicatos mineros) como lo consigna el oficio de la Secretaría de Energía DGIE.315.12.137 de fecha 28 de noviembre de 2012 (anexo) firmado por el Director General de Inversión extranjera, en donde dicho ejido presenta entre otras, dicha queja (a través de la Asociación Civil “Proyecto de Derechos Económicos, Sociales y Culturales quienes representan a los quejosos). Ante ello la Conagua le responde a dicha Secretaría que a la fecha (2012) no tenían ningún asunto pendiente con la empresa y responde la autoridad del agua:

“que el único trámite que se tiene pendiente es una solicitud de concesión para usar aguas subterráneas, dado que los seis aprovechamientos que tiene la empresa están en la porción del acuífero principal- Región Lagunera en donde existe el decreto de veda publicado en el Diario Oficial el 6 de diciembre de 1958, **dicha solicitud le fue negada**”:

Para terminar la Conagua manifiesta (en la respuesta a la Secretaría de Energía que *no aprecia que la empresa haya incurrido en una conducta sancionable*). Sin embargo, en el mismo oficio se cita una

¹⁴ Artículo 119 Fracción II

¹⁵ Artículo 416 del Código Penal Federal

¹⁶ De acuerdo con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (Artículo 13) *la reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación.* (Artículo 10) cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la ley (Nueva Ley DOF pr07-06-2013)

¹⁷ Artículos 96 y 96 Bis 1 de la Ley de Aguas Nacionales

denuncia popular ambiental ante la PROFEPA recibida por esa instancia, de la que no se había obtenido respuesta a la fecha de dicho oficio y no se tiene conocimiento de que ya se haya hecho (2017).

Es importante dar seguimiento a este expediente y otros similares para verificar que se han satisfecho las obligaciones legales por parte de la empresa concesionaria y frente al posible conflicto legal que la falta de resolución de la misma puede acarrear. Se requería contar con inventario de conflictos presentes y potenciales en esta materia para prevenir conflictos futuros, una vez que la infraestructura esté construida y en funcionamiento el sistema para reúso del agua para uso público urbano.

El artículo 124 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales establece obligaciones adicionales a los concesionarios mineros, entre las que se encuentran: a) obtener el permiso de descarga de aguas residuales en cuerpos receptores nacionales; b) cumplir con las normas oficiales mexicanas para presas de jales; c) poner a disposición de “La Comisión” el agua sobrante o disponible después del uso o aprovechamiento que se realice, con base en los derechos que confieren tales concesiones.

Esto constituye un fundamento legal importante para poder aprovechar las aguas de laboreo de la Mina la Platosa para abastecimiento de las poblaciones de Gómez Palacio Rural, Tlahualilo y Mapimi del estado de Durango, tomándose en consideración, claro está, el contar con la concesión correspondiente por parte de la autoridad del agua.

En el caso del aprovechamiento de agua residual proveniente del laboreo la mina La Platosa se debe avisar a Conagua siguiendo el **trámite Conagua-01-015 “Aviso Para Usar Aguas Residuales Por un tercero distinto al Concesionario”**.

Dicho trámite establece que las aguas residuales podrán usarse por un tercero distinto del concesionario antes de llegar al punto de descarga, siempre y cuando no se afecten derechos de terceros (inscritos en el Registro Público de Derechos de agua)¹⁸ y las reservas existentes, se cumpla con las Normas Oficiales Mexicanas y las Condiciones Particulares de Descarga (CPD).

El trámite es un aviso, por lo que no requiere respuesta.

Sin embargo, de considerarse necesario, se le comunicará que su petición no procede por no encontrarse dentro de los supuestos mencionados anteriormente (fundamentados en el Artículo 33 del Reglamento de la LAN).

En el título de concesión de la minera es fundamental la vinculación de los derechos otorgados con la condicionante de la cesión de los derechos para el aprovechamiento del agua residual descargada (Reúso) para uso público urbano, a determinarse si esta será administrada por el Organismo operador de Agua Potable de Gómez Palacio Durango, otro organismo creado exprofeso o la CAED. Es importante incorporar este tema en la solicitud del título de concesión o asignación, en la decisión de su otorgamiento, en el contenido del propio título y en las obligaciones que adquiere el concesionario o asignatario, incluso como motivo de revocación del título¹⁹.

El incentivo que tendría la empresa minera al ceder el aprovechamiento del agua residual proveniente del laboreo de la mina es regularizar sus aprovechamientos, evitar construir la planta de tratamiento y no pagar derechos de descarga (excepto por algunos derrames), multas fiscales y administrativas y

¹⁸ Artículo 45, de la Ley y 33 del Reglamento de la LAN

¹⁹ Artículos 21 Fracción VII, artículo 22 Fracción II, 23, 29 BIS VII

eventualmente evitar la clausura de sus aprovechamientos y de la obligación de la reparación de un posible daño ambiental, además de obtener seguridad jurídica de sus aprovechamientos.

5.3.3 Arreglo institucional para el aprovechamiento del agua para uso público urbano

5.3.4 Instancia titular de derechos transferidos para uso público urbano

En primera instancia se requeriría tener claridad sobre los derechos y obligaciones de todas las partes involucradas, en el caso la CAED, los ayuntamientos y los organismos operadores. En primer término, será importante determinar cuál será la instancia que recibirá el agua y que jurídicamente tendrá vinculación con la empresa minera concesionaria. ¿Será la CAED? ¿El organismo operador del municipio de Gómez Palacio? ¿Un organismo operador creado exprofeso? La definición de la instancia obligada/titular de derechos es vital como punto inicial del arreglo institucional con otros ayuntamientos y organismos operadores.

La respuesta a estas interrogantes deberá pasar por el análisis de la estructura administrativa, capacidad y facultades de los entes existentes, en lo particular del organismo operador de Gómez Palacio, Durango, ya que los restantes organismos no tienen la estructura administrativa ni el presupuesto necesarios para este efecto.

La otra alternativa sería que, por cuestión excepcional y frente a la solicitud de los ayuntamientos cuyos municipios se beneficiarían con la provisión del agua potable a reusarse, dicha prestación pueda llevarse a cabo por la CAED²⁰.

Cabe mencionar que además de las instancias antes mencionadas, existe la posibilidad de creación de un organismo público descentralizado,²¹ constituido específicamente para la prestación de estos servicios públicos, sin embargo, ello traería como consecuencia el engrosamiento de la administración pública y solo tendría justificante si ninguno de los organismos existentes fuese el indicado para prestar estos servicios públicos.

5.3.5 Convenio de colaboración y coordinación para el uso, distribución y pago del agua potable

En cualquier caso, en virtud de que la provisión del agua potable será para varios municipios, consideramos oportuno solidificar los derechos y obligaciones de los mismos, así como los de la CAED, mediante convenio de colaboración y coordinación, en el que, entre otros aspectos, se definan los siguientes:

- a) Narración de antecedentes, hechos y definiciones
- b) Partes
- c) Objeto del convenio
- d) Duración
- e) Definición de derechos y obligaciones de las partes
- f) Financiamiento
- g) Causas de suspensión y/o terminación del convenio
- h) Cláusulas de salida

²⁰ Art. 7, f. V Ley de Agua para el Estado de Durango

²¹ Art. 4, f. I, Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Durango

En la **narración de antecedentes y hechos** es preciso clarificar el origen del proyecto, en el que se incluya la participación de todas las instancias involucradas, inclusive las de tipo federal, la aportación de recursos que cada parte hubiese efectuado o que efectuará, la fuente de los derechos de agua y las definiciones a tomarse en consideración para efectos del convenio.

Las **partes** deben incluir a la CAED y los organismos operadores, los cuales será indispensable sean entidades paramunicipales y no estar dentro de la estructura municipal, pues ello restaría la autonomía necesaria a todo el esquema a crearse para la provisión del servicio público.

El **objeto** del convenio debe centrarse en el uso, que implica la determinación de porcentajes o determinados volúmenes, la forma de distribución del agua, es decir, quién y cómo se efectuará esta, así como la obligación de pago por la provisión de la misma así como la contribución de derechos que en su caso se generen.

En cuanto a la **duración**, esta estaría en todo caso vinculada a la de la concesión, aunque sería conveniente establecer mecanismos de revisión del clausulado en forma periódica, de acuerdo con las necesidades detectadas por las partes, en lo particular para aspectos específicos como el sistema tarifario, formas de pago, etc.

Los **derechos y obligaciones** dependerán del ente encargado de la prestación de los servicios públicos y la forma de relación con los otros entes o instancias.

Entre otras obligaciones y facultades del **organismo operador** encargado estarán:

- a) recibir el agua residual de la compañía concesionaria
- b) contar con la infraestructura suficiente para almacenar el agua residual, tratarla y potabilizarla y operar la PTAR, así como la planta potabilizadora
- c) contar con la infraestructura para el transporte del agua hasta el punto de entrega, darle mantenimiento, mejorarla y extenderla
- d) Participar, en coordinación con los Gobiernos Federal y Estatal, en el establecimiento de las políticas, lineamientos y especificaciones técnicas, conforme a los cuales deberá efectuarse la construcción, ampliación, rehabilitación, administración, operación, conservación, mejoramiento y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento que se establezca para el reúso de aguas provenientes de la Mina.
- e) efectuar el pago de derechos que deban pagarse a la CONAGUA
- f) presentar las declaraciones e informes correspondientes
- g) cerciorarse del cumplimiento de la normatividad de agua, salud y ambiental para la provisión de agua potable a la población
- h) establecer mecanismos de revisión periódicos y puntuales de la calidad del agua
- i) medir el volumen de agua recibida y entregada
- j) Entregar el agua en los puntos y volúmenes acordados
- k) Fomentar los mecanismos de planeación, coordinación y colaboración que se implementen para el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y la operación para el tratamiento, potabilización y aprovechamiento del agua reusada.

De los restantes municipios y organismos operadores beneficiarios del agua:

- a) pagar el costo de mantenimiento de la red de distribución
- b) pagar la tarifa que se defina al organismo operador encargado del tratamiento y potabilización del agua
- c) establecer mecanismos de revisión periódicos y puntuales de la calidad del agua
- d) medir el volumen de agua recibida
- e) Recibir el agua en los puntos y volúmenes acordados
- f) Participar en los mecanismos de planeación, coordinación y colaboración que se implementen para el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y la operación para el tratamiento, potabilización y aprovechamiento del agua reusada.
- g) Fomentar los mecanismos de planeación, coordinación y colaboración que se implementen para el mantenimiento y mejoramiento del sistema

De la CAED:

- a) Representar al Estado en las actividades de coordinación y concertación para la prestación del servicio público²².
- b) Coordinar y fomentar los mecanismos de planeación, coordinación y colaboración que se implementen para el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y la operación para el tratamiento, potabilización y aprovechamiento del agua reusada.
- c) Ejecutar obras de infraestructura hidráulica en coordinación y por convenio con la Federación, para la construcción de PTAR y potabilizadora.
- d) Coadyuvar con los organismos operadores en las gestiones de financiamiento y planeación de obras para los sistemas requeridos en la prestación del servicio de agua potable, así como en los mecanismos para su distribución entre los distintos organismos operadores.
- e) Fungir como mediador y conciliador respecto al cumplimiento de lo acordado en el convenio entre las partes
- f) Evaluar el cumplimiento del convenio y proponer modificaciones al mismo de acuerdo con las circunstancias del caso, según proceda.
- g) Solicitar a las autoridades competentes la expropiación, ocupación temporal, total o parcial, de bienes o la limitación de los derechos de dominio que en su caso se requieran y respecto de los cuales no se pudo llegar a una negociación con sus propietarios²³.

5.3.6 Financiamiento

En los derechos y obligaciones a definirse es importante la definición de costos por la operación, administración y mantenimiento de la planta potabilizadora, las obras de entrega y los pagos a efectuar por cada beneficiado que podría ser en función de dichos costos dividido entre los volúmenes

²² Art. 15, f. III Ley de Agua para el Estado de Durango

²³ Art. 15, f. IX Ley del Agua del Estado de Durango

suministrados y multiplicados por el volumen entregado en bloque a cada Organismo operador o Municipio²⁴.

En el mismo convenio se establecería el compromiso de los operadores de cancelar los pozos y extracciones actuales para incidir en la recuperación del acuífero.

Los municipios y organismos operadores tendrían el incentivo de ahorro de energía por bombeo y probablemente disminuirían los costos de potabilización al disminuir probablemente el contenido de arsénico y otros contaminantes que ahora contiene el agua extraída de los pozos, lo que de acuerdo a información proporcionada no incidirá necesariamente en una disminución de las tarifas, pero como resultado más importante, (al sustituir los volúmenes por agua extraída de los acuíferos) permitirán la recuperación de estos.

La población también sería beneficiada en el abastecimiento por (probable) mayor regularidad en el suministro, mejor calidad del agua y (probable) mayor accesibilidad a pagar mayores tarifas y tener mayor voluntad de pago.

Para garantizar el suministro a las poblaciones y en virtud de una eventual falla en la entrega de agua residual por parte de la empresa, se recomienda mantener los pozos actuales (en condiciones óptimas), para ser utilizados en casos de emergencia o desabasto.

Respecto al financiamiento de la obra (en el caso de inversión federal) se debería explotar la posibilidad de utilizar la Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica, la cual en el caso de agua en bloque a poblaciones, prevé recuperar parcialmente la inversión federal en plazos hasta de 25 años.

Dada la escasez del agua en la región y los efectos persistentes de sequía que se han experimentado en los últimos años, la utilización de agua residual tratada y potabilizada constituye una alternativa muy interesante para incrementar la oferta de agua, aunado a los beneficios ambientales que dicha práctica genera.

Congruente con la ley ambiental estatal habría que explorar los posibles incentivos fiscales que se pudieran otorgar por parte del gobierno estatal.

Para financiar parcialmente la obra pudiera aprovechar el fondo metropolitano que llega a financiar algunas obras de agua potable a las *poblaciones* (en 2017 este fondo ascendió para la región lagunera en alrededor de 200 millones de pesos)²⁵.

Una de las condiciones esenciales para que el sistema funcione, es la necesaria revisión y progresivo alcance de autonomía financiera de los organismos operadores en la prestación de los servicios públicos, por lo que todos los municipios deberán contar con un Proyecto Estratégico de Desarrollo tal y como lo dispone el art. 33 de la Ley del Agua para el Estado de Durango.

²⁴El monto de la contribución obtenida se dividirá entre la capacidad de suministro del sistema, medida en metros cúbicos por segundo, y el cociente obtenido se multiplicará por el volumen asignado o concesionado por la Conagua a cada usuario del sistema, medido en metros cúbicos por segundo y el resultado será el monto de la contribución a cargo de cada contribuyente

²⁵ Presupuesto de Egresos de la Federación para 2017

5.3.7 Fideicomiso público para la captación, administración y desembolso de los recursos

En virtud de que para el financiamiento de las obras y la necesidad de captar recursos para su operación que trasciendan las administraciones municipales y estatal, es importante considerar crear un Fideicomiso Público, en donde se ingresen todos los recursos captados (incluso los ingresos por pago de cuotas) lo que permitiría un mejor y más flexible acceso a los recursos.

5.4 Conclusiones

De acuerdo con la información con la que se cuenta se puede concluir y recomendar lo siguiente:

5.4.1 Seguridad jurídica del agua de laboreo

Aunque cuente con concesión para Explotación Minera la empresa Excellon de México S.A de C.V, debe solicitar y obtener título de concesión por extracción de agua del subsuelo y especialmente permiso de descarga de agua residual conforme a lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

La dificultad para obtener la concesión es que el Acuífero Principal de la Laguna es zona de veda y, además que la empresa alega no tener esa obligación amparándose en la Ley Minera. La Ley de la Materia en este caso es la Ley de Aguas Nacionales, misma que no hace ninguna excepción para ningún usuario que explote, use o aproveche aguas nacionales.

La confusión puede deberse a la redacción del artículo 124 del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, en la que no se menciona explícitamente la obligación a obtener la concesión para el agua proveniente de laboreo de mina, pero la propia Ley no establece en ninguno de sus artículos un tratamiento especial para la extracción de aguas del subsuelo para laboreo de minas.

Por lo anterior dado que es un aprovechamiento de hecho sujeto a infracciones sanciones e incluso clausura (hasta la fecha no se tiene conocimiento de la imposición de alguna sanción a la minera) y con el fin de regularizar esa situación es necesario evaluar la posibilidad de que la CONAGUA otorgue la concesión de oficio tal como lo establece el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (aunque sea zona de veda).

Por otro lado de acuerdo a datos proporcionados, el balance de disponibilidad del acuífero el agua extraída del acuífero no está considerada ni en los volúmenes registrados como concesionados ni en los volúmenes correspondientes a la extracción estimada por estudios técnicos, lo que sugiere que el balance reportado por la Conagua es erróneo, y el volumen disponible del laboreo de la mina es considerable, incluso superior al déficit anual que reporta Conagua (23,591,952 m³).

En cuanto el permiso de descarga el propio reglamento establece la obligación de que el agua proveniente de laboreo de minas debe cumplir con las normas oficiales mexicanas antes de su descarga y obtener permiso de descarga en cuerpos receptores que sean bienes nacionales (incluso descarga al suelo).

La empresa concesionaria de la Mina está obligada a pagar derechos de descarga conforme a la Ley Federal de Derechos, al ceder el agua de laboreo para que sea tratada, potabilizada y entregada a los municipios y localidades de Gómez Palacios Rural, Tlahualilo y Mapimí se desprendería de la obligación de pagar derechos por la cantidad de agua y entregada.

De acuerdo también al Reglamento de la Ley de Aguas nacionales el agua sobrante y disponible de laboreo de la mina debe ponerse a disposición de la CONAGUA. Lo que le permitiría a la minera

cumplir con la disposición de entregar el agua a la autoridad y permitir lograr el equilibrio entre extracción y explotación del acuífero.

Por otro lado, la regularización del aprovechamiento traerá mayor seguridad jurídica a la propia minera para garantizar la extracción de agua en la que sustenta en gran parte su actividad.

Igualmente se podría incluir en algún convenio formal e incluso en la concesión, la obligación de entrega del agua proveniente del laboreo de la mina “La Platosa” para los fines del proyecto, con ello se garantizaría su permanencia y así evitar una cancelación unilateral de parte de la actividad de entrega del agua sobrante.

Habría que aprovechar la circunstancia de que la minera está actualmente en disposición de entregar el agua de laboreo, en los sitios de entrega convenidos en el proyecto y que es del interés del gobierno del estado que se desarrolle el proyecto.

Reforzando lo anterior la Conagua está en disposición de que el agua extraída por la mina sea aprovechada por los organismos operadores locales y sea agua de sustitución, sin modificar los volúmenes concesionados a cada organismo, dicho de otra forma, deberán dejarse de operar la cantidad de pozos necesaria para igualar el volumen de agua entregado desde la mina.

Un problema que se puede presentar para disponer el agua de laboreo (que corresponde a un caudal de 1300 L/s, equivalente a 2, 480, 400 m³ por mes) es que actualmente se descarga y es aprovechada por 11 usuarios de riego, por lo que habría que negociar con los agricultores que seguramente serán afectados. Respecto a lo anterior, habría que explorar la posibilidad de financiar la tecnificación de sus sistemas de riego o se adquirieran (transmitan) los derechos de los agricultores sobre esa agua y se tenga la menor afectación posible en la producción y productividad agrícola.

5.4.2 Seguridad jurídica sobre la tenencia de la tierra necesaria para el proyecto

La planta potabilizadora se propone en un terreno privado, el trazo propuesto del acueducto se propone por derechos de vía federal, caminos rurales y por un predio privado.

Respecto a los terrenos privados para la planta potabilizadora y parte del acueducto se tiene entendido de que los propietarios están en disposición de vender los terrenos necesarios. Habría que fijar el precio de venta en función de un avalúo comercial que tendría como base el precio del catastro local o un avalúo comercial realizado por una institución bancaria o bien recurrir al Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales para determinar un posible precio.

En cuanto a derechos de vía habría que solicitar concesión permiso o autorización de bienes federales en función de la Ley de Bienes Nacionales y celebrar ante Notario Público y escriturar un “contrato de servidumbre de acueducto” conforme al Código Civil del Estado de Durango.

En el caso de que el proyecto ejecutivo determine la necesidad de expropiación de algún terreno privado, se debe hacer el trámite correspondiente, siguiendo lo establecido por la Ley de Expropiación Federal y en la Ley de Expropiación para el Estado de Durango que prevén la posible expropiación para este tipo de obras, según sea el caso.

5.4.3 Servidumbres

Será necesario constituir servidumbres de acueducto y considerar éstas para la determinación del costo del proyecto.

5.5 Autorización en materia de impacto ambiental

Es importante considerar la necesidad de tramitar y obtener en términos de la LGEEPA y su Reglamento en materia de Impacto Ambiental, la autorización de impacto ambiental correspondiente, entre otras razones si se trata de obras de conducción para el abastecimiento de agua nacional que rebasen los 10 kilómetros de longitud, que tengan un gasto de más de 15 l/s y cuyo diámetro de conducción exceda de 15 centímetros o bien por las plantas de tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales.

En su caso se requiere la evaluación de impacto ambiental en función de los artículos 17 y 18 fracción IV de la Ley de Gestión Ambiental Sustentable del Estado de Durango que establece la obligación de la autorización previa a la construcción, modificación, o ampliación de obras públicas o privadas, así como cualquier actividad que pueda ocasionar impacto ambiental por la cantidad y calidad de los recursos naturales que afecte.

5.6 Aspectos institucionales

Se debe procurar la participación y los consensos de todos los actores involucrados y en todas las fases del proyecto: municipios, organismos operadores (de los tres municipios) CAED, Conagua y de la Empresa Excellon de México S.A de C.V. previo a la elaboración de convenios o contratos que sean necesarios.

Se recomienda que la CAED coordine todo el proceso. Incluso se debe evaluar la posibilidad de establecer un Comité técnico Supervisor que presida la CAED que supervise y se reúna periódicamente para evaluar el avance y el cumplimiento de los acuerdos y convenios celebrados.

Los Municipios y Organismos operadores involucrados deberán evaluar su estructura administrativa y física, a satisfacción de CAED para hacer posible el efectivo cumplimiento de todo el proyecto y en su caso realizar los ajustes estructurales y administrativos pertinentes.

Especialmente se debe fortalecer al Organismo operador de Gómez Palacio que se encargará de suministrar el agua potable a los otros dos municipios y generar los mecanismos para prevenir desequilibrios y conflictos entre este organismo y los de los restantes municipios a los que se proveerá de agua.

5.7 Planeación

Es fundamental la participación y aprobación del proyecto de los ayuntamientos de Gómez Palacio, Mapimí y Tlahualilo en las fases de planeación (proyecto de factibilidad y proyecto ejecutivo) y en la supervisión de las fases de construcción y operación del acueducto y planta potabilizadora y otras obras necesarias.

Debe avanzarse a la brevedad en el proyecto ejecutivo de la planta potabilizadora, el acueducto, sistemas de entrega a las poblaciones y demás obras necesarias.

Sería de gran utilidad el apoyo técnico de instancias especializadas y apropiadas para el diseño y trazo de la obra, la tecnología de tratamiento, planta de bombeo, tanque de regularización, piletas, sitios de medición y las líneas de conducción y distribución desde dicho tanque, hasta los puntos de entrega de agua en bloque y en general en todo el proyecto ejecutivo. En este esquema se recomienda que en

caso de ser pertinentes se puedan utilizar esquemas asociativos de participación pública y/o público-privada.

5.8 Financiamiento

Evaluar las alternativas más convenientes para el financiamiento de la obra: recursos federales, estatales o municipales o una mezcla de ellos.

Si se recurre a recursos federales habrá que cumplir con las reglas de operación del PROAGUA, principalmente del APAUR (apartado urbano) que comprende apoyo del 50 % (cuando menos) de apoyo a fondo perdido para la planeación, construcción, rehabilitación y ampliación de infraestructura para los servicios de agua potable, líneas de conducción, plantas de bombeo, tanques de regulación y/o almacenamiento, redes de distribución, macro y micromedición (entre otras) para poblaciones mayores o iguales a 2,500 habitantes y del APARURAL (apartado rural) que apoya la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales, mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades menores a 2,500 habitantes, con la participación comunitaria organizada.

En ambos casos, la contraparte de recursos podrá estar integrada por recursos estatales o municipales, organismos operadores partiendo de su generación interna de caja, recursos o aportaciones del sector social o participación de la iniciativa privada u otra forma. También podrá estar integrada con recursos provenientes del Fondo Regional (FONREGION), Fideicomiso para la Infraestructura en los Estados (FIES), Fideicomisos constituidos por las Entidades Federativas, Fondo de Aportaciones de Infraestructura Social Municipal (FAIMS), Programa de Infraestructura para el Desarrollo Ambiental (PIDA), el fondo metropolitano de la Laguna, donativos y donaciones, incluso créditos de bancas de desarrollo Recursos del FONADIN y financiamiento internacionales entre otros. Al efecto habría que evaluar la posibilidad que CAED cree un fideicomiso público, en los que se integren todos los recursos disponibles.

Es importante contar con una estructura autónoma para la canalización y administración de dichos recursos y evitar así que estos sean destinados a fines distintos para lo cual son generados y evitar así, por una parte, la falta de mantenimiento del sistema y por otra la generación de recursos en forma puntual y constante para mejorar el sistema para la prestación de servicio público de agua potable con el agua de reúso.

De acuerdo con la información obtenida en el presente proyecto concurren recursos federales (de programas federalizados) recursos estatales y recursos municipales. Debido a lo anterior, una posible forma de administración sea a través de la creación de un Fideicomiso Público en donde se ingresen todos los recursos captados (incluso los ingresos por pago de cuotas) lo que permitiría un mejor y más flexible acceso a los recursos que requiere el sistema de entrega de agua en bloque, además que no se dejaría a un solo municipio u organismo operador la administración de los fondos lo cual redundaría en una mayor transparencia y equidad en el manejo de los recursos. Para este efecto, se recomienda ver la estructura y forma de funcionamiento del Fideicomiso Irrevocable de Administración y Fuente de Pago Num. 1928, que opera en el Valle de México y crear una estructura propia adaptada a la condiciones y necesidades de los organismos operadores involucrados, así como del Estado de Durango.

5.9 Construcción

La licitación de obra y planta potabilizadora estaría a cargo de la CAED con la asesoría de CONAGUA en tanto se tenga el proyecto ejecutivo.

La contratación del proyecto y su ejecución estaría a cargo de la CAED, con la supervisión de CONAGUA (dado que se emplearían recursos federales) y probablemente con la asesoría técnica y el visto bueno de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

5.10 Operación

El SIDEAPA (Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, Durango) se hará cargo de la operación de la obra y la potabilizadora para lo cual habrá celebrar y formalizar un convenio entre CAED, los municipios y Gómez Palacio, en donde éste último tenga el compromiso de la operación de la obra y la entrega en tiempo y forma del agua en bloque a los otros municipios y sus localidades involucrados, en que se defina los volumen a suministrar y los sitios de entrega en las facultades residual de CAED y los otros dos municipios para su cumplimiento, con supervisión de cumplimiento por parte de CONAGUA, o bien con supervisión de un Comité técnico Supervisor, creado exprefeso.

Se recomienda celebrar un convenio entre SIDEAPA y los otros organismos operadores de los municipios involucrados, en donde se comprometen las partes a dejar de extraer agua del subsuelo en la misma cantidad que se les esté suministrando del agua de laboreo de la Mina y los plazos de cumplimiento. Este convenio será ratificado, aprobado y evaluado en su cumplimiento por parte de CAED con el apoyo técnico de la CONAGUA.

Se recomienda negociar con CONAGUA la no caducidad de los derechos de agua que tienen ahora los organismos municipales, para conservar los pozos que tienen actualmente funcionando, que podrían utilizarse en caso extremo, de emergencia o desabasto.

El Organismo operador de Gómez Palacio podría acudir a financiamientos del PRODI (Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento) para mejorar la calidad del servicio de agua potable en poblaciones, preferentemente entre 50 mil y 900 mil habitantes que establece apoyos a fondo perdido para reducción de costos de operación, incremento de los ingresos propios, reducción de pérdidas físicas de agua y sostenibilidad de las acciones e inversiones

Igualmente, en localidades pequeñas que ven beneficiadas con el acueducto se podría recurrir al programa federalizado APARURAL (Apartado Rural) que apoya la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales, mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades menores a 2,500 habitantes, con la participación comunitaria organizada.

5.11 Tarifas

De acuerdo con información proporcionada es posible que se incremente el costo por metro cúbico de agua, ya que el utilizar el agua del proyecto será más costoso energéticamente y el tratamiento, pero a cambio reduciría el impacto en el acuífero.

Se deberá calcular y proponer al Congreso del Estado tarifa de agua en bloque, en función de los costos de administración y operación de la planta potabilizadora y de los costos de bombeo para el suministro, para su publicación en la Ley de Hacienda y en la Ley de Ingresos Municipal.

En el cuadro siguiente se presenta un mapa de acciones que le corresponden a cada uno de los actores involucrados en el proyecto en los temas de planeación, financiamiento, construcción, operación y tarifas de acuerdo con la normatividad vigente:

5.12 Mapa de actores y acciones

Actores	Tarifas				
	Operación				
	Construcción				
	Financiamiento				
	Planeación				
Municipios y Organismos operadores de Gómez Palacio, Mapiquí y Tlahualilo	<p>Participan en la planeación, construcción y operación del acueducto y planta potabilizadora²⁶</p> <p>La planeación del proyecto será congruente con los planes municipales de desarrollo urbano de Durango de los tres municipios²⁷</p>	<p>La CAED negociará recursos federales, estatales y municipales al afecto</p> <p>Los municipios pueden ser ejecutores de los programas federalizados APAUR y APARURA (que apoyarían el proyecto) cuando el</p>	<p>LA CAED será encargada de la ejecución del proyecto:</p> <p>En caso de:</p> <p>Programas federalizados:</p> <p>APAUR:</p> <p>Apoyos a la construcción:</p> <p>Incremento de cobertura (obras) 60% para localidades menores a 15,000 habitantes y hasta del 50% para aquellas iguales o mayores a 15,000 habitantes (más incremento por marginación y pobreza de las poblaciones) menores a 15,000 habitantes (hasta un 10% más por marginación y hasta 100% en los</p>	<p>Celebran convenio para entrega de agua en bloque potabilizada y se comprometen a sustituir el agua extraída del acuífero por el agua potable suministrada por el acueducto en bloque, negocian con Conagua no caducidad de derechos³⁴</p> <p>Para el uso y aprovechamiento de las aguas residuales, se estará a lo dispuesto en las</p>	<p>Corresponde a los organismos operadores del proyecto la administración y recaudación de sus propios ingresos.^{37 y38}</p> <p>Son autoridades fiscales los Municipios del proyecto o los organismos operadores de agua potable, alcantarillado de los tres municipios³⁹.</p>

²⁶ Artículos 9 y 28 de la Ley de Aguas de Durango

²⁷ Artículo 11 de la Ley de Agua de Durango

³⁴ Alegando se hayan realizado inversiones para elevar la eficiencia en el uso del agua, (Artículo 29 BIS 3 de la Ley de Aguas Nacionales

³⁷ Artículo 17 Ley de Hacienda para los Municipios del Estado De Durango

³⁸ Código Fiscal Municipal Artículos 11, 17 fracción IV y 18)

³⁹ Artículo 17 fracción IV) 11 del Código Fiscal Municipal

	<p>estado esté imposibilitado para ejecutarlo ²⁸</p> <p>Para acceder a los Programas federalizados deberán estar al corriente de pago de derechos federales para acceder a los programas federales, que apoyarían las obras ²⁹</p>	<p>clasificados por SINHAMBRE, cuando tenga 20% de cobertura por logro de eficiencias (Gómez Palacio 361,144 habs.30) Tlahualilo 22,895 habs.31. Mapimí 22940 habs.32. También por obras de relevancia, urgencia o emergencia el apoyo puede ser hasta del 100%</p> <p>APARURAL</p> <p>El porcentaje de apoyo federal podrá ser hasta del 60%. (aplica a localidades rurales de los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí)</p> <p>Adicionalmente en localidades de muy alta o alta marginación un 10% en el Componente de infraestructura. Y otros cuando se presenten problemas de salud o</p>	<p>Normas Oficiales Mexicanas sobre la materia.³⁵</p> <p>Norma SSA 127 ³⁶</p>	
--	--	--	---	--

²⁸ Reglas de operación para el programa de agua potable, drenaje y tratamiento a cargo de la Conagua para 2017, Diario Oficial de la Federación 28 de diciembre de 2016

²⁹ Parágrafo 4.4 de las Reglas de Operación del PROAGUA

³⁰ Estimaciones de CONAPO en base a INEGI. <http://www.trcimplan.gob.mx/indicadores-gomez-palacio/sociedad-poblacion-estimada.html>

³¹ Encuesta Intercensal 2015 INEGI

³² <http://www.nuestro-mexico.com/Durango/Mapimi/>

³⁵ Artículo 87 de la Ley de Gestión Ambiental sustentable del Estado de Durango

³⁶ NOM-127-SSAI-1994 (NOM-127) "Salud ambiental, Agua para uso consumo humano, Límites permisibles de calidad de agua y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización"

			coberturas bajas, que pueden ser hasta del 100% ³³		
Minera “La Platosa”	Pone a disposición de CONAGUA el agua sobrante y disponible de laboreo y solicita y obtiene permiso de descarga 40		En su caso es sujeto de expropiación por causa de utilidad pública de los terrenos necesarios para la obra, la expropiación se haría por indemnización mediante avalúo realizado, por el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales ⁴¹ .	Tramita título de concesión o lo obtiene de oficio por parte de CONAGUA Conviene la disposición del agua de laboreo indefinidamente para fines del proyecto	
Comisión Nacional del Agua	Recibe el agua de laboreo de la Mina ⁴² Establece lineamientos para el trámite y otorgamiento de concesión de oficio ⁴³ a la mina La Platosa y permiso de descarga Apoya el fortalecimiento e incremento de cobertura de los OO		Celebrar ante notario público y escriturar un contrato de servidumbre de acueducto en términos del Código Civil del Estado de Durango.	Establece en concesión compromiso de entrega del agua de laboreo de la Mina en el título de Concesión y en el permiso de descarga ⁴⁶	

³³ Reglas de operación de PROAGUA Apartados 5.3 y 5.5

⁴⁰ Artículo 124 del Reglamento de la Ley de aguas nacionales

⁴¹ Artículo 1 Fracción I y Artículo 10 segundo párrafo de la Ley de Expropiación, Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1936, actualizada a enero del 2012

⁴² Artículo 124 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

⁴³ Artículo 41 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

⁴⁶ Puede adicionarse esa obligación en el título concesión que se le otorgue a la mina (Artículo 28 de la Ley de Aguas Nacionales)

	<p>que dejará la obra mediante los programas APAUR Y APARURAL componentes de cobertura e infraestructura) ⁴⁴ a través de CAED</p> <p>La Conagua impondrá servidumbres para las obras del acueducto y demás obras hidráulicas relacionadas con el proyecto 45</p>				
<p>Organismo de Cuenta “Cuentas Cerradas del Norte”</p>	<p>Tramita de oficio el título de concesión y permiso de descarga de la mina</p> <p>Elaboró los proyectos “Proyecto del acueducto río Nazas – Comarca Lagunera, incluyendo las obras de La Platosa de bombeo, planta</p>	<p>Coadyuva en la negociación de recursos de programas federales</p>			

⁴⁴ Artículo 5 párrafos 5.3 y 5.5 de las Reglas de operación para el programa de agua potable, drenaje y tratamiento a cargo de la Conagua para 2017, Diario Oficial de la Federación 28 de diciembre de 2016

⁴⁵ Artículo 29 BIS 5 de la Ley de Aguas Nacionales

	potabilizadora, tanques de entrega y red troncal para el suministro de las ciudades de Lerdo y Gómez Palacios” y el anteproyecto para Abastecimiento de Agua Potable a los municipios de Mapimí, Tlahualilo y Gómez Palacio Rural, Durango, desde la Mina "La Platosa",				
Comisión de Agua del Estado de Durango y/o Gobierno del Estado	Elaboración de estudios: “Estudio de factibilidad técnica y financiera para el aprovechamiento de las aguas de laboreo de la mina “La Platosa para el abastecimiento de agua potable a los municipios de Tlahualilo,	Se encarga de dar seguimiento y evaluar avance en la aplicación de los programas federales e informar a Conagua cada mes o cada tres meses ⁵⁰ Presupuestar recursos para la contraparte	obtiene concesión, autorización o permiso de zonas federales y bienes de uso común para construcción del acueducto y derechos de vía en términos de la Ley de Bienes Nacionales En su caso debe solicitar a la asamblea ejidal, por medio de Sedatu: la aprobación de los contratos y convenios que tengan por objeto el uso o disfrute de los terrenos involucrados en la obra. (acueducto)potabilizadora etc. ⁵⁴		

⁵⁰ Artículo 8 de las Reglas de Operación para el Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento cargo de La Comisión Nacional Del Agua, Aplicables A Partir De 2017

⁵⁴ Artículos 9, 17 y 23 Fracción V Ley Agraria

	<p>Mapimí y Gómez Palacio, Durango (con IMTA)⁴⁷</p> <p>Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la región lagunera, localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimi,⁴⁷</p> <p>Las autorizaciones, licencias, permisos, concesiones y constancias deberán tomar en cuenta la racionalidad en el aprovechamiento de las fuentes de</p>	<p>de la obra de acueducto y planta potabilizador a⁵¹que puede ser aportada por el estado o los municipios u organismos operadores⁵²</p> <p>⁵³.</p>	<p>Preside la Comisión de Regulación y Seguimiento (CORESE) del PROAGUA en sus apartados APAUR y APARURAL⁵⁵</p> <p>Ejecuta los proyectos derivados de los programas federales mediante convenio específico con Conagua</p> <p>Licita la obra de acueducto y planta potabilizadora⁵⁶</p> <p>Requiere previamente la aprobación del Congreso del Estado⁵⁷</p> <p>De acuerdo a la Ley Orgánica de la Administración Pública del</p>		
--	--	--	---	--	--

⁴⁷ Les le corresponde realizar estudios de factibilidad técnica y financiera del proyecto de suministro De agua potabilizada en bloque a los tres municipios (Artículos 2 Fracción XXXIV, 117,118 y 119)

⁵¹ Artículos 34 y 76 de la Ley de Agua del Estado de Durango

⁵² Parágrafo4.5 de las Reglas mencionadas que también menciona que la contraparte podrá estar integrada con recursos provenientes del Fondo Regional (FONREGION), Fideicomiso para la Infraestructura en los Estados (FIES), Fideicomisos constituidos por las Entidades Federativas, Fondo de Aportaciones de Infraestructura Social Municipal (FAIMS), Programa de Infraestructura para el Desarrollo Ambiental (PIDA), Fondos Metropolitanos y donativos y donaciones, entre otros.

⁵³ Artículos 7 Fracción X y 8 segundo párrafo

⁵⁵ Artículo 2 de las Reglas de Operación del PROAGUA (definiciones)

⁵⁶ En función de la Ley de Obras Públicas, Artículo 34 Fracción I y II. 18, 61 y de los Artículos 1 y 17 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios, ambas del Estado de Durango

⁵⁷ Ley de Proyectos de Inversión Y Prestación de Servicios del Estado de Durango (Artículo 5)

	<p>agua y la integración adecuada a las redes y sistemas de servicios públicos⁴⁸</p> <p>Corresponde a la Secretaría de Finanzas y de Administración evaluar y normar la política de planeación democrática⁴⁹</p>		<p>Estado de Durango le corresponde a</p> <p>la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas ejecutar obras de agua potable ⁵⁸ (acueducto y planta potabilizadora)</p> <p>Corresponde a la secretaría de Desarrollo,</p> <p>o social promover en los programas sociales la construcción de obras de infraestructura social básica en agua potable, drenaje, electrificación, saneamiento ambiental y equipamiento urbano⁵⁹ (obras relacionadas con el proyecto)</p> <p>Corresponde a la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente la Evaluación del impacto ambiental que establecen la autorización previa a la construcción, modificación o ampliación de obras públicas o privadas; así como cualquier actividad que pueda ocasionar impacto ambiental⁶⁰</p>		
--	--	--	---	--	--

⁴⁸ Artículo 5º Fracción XI de la Ley General de Desarrollo Urbano para el Estado de Durango

⁴⁹ Artículo 47 de la Ley orgánica de la Administración Pública del Estado de Durango y Artículo 5 de la Ley de Planeación del Estado

⁵⁸ Artículo 3Fracción XIX

⁵⁹ Ley Orgánica de la Administración Pública del estado de Durango Artículo 37 bis 1 XVI.

⁶⁰ Artículo 17 de la Ley de Gestión Ambiental Sustentable para el Estado de Durango

<p>Coor dinaci ón de instan cias feder ales, estata les y muni cipale s</p>	<p>Participan en las fases de planeación y diseño de las obras de captación, (utilización de aguas residuales provenientes del laboreo de la mina “La Platosa”⁶¹</p>	<p>En la aplicación de los programas</p>			
<p>Orga nismo de Cuen ca Cuen cas Centr ales del Norte</p>	<p>Tramita de oficio el título de concesión y permiso de descarga de la mina Elaboró los proyectos “ Proyecto ejecutivo del acueducto río Nazas – Comarca Lagunera, incluyendo las obras de La Platosa de bombeo, planta potabilizadora, tanques de entrega y red troncal</p>	<p>Coadyuva en la negociación de recursos de programas federales</p>			

⁶¹ Artículo 7 Ley de Agua de Durango

	<p>para el suministro de las ciudades de Lerdo y Gómez Palacios” y el anteproyecto para Abastecimiento de Agua Potable a los municipios de Mapimí, Tlahualilo y Gómez Palacio Rural, Durango, desde la Mina "La Platosa",</p>				
<p>Pequeños propietarios</p>	<p>Celebrar convenios y contratos con CONAGUA y CAED que tengan por objeto el uso o disfrute (adquisición) de los terrenos involucrados en la obra. (acueducto, lugar de instalación de la planta potabilizadora etc.):</p>	<p>Podría adquirirse con fondos de CAED o del Gobierno del Estado</p>	<p>Se considera causa de utilidad pública la adquisición de bienes inmuebles para el desarrollo de obras públicas hidráulicas y servicios respectivos. En su caso son sujetos de expropiación por causa de utilidad pública el establecimiento de obras de agua potable y drenaje o saneamiento El precio de indemnización se basará en la cantidad que tuviere fijado en las Oficinas de Catastro o Recaudadoras. El exceso de valor o demérito de la propiedad particular afectada será sujeta a juicio</p>	<p>a</p>	

			pericial en su caso resolución judicial. ⁶²		
Municipio de Gómez Palacio o o Organismo operador				Opera el acueducto y planta potabilizadora y celebra convenio con los otros municipios, para entrega de agua en bloque suministrada	Calcula y propone al Congreso estatal, tarifas de agua en bloque (en función de los costos de administración y operación) de acuerdo a la Ley de Hacienda y su publicación en la ley de Ingresos municipal ⁶³ Es autoridad fiscal para cobras derechos por entrega de agua en bloque paramunicipales que funjan como organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento
Participación social y usuaria	Los usuarios pueden participar en la planeación, programación,		supervisión o vigilancia de las obras de captación, potabilización y servicios		Los usuarios deberán pagar las cuotas y tarifas generadas por la prestación del servicio público

⁶² Artículo 1 Fracción VIII y 9 de la Ley de Expropiación para el Estado de Durango

⁶³ Tal como lo establece el artículo 127 fracción II las cuotas y tarifas para el cobro de los derechos, i) Ley de Hacienda para los Municipios del Estado De Durango se calcularán en atención al costo total de la administración y operación en la prestación de los servicios públicos

	administración, operación,		del acueducto de entrega de agua en bloque ⁶⁴		de APA y S en los plazos y términos que establezca la ley de ingresos municipal ⁶⁵
Instit uto Mexi cano de Tecn ologí a del Agua	En el Diseño y trazo de la obra: (tecnología de tratamiento, planta potabilizadora con planta de bombeo, tanque de regularización, piletas, sitios de medición y líneas de conducción y distribución desde dicho tanque hasta puntos de entrega de agua en bloque y otros tanques u otro tipo de estructuras de distribución y entrega)		Realizó para CAED el “Estudio de factibilidad técnica y financiera para el aprovechamiento de las aguas de laboreo de la mina “La Platosa” para el abastecimiento de agua potable a los municipios de Tlahualilo, Mapimí y Gómez Palacio Rural, Durango		

⁶⁴ Ley de Aguas de Durango, Artículo 10

⁶⁵ Artículo 126 fracciones I a III, 129 de i) Ley de Hacienda para los Municipios del Estado De Durango

6 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS OBRAS PROPUESTAS

6.1 Alcances de la evaluación socioeconómica

El presente estudio consistirá en una evaluación del proyecto a nivel de preinversión, y está sustentada en la información proporcionada por la Comisión del Agua del Estado de Durango, “CAED”, el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, SIDEAPA, información recopilada en campo y generada en gabinete.

El objetivo de un proyecto debe ser satisfacer las necesidades que motivan el mismo, cumpliendo con las normas de calidad establecidas, ejecutarse en el momento oportuno y observando la legislación aplicable, en especial la ambiental. Es indispensable que los proyectos contemplen la sustentabilidad a largo plazo y no sólo soluciones de corto plazo. Un principio fundamental de cualquier proyecto de infraestructura es que el beneficio socioeconómico justifique los costos de inversión, operación y mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida y que sea el más rentable socialmente de todas las opciones posibles.

Con esta visión, como política oficial del Gobierno Federal a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) a partir del año 2000, las inversiones con recursos del Gobierno Federal deben contar con un estudio de evaluación socioeconómica que demuestre una rentabilidad social positiva bajo supuestos razonables.

La evaluación es un elemento medular en la selección de los mejores proyectos. La forma de medir el crecimiento que produce un proyecto de inversión es mediante la evaluación socioeconómica⁶⁶.

El momento indicado para realizar un estudio de costo-beneficio es cuando se está desarrollando la estructuración del proyecto en la etapa de **preinversión**, para que permita tomar las mejores decisiones, ya que lo que se busca es evaluar y no justificar los proyectos.

La evaluación sirve para tomar las mejores decisiones de inversión, por lo que hay que llevar un control y registro de esta viabilidad mediante los parámetros de rentabilidad dentro del presupuesto del Gobierno Federal, por lo que para dicho fin, la SHCP cuenta con la denominada Cartera de Programas y Proyectos de Inversión, la cual contiene todos los proyectos de inversión de todos los ramos del país, en donde es indispensable incorporar las evaluaciones socioeconómicas para su aprobación por parte de la Secretaría. Lo anterior con la finalidad de que la SHCP, con su aprobación, otorgue el denominado Registro en Cartera, el cual permite a las diferentes dependencias federales tramitar los recursos hacia los proyectos de inversión.

Un proyecto que presente **rentabilidad negativa** quiere decir que de llevarse a cabo su realización, no deberá de contar con la aplicación de recursos de los diferentes programas Federales.

Los **estudios de preinversión**, son estudios que son necesarios para que una dependencia o entidad tome la decisión de llevar a cabo un programa o proyecto de inversión. Fuente: SHCP

Los **estudios de preinversión** básicamente son las factibilidades técnica, ambiental, socioeconómica, financiera y legal; que es en dónde se hace la identificación de problemas, generación de objetivos, análisis de alternativas

⁶⁶ Anteriormente se le denominaba evaluación social, pero se considera más apropiado evaluación socioeconómica. Actualmente en los lineamientos de la SHCP se hace referencia como Análisis Costo Beneficio (ACB).

y evaluación del proyecto en sus diferentes ámbitos para decidir si se llega a invertir en el proyecto y desarrollar los siguientes estudios y proyectos.

La fase de preinversión es en donde se resuelven las incertidumbres de realizar o no el proyecto, con la menor inversión.

La Evaluación socioeconómica se define como la evaluación del programa o proyecto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, con el objeto de conocer el efecto neto de los recursos utilizados en la producción de los bienes o servicios sobre el bienestar de la sociedad. Dicha evaluación debe incluir todos los factores del programa o proyecto, es decir, sus costos y beneficios independientemente del agente que los enfrente. Ello implica considerar adicionalmente a los costos y beneficios directos, las externalidades y los efectos indirectos e intangibles que se deriven del programa o proyecto.

La SHCP establece 5 tipos de evaluaciones socioeconómicas aplicables a proyectos de inversión: Proyectos de Infraestructura Económica, Proyectos de infraestructura social, Proyectos de infraestructura gubernamental, Proyectos de inmuebles y Otros proyectos de inversión. Los programas que establece la SHCP son Programa de Adquisiciones, Programas de Mantenimiento, Estudios de preinversión y Otros programas de inversión.

En las especificaciones de cada una de las actividades de este estudio socioeconómico, cuando se trate de obras o proyectos ejecutivos, se estará haciendo referencia al proyecto de “Suministro de agua potable de la Mina La Platosa” y que se estará evaluando a un nivel de preinversión o ingeniería conceptual.

En el caso del proyecto “Suministro de agua potable de la Mina La Platosa”, se trata de un proyecto de tipo de Infraestructura económica a nivel de preinversión (ver Tabla 6-1 y Tabla 6-2).

Tabla 6-1 Proyectos de Infraestructura Económica

Tipo de proyecto	Tipo de obra	Sector
<p>Proyectos de Infraestructura Económica</p>	<p>Construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios.</p> <p>Infraestructura productiva de largo plazo (PIDIREGAS⁶⁷).</p> <p>Obras de rehabilitación y mantenimiento para aumentar la vida útil o la capacidad original de activos fijos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Comunicaciones y transportes • Electricidad • Hidrocarburos • Turismo

Fuente: SHCP, Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, 30 Diciembre 2013.

Tabla 6-2 Estudios de preinversión

⁶⁷ Pidiregas: Es el acrónimo de "Proyecto de Inversión de Infraestructura Productiva con Registro Diferido en el Gasto Público" el cual es la denominación genérica con la cual se hace referencia a los proyectos de obra pública financiada por el sector privado o social y construidos por un privado o un tercero.

Tipo de Programa	Tipo de operación u obra	Objeto de destino
Estudios de preinversión	Estudios que sean necesarios para que una dependencia o entidad tome la decisión de llevar a cabo un programa o proyecto de inversión.	<ul style="list-style-type: none"> Estudios de Preinversión

Fuente: SHCP, Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, 30 Diciembre 2013.

Una vez identificado el tipo de Programa o Proyecto que se va a realizar, lo siguiente es calcular el Monto total de inversión (tomando en cuenta los impuestos correspondientes, es decir, el IVA). De esta manera será posible conocer el tipo de evaluación socioeconómica (Ficha técnica, Análisis costo-beneficio simplificado, Análisis costo-beneficio, Análisis Costo eficiencia simplificado y Análisis Costo eficiencia), que se requiere para la presentación del PPI. En virtud de que el proyecto “Suministro de agua potable de la Mina La Platosa” supera una inversión de 500 mdp y se trata de un estudio a nivel de preinversión el tipo de evaluación socioeconómica a desarrollar será de **Análisis costo-beneficio** (ver Tabla 6-3).

Tabla 6-3 Evaluación socioeconómica por monto y tipo de proyecto de Inversión (PPI)

Evaluación socioeconómica	Monto total de inversión	Tipo de PPI
Análisis costo-beneficio	Mayor a 500 mdp	Programas y Proyectos de inversión
	Sin importar el monto total de inversión	Proyectos de infraestructura productiva de largo plazo
	Sin importar el monto total de inversión	Programas y proyectos de inversión distintos que determine la SHCP

Fuente: SHCP, Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, 30 Diciembre 2013.

Mdp: Millones de pesos

La evaluación socioeconómica (Análisis costo-beneficio) se realizará de acuerdo al contenido y lineamientos emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”, con fecha de publicación del día lunes 30 de diciembre de 2013 en el Diario Oficial de la Federación.

- Análisis costo-beneficio**

El análisis costo-beneficio, es una evaluación socioeconómica del programa o proyecto a nivel de prefactibilidad, y consistirá en determinar la conveniencia de un programa o proyecto de inversión mediante la valoración en términos monetarios de los costos y beneficios asociados directa e indirectamente, incluyendo externalidades, a la ejecución y operación de dicho programa o proyecto de inversión, del cual se puede destacar:

- Identificación de la problemática que genera la necesidad de realizar una evaluación para sustentar una decisión en la asignación de presupuesto federal para su completa solución o mitigación. Esta actividad se detalla en el apartado 6.2.2 *Situación actual del Proyecto de Inversión*
- La asimilación y exposición de la propuesta de solución de dicha problemática con base en un proyecto de ingeniería particular y específico, que deriva de un análisis de alternativas técnico - económico y en su caso de operación y mantenimiento. Esta actividad se especifica en el apartado 6.2.3 *Situación sin el Proyecto de inversión*
- La realización de la evaluación socioeconómica, estableciendo los costos y beneficios del proyecto de suministro de agua potable de la Mina La Platosa, y la cuantificación y valoración para determinar los indicadores de rentabilidad adecuados y las modificaciones necesarias de la evaluación costo beneficio a que su realización satisfaga los requerimientos de elaboración, soporte técnico y sustento de datos o información, presentación, contenido congruente con lo identificado por la normatividad vigente y aplicable para este tipo de estudios, estas actividades se sustentan en el los puntos Situación sin el Proyecto de inversión, Situación con el Proyecto de inversión y 6.2.5 Evaluación del Proyecto de inversión.

De acuerdo a los lineamientos de la SHCP el análisis costo-beneficio tendrá una vigencia de tres años a partir del registro en Cartera del programa o proyecto de inversión, plazo que podrá modificarse a consideración de la Unidad de Inversiones.

El análisis costo-beneficio deberá contener los siguientes apartados:

- Resumen Ejecutivo
- Situación Actual del Programa o Proyecto de Inversión
- Situación sin el Programa o Proyecto de Inversión
- Situación con el Programa o Proyecto de Inversión
- Evaluación del Programa o Proyecto de Inversión
- Conclusiones y Recomendaciones
- Anexos
- Bibliografía

En el *Subtema 5.2 Estructura del análisis Costo-Beneficio* se describe cada uno de estos apartados de acuerdo al proyecto de estudio “Suministro de agua potable de la Mina La Platosa”.

6.2 Estructura de la evaluación socioeconómica del proyecto

Los resultados que se indican a continuación en la estructura del análisis costo beneficio, son los que corresponden a la “Alternativa No. 3”, Agua de laboreo de la mina “La Platosa”.

6.2.1 Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo lo integran los siguientes puntos:

Objetivo del PPI:

El proyecto de interés denominado “Suministro de agua potable de la Mina La Platosa” tiene como objetivo: Dotar con agua de calidad para el suministro de agua potable a los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí (la localidad de Bermejillo únicamente) sustituyendo el agua extraída de los pozos actuales sin tratamiento por el agua proveniente de la mina La Platosa, tratada con una planta potabilizadora.

Problemática Identificada:

En la región de la Comarca Lagunera, se ha detectado en gran medida que, el volumen de agua extraída por pozos profundos para el abastecimiento de agua potable cuenta con la presencia de concentraciones de arsénico por arriba del límite máximo permisible que establece la NOM-127-SSA1-1994 (NOM-127) *Salud ambiental, agua para uso consumo humano-límites permisibles de calidad de agua y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización*.

Asimismo, debido a los problemas de sequía extrema prevalecientes en la región norte del país, existe un alto déficit en la oferta de agua para cubrir las demandas de abastecimiento de agua.

Ante los problemas antes mencionados sobre la calidad de las fuentes de abastecimiento disponibles y el déficit de la oferta de agua, se requiere buscar alternativas de solución para el suministro de agua a los municipios de Mapimí (Bermejillo), Tlahualilo y Gómez Palacio (Urbana y Rural).

Por lo anterior, se estudió el agua producto de laboreo de la mina *La Platosa*, extrayendo un caudal estimado para el año 2018 de 2,000 m³/s, actualmente el agua se usa para riego y otra parte se va a las barrancas o arroyos cercanos por la Mina La Platosa. Por esta razón, es importante captar parte del caudal y darle un tratamiento de potabilización para el abastecimiento público de localidades antes mencionadas del estado de Durango. Asimismo, para mitigar el abatimiento de agua subterránea y equilibrar los niveles del acuífero principal.

Breve descripción del PPI:

El proyecto de inversión se integra por la construcción de una Planta Potabilizadora con un caudal de diseño de 1,166 lts/s y un caudal producido de 967 lts/s con planta de bombeo en las cercanías de la mina La Platosa, un tanque de regularización de cambio de régimen, líneas de conducción (acueducto) y distribución desde dicho tanque hasta puntos de entrega del agua en bloque a los municipios y posibles tanques u otro tipo de estructuras de entrega.

El sistema hidráulico de abastecimiento como Propuesta IMTA (Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 3) para la “Alternativa No. 3”, Agua de laboreo de la mina “La Platosa”), se basa en el trazo de 94.68 km de líneas de conducción para abastecer las comunidades antes mencionadas. En el inciso 2.1.1 Zona de estudio, se mencionan las piletas donde descargan el agua de laboreo extraída de la mina La Platosa, se propone colocar la planta potabilizadora en un terreno contiguo, donde se ha visto la factibilidad para poderse llevar a cabo. De la planta potabilizadora se instalarán bombas que impulsen el agua al tanque Ceceda, ubicado en la población de Tlahualilo, con una línea de 33.83 km a partir de la bifurcación.

De la primera bifurcación, continua con una línea de 29.45 km, hasta llegar a una segunda bifurcación, donde se proponen dos líneas que transporten el agua, la primera hacia el este (con dirección a la colonia Popular) con una longitud de 1.76 km y la segunda con dirección al oeste con un punto de destino la colonia el Vergel a través de una línea que recorre 8.67 km.

Horizonte de Evaluación:

Para el horizonte de evaluación se consideró un periodo de 20 años, con un año de inversión y 20 de operación, proyectado hasta el año 2037.

Descripción de los principales costos del PPI:

El costo total del proyecto de inversión por infraestructura se estima en \$1,207.81 millones de pesos, más IVA, a precios de 2017; ver Tabla 6-4.

Tabla 6-4 Monto total de la inversión por infraestructura

Resumen de partidas	Importe \$
Acueducto "La Platosa"	796,086,880.80
Planta potabilizadora	361,729,784.00
Terreno-Planta potabilizadora	10,000,000.00
Rehabilitación del Tanque Bermejillo 250 m ³	145,990.05
Rehabilitación del Tanque Britinghan 500 m ³	291,980.10
Construcción de tanque con cap 1,000 m ³	2,188,706.95
Construcción de tanque con cap 2,000 m ³	3,509,804.44
Construcción de tanque con cap 7,000 m ³	9,543,981.50
Instalación eléctrica	13,254,856.68
Estructuras especiales (18)	11,059,200.00
SUBTOTAL	1,207,811,184.52
IVA (16%)	193,249,789.52
TOTAL	1,401,060,974.04

Mantenimiento y operación del PPI:

Los valores que se indican a continuación se muestran en: Tabla 6-26 y

Tabla 6-27.

- ✓ Acueducto (\$/año): 12,247,261.83
IVA (16%): 1,959,561.89
Total: 14,206,823.72
- ✓ Planta potabilizadora (\$/año): \$155,516,020.00
IVA (16%): \$24,882,563.20
Total: 180,398,583.20

Descripción de los principales beneficios del PPI:

Beneficios cuantificables

- Ahorro en energía eléctrica por bombeo
- Mantenimiento de infraestructura hidráulica
- Costos de cloración
- Tarifas (\$/año).

Beneficios intangibles

- Aprovechamiento parcial del agua como segundo uso (abastecimiento de agua potable) proveniente de la mina la Platosa y para otros usos, principalmente para la agricultura, para lo que actualmente se emplea, evitando conflictos sociales.
- Reducción del abatimiento del acuífero Principal, al dejar de extraer agua subterránea para primer uso.

Monto total de inversión (con IVA):

El importe total de obra hidráulica propuesta como Alternativa No. 3:

- ❖ Infraestructura hidráulica:
 - Planta potabilizadora y acueducto: \$ 1,401,060,974.04
- ❖ Mantenimiento y operación:
 - Acueducto (\$/año): \$ 14,206,823.72
 - Planta Potabilizadora (\$/año): \$ 180,398,583.20

Importe total: \$1, 595, 666,380.96

Riesgos asociados al PPI:

En la ver Tabla 6-5, se describen los riesgos y su impacto.

Tabla 6-5 Riesgos y su impacto asociados al PPI

Descripción del riesgo	Impacto
Incrementos significativos en el costo de inversión de las obras.	Insuficiencia presupuesto y retraso en la ejecución del proyecto Rentabilidad negativa del Proyecto.
Obtención de facilidades para la utilización/compra de terrenos para la planta potabilizadora y agua de rechazo.	Es necesario la adquisición de un terreno de 700 ha, para disposición del agua de rechazo en lagunas de evaporación.
Impedimento de la ejecución del proyecto por grupos de la sociedad.	Que las obras se retrasen o sufran modificaciones importantes.

Valor Presente Neto (VPN): \$0.00 Pesos.

Tasa Interna de Retorno (TIR): 9%

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI): 15%

Conclusión del Análisis del PPI:

El proyecto de inversión de Agua de laboreo de la mina “La Platosa” es un proyecto con altos costos por proceso de potabilización, el resultado del cálculo del VPN da como resultado cero (0), es decir los costos del proyecto de inversión son iguales a sus beneficios, significando que al llevar a cabo ese proyecto no se obtendrá pérdida ni ganancia, es decir el proyecto solo producirá lo suficiente para que recuperemos la inversión.

El proyecto considera dentro de sus beneficios la recaudación derivada del incremento a la tarifa considerando el costo por metro cubico del agua potabilizada. Este proyecto no debe ejecutarse si se cuenta con otra alternativa que permita obtener un mayor rendimiento y a su vez permita dotar con agua de calidad para el suministro de agua potable a los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí (la localidad de Bermejillo) sin continuar abatiendo el mando freático del acuífero.

6.2.2 Situación actual del Proyecto de Inversión

Este rubro se compone de los siguientes incisos:

a) Diagnóstico de la situación actual

Las localidades en estudio se abastecen de aguas subterráneas, sin embargo la falta de mantenimiento y obras de ampliación en los sistemas de agua potable, ocasionados por los bajos índices de recaudación de los organismos operadores, han derivado en un grave problema social y técnico para el suministro del vital líquido, aunado a las características naturales climatológicas, geohidrológicas y los efectos del cambio climático que acentúan el desabasto, escasez y mala calidad del agua en la región.

La escasez del agua afecta ya a la mayoría de los municipios y una de las principales causas se debe al crecimiento poblacional aunado al agotamiento paulatino de los acuíferos, lo que trae como consecuencia que cada vez sea más difícil su acceso y por consiguiente más oneroso.

Actualmente el abastecimiento Público Urbano de los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí (Bermejillo) en el Estado de Durango, cuya población en conjunto es del orden de 396,726 habitantes, que habitan en 85 localidades de estos municipios es mediante el aprovechamiento de aguas subterráneas del Acuífero Principal de la Región Lagunera.

El abatimiento de los niveles de bombeo de los pozos profundos ha provocado cerrar algunos pozos y disminución del caudal de extracción lo que compromete el abasto insuficiente de agua potable para la población, y el deterioro gradual de la calidad del agua.

El principal contaminante presente en el agua que se suministra a la población es el Arsénico. Se estima que el 38% del volumen abastecido presenta concentraciones por encima de los máximos permitidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

b) Análisis de la oferta existente

De acuerdo a la información recopilada se tiene los siguientes gastos y pozos activos por Organismo Operador para las localidades de estudio, se indican en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6 Gastos por Organismo Operador

Organismo Operador	Pozos	Pozos activos	Gasto total l/s
Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPA)	29	29	1,448
Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del Área Rural del Municipio de Gómez Palacio, Durango (SIDEAPAAR)	14	14	293
Sistema de Agua del Municipio de Mapimí, Durango (SIDEAMM)	4	2	66
Sistema municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tlahualilo, Durango (SIMAPA Tlahualilo)	4	3	135
Totales	51	48	1,942

El gasto total del municipio de Mapimí es de 66 l/s, de los cuales 46 l/s son los que abastecen a la localidad de Bermejillo, (localidad contemplada en el estudio), por lo que de los cuatro pozos que abastecen el municipio, 2 son compartidos con las comunidades de Rancho Viejo y Mapimí. Por esta razón se considera solo dos pozos con un gasto de 46 l/s. El municipio de Tlahualilo cuenta con cuatro pozos un caudal instalado de 135 l/s, de los cuales un pozo se encuentra inactivo, ya que se tiene de reserva con un gasto de 20 l/s, por lo que para el caso de estudio solo se considerarán tres pozos con un gasto de 115 l/s, tal como se muestra en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7 Oferta disponible

Organismo Operador	Pozos	Gasto total l/s
SIDEAPA	29	1,448
SIDEAPA Rural	14	293
Mapimí (Bermejillo)	4	46
Tlahualilo	4	115
Totales	51	1,902

Del caudal extraído en los pozos, no toda el agua es tratada para que cumpla con los parámetros de calidad que indica la NOM-127-SSA1-1994, ya que solamente el agua que es extraída por 21 pozos (1,195.6 l/s) es tratada con plantas potabilizadoras con base en el proceso de coagulación con cloruro férrico y filtración directa en lechos duales de arena-antracita, con la finalidad que cumpla con la calidad permitida para en el uso doméstico. Cabe mencionar que, de estos pozos unos ya cuentan con filtros instalados, otros están en proceso de construcción y unos más, cuentan con asignación de contrato y en proceso de inicio de construcción; ver Tabla 6-8.

Tabla 6-8 Número de pozos y caudal tratado

Organismo	Número Pozos	Producción total (lts/s)
SIDEAPA	14	897.6
SIDEAPA Rural	4	183.0
Mapimí (Bermejillo)	0	0.0
Tlahualilo	3	115.0
Total	21	1,195.6

Mientras que el agua extraída por los 27 pozos restantes, es decir, los 706.4 lts/s no reciben ningún tipo de tratamiento y solo es clorada, por lo que el agua extraída contiene salinidad mayor que 1,000 ppm y contiene varios elementos químicos en concentraciones que rebasan los límites permisibles establecidos en la NOM referida. Debido a estas características, el agua no cumple las normas de calidad para su consumo humano; Tabla 6-9. Los parámetros químicos que rebasan las concentraciones permisibles para consumo humano son los siguientes: el sulfato, el arsénico, que rebasa la concentración permisible de 0.035 ppm (que para el 2004 se estableció en 0.30 ppm), el nitrato, la dureza total y el flúor. Otros elementos menores, como el molibdeno, el selenio y el manganeso, también rebasan las concentraciones máximas permisibles.

Tabla 6-9 Pozos que no contienen filtros

Organismo	Número Pozos	Producción total (lts/s)
SIDEAPA	15	550.4
SIDEAPA Rural	10	110.0
Mapimí (Bermejillo)	2	46.0
Tlahualilo	0	0.0
Total	27	706.4

c) Análisis de la Demanda Actual

La demanda de agua potable se encuentra asociada con el consumo promedio por tipo de usuarios, en la Tabla 6-10 se presentan los usuarios de cada Organismo Operador por tipo de usuario. Como se puede observar en la tabla la mayoría de los usuarios de los organismos corresponde a usuarios domésticos, el SIDEAPA cuenta con un total de 89,899 usuarios, de los cuales el 94.5% corresponden a usuarios domésticos, de los 16,633 usuarios del SIDEAPA Rural el 98% de los usuarios son domésticos, así como en el caso de Bermejillo (92%) y Tlahualilo (96%).

Tabla 6-10 Usuarios de los Organismos Operadores

Tipo de usuario	SIDEAPA	SIDEAPA Rural	Bermejillo (Mapimí)	Tlahualilo
Domestico	84,899	16,091	3,351	5,721
Comercial	3,403	86	275	84
Industrial	665	34	0	15
Servicios públicos	438	0	0	101
OTRAS	437	422	0	0
Total tomas	89,842	16,633	3,626	5,921

Datos, 2016

La población estimada para 2017 de las tres localidades en estudio, se consideraron datos según las proyecciones de CONAPO; ver Tabla 6-11.

Tabla 6-11 Población 2017

Población	2017
Bermejillo (hab)	9,505
Tlahualilo (hab)	25,901
Gómez Palacio Rural (hab)	79,642
Gómez Palacio Urbano (hab)	281,678

Fuente: IMTA con base en la proyección de CONAPO

Las dotaciones actuales con las que operan los organismos operadores, para cubrir el abastecimiento de agua de cada una de las localidades en estudio, de acuerdo a la demanda anual proporcionada y la población considerada de CONAPO; ver Tabla 6-12.

Tabla 6-12 Dotación actual lts/hab/día

Municipio	Dotación lts/hab/día
Gómez Palacio Urbano (lts/hab/día)	345.80

Municipio	Dotación lts/hab/día
Gómez Palacio Rural (lts/hab/día)	236.84
Bermejillo (lts/hab/día)	345.80
Tlahualilo (lts/hab/día)	236.84

Las dotaciones aquí presentadas consideran las pérdidas físicas y comerciales.

La demanda actual para el año 2017 para cada uno de los municipios se presenta en la Tabla 6-13.

Tabla 6-13 Demanda 2017

Municipio	Demanda actual (lts/s)
Gómez Palacio Urbano	1,127.36
Gómez Palacio Rural	218.00
Mapimí (Bermejillo)	38.04
Tlahualilo	71.00
Total	1,454.41

Donde los 1,454 lts/s deben cumplir con límites permisibles de calidad que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

d) Interacción de la Oferta-Demanda

Una vez que se ha definido tanto la oferta como la demanda de la Situación Actual, se presenta la interacción (comparación) entre éstas, Tabla 6-14.

Al hacer una comparativa, con respecto a cantidad y dejando un lado la calidad del agua, de los caudales ofertados contra los caudales demandados, se puede observar que se tiene un superávit de la oferta sobre la demanda de agua, considerando el total de pozos (51 pozos) ver Tabla 6-6.

Tabla 6-14 Interacción de la oferta-demanda

Municipio	Oferta (lts/s)	Demanda actual (lts/s)	Déficit/Superávit (lts/s)
Gómez Palacio Urbano	1,448	1,127.4	320.6

Gómez Palacio Rural	293	218.0	75.0
Mapimí (Bermejillo)	46	38.0	8.0
Tlahualilo	115	71.0	44.0
Total	1,902	1,454.4	447.6

Pero al realizar la comparativa de la oferta contra la demanda considerando el caudal que cumple con los límites permisibles por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, es decir, considerando solo los 21 pozos que cuentan con tratamiento, se puede observar que, a excepción del municipio de Tlahualilo, en todos los casos la demanda es mayor a la oferta, existiendo un déficit de abastecimiento; ver Tabla 6-15.

Tabla 6-15 Interacción de la oferta-demanda considerando el caudal que cumple con la NOM-127-SSA1-1994

Municipio	Oferta (lts/s)	Demanda actual (lts/s)	Déficit/Superávit (lts/s)
Gómez Palacio Urbano	897.6	1,127.4	-229.8
Gómez Palacio Rural	183.0	218.0	-35.0
Mapimí (Bermejillo)	0.0	38.0	-38.0
Tlahualilo	115.0	71.0	44
Total	1,195.6	1,454.4	-258.8

Para cubrir el caudal de 706 lts/s provenientes de 27 pozos, ver la Tabla 6-9, agua que no esta potabilizada, y que es necesaria para cubrir el déficit de abastecimiento en las localidades en estudio, este gasto será sustituido con la propuesta del proyecyo de la Mina La Platosa, proyecto que se propone para cubrir el abastecimiento y para equilibrar el abatimiento del acuífero Principal.

6.2.3 Situación sin el Proyecto de inversión

Considerando que, para cubrir la demanda de agua de las cuatro localidades, en cantidad y calidad, se requiere realizar un tratamiento de potabilización del agua que se extrae en los 27 pozos que no cuentan con tratamiento y dado que la demanda de agua depende de la población de cada localidad, es necesario realizar un análisis del comportamiento de la demanda y de la oferta a lo largo del tiempo, por lo que se plantea un horizonte de planeación de 20 años (2017-2037) para evaluar si el suministro de agua estará cubierto de acuerdo con las condiciones actuales.

a) Optimizaciones

Dada las características de la calidad del agua que se encuentra en el acuífero Principal de donde se abastece las

cuatro localidades en estudio, no existen medidas de bajo costo para poder realizar un tratamiento del agua extraída por los 27 pozos sin tratamiento y abastecer con la cantidad y la calidad que se requiere.

b) Análisis de la Oferta

El comportamiento de la oferta durante los 20 años (2017-2037) en las cuatro localidades, sería el mismo que el actual en el escenario sin proyecto, dado a que, de las fuentes actuales que cuentan con tratamiento no se puede extraer más agua de la actual, dado a capacidad de tratamiento de las plantas potabilizadoras de cada pozo y de las fuentes que no cuentan con planta, el tratamiento del agua se incrementarían de manera excesiva, al mismo tiempo que se agudizaría los problemas de sobreexplotación del acuífero.

En la Ilustración 6-1 muestra el comportamiento de la oferta a lo largo del horizonte de planeación de 20 años de las cuatro localidades de estudio, considerando los 51 pozos que operan actualmente.

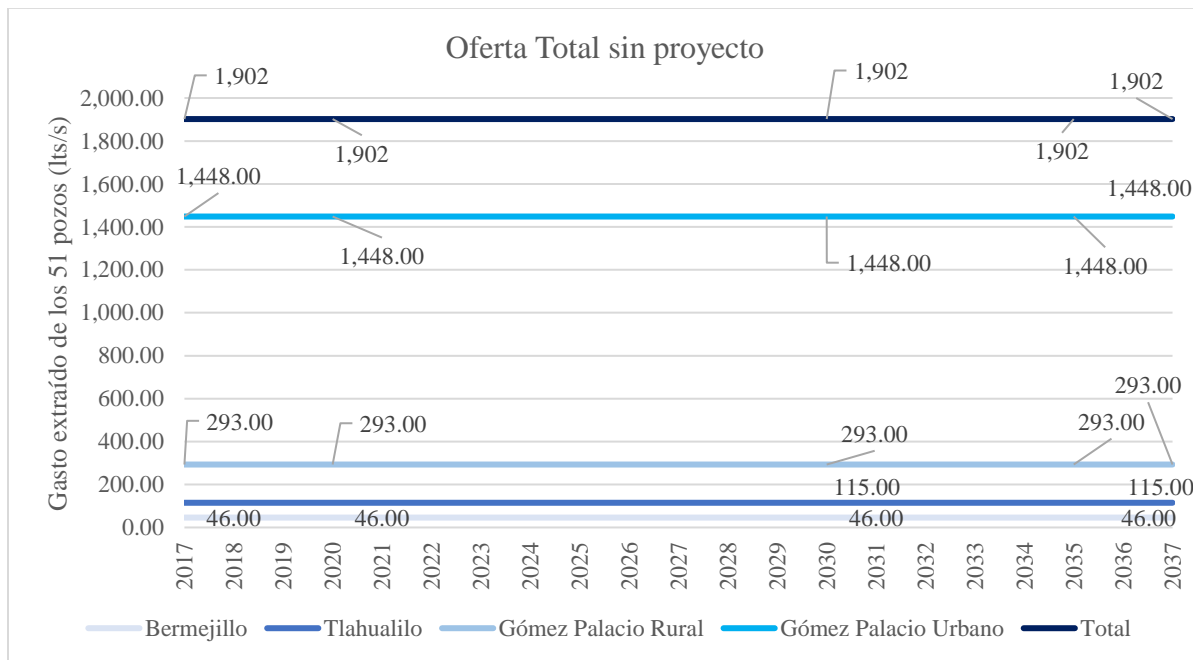


Ilustración 6-1 Oferta anual total de los 51 pozos durante los 20 años (2017-2037)

La Ilustración 6-2 muestra el comportamiento de la oferta a lo largo del horizonte de planeación de 20 años de las cuatro localidades de estudio, considerando solo los 21 pozos que cuentan con tratamiento.

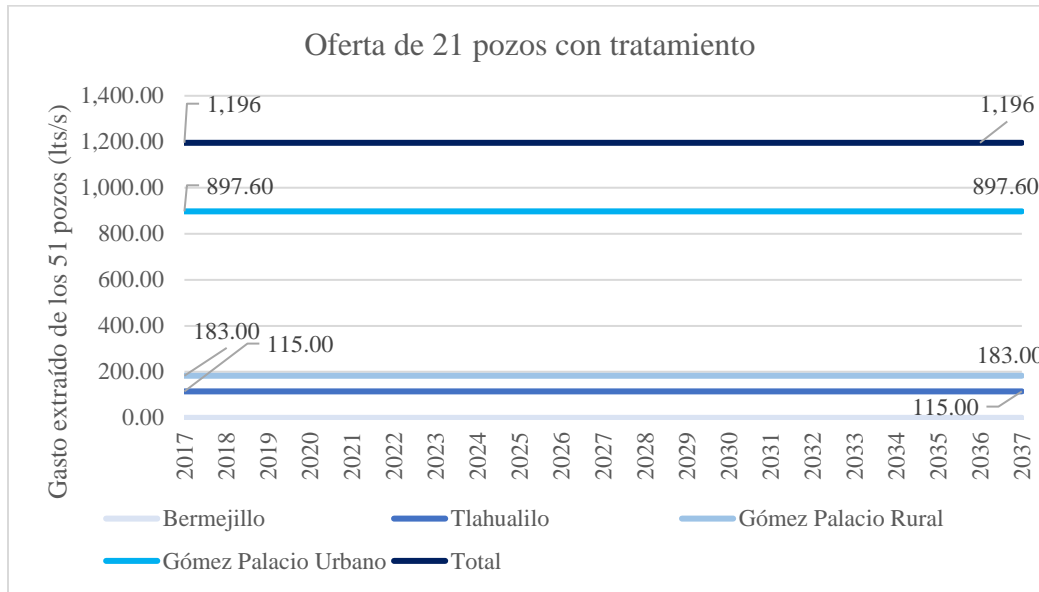


Ilustración 6-2 Oferta anual de los 21 pozos con tratamiento durante los 20 años (2017-2037)

Como se puede observar en la gráfica, la oferta de los 21 pozos con tratamiento de las cuatro localidades es de 1,195 lts/s, de los cuales para la zona urbana de Gómez Palacio se cuenta con 897.6 lts/s y 183 lts/s para las zonas rurales, en el municipio de Tlahualilo se cuenta con una oferta de 115 lts/s y en la localidad de Bermejillo no cuenta con ningún caudal como oferta.

c) *Análisis de la demanda*

La prospectiva de la demanda de agua se analizó a partir de la proyección de 20 años estimadas por el IMTA con base en las proyecciones de CONAPO y datos de CONAGUA de las cuatro localidades y la dotación actual.

La Ilustración 6-3, se muestra el comportamiento de la población a lo largo de los años se muestra en la siguiente gráfica, donde se puede observar que el mayor crecimiento se presenta tanto en las zonas rurales y urbana de Gómez Palacio, pasando de 79,642 a 113,867 habitantes y de 281,678 a 338,967 habitantes, respectivamente, mientras que en el municipio de Tlahualilo de 25,901 a 31,563 habitantes.

En la localidad de Bermejillo se puede observar que existe un decremento de la población, reduciendo de 9,505 a 9,037 habitantes.

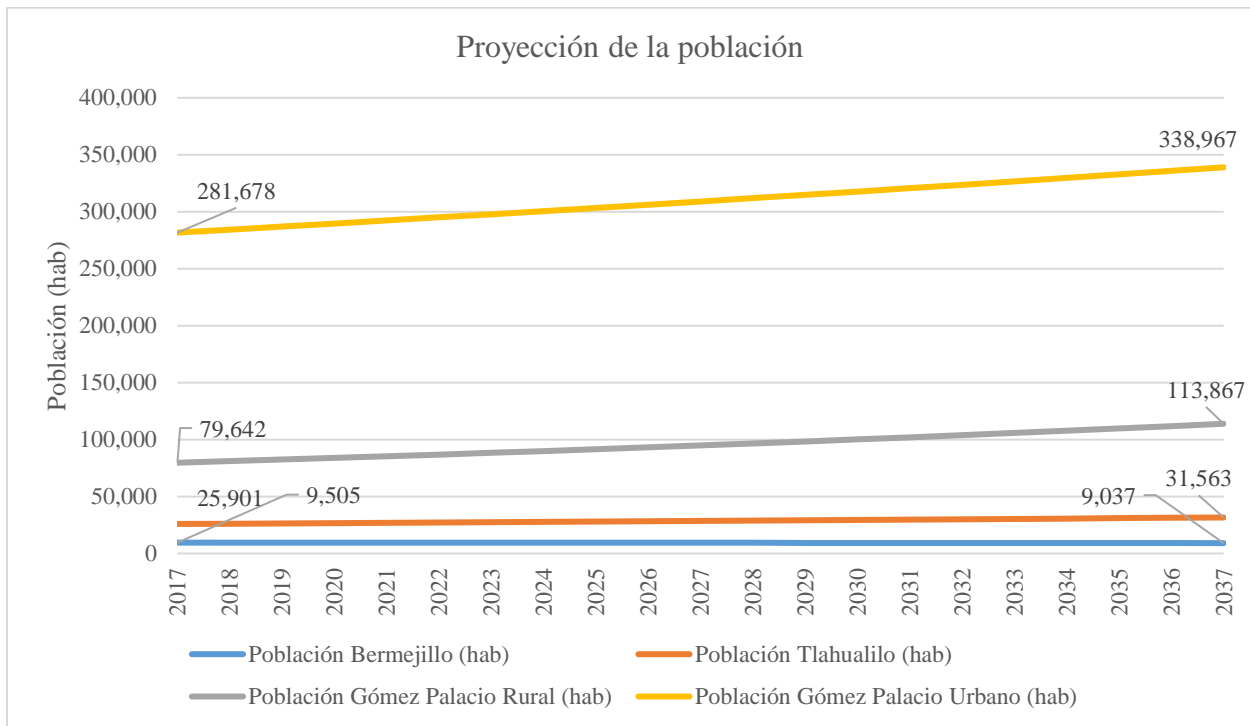


Ilustración 6-3 Proyección de la población

Las dotaciones que se utilizan actualmente se muestran en la Tabla 6-16

Tabla 6-16 Dotación por localidad en estudio

Bermejillo	345.80	lts / hab / día
Tlahualilo	236.84	lts / hab / día
Gómez Palacio Rural	236.50	lts / hab / día
Gómez Palacio Urbano	345.80	lts / hab / día

Con las anteriores dotaciones se calculó la demanda de agua para cada municipio, considerando que sin proyecto se mantendrán constantes a lo largo del horizonte de los 20 años, teniendo un comportamiento tal como se muestra en la Ilustración 6-4.

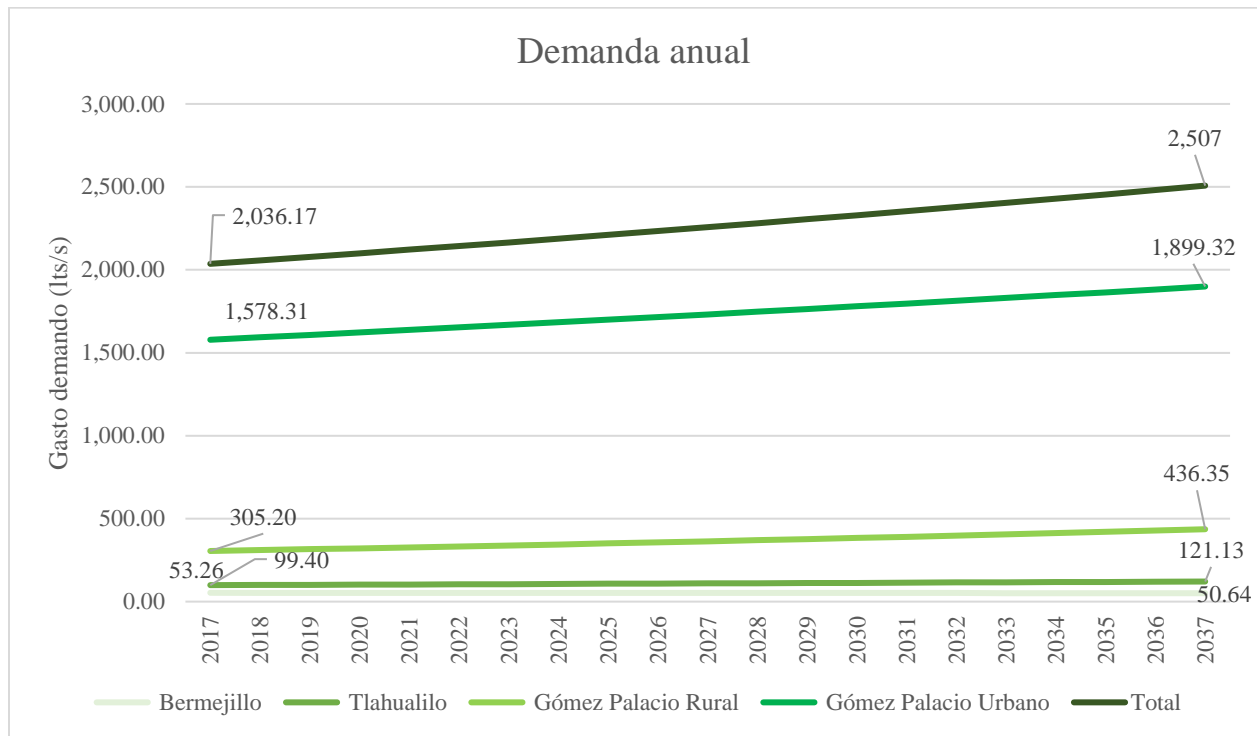


Ilustración 6-4 Demanda 2017-2037

Como se puede observar, la demanda en conjunto de los tres municipios crecería de 2,036.17 a 2,507 lts/s, presentándose el mayor crecimiento en la zona urbana de Gómez Palacio pasando de 1,578.31 a 1,899.32 lts/s, seguido de las zonas rurales donde crecerá de 305.20 a 436.35 lts/s y en Tlahualilo de 99.40 a 121.13 lts/s.

En el caso de Bermejillo la demanda se reduciría de 53.26 a 50.64 lts/s dado a la reducción de la población.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

En el comportamiento de oferta disponible con tratamiento (21 pozos) con respecto a la demanda a lo largo de los 20 años, se observa en la Ilustración 6-5 que existiría un déficit de agua, en todo el horizonte de evaluación, para cubrir la demanda en el municipio de Gómez Palacio, tanto en la zona urbana como en las zonas rurales, dado a que la demanda crecerá conforme al crecimiento de la población y que la oferta actual se mantendría constante.

Asimismo, existiría un déficit de la oferta para cubrir la demanda en la localidad de Bermejillo que, aunque la demanda se reduciría de 53.26 a 50.64 lts/s, la oferta en esa localidad es nula a lo largo del tiempo, dado que el agua que se extrae de los dos pozos que no cuenta con tratamiento, por lo que el agua extraída no cuenta con los parámetros de calidad que se requieren para el consumo humano.

En el caso del municipio de Tlahualilo, aunque la demanda aumentaría, como ya se mencionó anteriormente, no existiría un déficit de oferta de agua (hasta el año 2032), dado al superávit que existe actualmente, con el cual se podría seguir cubriendo su totalidad la demanda.

Al hablar del déficit en conjunto de las zonas en estudio, se aumentaría de forma negativa, tal como se observa en la Ilustración 6-5 de -840.57 a -1,311.84 lts/s, los cuales quedarían sin cubrir, dado a la falta de un proyecto para su cobertura. Datos considerando la oferta actual disponible de agua potabilizada. *Ver Anexo 5.2, memoria de cálculo “apartado Oferta y demanda sin proyecto”*.

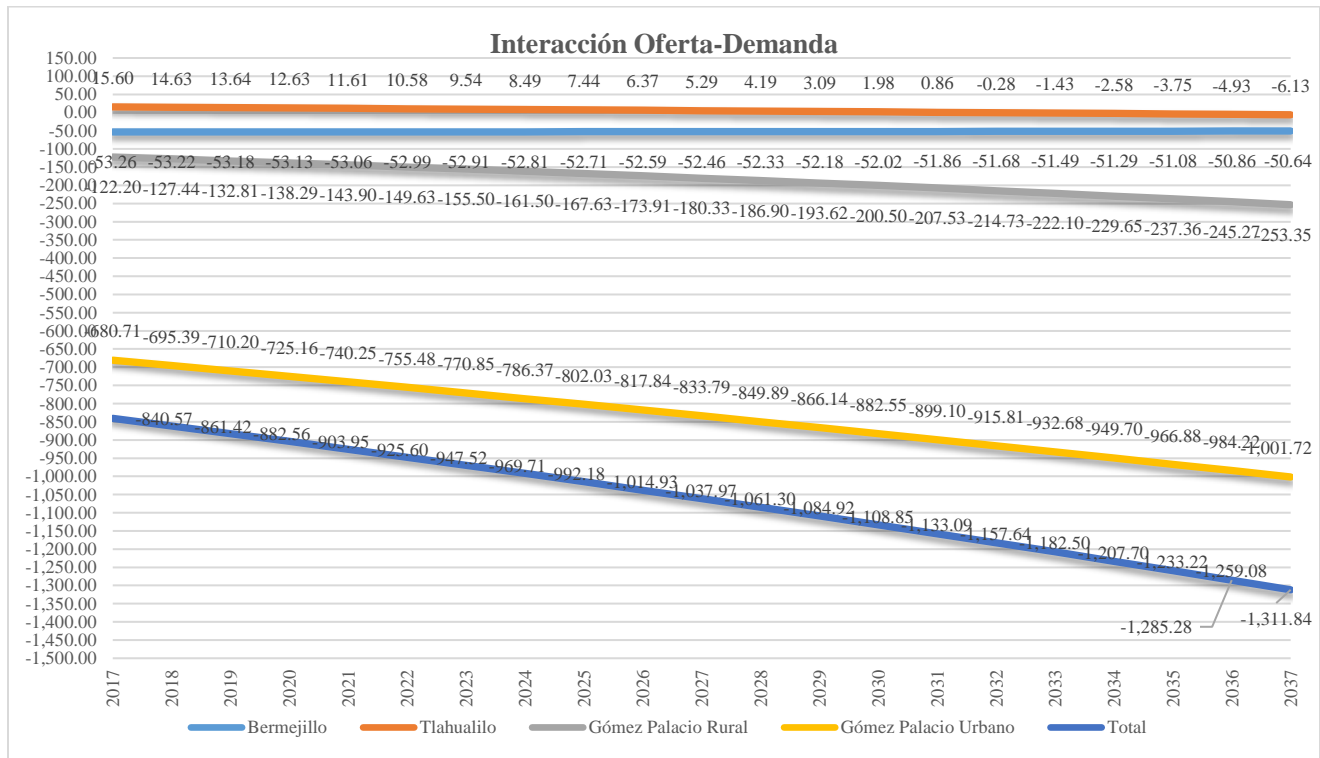


Ilustración 6-5 Interacción de la oferta-demanda sin el proyecto

e) Alternativas de solución

A continuación se describen las alternativas de solución consideradas para atender la problemática identificada, así como la justificación de los criterios utilizados para la selección de la solución más viable. Evitando lo menos posible los contratiempos sociales, tratando de equilibrar la solución de abastecimiento y social con los agricultores. De acuerdo a los términos de referencia del proyecto, se plantearon tres alternativas para el abastecimiento de agua potable de calidad para la Región Lagunera de Durango, adicionalmente, el IMTA propuso una cuarta alternativa.

Alternativas Iniciales:

- a) Alternativa No. 1.- Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre)
- b) Alternativa No. 2.- Batería de pozos en la zona “Dinamita”
- c) Alternativa No. 3.- Agua de laboreo de la mina “La Platosa”

Alternativa Adicional:

- d) Alternativa No. 4.- Agua de pozos-Acuífero principal

En la Tabla 6-17 se presentan las alternativas, los posibles escenarios de dos alternativas considerando diversas características entre sí, la fuente de agua que utilizaría en cada alternativa y el proceso de tratamiento.

Tabla 6-17 Alternativas

Alternativas	Escenarios	Fuente de agua	Proceso de tratamiento
Alternativa No. 1.- Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre)	Escenario 1 (Durango)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC
	Escenario 2 (Durango-Coahuila)		CC
	Escenario 3 Durango		CC
Alternativa No.2.- Batería de pozos “Dinamita”	Escenario 1	Pozos profundos (Agua subterránea)	CC
	Escenario 2		FA(G)+OI
Alternativa No.3.- Agua de laboreo de la mina “La Platosa”		Agua Mina La Platosa (Agua subterránea)	FA(G)+OI
Alternativa No.4.- Agua Pozos-Acuífero principal		Agua pozos-Acuífero Principal (Agua subterránea)	FD

Proceso CC: Clarificación convencional

Proceso FA (P)+OI: Filtración en arena y ósmosis inversa

Proceso FD: Filtración directa

a) Alternativa No. 1.- Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre)

El proyecto denominado “Agua Futura para la Laguna” (Agua para siempre) por el Gobierno del Estado de Durango, consiste en el aprovechamiento de un volumen de 134 Millones de M³ de agua superficial del sistema de presas Lázaro Cárdenas – Francisco Zarco – Río Nazas. La propuesta de esta alternativa es extraer agua de la

presa Francisco Zarco – Río Nazas, para abastecer Público Urbano de los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí en el Estado de Durango y Torreón, Fco. I. Madero, Matamoros, San Pedro y Viesca en el Estado de Coahuila, cuya población en conjunto es del orden de 1.49 Millones de habitantes (0.95 Millones Coahuila y 0.54 Millones Durango), que habitan en 350 localidades de los municipios involucrados en el proyecto. La situación actual, son poblaciones que se abastecen de aguas subterráneas del Acuífero Principal de la Región Lagunera. Hay presencia de abatimientos de nivel y deterioro gradual de la calidad del agua, como se ha mencionado con anterioridad, contaminante principal el Arsénico, según los estudios realizado están por encima de los máximos permitidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Los derechos sobre al agua del sistema de presas está concesionada al uso agrícola a los usuarios del Distrito de Riego 017– Región Lagunera, por lo que cualquier acción para dirigir parcialmente estos derechos al Uso Público Urbano requiere la negociación con los usuarios agrícolas.

El proyecto “Agua Futura para la Laguna” (Agua para siempre) contempla municipios del Estado de Coahuila y municipios del Estado de Durango ubicados en la Región Lagunera, dado que en los términos de términos de referencia solo se contempla como estudio los municipios del Durango como parte del análisis en el presente estudio se consideraron 3 escenarios.

El proyecto “Agua Futura para la Laguna” (Agua para siempre), para fines del estudio el análisis considera 3 escenarios. Ver Tabla 6-18.

➤ ***Proceso de tratamiento al alternativa 1:***

El proceso de tratamiento para potabilizar el agua que proviene de la presa Francisco Zarco – Río Nazas, y que de acuerdo a los datos históricos de calidad del agua, la turbiedad, generalmente es menor a 20 UTN, puede presentar problemas de color verdadero, así como la presencia de arsénico entre 0.010 y 0.040 mg/L

Con base en lo anterior se propuso que el tratamiento para la potabilización es de clarificación convencional, empleando como coagulante cloruro férrico. El tren de tratamiento consistiría en: pre-cloración, coagulación (mezcla rápida), floculación, sedimentación, filtración en lechos granulares arena-antracita y post-cloración.

La planta se diseñó con infraestructura para poder operarla en la modalidad de filtración directa o clarificación completa. En el primer caso después de la etapa de coagulación el agua se dirigirá directamente a los filtros sin pasar por las etapas de floculación y sedimentación; y será de utilidad en la época del año en que el agua que llegue a la planta tenga muy baja turbiedad. Asimismo, se diseña con un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: tanque y línea de recirculación del agua clarificada hacia la unidad de mezcla rápida. También deberá tener un sistema para espesamiento de lodos y sistema de deshidratación de lodos que permita un fácil manejo para su disposición adecuada. El proceso de tratamiento se detalla en el *capítulo 6* de este documento.

Tabla 6-18 Fuente de agua y proceso de tratamiento-Escenarios 1, 2 y 3 de la Alternativa 1

Alternativa	Escenarios	Fuente de agua	Proceso de tratamiento
-------------	------------	----------------	------------------------

<p>Alternativa No. 1. Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre)</p>	<p>Escenario 1 (Durango)</p>	<p>Agua Presa Francisco Zarco - Río Nazas (Agua superficial)</p>	<p>CC</p>
	<p>Escenario 2 (Durango-Coahuila)</p>		<p>CC</p>
	<p>Escenario 3 Durango</p>		<p>CC</p>

✚ **Escenario 1**

Para este escenario se consideró las localidades del estado de Durango (ver Tabla 6-19), que el proyecto denominado “Agua Futura para la Laguna” (Agua para siempre) considera en su **Etapa 1**.

El acueducto tomará el agua del río Nazas 20 km aguas debajo de la presa Francisco Zarco, contará con cárcamo de bombeo y una planta potabilizadora que tratará un caudal de 1,268 l/s. En el Capítulo 6, apartado 6.5.1 Con agua de presa (“Agua Futura”) se detalla esta propuesta.

Se estima que el costo de la planta potabilizadora para este escenario es de 258.2 millones de pesos con un costo de operación anual de 32.9 millones de pesos, el costo total de la inversión del acueducto se estima 1,051 millones de pesos con un costo de operación anual de 10.4 millones de pesos, (costos sin IVA).

El total de la inversión por infraestructura (acueducto y planta potabilizadora) es de 1,309.2 millones de pesos, y el costo total de operación de ambas infraestructuras es de 43.3 millones de pesos anuales, (costos sin IVA). Ver Tabla 6-20 y Tabla 6-21. El detalle de los costos, beneficios e indicadores para este escenario se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.**

✚ **Escenario 2:**

Para este escenario se consideró las localidades del estado de Durango y las localidades del estado de Coahuila (ver Tabla 6-19), que el proyecto denominado “Agua Futura para la Laguna” (Agua para siempre) considera en su **Etapa 2**. En el Capítulo 6, apartado 6.5.1 Con agua de presa (“Agua Futura”) se detalla esta propuesta.

El costo de la planta de tratamiento para este escenario es de 738.1 millones de pesos con un costo de operación anual de 199,8 millones de pesos, el costo total de la inversión del acueducto se estima 2,639.1 millones de pesos con un costo de operación anual de 25.5 millones de pesos, (costos sin IVA).

El total de la inversión por infraestructura (acueducto y planta potabilizadora) es de 3,377.2 millones de pesos, y el costo total de operación de ambas infraestructuras es de 225.3 millones de pesos anuales, (costos sin IVA). Ver Tabla 6-20 y Tabla 6-21. El detalle de los costos, beneficios e indicadores de este escenario se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.**

✚ **Escenario 3:**

Para este escenario el IMTA consideró de las localidades de la alternativa 1, Escenario 1, solamente las localidades de estudio: Gómez Palacio Rural - Gómez Palacio Urbano y el municipio de Tlahualilo, localidades del estado de Durango (ver Tabla 6-19).

La infraestructura de proyecto es la misma: obra de toma aguas debajo de la presa Francisco Zarco - Río Nazas, planta potabilizadora y acueducto; solamente cambia el caudal de agua cruda asignado para las tres localidades antes mencionadas, es de 1,000 lts/s, y entregar un caudal producido de 980 l/s. Ver Tabla 6-20. En el Capítulo 6, apartado 6.5.1 Con agua de presa (“Agua Futura”) se detalla esta propuesta.

El costo de la planta potabilizadora para este escenario es de 115.8 millones de pesos con un costo de operación anual de 25.9 millones de pesos, el costo total de la inversión del acueducto se estima 518.2 millones de pesos con un costo de operación anual de 5.2 millones de pesos, (costos sin IVA).

El total de la inversión por infraestructura (acueducto y planta potabilizadora) es de 634 millones de pesos, y el costo total de operación de ambas infraestructuras es de 31 millones de pesos anuales, (costos sin IVA). Ver Tabla 6-20 y Tabla 6-21.

El detalle de los costos, beneficios e indicadores para este escenario se muestra en el *Anexo 5.1. Memoria de cálculo*.

Tabla 6-19 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 1

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2				ESCENARIO 3	
Municipios Durango	Gasto l/s	Municipios Coahuila	Gasto l/s	Municipios Durango	Gasto l/s	Municipios Durango	Gasto l/s
Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA)	700	Torreón-Matamoros - Viesca	369	Gómez Palacio (SIDEAPA)	700	Gómez Palacio (SIDEAPA)	604
Gómez Palacio – rural (SIDEAPAR)	227	Torreón (SIMAS)	964	Gómez Palacio – rural (SIDEAPAR)	227	Gómez Palacio – rural (SIDEAPAR)	290
Lerdo (zona rural)	75	San Pedro de las Colinas	520	Lerdo (zona rural)	75	Bermejillo (Mapimí)	86
Lerdo (SAPAL)	126	Francisco I Madero	285	Lerdo (SAPAL)	126	Tlahualilo	89
Tlahualilo	115	Cd. Matamoros y Coyote	222	Tlahualilo	115		
	1,243		2,460		1,243		980

Tabla 6-20 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 1-Escenarios 1, 2 y 3

Escenario	Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$/m ³)	Costo de operación total (\$/año)	CAE (\$)
			Tratado	Producido				
Escenario 1 (Durango)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC	1,268	1,243	258,200,000.00	0.84	32,917,832.00	-63,245,907.12
Escenario 2 (Durango-Coahuila)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC	3,804	3,728	738,100,000.00	1.70	199,858,265.00	-292,192,101.44
Escenario 3 Durango	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC	1,000	980	115,828,199.13	0.84	25,960,435.20	-39,565,572.01

Nota: Costos estimados 2017 sin IVA.

Tabla 6-21 Costo de infraestructura-Escenarios 1, 2 y 3 de la Alternativa 1

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			
Escenario	Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$) anual	CAE (\$)
Escenario 1 (Durango)	1,051,000,000.00	10,465,080.00	-133,915,145.64
Escenario 2 (Durango-Coahuila)	2,639,100,000.00	25,533,038.15	-354,174,496.90
Escenario 3 Durango	1,091,239,805.08	11,491,707.76	-139,668,325.80

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

b) Alternativa No. 2.- Batería de pozos en la zona “Dinamita”

Esta alternativa consiste en una batería de 5 pozos en la zona conocida como “Dinamita”, para abastecer a la zona *Rural y Urbana de Gómez Palacio*. En Ilustración 6-6 se presenta la ubicación de los pozos propuestos; el pozo #1 denominado Dinamita, ya se encuentra en operación, está en proceso la construcción de infraestructura de filtros para potabilizar el caudal extraído, se estima un gasto de extracción de 60 l/s; el Pozo # 2, ya está en proceso de perforación, lleva una profundidad perforada de 240 metros, el organismo operador propone llegar

con la perforación hasta los 500 metros; se estima que los cuatro pozos restantes, se extraiga un gasto de 100 l/s a 120 l/s por cada uno de ellos; así como mejorar la calidad del agua con el sistema de infraestructura de filtros o con tecnología avanzada; en el inciso 2.3.2, el Organismo Operador del SIDEAPAAR de Gómez Palacio muestra la instalación de filtros. Por otro lado, como no se obtuvieron estudio de calidad del agua del pozo en operación y de los que no se han perforado se presentan **dos escenarios para esta alternativa. Ver Tabla 6-22**

Para ambas alternativas se considera pozos profundos (agua subterránea) como fuente de agua.

✚ Escenario 1

Escenario óptimo, es decir, estimando que el agua extraída cuente con concentraciones de $As \leq 0.1 \text{ mg/L}$.

Proceso de potabilización: es por CC: Clarificación convencional, en el *Capítulo 6*, se detalla este proceso.

El costo del proceso de potabilización: es de 86 millones de pesos con un costo de operación anual de 15.5 millones de pesos, (costos sin IVA).

✚ Escenario 2

Escenario muy desfavorable, es decir, que el agua extraída presenta concentraciones superiores de 01 mg/L de As y otros metales.

Proceso de potabilización: es por Filtración en arena y ósmosis inversa FA (G)+OI.

El costo del proceso de potabilización: es de 217 millones de pesos con un costo de operación anual de 79.9 millones de pesos, (costos sin IVA); ver Tabla 6-23 y la Tabla 6-24. Por otro lado, en la Ilustración 6-6, Ilustración 6-7, y la Ilustración 6-8, se muestra la ubicación de los pozos del Sector Dinamita, tanto el que está en operación y perforación.

Para esta alternativa se consideró un costo por infraestructura de perforación y electrificación de cinco pozos, sin embargo dado a que ya está uno en operación y otro en proceso de perforación, se deberá analizar el número de pozos que deberían de considerarse perforando de acuerdo a las necesidades de abastecimiento para la población del municipio de Gómez Palacio.

El detalle de los costos, beneficios e indicadores para esta alternativa se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.**

Tabla 6-22 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 2

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
Municipios Durango	Gasto l/s	Municipios Durango	Gasto l/s
Gómez Palacio-Rural (SIDEAPAR)	312	Gómez Palacio – Rural (SIDEAPAR)	264
Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR)	276	Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR)	233
	588		497

Tabla 6-23 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 2-Escenarios 1 y 2

Escenario	Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de operación total (\$/m ³)	Costo de operación total (\$/año)	CAE (\$)
			Tratado	Producido					
Escenario 1	Pozos profundos (Agua subterránea)	CC	600	588	86,061,568.34	N/A	0.84	15,576,261.12	-25,685,020.65
Escenario 2		FA(G)+OI	600	497	217,037,870.29	30,023,732	5.10	79,917,018.27	-105,410,205.07

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

Tabla 6-24 Costo de infraestructura-Escenarios 1 y 2 de la Alternativa 2

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			
Escenario	Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$) anual	CAE (\$)
Escenario 1	200,763,208.05	3,371,873.77	-22,305,196.10
Escenario 2	200,763,208.05	3,371,873.77	-22,305,196.10

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.



Ilustración 6-6 Ubicación pozos Dinamita



Ilustración 6-7 Pozo dinamita en operación



Ilustración 6-8 Perforación del pozo #2 se han perforado 240 metros

c) Alternativa No. 3.- Agua de laboreo de la mina “La Platosa”

Esta alternativa consiste en aprovechar parte del agua extraída en la operación de la Mina La Platosa, de un sistema de tratamiento para su potabilización y un acueducto con sitios de entrega definidos para abastecer al municipio de Gómez Palacio (Zona Rural y zona Urbana), Poblaciones de Tlahualilo y la localidad de Bermejillo (Mapimí). Ver Tabla 6-25.

El IMTA llevo a cabo tres muestreos y análisis de calidad del agua, se realizaron en tres meses diferentes, mostraron que la calidad del agua no sufre una gran variación en el tiempo ni entre las dos tuberías.

Contaminantes encontrados: arsénico, sulfatos, fluoruros, plomo, radiactividad en una escala mucho menor a la permisible, dureza y los sólidos disueltos totales, son los que determinarán el tipo de proceso más adecuado, siendo las membranas el sistema más recomendable.

La Planta Potabilizadora se diseñó para un caudal tratado de 1,166 L/ y un caudal producido de 967 L/s. Asimismo, se basa en un trazo de 94.68 km.

En el Capítulo 1 y Capítulo 2, se indican los datos básicos de ambos proyectos (Planta potabilizadora y acueducto).

El proceso de potabilización es por Filtración en arena y ósmosis inversa FA (G)+OI, en el apartado 1.2.2 Opciones de tratamiento del agua de la Mina de este documento se detalle este proceso.

El costo del proceso de potabilización es de 361.7 millones de pesos, este costo incluye el costo por membranas, estas membranas deberán reemplazarse cada dos años. **El costo de operación anual de este proceso** asciende a 155.5 millones de pesos (costos sin IVA).

El total de la inversión por infraestructura (acueducto y planta potabilizadora) es de **1,207.8 millones de pesos**, y el costo total de operación de ambas infraestructuras es de 167.7 millones de pesos anuales, (costos sin IVA). Ver Tabla 6-26 y Tabla 6-27.

El detalle de los costos, beneficios e indicadores de esta alternativa se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo**.

Tabla 6-25 Localidades propuestas y gastos considerados en la Alternativa 3

Municipios Durango	Gasto l/s
Gómez Palacio-Rural (SIDEAPAR)	218
Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA)	640
Tlahualilo	71
Bermejillo (Mapimí)	38
TOTAL	980

Tabla 6-26 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 3

Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de operación total (\$/m ³)	Costo de operación total (\$/año)	CAE (\$)
		Tratado	Producido					
Pozos profundos Agua subterránea)	FA(G)+OI	1,166	967	361,729,784.00	30,023,732	5.10	155,516,020.00	-182,740,928.04

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

Tabla 6-27 Costo de infraestructura de la Alternativa 3

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA		
Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$) anual	CAE (\$)
846,081,400.53	12,247,261.83	-111,627,665.67

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

d) Alternativa No. 4.- Agua de pozos-Acuífero principal

Esta alternativa consiste en continuar con la estrategia actual de extracción de agua subterránea y tratamiento de la misma con plantas potabilizadoras con filtros a pie de pozo para remoción de arsénico, para esta alternativa se considera 13 plantas con filtro para potabilizar un gasto de 1,081 L/s de 21 pozos de los 27 que faltan por proceso de tratamiento para el municipio de Gómez Palacio. Este análisis se presenta porque existen datos de calidad del agua, profundidad de los pozos, consumos de energía por bombeo y registros de abatimientos. En base a esta información se determinaron los costos que se indican a continuación.

El costo de inversión por infraestructura de las plantas: 180 millones de pesos, y el costo de operación total de 55.6 millones de pesos, (montos sin IVA). No se considera costo de inversión de infraestructura hidráulica,

porque en el terreno de donde existe el pozo hay un tanque de distribución con su respectiva planta potabilizadora de filtros y distribuye, no existen líneas nuevas. Ver Tabla 6-28 y Tabla 6-29, se muestra el porcentaje de población que se beneficia y el gasto correspondiente. El detalle de los costos, beneficios e indicadores se muestra en el *Anexo 5.1. Memoria de cálculo.*

Tabla 6-28 Municipios y gastos considerados en la Alternativa 4

Municipios Durango	Beneficio (%)	Gasto l/s
Gómez Palacio-Rural (SIDEAPAR)	100	290
Gómez Palacio (SIDEAPA)	72	737
Total		1,027

Tabla 6-29 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 4

Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$/m ³)	Costo de operación total (\$/año)	CAE (\$)
		Tratado	Producido				
Agua pozos-Acuífero Principal (Agua subterránea)	FD	1,081	1,027	180,270,018.00	1.72	55,683,128.00	-76,857,576.67

Nota: Costos estimados 2017 sin IVA.

En la Tabla 6-30 y la Tabla 6-31 se presentan el resumen de los costos de las alternativas e indicadores financieros. En la Tabla 6-34, se muestra la población beneficiada de cada alternativa y porcentaje de beneficio para el año 2017 y 2035.

Tabla 6-30 Cuadro resumen de costos de las alternativas

ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN										INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			Costo total de inversión (millones de pesos)	Costo total de la alternativa considerando costos de operación (millones de pesos)	Incremento a la Tarifa (\$/m ³)	
Alternativas	Escenarios	Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de operación total (\$/m ³)	Costo de operación total (\$/año)	CAE (\$)	Costo de Inversión (\$)	Costo de operación total (\$) anual				CAE (\$)
				Tratado	Producido											
Alternativa "1" Con agua de presa "Agua Futura" (Agua para siempre)	Escenario 1 (Durango)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC	1,268	1,243	258,200,000.00	N/A	0.84	32,917,832.00	-63,245,907.12	1,051,000,000.00	10,465,080.00	-133,915,145.64	1,309,200,000.00	1,352,582,912.00	4.33
	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC	3,804	3,728	738,100,000.00	N/A	1.70	199,858,265.00	-292,192,101.44	2,639,100,000.00	25,533,038.15	-354,174,496.90	3,377,200,000.00	3,602,591,303.15	5.50
	Escenario 3 (Durango)	Agua Presa-Río Nazas (Agua superficial)	CC	1,000	980	115,828,199.13	N/A	0.84	25,960,435.20	-39,565,572.01	1,091,239,805.08	11,491,707.76	-139,668,325.80	1,207,068,004.21	1,244,520,147.18	4.91
Alternativa "2" Bateria de pozos en la zona de "Dinamita"	Escenario 1	Pozos profundos (Agua subterránea)	CC	600	588	86,061,568.34	N/A	0.84	15,576,261.12	-25,685,020.65	200,763,208.05	3,371,873.77	-26,953,444.86	286,824,776.40	305,772,911.29	2.70
	Escenario 2	Pozos profundos (Agua subterránea)	FA(G)+OI	600	497	217,037,870.29	30,023,732	5.10	79,917,018.27	-105,410,205.07	200,763,208.05	3,371,873.77	-26,953,444.86	417,801,078.34	501,089,970.38	8.55
Alternativa "3" Agua de laboreo de la mina "La Platosa"		Agua Mina La Platosa (Agua subterránea)	FA(G)+OI	1,166	967	361,729,784.00	30,023,732	5.10	155,516,020.00	-182,740,928.04	846,081,400.53	12,247,261.83	-110,453,069.42	1,207,811,184.53	1,375,574,466.36	10.46
Alternativa "4" Agua Pozos-Acuifero Principal		Agua pozos-Acuifero Principal (Agua subterránea)	FD	1,081	1,027	180,270,018.00	N/A	1.72	55,683,128.00	-76,857,576.67	0.00	0.00	0.00	180,270,018.00	235,953,146.00	2.05

Tabla 6-31 Cuadro resumen de indicadores financieros

Indicadores financieros	Alternativa 1			Alternativa 2		Alternativa 3	Alternativa 4
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2		
Tasa Social de descuento	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Valor Presente Neto (VPN)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9%	9%	9%	9%	10%	9%	9%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	12%	12%	12%	12%	13%	15%	61%
Costo Anual Equivalente del proceso de potabilización	-63,245,907.12	-292,192,101.44	-39,565,572.01	-25,685,020.65	-105,410,205.07	-182,740,928.04	-76,857,576.67
Costo Anual Equivalente de infraestructura hidráulica	-133,915,145.64	-354,174,496.90	-139,668,325.80	-26,953,444.86	-26,953,444.86	-\$111,627,665.67	N/A

Notas:

1. N/A. No aplica
2. Costos sin IVA
3. Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre)
4. Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita”
5. Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”
6. Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal

Tabla 6-32 Población beneficiada de cada alternativa y porcentaje de beneficio para el año 2017 y 2035

Alternativas	Escenarios	Localidades beneficiadas	Población 2017	Población beneficiada 2017	Población 2035	Población beneficiada 2035
Alternativa "1" Con agua de presa "Agua Futura" (Agua para siempre)	Escenario 1 (Durango)	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) Lerdo (zona rural) Lerdo (SAPAL) Tlahualilo 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Lerdo Zona Rural: 33,224 Lerdo: 122,937 Lerdo (zona rural): 33,224 Tlahualilo: 25,901 TOTAL: 543,382 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (60%): 170,000 Gómez Palacio -rural: 79,625 Lerdo (zona rural): 33,224 Lerdo (32%): 39,340 Tlahualilo: 25,901 TOTAL DURANGO: 348,108 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Lerdo Zona Rural: 31,271 Lerdo: 149,083 Tlahualilo: 30,945 TOTAL: 653,743 	<p>Durango:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (49%): 165,000 Gómez Palacio -rural (89%): 98,010 Lerdo (zona rural): 31,271 Lerdo (32%): 47,707 Tlahualilo: 28,103 <p>TOTAL DURANGO: 370,091</p>
	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	<p>Durango:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) Lerdo (zona rural) Lerdo (SAPAL) Tlahualilo <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros – Viesca Torreón (SIMAS) San Pedro de las Colinas Francisco I Madero Cd. Matamoros y Coyote 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Lerdo Zona Rural: 33,224 Lerdo : 122,937 Tlahualilo: 25,901 TOTAL: 543,382 <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón - Matamoros-Viesca: 81,214 Torreón : 688,045 San Pedro de las Colonias: 111,660 Francisco I. Madero: 60,655 Cd. Matamoros y Coyote: 67,476 TOTAL: 1,009,050 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (60%): 170,000 Gómez Palacio -rural: 79,625 Lerdo (zona rural): 33,224 Lerdo (32%): 39,340 Tlahualilo: 25,901 TOTAL DURANGO: 348,108 <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros –Viesca: 81,214 Torreón 35%: 240,816 San Pedro de las Colinas: 111,660 Francisco I Madero: 60,655 Cd. Matamoros y Coyote: 67,476 TOTAL COAHUILA: 561,821 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Lerdo Zona Rural: 31,271 Lerdo : 149,083 Tlahualilo: 30,945 TOTAL DURANGO: 653,743 <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros-Viesca: 94,022 Torreón : 818,417 San Pedro de las Colonias: 132,416 Francisco I. Madero: 72,536 Cd. Matamoros y Coyote: 81,878 TOTAL COAHUILA: 1,199,299 	<p>Durango:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (49%): 165,000 Gómez Palacio -rural (89%): 98,010 Lerdo (zona rural): 31,271 Lerdo (32%): 47,707 Tlahualilo: 28,103 <p>TOTAL DURANGO: 370,091</p> <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros –Viesca: 94,022 Torreón (35%): 286,446 San Pedro de las Colinas: 132,416 Francisco I Madero: 72,536 Cd. Matamoros y Coyote: 81,778 TOTAL COAHUILA: 667,298
	Escenario 3 Durango	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) Tlahualilo 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Tlahualilo: 25,901 TOTAL: 387,221 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (58%): 163,373 Gómez Palacio -rural: 79,625 Tlahualilo: 25,901 TOTAL: 268,899 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Tlahualilo: 30,945 TOTAL: 473,389 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (58%): 192,995 Gómez Palacio -rural (89%): 98,010 Tlahualilo (90%): 28,103 TOTAL: 319,108

Alternativas	Escenarios	Localidades beneficiadas	Población 2017	Población beneficiada 2017	Población 2035	Población beneficiada 2035
Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita”	Escenario 1	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 361,320</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (32%): 90,137 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 169,779</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL:442,444</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (32%):106,480 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL: 216,174</p>
	Escenario 2	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 361,321</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 90,137 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 169,780</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL:442,445</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (32%):106,480 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL: 216,175</p>
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”		<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano Gómez Palacio Rural Bermejillo Tlahualilo 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Bermejillo: 9,505 Tlahualilo: 25,901 <p>TOTAL: 396,726</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (56%): 159,891 Gómez Palacio -rural: 79,642 Bermejillo: 9,505 Tlahualilo: 25,901 <p>TOTAL: 274,940</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Bermejillo: 9,117 Tlahualilo: 30,945 <p>TOTAL: 482,505</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (41%): 186,340 Gómez Palacio -rural: 109,695 Bermejillo: 9,117 Tlahualilo: 30,945 <p>TOTAL: 286,022</p>
Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal		<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 361,320</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (72%): 202,808 Gómez Palacio -rural: 79,642 <p>TOTAL: 282,450</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL:442,444</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (72%): 239,579 Gómez Palacio -rural: 109,695 <p>TOTAL: 349,274</p>

En la Tabla 6-33 se presentan las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas propuestas para resolver la problemática de abastecimiento de agua de calidad para los municipios de Gómez Palacio (rural y urbano), Tlahualilo y la localidad e Bermejillo (Mapimí).

Tabla 6-33 Ventajas y desventajas de las alternativas

Alternativa	Ventajas	Limitantes
<p>Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un tratamiento de clarificación convencional para su potabilización. Este tratamiento es de baja complejidad tecnológica, es relativamente económico y no requiere de insumos de importación ni de mano de obra altamente calificada para su operación. • Posibilidad de mayor disponibilidad (cantidad) de agua, en función de negociación con agricultores. • Fuente renovable que reemplazará parcialmente el uso de agua subterránea, ayudará a disminuir la sobreexplotación local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entorno social complejo, es necesario adquirir derechos de agua que actualmente pertenecen a agricultores. • Es necesaria una línea de conducción y bombeo desde la planta potabilizadora hasta las localidades que serán abastecidas. • Para utilizar los escurrimientos de la cuenca del río Nazas sería necesario adquirir derechos que actualmente están en manos de usuarios del Distrito de Riego 017.
<p>Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un tratamiento de coagulación y filtración directa. • Proceso de potabilización de baja complejidad tecnológica, es económico y no requiere de insumos de importación ni de mano de obra altamente calificada para su operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al no contar con estudios de calidad en la zona de perforación de pozos y dado a las variaciones de calidad del agua que presenta el acuífero principal en la Región Lagunera es posible que el agua extraída además de arsénico contenga otros contaminantes como fluoruros, sulfatos y alta salinidad. En estos casos se requeriría otro tipo de proceso de potabilización con costos de inversión y operación más altos. • A medida que se incremente el abatimiento del acuífero, los costos de extracción del agua aumentarán, incrementándose los costos de operación de este tipo de sistemas.
<p>Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de energía eléctrica por bombeo siempre y cuando los organismos operadores aumente su eficiencia física. • Ahorro en mantenimiento de infraestructura hidráulica. • Se aprovecharía agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría. • No se utilizaría todo el caudal extraído en la mina, por lo que seguiría habiendo disponibilidad para los agricultores que actualmente la emplean, evitando conflictos sociales. • Reducción del abatimiento del acuífero Principal, al dejar de extraer agua subterránea para primer uso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua con alto contenido de sólidos disueltos que requiere procesos de membranas para su potabilización, lo que implica altos costos de inversión, operación e insumos de importación, así como mano de obra altamente calificada. • Requiere adquisición de terreno, 700 Ha, para disposición del agua de rechazo en lagunas de evaporación. • Costo de tratamiento de potabilización oneroso.

<p>Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal</p> <p>Estrategia actual: extracción de agua subterránea y tratamiento a pie de pozo.</p> <p>Batería de pozos-acuífero principal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un tratamiento de coagulación y filtración directa. • Proceso de potabilización de baja complejidad tecnológica, es económico y no requiere de insumos de importación ni de mano de obra altamente calificada para su operación. • Ahorro de energía eléctrica por bombeo siempre y cuando los organismos operadores aumente su eficiencia física. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con este proceso sólo se puede potabilizar agua con concentraciones de $As \leq 0.1$ mg/L. • Es posible que el agua extraída en algunas áreas del acuífero, además de arsénico, contenga otros contaminantes como: fluoruros, sulfatos y alta salinidad; en estos casos se requeriría otro tipo de proceso de potabilización con costos de inversión y operación más elevados. • A medida que se incremente el abatimiento del acuífero, los costos de extracción del agua aumentarán, incrementándose los costos de operación de este tipo de sistemas.
--	--	---

Criterios utilizados para la selección de la alternativa

En la Tabla 6-30, se detallan los costos por potabilización y los costos por infraestructura hidráulica de cada una de las alternativas, en la Tabla 6-31 se detallan los indicadores financieros obtenidos de todas las alternativas, en todas las acciones los costos superaban a los beneficios, sin embargo, se estimó un beneficio por concepto de recuperación de tarifas, es decir, el costo por metro cúbico que sería necesario cobrar por el agua potabilizada para que el VPN diera un valor de 0. Este costo por metro cúbico es adicional al costo por metro cúbico que ya se esta cobrando actualmente por cada uno de los organismos de la zona de estudio

Por lo anterior y dado el ajuste de todas las alternativas a un VPN 0, este no será tomado como criterio de selección dado que si este es igual a cero (VPN = 0) será indiferente realizar el proyecto o invertir los recursos en alguna de las alternativas.

Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión de selección deberá basarse en otros criterios, como la obtención de beneficios intangibles, el CAE, cobertura de beneficio (ver Tabla 6-32) y costo por metro cúbico de agua potabilizada (ver Tabla 6-31).

El CAE se presenta con signo negativo en virtud de que los costos están superando a los beneficios. El CAE es la anualidad del valor presente de los costos menos el valor presente del valor de rescate del proyecto de inversión, considerando el horizonte de evaluación (en este caso es de 20 años).

Consideraciones:

- No se considera la Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita” en virtud de que este Análisis Costo-Beneficio contempla la evaluación de proyectos antes de iniciarse (evaluación ex-ante) y esta alternativa ya está en proceso de ejecución y para este caso se tendría que esperar la culminación de las actividades para llevar a cabo una evaluación (evaluación ex-post) posterior a la ejecución del proyecto midiendo sus resultados, (Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión, MAPAS, 2015); aunado a que la población beneficiada solo se enfoca al municipio de Gómez Palacio. Dado lo anterior esta alternativa no será considerada para los fines de este Análisis Costo-Beneficio.

- De la Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura” (Agua para siempre), no se consideran el Escenario 1 y Escenario 2 en virtud de que las localidades beneficiadas consideradas del proyecto “Agua Futura para la Laguna” no son las mismas que el proyecto de estudio.
- La Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal, es económicamente la de menor costo, y propone continuar con él proceso de potabilización que actualmente se lleva acabo, sin embargo, solo considera el suministro de agua a Gómez palacio Urbano y Rural mediante 13 plantas con filtro para potabilizar agua de 21 pozos, dado lo anterior esta alternativa no cumple con los objetivos del proyecto el cual es el abastecimiento de agua potable a las localidades de Bermejillo, Tlahualilo, Gómez Palacio Rural y Gómez Palacio Urbano aunado a que esta alternativa no beneficia a frenar el abatimiento del acuífero.

Consideraciones financieras:

De acuerdo a la comparación de costos de inversión, costos de operación y el Costo Anual Equivalente, *desde el punto de vista de rentabilidad el orden de conveniencia* es: *Alternativa 1, referente “Agua de la presa Francisco Zarco-Río Nazas (Agua Futura)”- Escenario 3; así como, la Alternativa 3: correspondiente a “Agua de laboreo de la mina La Platosa”;* su resultados se indican en la Tabla 6-34.

Tabla 6-34 Comparativa de alternativas seleccionadas desde el punto de vista de rentabilidad

Indicadores financieros	Alternativa 1	Alternativa 3
	Agua de presa Francisco Zarco-Río Nazas (“Agua Futura o Agua para siempre”)	Agua de laboreo de la mina “La Platosa”
	Escenario 3	
Tasa Social de Descuento	10%	10%
Valor Presente Neto (VPN)	\$0.00	\$0.00
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9%	9%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	12%	15%
Costo total del proceso de potabilización con operación.	141,788,634.33	517,245,804.00
Costo Anual Equivalente del proceso de potabilización (CAE)	-39,565,572.01	-182,740,928.04
Costo total de inversión de infraestructura hidráulica (Acueducto) con operación.	1,102,731,512.85	858,328,662.36
Costo Anual Equivalente de infraestructura hidráulica (CAE)	-139,668,325.80	-\$111,627,665.67
Costo \$/m ³	4.91	10.46
Costo total de alternativa	1,207,068,004.21	1,207,811,184.53

De acuerdo a los términos de referencia del proyecto se desarrollará la situación con el Programa o Proyecto de inversión considerando la Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”.

6.2.4 Situación con el Proyecto de inversión

De conformidad con la Sección II, de los *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*, emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2013, el proyecto de inversión denominado “Suministro de agua potable de la Mina La Platosa” tiene como Agua de laboreo de la mina “La Platosa”, es de tipo “Proyectos infraestructura económica” (ver Tabla 6-35), dado que se trata de la construcción de activos fijos para la producción de bienes y servicios del sector agua. En ese entendido, y dado que el monto total de la inversión estimado por el IMTA, se encuentra en el rango superior a 500 millones de pesos, la evaluación económica se desarrolla bajo la modalidad de *Análisis costo beneficio*.

Tabla 6-35 Tipo de infraestructuras según SHCP

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	
Proyecto de infraestructura gubernamental	
Proyecto de inmuebles	
Programa de adquisiciones	
Programa de mantenimiento	
Otros proyectos de inversión	
Otros programas de inversión	

El proyecto de inversión se integra por la construcción de una Planta Potabilizadora con un caudal de diseño de 1,166 lts/s y un caudal producido de 967 lts/s con planta de bombeo en las cercanías de la mina La Platosa, un tanque de regularización de cambio de régimen, líneas de conducción (acueducto) y distribución desde dicho tanque hasta puntos de entrega del agua en bloque a los municipios y posibles tanques u otro tipo de estructuras de entrega.

✓ *Características físicas del proyecto:*

Esta propuesta se basa en el trazo de 94.68 km de acueducto que conducirán el agua para las comunidades antes mencionadas, teniendo algunas diferencias mínimas con la opción 2 (opción detallada en el capítulo 2). A partir de los pozos de extracción de agua de la mina se propone colocar la planta potabilizadora en un terreno contiguo, donde se ha visto la factibilidad de poder realizarse. De la planta potabilizadora se instalarán bombas que

a) *Alineación estratégica*

En la Tabla 6-36, se detallan los instrumentos de planeación con los cuales el PPI se vincula en los diferentes niveles de gobierno.

Tabla 6-36 Alineación estratégica

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
<p>Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018</p>	<p>Sus principales líneas estratégicas del PPI se encuentran relacionadas con las metas nacionales del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018:</p> <p>VI.4 México Próspero y, de manera específica,</p> <p>Objetivo 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo:</p> <p>Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.</p> <p>Estrategia 4.4.3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.</p>	<p>Líneas de acción de la Estrategia 4.4.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria. •Ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobreexplotación, propiciando la sustentabilidad sin limitar el desarrollo. •Incrementar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. •Sanear las aguas residuales con un enfoque integral de cuenca que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos. •Fortalecer el desarrollo y la capacidad técnica y financiera de los organismos operadores para la prestación de mejores servicios. •Fortalecer el marco jurídico para el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento. •Reducir los riesgos de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos por inundaciones y atender sus efectos. •Rehabilitar y ampliar la infraestructura hidroagrícola. <p>Líneas de acción de la Estrategia 4.4.3:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Ampliar la cobertura de infraestructura y programas ambientales que protejan la salud pública y garanticen la conservación de los ecosistemas y recursos naturales.

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
		<ul style="list-style-type: none"> •Desarrollar las instituciones e instrumentos de política del Sistema Nacional de Cambio Climático. •Acelerar el tránsito hacia un desarrollo bajo en carbono en los sectores productivos primarios, industriales y de la construcción, así como en los servicios urbanos, turísticos y de transporte. •Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzados, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero. •Impulsar y fortalecer la cooperación regional e internacional en materia de cambio climático, biodiversidad y medio ambiente. •Lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejos especiales y peligrosos, que incluya el aprovechamiento de los materiales que resulten y minimice los riesgos a la población y al medio ambiente. •Realizar investigación científica y tecnológica, generar información y desarrollar sistemas de información para diseñar políticas ambientales y de mitigación y adaptación al cambio climático. •Lograr el ordenamiento ecológico del territorio en las regiones y circunscripciones políticas prioritarias y estratégicas, en especial en las zonas de mayor vulnerabilidad climática. •Continuar con la incorporación de criterios de sustentabilidad y educación ambiental en el Sistema Educativo Nacional, y fortalecer la formación ambiental en sectores estratégicos. •Contribuir a mejorar la calidad del aire, y reducir emisiones de compuestos de efecto invernadero mediante combustibles más eficientes, programas de movilidad sustentable y la eliminación de los apoyos ineficientes a los usuarios de los combustibles fósiles.

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
		<ul style="list-style-type: none"> •Lograr un mejor monitoreo de la calidad del aire mediante una mayor calidad de los sistemas de monitoreo existentes y una mejor cobertura de ciudades.
<p>Plan Nacional Hídrico 2014-2018</p>	<p>Objetivo 3. Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento</p> <p>Estrategia 3.1 Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.</p> <p>Estrategia 3.2 Mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios.</p>	<p>Líneas de acción Estrategia 3.1</p> <p>Incrementar las coberturas de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas y rurales privilegiando a la población vulnerable.</p> <p>Suministrar agua de calidad para el uso y consumo humano para prevenir padecimientos de origen hídrico.</p> <p>Fomentar que la definición de tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, siga criterios técnicos, financieros y sociales.</p> <p>Crear infraestructura para aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento.</p> <p>Ampliar y mejorar el uso de fuentes de agua alternativas como la desalinización y cosecha de lluvia.</p> <p>Líneas de acción Estrategia 3.2</p> <ul style="list-style-type: none"> •Mejorar la eficiencia física en el suministro de agua en las poblaciones. •Mejorar los sistemas de medición en los usos público urbano e industrial. •Promover y aplicar tecnologías de bajo consumo de agua en los sistemas de abastecimiento público, industrias y servicios. •Mejorar el desempeño técnico, comercial y financiero de los organismos prestadores de servicio de agua y saneamiento.

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
		<ul style="list-style-type: none"> •Apoyar o crear organismos metropolitanos o intermunicipales para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. <p>Líneas de acción Estrategia 3.3</p> <ul style="list-style-type: none"> •Mejorar el funcionamiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales. •Construir nueva infraestructura de tratamiento de aguas residuales y colectores e impulsar el saneamiento alternativo en comunidades rurales. •Impulsar el uso y manejo de fuentes de energía alternativas para el autoconsumo en procesos de tratamiento de aguas residuales.
<p>Programa Sectorial del Medio Ambiente Y Recursos Naturales 2013-2018</p>	<p>Objetivo 3. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas</p> <p>Estrategia 3.1. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua.</p> <p>Estrategia 3.2. Fortalecer el abastecimiento de agua y acceso a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como para la agricultura.</p>	<p>Líneas de acción de la Estrategia 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> •Ordenar y regular los usos del agua en cuencas y acuíferos. •Ordenar la explotación y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos. •Actualizar la expresión de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas. •Revisar la pertinencia, vigencia y validez de los actuales decretos de veda y zonas reglamentadas y de reserva en el país. •Promover la incorporación del enfoque de cuenca en los programas de ordenamientos ecológicos y en otros instrumentos de planeación regional. •Promover y reforzar las acciones de conservación de suelos y agua en cuencas hidrográficas prioritarias.

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
		<ul style="list-style-type: none"> •Fortalecer y modernizar la medición del ciclo hidrológico en el ámbito nacional, regional y local. •Desarrollar e instrumentar sistemas de medición de las diferentes variables comprendidas en el ciclo hidrológico. •Formar y certificar recursos humanos calificados para el sector hídrico. •Promover y aprovechar las oportunidades que ofrecen los foros internacionales para apoyar el incremento de capacidades y desarrollo de infraestructura hidráulica. <p>Líneas de acción de la Estrategia 3.2.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado. •Suministrar agua de calidad para consumo humano para prevenir padecimientos de origen hídrico. •Crear infraestructura para el aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento. •Mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios y sus localidades. •Mejorar la productividad del agua en la agricultura. •Revisar el marco jurídico para el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento. •Vigilar el cumplimiento de los términos de las condiciones particulares de descarga y la normatividad aplicable.
<p>Programa de Acciones y Proyectos</p>	<p>Eje Cobertura Universal:</p>	

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
<p>para la Sustentabilidad Hídrica Visión 2030 Estado de Durango</p>	<p>Objetivo: Asegurar el acceso apropiado a toda la población, a servicios de calidad e agua potable, alcantarillado y saneamiento.</p> <p>Estrategias:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.-Incrementar la cobertura de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas y rurales. 2.-Establecer el marco regulatorio para la prestación de los servicios de agua. 3.-Actualizar y aplicar periódicamente las tarifas diferenciales, por sector de nivel socioeconómico y/o por volumen utilizado. 4.-Fomentar la cultura del agua, enfatizando en su importancia, limitación, costo de oportunidad y beneficios sociales y ambientales. 5.-Diseñar programas de ampliación, mantenimiento y rehabilitación de las plantas potabilizadoras y de las redes de distribución y de alcantarillado. 6.-Aplicar tecnologías apropiadas de suministro de agua y saneamiento básico para la población vulnerable 7.-Diseñar los mecanismo y estrategias para que toda el agua distribuida y 	

Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
	utilizada por los usuarios se contabilice y se facture.	
<p>Ley de Agua para el Estado de Durango</p> <p>Publicado en el periódico oficial No. 2 de fecha 7/07/2005.</p> <p>DECRETO 111, LXIII LEGISLATURA</p>	<p>El Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, tendrá las siguientes atribuciones:</p> <p>I.- La planeación, construcción, ampliación, rehabilitación, conservación, mantenimiento, administración y recuperación de las obras y servicios necesarios para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a los centros de población y asentamientos humanos de los municipios del Estado; en concordancia con los programas de desarrollo urbano de éstos;</p> <p>De la Comisión del Agua del Estado de Durango:</p> <p>V.- Promover y fomentar el uso eficiente y preservación del agua, y la creación de una cultura del agua como recurso escaso y vital;</p>	

b) Localización geográfica

La obra de potabilización se propuso ubicarla en un terreno aledaño a la mina La Platosa, la cual encuentra ubicada a 5 km al norte de la localidad de Bermejillo, situado en el municipio de Mapimí. (Ilustración 6-10), para mayor información abordar capítulo 1.



Ilustración 6-10 Localización de la mina “La Platosa”

c) Calendario de actividades

Se considera que la ejecución del proyecto podría realizarse en un plazo de 1 año, posterior a su registro y aprobación en la cartera de proyectos SHCP; ver Tabla 6-37.

Tabla 6-37 Calendario de actividades

Núm.	Actividad	Año 2018		Año 2019	
1	Registro cartera de proyectos SHCP	XXXX			
2	Gestión de terrenos para planta	XXXX			
3	Acueducto "La Platosa"		XXXX	XXXX	
4	Planta potabilizadora		XXXX	XXXX	

d) Monto total de inversión

El costo de las acciones contenidas en la alternativa Agua de laboreo de la Mina “La Platosa”, asciende a \$1,207.8 millones de pesos, a precios de 2017, más el impuesto al valor agregado (16%, \$193.2 millones de pesos), demandándose una inversión total de \$1,401 millones de pesos. El desglose por concepto de infraestructura se muestra en la Tabla 6-4 Monto total de la inversión por infraestructura.

Mantenimiento y operación del PPI:

Los valores que se indican a continuación se muestran en: Tabla 6-26 y

Tabla 6-27.

- ✓ Acueducto (\$/año): 12,247,261.83
IVA (16%): 1,959,561.89
Total: 14,206,823.72
- ✓ Planta potabilizadora (\$/año): \$155,516,020.00
IVA (16%): \$24,882,563.20
Total: 180,398,583.20

e) Fuentes de financiamiento

Respecto a las fuentes de recursos de inversión, además de los recursos presupuestales del Gobierno de Durango y los municipios beneficiados, se prevé que las inversiones sean apoyadas mediante recursos fiscales del Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua; ver Tabla 6-38.

Tabla 6-38 Fuentes de financiamiento

Fuente de los recursos	Monto	Porcentaje
1. Federales	\$770,583,535.73	55%
2. Estatales y/o municipal	\$630,477,438.32	45%
Total	\$1,401,060,974.04	100%

Asimismo, se identifican los siguientes programas para su financiamiento:

❖ Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (PROAGUA)

Tiene como propósito apoyar el fortalecimiento e incremento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que prestan los organismos operadores, de los municipios, a través de las entidades federativas. Cuenta con los apartados siguientes:

- Apartado Urbano (APAUUR).
- Apartado Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento (PRODI).
- Apartado Rural (APARURAL).

- Apartado Agua Limpia (AAL).
- Apartado Infraestructura para el Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)
- Apartado Incentivos por el Tratamiento de Aguas Residuales (INCENTIVOS).
- Apartado de apoyo para municipios de menos de 25,000 habitantes (AMPIOS).
- Programa del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos cuyo objetivo es consolidar e impulsar la autosuficiencia financiera de los Organismos Operadores de Agua, a fin de mejorar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, promoviendo y fomentando la participación de capital privado y el cuidado del medioambiente.

❖ **Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA)**

El PROMAGUA, es un programa que canaliza apoyos del Fondo Nacional de Infraestructura, para atender las carencias en materia de cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Paralelamente crea incentivos para la participación de capital privado en este tipo de proyectos.

PROMAGUA apoya Gobiernos Estatales, Entidades Estatales, Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, Gobierno de la Ciudad de México y todos los municipios, priorizando aquellos que cuenten con más de 50,000 habitantes.

Para mayor información con respecto a los apoyos financieros ver *Anexo 5.2 Programas de financiamiento*.

f) **Capacidad instalada**

Las capacidades instaladas que se identifican en la alternativa Agua de laboreo de la mina “La Platosa” durante todo la evolución en el horizonte de evaluación con la ejecución del proyecto se presentan de acuerdo a los componentes que constituyen el proyecto.

➤ **Proceso de potabilización:**

Se considera un caudal de entrada al proceso de 1,166 L/s, se obtendría al final del proceso una corriente producto de 968 L/s si se recuperan los 168 L/s del tratamiento del rechazo, dejando finalmente una corriente concentrada de 168 L/s. Al pasar el agua por la primera etapa de tratamiento (filtración con arena a presión o gravedad) se obtendrían 23 L/s de agua de retrolavado y 1,143 L/s de agua producto, que posteriormente pasarían a la etapa de Ósmosis Inversa. Después de la OI se lograrían remociones de 99% As, 96.3% SO₄, 90% F, 90% B, 95% Fe, 95% Mn, 92.5% Na, 98% Pb, 96.1% dureza total, 95% radiactividad α , 95.55% SDT, 96.80% Ca, 97% Mg, 91% Cl y 90% K. Con estos porcentajes de remoción, al final del tratamiento se cumpliría con todos los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, modificada en el año 2000. **Subtema 2.2.2 Opciones de tratamiento del agua de la Mina** de este documento.

➤ **Línea de conducción (Acueducto):**

El funcionamiento hidráulico para el sistema de conducción se basa en el trazo de 94.68 km de líneas de conducción para abastecer las comunidades antes mencionadas. De la planta potabilizadora se instalarán bombas

que impulsen el agua al tanque Ceceda, ubicado en la población de Tlahualilo, con una línea de 33.83 km a partir de la bifurcación; todos los sitios de entrega recibirán el caudal por bombeo, no se diseñaron equipos de bombeo intermedios, la Ilustración 6-9 Gasto, diámetro y longitud del acueducto, se muestra un esquema de las líneas de conducción y sitios de entrega.

g) Metas anuales y totales de producción

El periodo de construcción de las obras es de un año, la Alternativa No. 3 del proyecto la Platosa permitirá solucionar en buena medida la problemática de dotación de agua de calidad, al sustituir el caudal no potabilizado actualmente de fuentes subterráneas por agua potabilizada del proyecto de la mina la Platosa. Aunado a que esta medida ayudara a mitigar el abatimiento del Acuífero Principal. Las metas que se tendrán con el proyecto de inversión cuantificadas en el horizonte de evaluación se puede observar en la Tabla 6-39. La meta total anual, se mantiene constante durante el periodo de evaluación (20 años), sin embargo, la producción (L/s) que se suministraría a cada localidad del proyecto en estudio, sufriría una variación no de gran impacto por incremento de la población.

Tabla 6-39 Metas anuales y totales de producción l/s

Localidad/año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Bermejillo	38	38.02	37.99	37.95	37.90	37.85	37.79	37.72	37.65	37.56	37.47	37.38	37.27	37.16	37.04	36.91	36.78	36.64	36	36.49	36.49
Tlahualilo	72	72.54	73.25	73.97	74.70	75.44	76.18	76.93	77.68	78.45	79.22	80.00	80.79	81.58	82.39	83.20	84.02	84.84	86	85.68	85.68
Gómez Palacio Rural	217	220.92	224.75	228.67	232.67	236.77	240.96	245.25	249.63	254.11	258.70	263.40	268.20	273.11	278.14	283.28	288.55	293.94	299	299.45	299.45
Gómez Palacio Urbano	640	636	631	626	622	617	612	607	602	597	592	586	581	575	569	564	558	552	545	545	545
Total L/s	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967

h) Vida útil

El horizonte de evaluación es el periodo de tiempo que considera los años de inversión y de operación de un proyecto (vida útil). El número de años a considerar dependerá del tipo de proyecto que se esté evaluando.

Con relación a la vida útil de las obras que comprende el proyecto suministro de agua potable de la mina “La Platosa”, se refiere al tiempo que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados, que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente o ineficiente.

Se deben tomar en cuenta todos los factores, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular, para establecer adecuadamente el período de vida útil de cada una de las partes del sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

De acuerdo al Libro Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado del MAPAS 2015, la vida útil de elementos de un sistema de agua potable y alcantarillado como lo es una Línea de conducción (acueducto) cuenta con una vida útil de 30 a 40 años y para una planta potabilizadora: Obra civil: 40 años y el equipo electromecánico de 15 a 20 años.

El MAPAS solicita realizar los análisis utilizando las proyecciones oficiales de CONAPO para la estimación de la población y su consecuente gasto de diseño. Por tanto este análisis considera la proyección al año 2037 que son los datos con los que cuenta la CONAPO. Complementariamente esta información se enriqueció con los análisis proporcionados por el Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte de CONAGUA, mismos que fueron utilizados por el proyecto “Agua Futura para la Laguna” (Agua para siempre).

i) *Descripción de los aspectos más relevantes*

Estudios legales

El reúso de aguas de la Mina La Platosa para su uso público urbano, requiere del análisis del marco legal e institucional del Estado de Durango; pero también de los municipios, a los cuales se proveería dicha agua, una vez tratada y potabilizada, que en el caso son a las poblaciones de poblaciones de Tlahualillo, Mapimí y la parte rural del municipio de Gómez Palacio.

El análisis del marco jurídico pasa necesariamente por definir los derechos que tiene o debe tener la empresa que tiene la concesión de la mina y la que, en su caso, proveería las aguas de laboreo. El estudio incluye por tanto reflexiones en torno a la falta de concesión de derechos de agua como del consiguiente permiso de descarga. Es necesario clarificar cómo sería el mecanismo o esquema para la entrega de agua en bloque y algunos de los elementos institucionales que se consideran necesarios para determinar la instancia a cargo tanto de la administración de los servicios, que incluyen su tratamiento y potabilización, como de los acuerdos necesarios para garantizar la provisión a las restantes poblaciones. La intención es que estos servicios queden a cargo del organismo operador del municipio de Gómez Palacio y, por ende, se analiza un posible arreglo institucional a partir de este escenario, pero a la vez se definen otros esquemas posibles a través de instancias creadas expreso para la operación de este servicio. La definición dependerá del análisis que dichos organismos lleven a cabo en forma conjunta con la CAED así como con otras instancias a nivel estatal y federal. El análisis considera elementos clave como la necesaria constitución de servidumbres, la posible expropiación de predios y el cumplimiento de normatividad aplicable, entre ellas en materia de impacto ambiental. Asimismo, se toman en consideración mecanismos financieros y una posible propuesta para la canalización y administración de fondos dentro de un esquema de colaboración y coordinación.

El estudio incluye el marco legal general aplicable en el que se desenvuelve los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del estado de Durango (incluyendo servicio de agua en bloque).

El objetivo último es encontrar formas jurídicas e institucionales de coadyuvar para el reúso del agua que se obtiene del laboreo de la Mina para uso público urbano y coadyuvar a prevenir revertir los abatimientos en los niveles estáticos del acuífero en la mina en el periodo de 2009-2014 de aproximadamente 3. 2 metros.

Los resultados y recomendaciones relevantes del estudio legal ***Revisión del marco legal y social de los derechos del uso del agua de la Mina La Platosa*** realizado para el Proyecto; se detallan en el Capítulo 5 REVISIÓN DEL MARCO LEGAL Y SOCIAL DE LOS DERECHOS DEL USO DEL AGUA DE LA MINA LA PLATOSA.

Estudios ambientales

De acuerdo con los alcances del presente proyecto de la “Mina La Platosa”, cabe mencionar que en el anexo técnico de los términos de referencia no contempla un estudio ambiental, más sin embargo se recomienda realizarlo específicamente a la zona de estudio. Pero, como parte de recopilación de información, ver Capítulo 2 del Anexo técnico, se obtuvo el estudio con relación agua-medio ambiente que abarca la cuenca de interés de la Alternativa 3 Agua de laboreo de la mina “La Platosa”; documento denominado: *Estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de La Región Lagunera*,

en los municipios de Torreón, San Pedro de Las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca en el estado de Coahuila y Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí en el estado de Durango, (Factibilidad Ambiental) Ingeniería y Gestión Hídrica, S.C; ver **Anexo 5.3**, con este informe se sustenta este punto.

El caso del Acuífero Principal

En el acuífero Principal se reportan abatimientos que varían entre 1.3 y 4.0 m/año, pero diversos comentarios aseveran que el nivel del acuífero ha disminuido más de 100 m en menos de 50 años, (aunque por otra parte, diversos usuarios refutan lo contrario al hacer mención que no han necesitado de perforar a mayor profundidad para extraer los mismos volúmenes de agua desde hace años).

Además de la sobreexplotación, una acumulación natural de sales ha empeorado la calidad del agua. CONAGUA (2003) señala que “la calidad del agua que contiene el acuífero Principal en algunas áreas, no es apta para el consumo humano y presenta serias restricciones para el uso agrícola y pecuario por su alta concentración de sales... de mantener el régimen de extracción de agua subterránea, en los próximos años se incrementaría el índice de abatimiento de su nivel”. En un estudio del IMTA mostró que grandes áreas del acuífero Principal tienen concentraciones de sales arriba de la norma mexicana para agua potable; ver **Anexo 5.4**. Informe final TH-1443.3 *Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de las aguas de laboreo de la mina “la platosa” para el abastecimiento de agua potable a los municipios de tlahualilo, mapimí y gómez palacio, durango*

Conforme a lo descrito anteriormente, es claro que la solución para la sobreexplotación del Acuífero Principal debe visualizarse no solo desde el punto de vista ambiental sino también desde el punto de vista social y económico. Es claro que las actuales condiciones de desarrollo económico son contrarias al desarrollo sustentable al cual se pretende llegar en la zona”; ver **Anexo 5.5** denominado: *Estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de La Región Lagunera, en los municipios de Torreón, San Pedro de Las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca en el estado de Coahuila y Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí en el estado de Durango, (Descripción área de estudio), Ingeniería y Gestión Hídrica, S.C.*

j) Análisis de la Oferta

La oferta con el proyecto de la planta potabilizadora La Platosa, la cual tratará el agua proveniente de la mina La Platosa, tendría un gran impacto para incrementarla, por medio de la sustitución de los 706 lts/s provenientes de los 27 pozos (ver Tabla 6-9) sin tratamiento por 967 lts/s que proporcionará la planta potabilizadora. En la Ilustración 6-11, se muestran los caudales de cada localidad, para los años 2017 al 2037, la suma de caudales parciales resultarán los 967 lts/s potabilizados; el análisis de cálculo se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.**

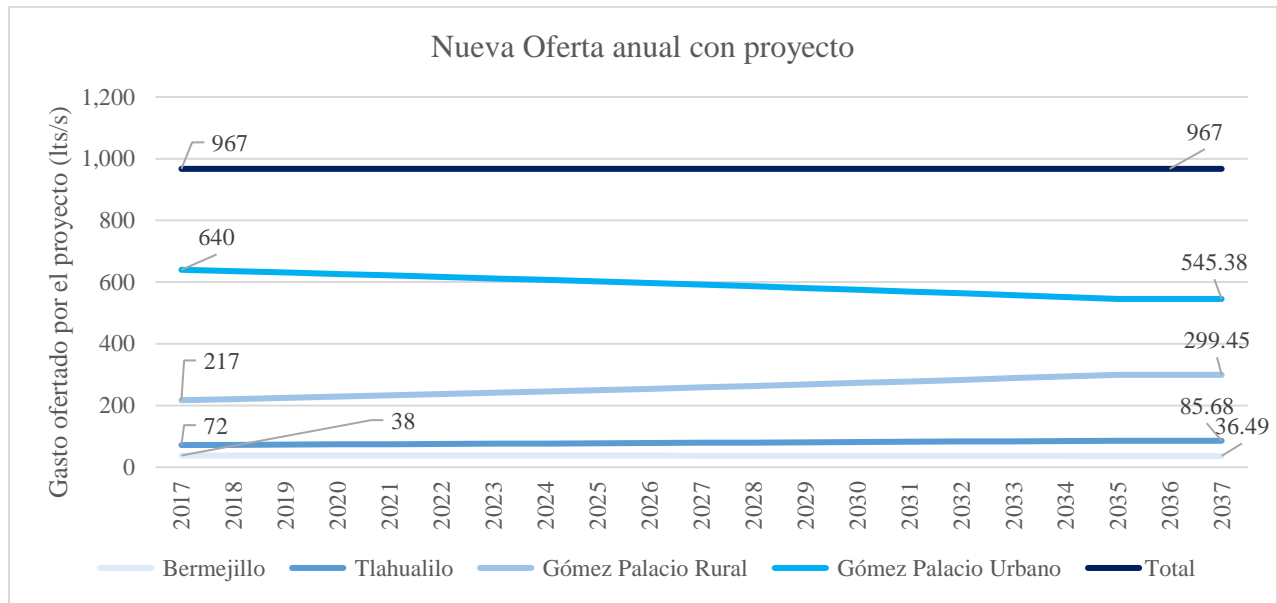


Ilustración 6-11 Nueva Oferta anual con proyecto

La nueva oferta de 967 lts/s provenientes de la nueva planta potabilizadora La Platosa se le adicionará a la oferta de los 1,195.60 lts/s provenientes de los 21 pozos que cuentan con tratamiento, que en conjunto se tendrá una oferta total de 2,163 lts/s, quedando distribuidos entre las localidades en estudio, como se observan en la Ilustración 6-12.

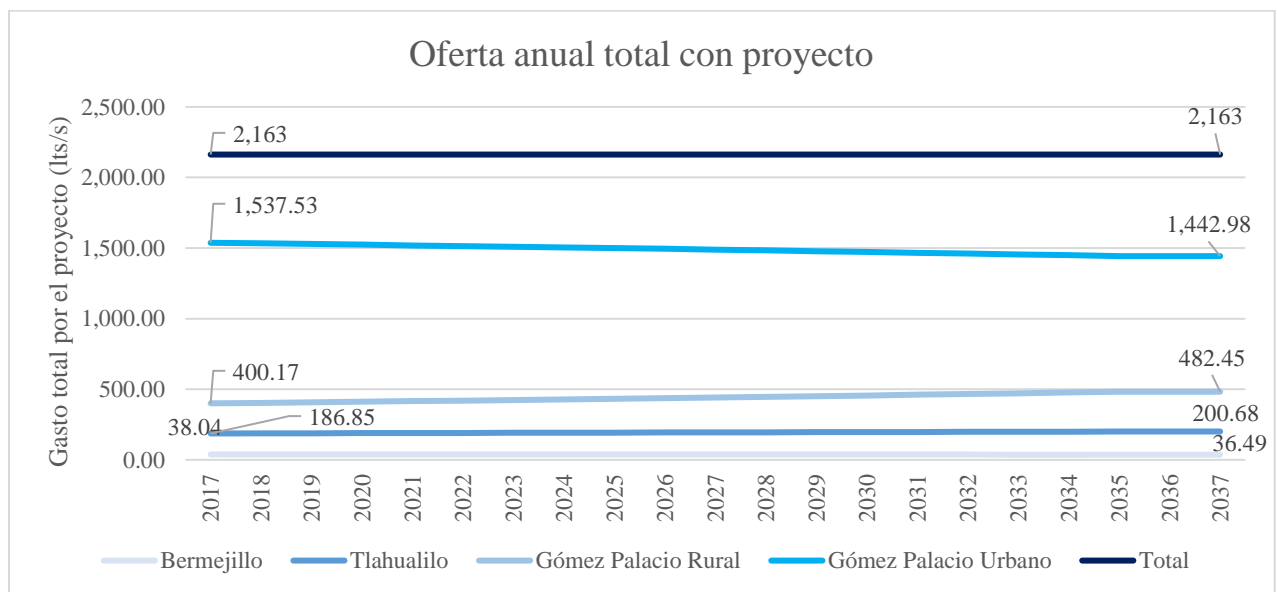


Ilustración 6-12 Oferta anual total con proyecto

Cabe mencionar que la oferta total de ambas fuentes de abastecimiento (agua subterránea y planta potabilizadora), cumplirá con la calidad que se requiere por NOM-127-SSA-1994, donde se indican los límites permisibles que deben cumplir los parámetros de calidad del agua para consumo humano.

k) Análisis de la Demanda Actual

La demanda de agua con el proyecto sufrirá una variación con respecto a la demanda sin proyecto a lo largo del tiempo, ya que la dotación de agua se irá ajustando en todos los municipios, siendo el ajuste más notable en la zona urbana de Gómez Palacio Urbano y Bermejillo donde se reduce de 345.80 a 247 lts/hab/día; ver Ilustración 6-13. Es recomendable que las localidades en estudio deben trabajar en programas de reducción de pérdidas para incrementar sus eficiencias (física y comercial); los cálculos se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.**

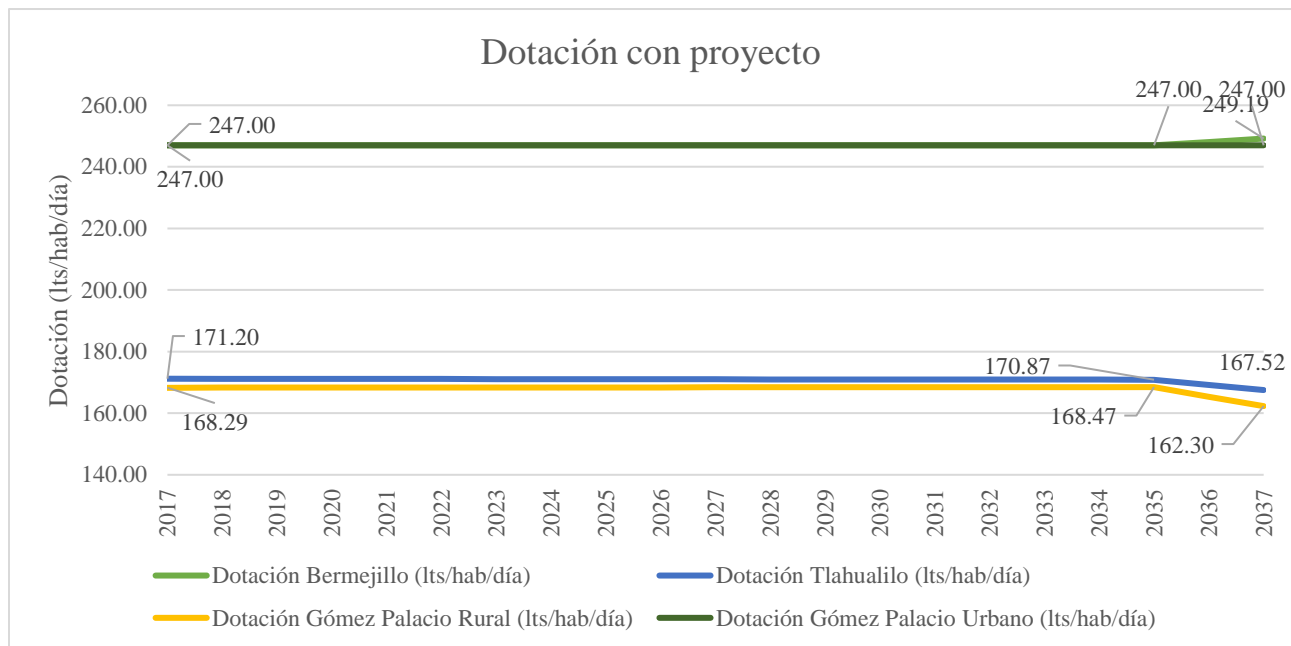


Ilustración 6-13 Dotación con proyecto

Dado el ajuste de la dotación, la demanda se comporta como se muestra en la siguiente gráfica, donde se puede observar el decremento que existiría en la demanda total para el año 2017 de 2,036.17 lts/s (demanda sin proyecto) a 1,454 lts/s (demanda con proyecto), la demanda de la zona urbana de Gómez Palacio que se reduciría de 1,578.31 a 1,127 lts/s, de igual manera para la zona rural de Gómez Palacio y en el municipio Tlahualilo. En la localidad de Bermejillo se reduciría de 53.26 a 38 lts/s; ver el análisis de cálculo **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.** En la Ilustración 6-14, se presentan las demandas anuales con proyecto para toda la población de la zona de estudio.

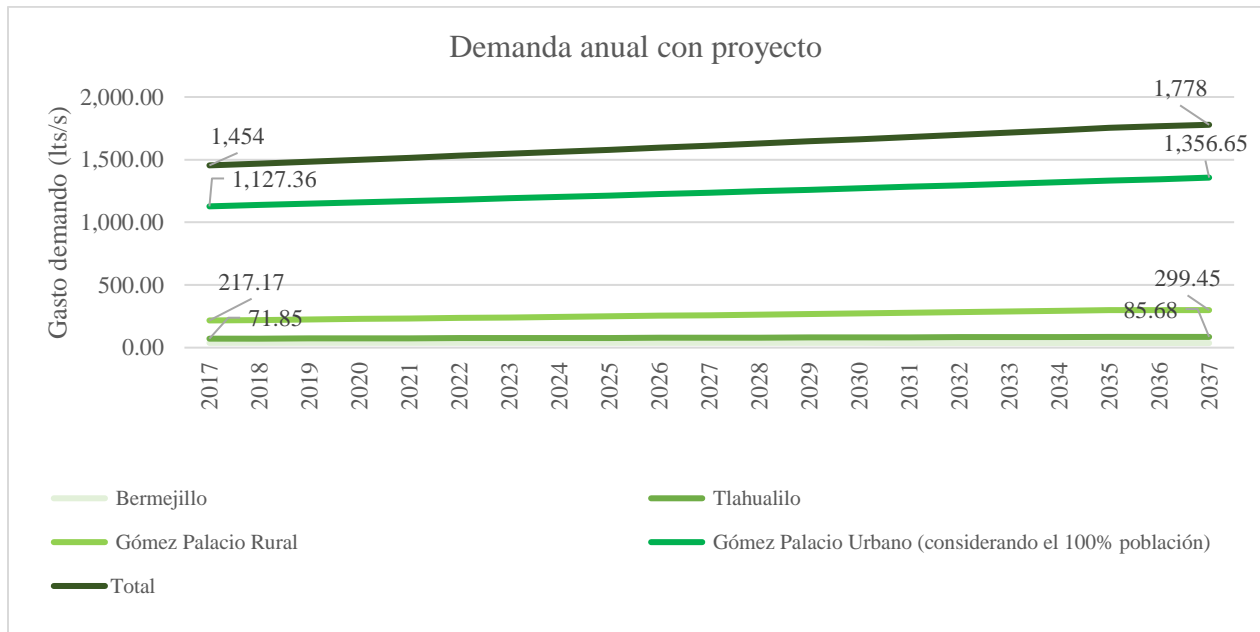


Ilustración 6-14 Demanda anual con proyecto

l) Interacción Oferta-Demanda

Con la nueva oferta proveniente de la planta potabilizadora La Platosa y con el ajuste de las dotaciones obtenidas a través de los programas de reducción de pérdidas, la oferta cubre sin ningún problema la demanda requerida para las localidades en estudio, teniendo además un superávit en total de 708.17 lts/s en el año 2018 y de 409.21 lts/s en el 2035, que se generaría por el superávit de los municipios Tlahualilo y Gómez Palacio, principalmente en la zona urbana de este último. En la Ilustración 6-15, se observa la oferta total y la demanda total, donde se muestra que las localidades se ubican por debajo de estas curvas.

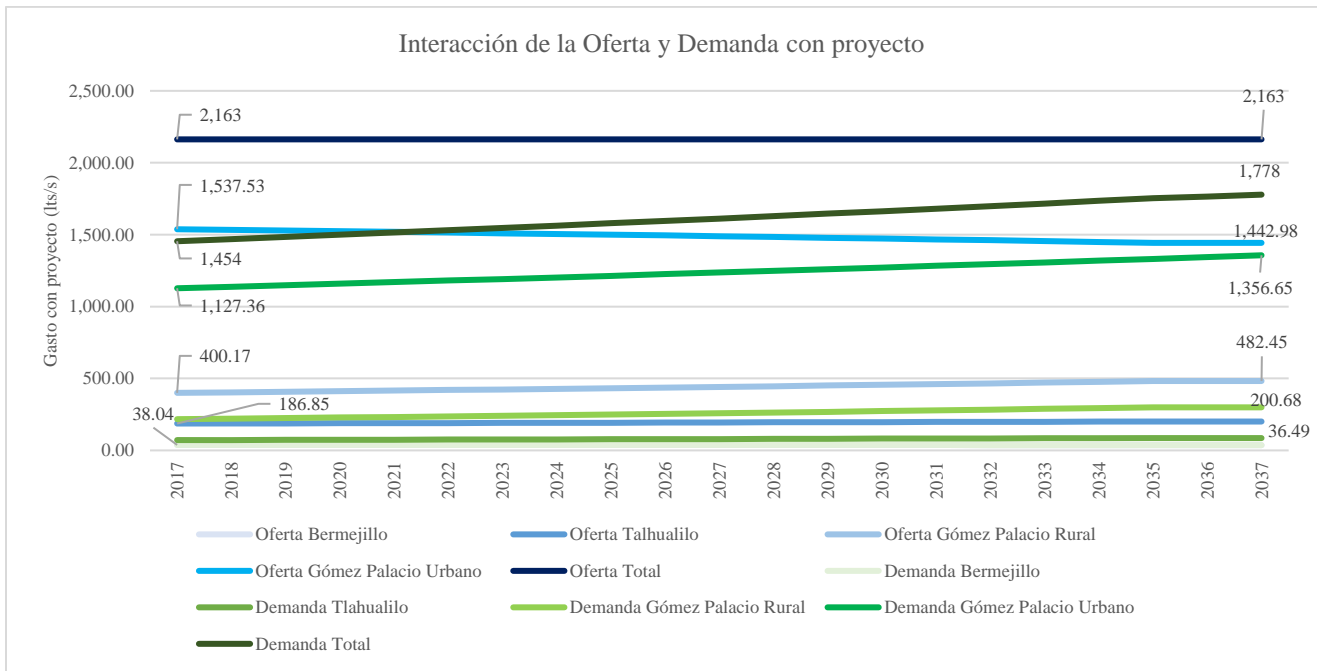


Ilustración 6-15 Interacción de la oferta y la demanda

Asimismo, en el caso de la localidad de Bermejillo, no existiría un superávit como se muestra en la gráfica, pero si se garantizaría la oferta para cubrir al 100% la demanda de agua. Es importante mencionar que aun cuando el gasto potabilizado de la mina La Platosa (967 Lts/s) solo contempla dotar en el año 2018 solo al 56% de su población y en el año 2035 al 41 %, se estima que el resto de la población será dotado con el agua que actualmente ya se está potabilizado y el superávit que se alcanzaría con el proyecto.

En cuanto a la calidad del agua, se garantizaría que cumple con lo pactado en NOM-127-SSA-1994, la cual se cubrirá en conjunto con la planta potabilizadora La Platosa y los filtros instalados en los 21 pozos actuales y que seguirían operando en todo momento.

6.2.5 Evaluación del Proyecto de inversión

La evaluación económica de un proyecto de infraestructura de agua potable, se basa en la determinación de las ventajas que ofrecerá a la población en términos de abastecimiento de agua de calidad causados por el déficit de oferta y por la mala calidad del agua en la zona de estudio, en comparación con la inversión requerida para ello.

Se trata entonces de una relación entre los beneficios que recibirá la población de estudio (beneficiada) con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos.

De esta forma, la evaluación económica se basa. en la comparación de dos escenarios: con proyecto y sin proyecto, de lo cual se obtienen los beneficios buscados para solucionar la problemática planteada.

La comparación de ambos escenarios implica el análisis de las relaciones entre la oferta y demanda de la infraestructura para la potabilización de agua para el abastecimiento.

La oferta se refiere al agua potabilizada actualmente por medio de filtros para el caso de la situación sin proyecto, mientras que en la situación con proyecto, considera la realización de las acciones para la potabilización de agua y su sustitución por el agua que actualmente no recibe un proceso de potabilización.

La demanda se refiere a la necesidad actual de abastecimiento de agua de calidad en las localidades de estudio, considerando las acciones descritas que conforman el Proyecto Agua de laboreo de la mina “La Platosa”.

Otros insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación y mantenimiento, así como los montos de inversión correspondientes a la situación con y sin proyecto.

Por lo que se refiere a montos de inversión, en el cálculo intervienen la inversión en obra física y la operación de la infraestructura, los montos de inversión del proyecto en la situación con proyecto están compuestos por la inversión inicial y los gastos futuros programados para su operación.

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del Proyecto de inversión

En el desarrollo del subtema anterior se describieron los diferentes componentes del Proyecto y se presenta el costo de su ejecución, mismo que se estima en \$1,401 millones, a precios de 2017, incluyendo el IVA. En la Tabla 6-4 Monto total de la inversión por infraestructura.

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del Proyecto de inversión

En la Tabla 6-40 se presentan los beneficios asociados al proyecto de inversión Agua de laboreo de la mina “La Platosa”, el ahorro en energía eléctrica por bombeo se estima en 25.6 millones de pesos anuales al dejar de operar 27 pozos al sustituirse el caudal extraído por el caudal potabilizado del agua de laboreo de la mina la Platosa.

Se estima ahorro total en mantenimiento de infraestructura hidráulica de los 4 organismos operadores por 2.5 millones de pesos al abastecer a la población con agua de mejor calidad potabilizada de la mina, así mismo, se estima un ahorro de costos de cloración por el agua potabilizada de la mina de 334 mil pesos anuales. El ingreso estimado por cobro de tarifas anuales del proyecto se estima en 319.1 millones de pesos por el agua potabilizada.

Tabla 6-40 Beneficios del proyecto de inversión

Beneficios	Monto por año (\$)
Ahorro en energía eléctrica por bombeo	\$25,613,852.97
Mantenimiento de infraestructura hidráulica	\$2,561,385.30
Costos de cloración	\$334,241.00
Tarifas (\$/año)	\$319,108,784.37
Total beneficios	\$347,618,263.64

La gran cantidad de proyectos involucran costos y beneficios llamados intangibles, porque no se les puede asignar un valor monetario. El trato general que debe dárseles es el de especificar claramente la naturaleza del beneficio o del costo, discutir detalladamente la intangibilidad aducida y mencionarlo explícitamente en el estudio del proyecto⁶⁸. A continuación se mencionan los beneficios intangibles asociados al proyecto de inversión. **Beneficios intangibles**

- Aprovechamiento de agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría de la mina la Platosa.
- Dotación de agua de calidad para el consumo humano.
- Disminuir el abatimiento del acuífero principal al dejar de extraer agua.

Se consideran estos beneficios intangibles significativos que podrían ser de gran importancia en el resultado del estudio socioeconómico dado que, un objetivo asociado a resolver la problemática planteada con el proyecto de inversión es revertir el abatimiento en los niveles estáticos del Acuífero principal, sin embargo, estos beneficios intangibles están a criterio de todos los participantes involucrados en el proyecto, así como, las autoridades responsables y decisoras del proyecto.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios.

Dado que en el análisis el VAN resultaba con signo negativo, se ajustó a que diera 0, es decir se integró como beneficio la recaudación derivada del incremento a la tarifa considerando el costo por

⁶⁸ Fontaine, Ernesto, Op. Cit.

metro cubico del agua potabilizada derivada del proceso de potabilización (10.46 \$/m³). Con este resultado se entiende que los costos del proyecto de inversión son iguales a sus beneficios, significando que al llevar a cabo ese proyecto no se obtendrá pérdida ni ganancia, es decir el proyecto solo producirá lo suficiente para que recuperemos la inversión.

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio del proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada. Para el caso del proyecto Agua de laboreo de la mina “La Platosa” la TIR se estima en 9%.

La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución. Ver Tabla 6-41.

Se hizo el cálculo del CAE (Costo Anual Equivalente) el cual es utilizado frecuentemente para evaluar alternativas de proyectos de inversión que brindan los mismos beneficios; pero que poseen distintos costos y/o distinta vida útil. El CAE es la anualidad del valor presente de los costos relevantes menos el valor presente del valor de rescate de un programa o proyecto de inversión, considerando el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas.

La tasa social de descuento utilizada para el análisis del costo-beneficio de implementar la obra pública de potabilización con agua de laboreo de la mina “La Platosa” que favorezcan a la sociedad a partir de la inversión pública es del 10%.

Los resultados obtenidos de los indicadores de rentabilidad anteriormente descritos para el proyecto de inversión Agua de laboreo de la mina “La Platosa” se presentan en la Tabla 6-41 y **Anexo 5.6 Indicadores de rentabilidad**.

Tabla 6-41 Indicadores de Rentabilidad

Indicadores	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	0 Pesos
Tasa interna de retorno (TIR)	9%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	15%
Costo Anual Equivalente Planta Potabilizadora	-\$181,566,331.79
Costo Anual Equivalente Acueducto	-\$113,913,212.64

d) Análisis de sensibilidad

De acuerdo a los lineamientos en este apartado se debe analizar el comportamiento de la rentabilidad de proyecto ante el cambio de una variable mientras todo lo demás permanece constante. Seleccionando las variables más relevantes del proyecto (monto de inversión, monto de los beneficios, costos de operación y mantenimiento, etcétera) se modificará en diferentes porcentajes

hasta que el VPN del proyecto sea 0. Dado que el proyecto tiene un VPN de 0 se omite el análisis de sensibilidad.

e) Análisis de riesgos

Algunos de los riesgos asociados al proyecto en sus etapas de ejecución y operación, se presentan en la Tabla 6-42.

Tabla 6-42 Análisis de riesgos

Descripción del riesgo	Impacto
Incrementos significativos en el costo de inversión de las obras.	Insuficiencia presupuesto y retraso en la ejecución del proyecto Rentabilidad negativa del Proyecto.
Obtención de facilidades para la utilización/compra de terrenos para la planta potabilizadora y agua de rechazo.	Es necesario la adquisición de un terreno de 700 ha, para disposición del agua de rechazo en lagunas de evaporación.
Impedimento de la ejecución del proyecto por grupos de la sociedad.	Que las obras se retrasen o sufran modificaciones importantes.

6.2.6 Conclusiones y Recomendaciones

El proyecto de inversión de Agua de laboreo de la mina “La Platosa” es un proyecto con altos costos por proceso de potabilización, el resultado del cálculo del VPN dan como resultado cero (0), es decir los costos del proyecto de inversión son iguales a sus beneficios, significando que al llevar a cabo ese proyecto no se obtendrá pérdida ni ganancia, es decir el proyecto solo producirá lo suficiente para que recuperemos la inversión.

El proyecto considera dentro de sus beneficios la recaudación derivada del ajuste de tarifa considerando el costo por metro cubico del proceso de potabilización del agua. Este proyecto no debe ejecutarse si se cuenta con otra alternativa que permita obtener un mayor rendimiento y a su vez permita dotar con agua de calidad para el suministro de agua potable a los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí (la localidad de Bermejillo) sin continuar abatiendo el mando freático del acuífero de inversión.

La Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa” es un proyecto que involucran costos onerosos, pero que contempla beneficios llamados intangibles, es decir, beneficios a los cuales no se les puede asignar un valor monetario. Es importante tomar en cuenta estos beneficios de naturaleza ambiental con el objetivo de encontrar una solución al abatimiento de los acuíferos en la región.

“Es importante mencionar que en ocasiones ciertos intangibles en proyecto de inversión pueden ser aún más importantes que los beneficios explícitamente valorados, que a pesar de arrojar una rentabilidad negativa, son recomendables por los beneficios que reportan a la salud humana, la

preservación del medio ambiente o razones de seguridad nacional; es importante que este tipo situaciones en este tipo de proyectos sean del conocimiento de los tomadores de decisiones con la finalidad de no dejar de lado los beneficios intangibles, por el hecho de no poder valorarlos”.⁶⁹

Con la ejecución del proyecto La Platosa se estaría en la posibilidad de frenar el incremento de la explotación de pozos en un acuífero y que se continúe afectando el nivel dinámico de los pozos en la zona.

Se recomienda llevar a cabo para esta alternativa un Análisis costo-eficiencia, este análisis se aplica en proyectos con un monto de inversión superior a 500 millones de pesos en los que los beneficios no sean cuantificables o de difícil cuantificación, es decir, cuando no generan un ingreso o aun ahorro monetario y se carezca de información para hacer una evaluación adecuada de los beneficios no monetarios. El contenido de este análisis de acuerdo a los Lineamientos es el mismo que el que se describió (análisis costo-beneficio), excepto por lo que se refiere a la cuantificación de los beneficios y por lo tanto, el cálculo de los indicadores de rentabilidad.

7 Evaluación de la factibilidad de tres opciones para potabilizar agua en la región

En la Comarca Lagunera existe un alto déficit en la oferta de agua que se requiere para el abastecimiento público, así como problemas de calidad en las fuentes de abastecimiento disponibles. En particular, en la Región Lagunera de Durango se requiere el suministro de agua de calidad potable cuando menos en los municipios de Mapimí, Tlahualilo y Gómez Palacio en la zona Rural.

En la actualidad se visualizan tres posibilidades para el abasto de agua potable para la Región Lagunera de Durango:

- a) Implementar el proyecto “Agua Futura” (Agua para siempre), que se basa en un programa de tecnificación y uso eficiente del agua en el Distrito de Riego 017, con la meta anual de ahorro de 40 millones de metros cúbicos de agua provenientes del Río Nazas, y que serían empleados para el abastecimiento público, previa potabilización, para los municipios de Lerdo, Gómez Palacio y Tlahualilo (CAED, 2016).
- b) Continuar con la estrategia actual de extracción de agua subterránea y tratamiento de la misma, con plantas potabilizadoras a pie de pozo para remoción de arsénico.
- c) Aprovechar parte del agua extraída en la operación de la mina La Platosa, e implementar el tren de tratamiento adecuado para su potabilización de acuerdo al proyecto funcional desarrollado en este mismo documento.

A continuación se presenta brevemente el contexto de las dos primeras posibilidades mencionadas anteriormente, así como la comparación del tratamiento para potabilizar el agua en cada uno de los casos y los costos de inversión y operación por metro cúbico de agua tratada.

⁶⁹ Conagua, “Manual de Ingeniería de Ríos”, Evaluación de proyectos, Capítulo 24, 1993

7.1 Implementación del proyecto Agua Futura (Agua para siempre)

En un esfuerzo para identificar y analizar alternativas que pudieran resolver la problemática de abastecimiento en la Región Lagunera, durante 2008 y 2009 la Comisión Nacional del Agua realizó un estudio en el que, a partir de estudios técnicos existentes realizados para la Región Lagunera y cuencas adyacentes, fueron conformadas las posibles alternativas para resolver el problema del abastecimiento de agua potable para la zona (CONAGUA, 2009).

Primero fueron identificadas tres principales causas de la insuficiencia de agua potable:

- El agotamiento de las reservas probadas de agua potable,
- El uso ineficiente del agua, así como las deficiencias en la capacidad de financiamiento de los sistemas de agua potable y
- La ausencia de fuentes alternas de abastecimiento.

De ese primer análisis resultaron las siguientes opciones generales para asegurar el abastecimiento de agua potable a la Región Lagunera:

- Localización de fuentes alternas,
- Conservación de fuentes actuales,
- Uso eficiente del agua y
- Financiamiento óptimo.

Los primeros dos constituyen acciones sobre la oferta, el tercero sobre la demanda y el último es un instrumento de gestión financiera, indispensable para materializar y reforzar los grupos anteriores.

En lo que se refiere a la localización de fuentes alternas, el esquema de soluciones para asegurar el abastecimiento de agua en la Región Lagunera a largo plazo resultó en lo siguiente:

Fuentes subterráneas (10 fuentes)

- Aprovechamiento de horizontes a mayor profundidad en el acuífero Principal.
- Aprovechamiento de pequeños horizontes remanentes en el acuífero Principal.
- Acuíferos contiguos a la Región Lagunera.

Fuentes superficiales (3 fuentes)

- Concertación con el sector agrícola para uso compartido de las aguas de la cuenca del río Nazas.
- Aprovechamiento del agua de cuencas externas.

En ese estudio se definió un universo de 13 opciones (Ilustración 7-1) resultantes de conjugar probables proyectos de:

- La posibilidad de aprovechar aguas subterráneas de acuíferos locales y contiguos

- Uso de aguas superficiales de los ríos Nazas y Aguanaval
- La posibilidad de aprovechar aguas subterráneas potabilizadas ante el problema de calidad
- Importación de cuencas de la vertiente del Pacífico

ZONA O REGIÓN	FUENTE ALTERNA	ALTERNATIVAS													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTRITO DE RIEGO 017	1.- ZONA RÍO NAZAS (PRESA FRANCISCO ZARCO)	6	6	6	6	6	6	6	6	---	---	---	---	---	---
	2.- ZONA RÍO AGUANAVAL	---	---	---	---	4	4	4	4	---	---	---	---	---	---
VERTIENTE DEL PACÍFICO	3.- CUENCAS ALTAS DE LOS RÍOS PIAXTLA SAN LORENZO, PRESIDIO	---	---	---	---	---	---	---	---	2	2	2	2	---	
ACUÍFERO PRINCIPAL (ZONAS CON VOLUMEN Y CALIDAD)	4.- ZONA NORESTE DE LA CD. DE TORREÓN	10	---	10	---	10	---	10	---	10	---	10	---	---	
	5.- ZONA GREGORIO GARCÍA	10	---	10	---	10	---	10	---	10	---	10	---	---	
	6.- ZONA LAGUNA SECA	10	---	10	---	10	---	10	---	10	---	10	---	---	
	7.- FOSA SAN FERNANDO	8	---	8	---	8	---	8	---	8	---	8	---	---	
ACUÍFERO VILLA JUÁREZ	8.- RESTO DEL ACUÍFERO	8	---	8	---	8	---	8	---	8	---	8	---	---	
	9.- ZONA NORTE	8	8	---	---	8	8	---	---	8	8	---	---	---	
SIERRA DEL ROSARIO	10.- ZONA SUR	8	8	---	---	8	8	---	---	8	8	---	---	---	
	11.- ZONA ORIENTE	8	8	---	---	8	8	---	---	8	8	---	---	---	
SIERRA DE JIMULCO	12.- ZONA PONIENTE	8	8	---	---	8	8	---	---	8	8	---	---	---	
	13.- ZONA NOROESTE DE LA CD. DE MATAMOROS	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10	

Ilustración 7-1 Alternativas de fuentes alternas para abastecimiento público urbano de la Región Lagunera. Fuente: (CONAGUA, 2009)

Del análisis integral de dichas opciones, que incluyó los principios básicos de la sustentabilidad: protección de la salud, viabilidad social, viabilidad económica, impacto ambiental positivo y viabilidad jurídica; resultó que las relacionadas con el aprovechamiento de agua de la Presa Francisco Zarco son las más accesibles en costo y en oferta de agua potable desde el punto de vista de fuentes sustentables.

Con base en lo anterior, el Gobierno del Estado de Durango, en coordinación con el Gobierno Federal, ha trabajado en un proyecto de abastecimiento de agua potable denominado *Agua Futura para la Región Lagunera de Durango* (Agua para siempre), sustentado en la colaboración entre los sectores público y agrícola, para recuperar parte de las pérdidas que ocurren en el manejo del agua en la agricultura y utilizarlas para el abastecimiento de agua potable, así como, en el mejoramiento de la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento para uso público.

Por otro lado, en los años 2012-2013, la Comisión de Aguas del Estado de Durango impulsó el proyecto Agua Futura y realizó el *Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la Región Lagunera, localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí, Municipio: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí*. En este se realizó el proyecto del acueducto Francisco Zarco, planta potabilizadora y líneas troncales de conducción para entrega de agua potable en los sistemas de distribución a las localidades de Gómez Palacio y Lerdo, así como sistemas rurales aledaños. Se realizó el proyecto de una planta potabilizadora para 2 y 4 m³/s, sin embargo, para el presente estudio no se cuenta con información sobre la planta potabilizadora.

El proyecto Agua Futura para la Región Lagunera de Durango (Agua para siempre), parte de un esquema de colaboración entre el sector público urbano y el sector agrícola para evitar la competencia por el agua, la población necesita contar con fuentes de agua potable renovables y de mejor calidad, mientras que la agricultura debe continuar y mejorar sus condiciones productivas.

Dado que el agua superficial es de carácter renovable y de mejor calidad que la subterránea, dicho proyecto propone un esquema del tipo ganar – ganar, donde la sociedad, a través de sus organismos operadores y sus tres órdenes de gobierno, apoyan un programa de tecnificación y uso eficiente del agua en el Distrito de Riego, para hacer uso de una parte del volumen que actualmente se desaprovecha debido a las bajas eficiencias. El costo de estas acciones y de su operación correrá siempre y en forma permanente por cuenta del uso público urbano.

La meta general del programa *Agua Futura para la Región Lagunera de Durango* (Agua para siempre) es concertar y destinar de por vida para suministro de agua potable en beneficio de los municipios de Lerdo, Gómez Palacio y Tlahualilo, 40 millones de metros cúbicos al año de agua (equivalente a 1268 L/s) provenientes del ahorro por parte de los usuarios de riego de la zona duranguense, que se abastecen del río Nazas. Los usuarios de riego a su vez, serían beneficiados con la tecnificación del riego a nivel parcelario mediante el sistema de válvulas alfalferas en el orden de 14,500 hectáreas, así como con el revestimiento de canales principales y laterales, acciones que se proponía realizarse en el periodo 2015 - 2018. Cabe señalar que el programa abarca también el abastecimiento Torreón, Fco. I. Madero, Matamoros, San Pedro y Viesca en el Estado de Coahuila, con una meta global de 80 millones de metros cúbicos al año (equivalente a 2680 L/s); sin embargo, aunque en el estado de Coahuila están convencidos de las ventajas del proyecto, a la fecha no han impulsado acciones para la gestión de los derechos que corresponderían al volumen de agua necesario para ese estado.

Es importante mencionar que, para materializar dicho proyecto, es necesario entre otras actividades identificar a los usuarios interesados y dispuestos a participar, delimitar y dimensionar las áreas de tecnificación de riego a nivel parcelario, así como adquirir derechos que actualmente están en manos de usuarios del Distrito de Riego 017.

En 2014 la Comisión Estatal del Agua de Durango realizó un proyecto ejecutivo para la tecnificación de riego en la Comarca Lagunera y ante la inminente necesidad de realizar un uso eficiente del agua, se puso en marcha el proyecto “Tecnificación del Riego Parcelario, en el Distrito de Riego 017 Región Lagunera”, con la finalidad de recuperar volúmenes de agua mediante el sistema de riego de válvulas alfalferas; dicho proyecto contó con la Asesoría de personal técnico del gobierno del estado de Durango (Comisión de Aguas y Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural) y el apoyo logístico de los municipios de Rodeo, Nazas y San Jacinto, los cuales integran la Asociación de Usuarios de la Zona de Riego de los Módulos I, II y III del DR 017.

Mediante la integración de la Asociación de Usuarios, la asesoría técnica del gobierno del estado y el apoyo Financiero de la SAGARPA, se logró la inclusión de una superficie total de 4,013 has distribuidas en el Módulo I (166.2 has), Módulo II (261.6 has) y el Módulo III (3,585.2 has), para su realización fue necesario un estudio de prefactibilidad en cada zona de tecnificación.

La eficiencia en el sistema de riego por válvula alfalfera se estima en un 80%, este importante ahorro de agua se espera sea destinado al sector público-urbano con la finalidad de contrarrestar el desabasto de agua potable en la región.

Los estudios mencionados anteriormente proponen que la obra de toma para el acueducto que llevará el agua del río Nazas a la planta potabilizadora, esté localizada aguas abajo de la presa Francisco Zarco.

7.1.1 Calidad del agua

Los datos de calidad del agua mencionados en esta sección fueron obtenidos del “*Estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la Región Lagunera, en los municipios de Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca en el Estado de Coahuila y Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí en el estado de Durango*”, (CONAGUA, 2009).

Se tiene información histórica de calidad del agua de la presa Francisco Zarco, aguas arriba (Presa Lázaro Cárdenas o Palmito) y aguas abajo (Cañón Fernández), ver Ilustración 7-2.

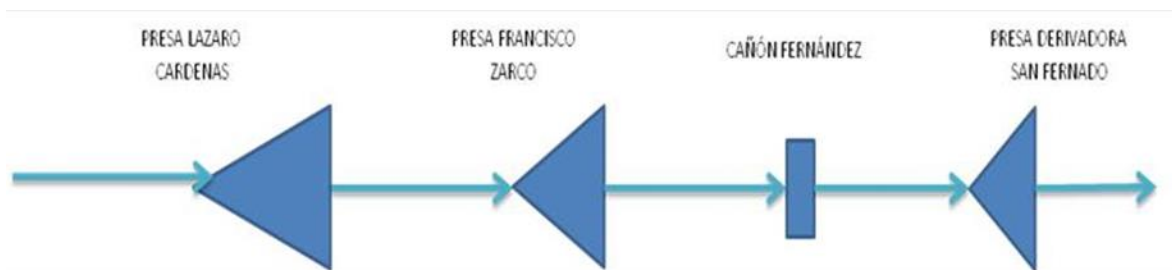


Ilustración 7-2 Esquema de funcionamiento de la presa Francisco Zarco

Dicha información indica que, durante los meses de agosto a noviembre, la Presa Lázaro Cárdenas tiene concentraciones de arsénico por encima del límite permisible de 0.025 mg/L establecido en la Modificación del año 2000 a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994; en la Estación hidrométrica de Cañón de Fernández hay tres datos que rebasan dicho valor límite.

Es importante mencionar que la norma antes mencionada fija como concentración permisible de arsénico 0.025 mg/L, sin embargo, debe preverse que existe un proyecto de actualización de la NOM 127 en el que se considera reducir el límite permisible de arsénico a 0.010 mg/L.

Con relación a esto, en la Ilustración 7-3 se observa que aguas abajo de la Presa Francisco Zarco, en la estación hidrométrica Cañón de Fernández la concentración de arsénico rebasa el valor de 0.010 mg/L en casi todos los datos graficados teniendo un valor máximo de aproximadamente 0.04 mg/L.

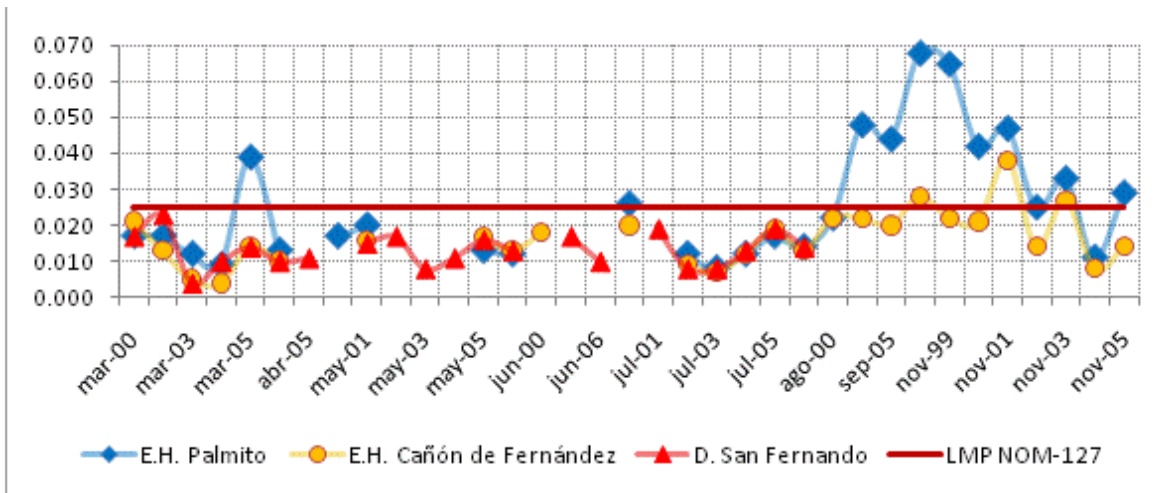


Ilustración 7-3 Concentración histórica de arsénico aguas arriba y aguas abajo de la Presa Francisco Zarco

El estudio menciona que en 2009 se realizaron tomas de muestras en época de estiaje y lluvias, los resultados obtenidos de la campaña mostraron que los parámetros que aparecen fuera de la norma vigente son coliformes totales, fecales y turbiedad; la turbiedad generalmente es baja, menor a 20 UTN y esporádicamente rebasa ese valor.

Con respecto al arsénico, el mismo estudio menciona que se tomaron muestras puntuales adicionalmente de las estaciones Presa Lázaro Cárdenas, Presa Francisco Zarco y Derivadora San Fernando en las estaciones hidrométricas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, y los resultados obtenidos indican que no se presentaron concentraciones fuera de la norma nacional ni internacional en ninguna estación.

Tabla 7-1 Campaña de monitoreo (2009). Parámetros fuera de NOM-127

Parámetro	Unidades	LP	Presa Lázaro Cárdenas	Presa Francisco Zarco	Derivadora San Fernando
Color	Pt-Co	20	70.0	82.5	5.0
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.50	0.50	0.56	<0.25
Turbiedad	UTN	5	15.1	10.6	5.3
Coliformes fecales	NMP/100mL	Ausencia	7	<2	<1
Aluminio	mg/L	0.20	0.60	<0.02	<0.02
Hierro	mg/L	0.3	0.23	0.24	0.31

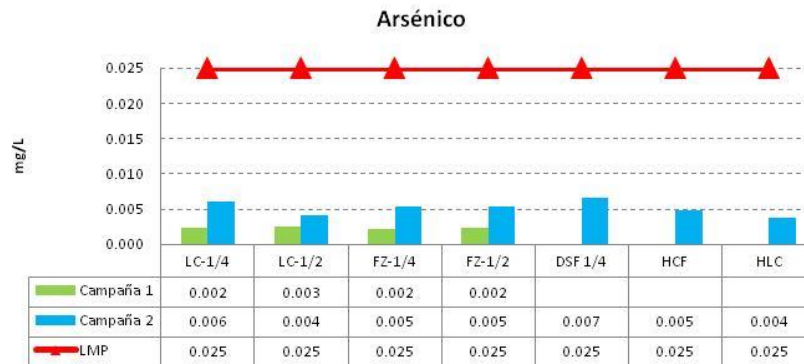


Ilustración 7-4 Concentración de arsénico, campaña de monitoreo 2009

7.1.2 Proceso de tratamiento

Para establecer el proceso de tratamiento adecuado para potabilizar el agua, se considera que el agua proviene de una presa y que de acuerdo a los datos históricos de calidad del agua, la turbiedad generalmente es menor a 20 UTN, puede presentar problemas de color verdadero, así como la presencia de arsénico entre 0.010 y 0.040 mg/L

Con base en lo anterior se estableció que el tratamiento adecuado para la potabilización es el de clarificación convencional empleando como coagulante cloruro férrico, lo que coincide con lo establecido en Proyecto ejecutivo del acueducto Río Nazas- Comarca Lagaunera. El tren de tratamiento consistiría en: pre-cloración, coagulación (mezcla rápida), floculación, sedimentación, filtración en lechos granulares arena-antracita y post-cloración. La pre-cloración además de prevenir el crecimiento de algas en las unidades de tratamiento, es indispensable para garantizar que las especies de arsénico estén en forma oxidada, As(V), que es efectivamente adsorbida en los flóculos de hidróxido de hierro obtenidos en la coagulación.

La planta se propuso para operar en la modalidad de filtración directa o clarificación completa. En el primer caso, después de la etapa de coagulación el agua se dirigirá directamente a los filtros sin pasar por las etapas de floculación y sedimentación; y será de utilidad en la época del año en que el agua que llegue a la planta tenga muy baja turbiedad.

La planta deberá diseñarse con un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: tanque y línea de recirculación del agua clarificada hacia la unidad de mezcla rápida. También deberá tener un sistema para espesamiento y deshidratación de lodos, que permita un fácil manejo para su disposición adecuada. La Ilustración 7-5 muestra un diagrama de flujo del proceso.

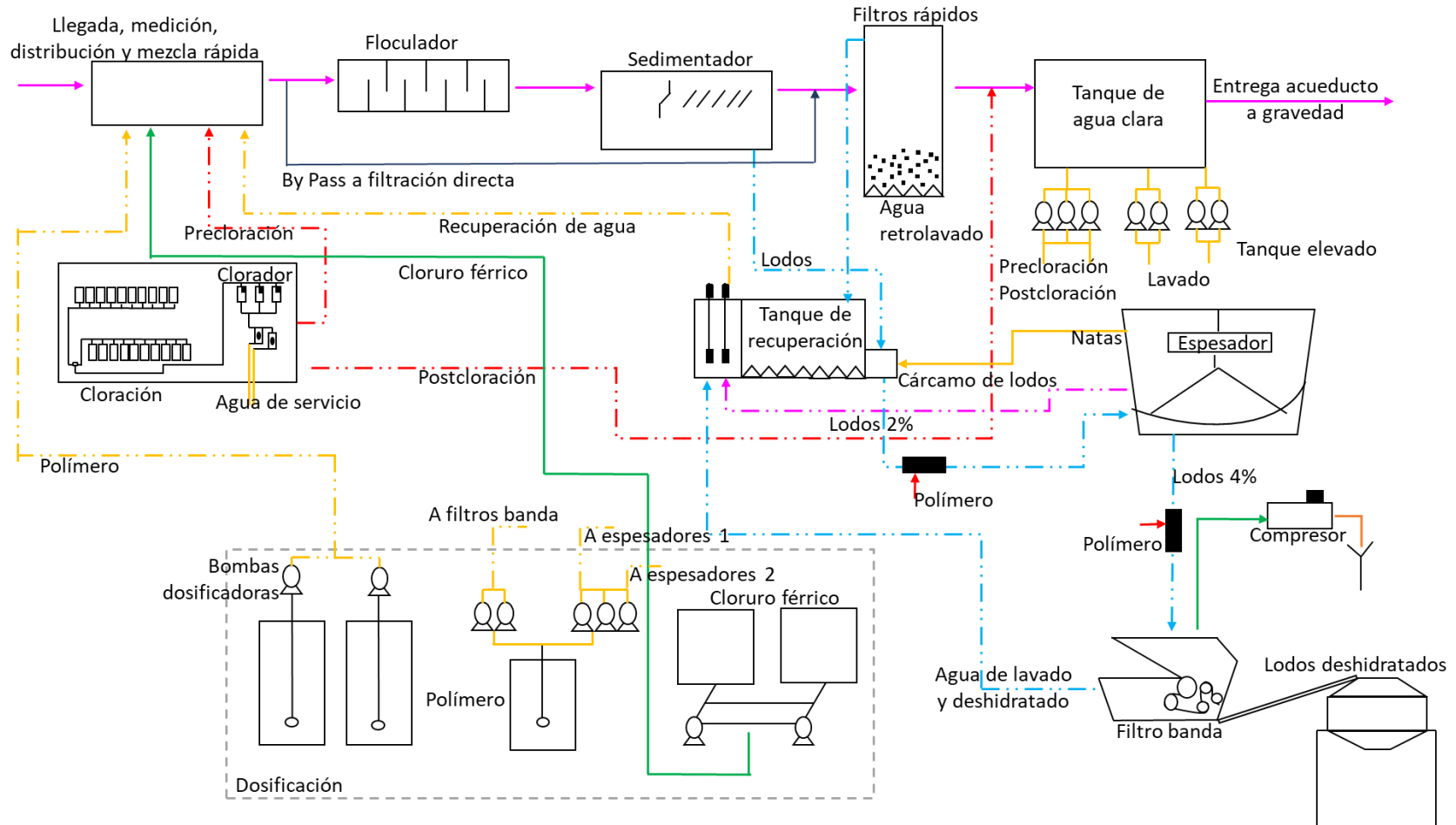


Ilustración 7-5 Diagrama de flujo de la planta potabilizadora de clarificación convencional.

Fuente: Proyecto ejecutivo del Acueducto Río Nazas-Comarca lagunera (CAED, CEAS Chihuahua, CONAGUA, 2014)

7.1.3 Estimación del costo de inversión

En el presente estudio, para la estimación de los costos de inversión de una planta potabilizadora como la descrita en el apartado 7.1.2, se empleó una ecuación obtenida al graficar once datos de costos de plantas de clarificación convencional construidas en la República Mexicana, nueve de estos datos son de costo de construcción y dos de presupuesto de proyecto ejecutivo. Los datos corresponden al período del 2007 al 2016 en pesos mexicanos, y actualizados a precios de noviembre de 2017 mediante la inflación medida por el Índice Nacional de Precios al Consumidor, INPC índice general.

Para hacer posible la comparación con las otras dos alternativas de potabilización, se estableció un caudal de la planta de clarificación convencional de 1000 L/s, cuyo caudal aprovechable sería del 98% del agua alimentada, es decir de 980 L/s.

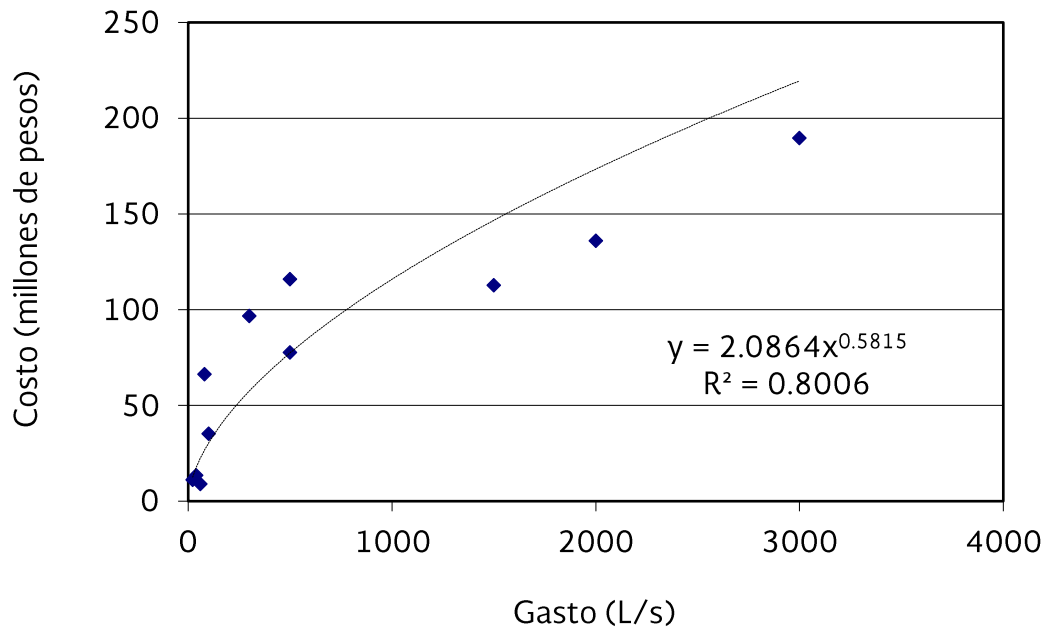


Ilustración 7-6 Correlación de gasto de diseño de plantas de clarificación convencional y costo de inversión.

Empleando la ecuación que se muestra en la gráfica anterior, para una planta potabilizadora con gasto de diseño de 1000 L/s, el costo de inversión resulta en \$115, 850,000 M.N. Este costo no incluye la adquisición del terreno.

7.1.4 Estimación del costo de operación

Para la estimación de los costos de operación se incluyeron los consumos de reactivos, el consumo de energía eléctrica y los costos de operación y mantenimiento.

Los productos químicos considerados son:

- a) Cloruro férrico como coagulante para remover los sólidos suspendidos (turbiedad, materia orgánica e inorgánica particulada) y el arsénico. Se estima una dosis máxima de 50 mg/L
- b) Cloro gas para la oxidación de las especies de arsénico, nitrógeno amoniacal y para la desinfección del agua. Para determinar la demanda de cloro debe considerarse: la cantidad necesaria para la desinfección del agua; para la oxidación del 0.56 mg/L de nitrógeno amoniacal (7.5 mg de cloro/mg nitrógeno amoniacal); además para la oxidación de 0.040 mg de As (1 mg cloro/ mg de As). Se especifica además que el agua debe tener un residual de cloro libre de 1.5 mg/L al salir de la planta potabilizadora.
Por lo anterior se estima una dosis de cloro en la precloración de 8 mg/L y 1.5 mg/L para la postcloración.
- c) Polímero para el acondicionamiento químico de los lodos (15 mg/L)

Para el consumo de energía eléctrica se consideró 25 metros de carga de bombeo para la alimentación de la planta, además de la energía requerida para la operación de la planta, incluido el filtrado de lodos.

En lo que se refiere a la operación de la planta se incluyó un total de 24 operadores, ocho para cada uno de los tres turnos, incluyendo los fines de semana, y un costo adicional para el mantenimiento preventivo.

Se calculó el costo de operación considerando que la planta funcione las 24 horas al día, los 365 días al año y se obtuvo el costo por metro cúbico de agua potabilizada, es decir, 980 L/s

En la Tabla 7-2 se muestran los datos empleados para hacer el cálculo del costo de operación y los resultados obtenidos. A estos costos hay que agregar el bombeo para conducción.

Tabla 7-2 Costos de Operación para la planta que trataría el agua proveniente de la Presa Francisco Zarco

Costos de operación Clarificación Convencional						
Calidad del agua						
Color	82.5	U Pt-Co				
Turbiedad	10.6	UTN				
Arsénico	0.04	mg/L				
Hierro	0.24	mg/L				
N-NH ₃	0.56	mg/L				
Caudal de diseño	1000	L/s				
Reactivos						
	Dosis (mg/L)	Flujo másico (Kg/d)	Precio		Costo (\$/d)	Costo por m ³ de agua tratada
Cloro gas (Pre-cloración)	8.00	820.80	15	\$/kg	12,312	0.145
Cloro gas (Post-cloración)	1.50					
Cloruro Férrico (Coagulante)	50.00	4320	10.2	\$/kg	44064	0.520
Polímero al 1% (tratamiento de lodos)	0.15	6.30	110	\$/kg	102.74	0.001
Energía						
Bombeo a planta (25 m de carga), potabilización y filtrado de lodos			1.13	\$/kW-h	5,408	0.063
Mano de obra y mantenimiento						
		Sueldo por operador (\$/mes)			Costo (\$/d)	Costo por m ³ de agua tratada
Turnos	3					
Operadores por turno	8	7,000.00			5,600	0.066
Mantenimiento					3,928	0.046
COSTO TOTAL						
Costo de bombeo a planta + potabilización + filtrado de lodos (\$/m³)						0.842

7.1.5 Ventajas y limitantes

Las ventajas de emplear el agua del Río Nazas – Presa de almacenamiento Francisco Zarco como fuente de abastecimiento son principalmente

1. La calidad del agua de esta fuente superficial permite la aplicación de un tratamiento de clarificación convencional. La única diferencia con la mayoría de las plantas de este tipo existentes en la actualidad en México, es que el coagulante, en vez de ser una sal de aluminio, deberá ser de hierro, con la finalidad de asegurar concentraciones de arsénico inferiores a 0.010 mg/L en el agua potabilizada. Este tratamiento es de baja complejidad tecnológica, es económico y no requiere de insumos de importación para su operación.
2. Es una fuente renovable que reemplazará parcialmente al uso de agua subterránea, ayudará a disminuir la sobreexplotación local y no será una fuente insostenible por su agotamiento.

Las limitantes principales son:

1. Para utilizar los escurrimientos de la cuenca del río Nazas sería necesario adquirir derechos que actualmente están en manos de usuarios del Distrito de Riego 017.
2. Es necesaria una línea de conducción desde la planta potabilizadora hasta las localidades que se abastecerán, 45 km aproximadamente según el “Proyecto ejecutivo del acueducto río Nazas - Comarca Lagunera, incluyendo las obras de la planta de bombeo, planta potabilizadora, tanques de entrega y red trocal para el suministro de las Ciudades de Lerdo y Gómez Palacio”, realizado en 2014.

7.2 Extracción de agua subterránea y tratamiento del agua con plantas potabilizadoras de filtración directa para remoción de arsénico.

La región Lagunera de Durango ha resuelto su abastecimiento de agua potable a través del aprovechamiento de agua subterránea; sin embargo, el acuífero presenta un grave desequilibrio que se acentúa en las zonas de aprovechamiento de agua potable, lo cual tiene un impacto sobre la calidad de vida y salud de los habitantes.

La zona con un descenso de niveles del agua más acelerado, corresponde a la zona de reserva de agua potable. Esto se debe en gran medida a que concentra muchos pozos en una superficie pequeña y, además, el espesor de las formaciones granulares es menor que en otras zonas del acuífero.

Por otra parte, desde hace varias décadas se ha utilizado la mayor parte del agua subterránea para producción de forrajes, en una magnitud que triplica la recarga renovable del acuífero.

Los asentamientos humanos de los 15 municipios de Coahuila y Durango que conforman la Comarca Lagunera, representan una demanda anual de agua potable del orden de 127 millones de metros cúbicos, la cual se obtiene en su totalidad del subsuelo. Del total de agua extraída de los pozos que existen en la región, el 85 por ciento se destina a la agricultura; esta práctica ha provocado una sobre explotación del acuífero. Las grandes cantidades de extracción de agua superan las de la recarga año

con año, lo que consecuentemente ha traído un desabasto de agua potable en la zona metropolitana de la región.

Además del problema de escasez, aproximadamente el 60% del agua extraída de los mantos acuíferos de la región no cumple con la calidad requerida para ser empleada para consumo humano sin tratamiento previo, pues tiene concentraciones de arsénico que sobrepasan el límite permisible de 0.025 mg/L que establece la Modificación del año 2000 de la *NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.*

En el “Estudio para la estabilización del acuífero en La Laguna (Localidades Gómez Palacio y Lerdo de los municipios de Gómez Palacio y Lerdo, Dgo.)” realizado en 2013 por la CAED, se menciona que, de acuerdo a la delimitación de acuíferos establecida para la administración de las aguas subterráneas por la Comisión Nacional del Agua, en la Región de estudio se localizan 28 acuíferos, de éstos, 21 corresponden a las cuencas de la Región Hidrológica 36 Nazas-Aguanaval y los siete restantes a las cuencas de las regiones hidrológicas del Pacífico.

El acuífero Principal se localiza en la parte suroeste del Estado de Coahuila y en la porción noreste del Estado de Durango cubre una superficie de 12,617 km². La zona ocupa los municipios Gómez Palacio, Lerdo y Tlahualilo en el Estado de Durango y Torreón, Viesca, Francisco I. Madero y San Pedro en el Estado de Coahuila. Los principales centros de población están concentrados en los municipios de Torreón, Gómez Palacio y Lerdo.



Ilustración 7-7 Poligonal del acuífero principal, municipios y localidades

En la Ilustración 7-8 se muestra la distribución de los usos del agua subterránea en la región. La extracción de agua subterránea está concentrada en los municipios Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, Francisco I. Madero y San Pedro. La captación de agua para uso público-urbano está, lógicamente, concentrada en la zona conurbada. Aguas abajo de ésta, en la faja fluvial del Nazas, destaca la batería

de pozos del Sistema Rural Interestatal de Agua Potable de la Región Lagunera, la cual alimenta a la red de acueductos que abastece a numerosas comunidades diseminadas en la llanura.



Ilustración 7-8 Situación del agua subterránea. Fuente: Estudio de Estabilización del Acuífero de la Laguna (CAED-CONAGUA, 2013)

La calidad natural del agua contenida por el acuífero “Principal-Región Lagunera” presenta fuertes variaciones en el área; su salinidad total varía entre 200 y más de 3,600 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos (STD). En la faja fluvial del río Nazas (área de “La Burbuja”) y en el área donde desemboca el río Aguanaval a la llanura, el agua es de mejor calidad y satisface los límites permisibles establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 para el agua destinada al consumo humano. Esta porción del acuífero es la principal fuente de agua potable, pues abastece a la zona conurbada de Torreón-Gómez Palacio-Lerdo y alimenta al Sistema Rural Interestatal, el cual sirve agua a más de 130 poblados y comunidades dispersos en la llanura, que hasta la década de los 80’s recibían agua salobre con alto contenido de arsénico (CAED-CONAGUA, 2013).

En el resto de la llanura el agua subterránea tiene salinidad mayor a 1,000 ppm y contiene varios elementos químicos en concentraciones que rebasan los límites permisibles establecidos en la NOM referida. Debido a estas características, el agua no cumple las normas de calidad para consumo humano y tampoco es apta para los usos agrícola y pecuario; a pesar de ello es utilizada con ciertas restricciones en el abrevadero de ganado y en el riego de cultivos tolerantes a las sales en zonas con suelos arenosos. Los parámetros químicos que rebasan las concentraciones permisibles para consumo humano son los siguientes: el sulfato, especialmente en la porción norte de la llanura; el arsénico, con concentraciones mayores a 0.035 mg/L en los sectores norte (Bermejillo, Tlahualilo y Fco. I. Madero) y oriente (San Pedro, Matamoros y Viesca); el nitrato, la dureza total y el flúor. Otros elementos menores, como el molibdeno, el selenio y el manganeso, también rebasan las concentraciones máximas permisibles (CAED-CONAGUA, 2013).

Muestras y análisis del agua subterránea realizados en diferentes fechas, revelan que durante las últimas décadas, se ha deteriorado gradualmente su calidad. En parte esto se debe a la

sobreexplotación del acuífero; el agua captada de estratos cada vez más profundos, es más antigua y salina; además, el abatimiento de los niveles de agua ha provocado la compactación de los estratos semiconfinantes, con la consiguiente liberación del agua salobre que contienen y ha inducido la migración de agua salobre de origen natural con altas concentraciones de arsénico, entre otros elementos- hacia las áreas donde el acuífero contiene agua de mejor calidad (CAED-CONAGUA, 2013).

Dada la problemática de la contaminación de arsénico en el agua de los pozos que actualmente abastecen a la Región Lagunera, desde 2011 se ha iniciado la construcción de plantas potabilizadoras con base en el proceso de coagulación con cloruro férrico y filtración directa en lechos duales de arena-antracita; la finalidad es proveer a la población con agua que cumpla con el valor límite permisible de este metaloide establecido en la normatividad vigente que regula la calidad del agua para uso y consumo humano.

7.2.1 Proceso de potabilización del agua subterránea

Dado que las fuentes de abastecimiento subterráneas de Durango tienen concentraciones de arsénico que rebasan el límite permisible de 0.025 mg/L, se requiere el tratamiento del agua mediante el proceso de coagulación y filtración directa en lechos duales de arena antracita. El proceso requiere de pre-cloración para asegurar la oxidación del arsénico y hacer más eficiente su remoción en el proceso. El tren de tratamiento se complementa con post-cloración para garantizar la calidad bacteriológica que se distribuye a la población.

Las plantas cuentan con un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: sedimentador y línea de recirculación del agua clarificada a la entrada de agua a la planta. También tienen un sistema para espesamiento de lodos y sistema de deshidratación de lodos mediante un filtro prensa de tal forma de facilitar su manejo y disposición adecuada (Ilustración 7-9).

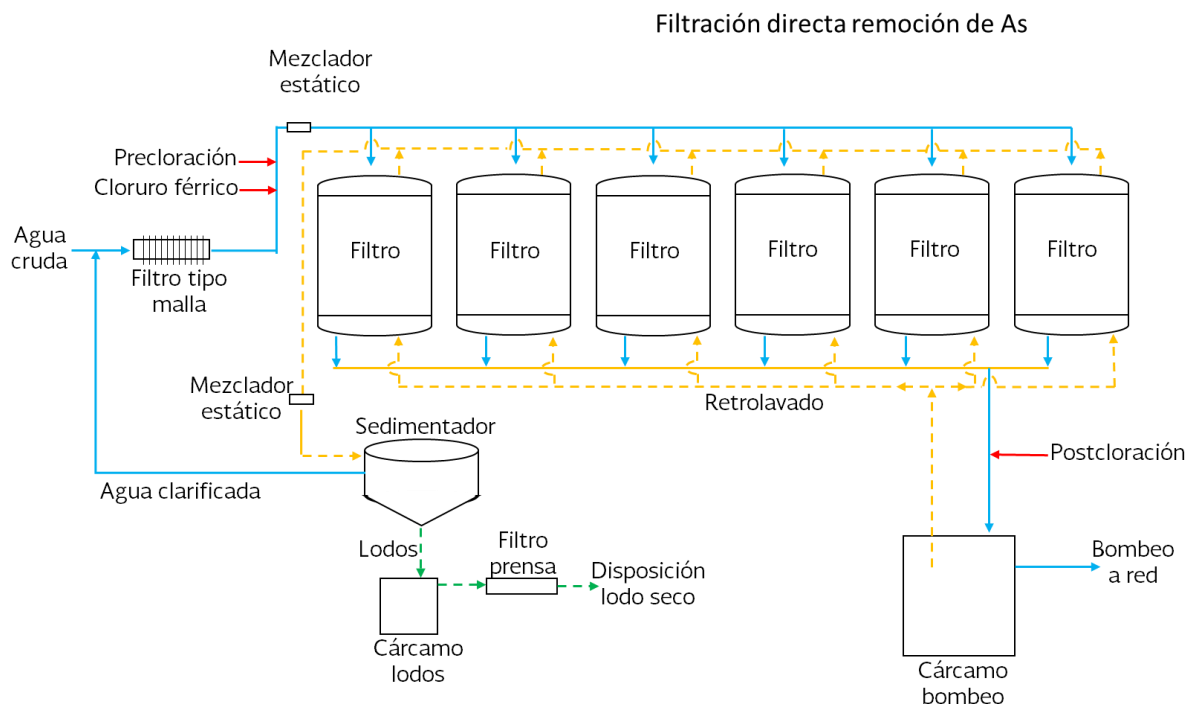


Ilustración 7-9 Diagrama de flujo de potabilización de agua mediante filtración directa

7.2.2 Estimación del costo de inversión

Para la estimación de los costos de inversión se considerarán los datos de caudales de diseño de las trece plantas de este tipo que se tienen actualmente operando, en construcción o en etapa de asignación de contrato para la construcción en el Estado de Durango.

Se empleó una ecuación obtenida, al graficar datos de costos de inversión de plantas del mismo tipo en México, los datos corresponden al período de 2011 a 2017 en pesos mexicanos y actualizados a precios de noviembre de 2017, mediante la inflación medida por el Índice Nacional de Precios al Consumidor, INPC índice general, ver Ilustración 7-10.

En la Tabla 7-3 se presentan los resultados de los costos de inversión para cada una de las trece plantas y el costo total de inversión por todas ellas.

Es importante mencionar que la suma del caudal total de diseño de las trece plantas es de 1080.6 L/s.

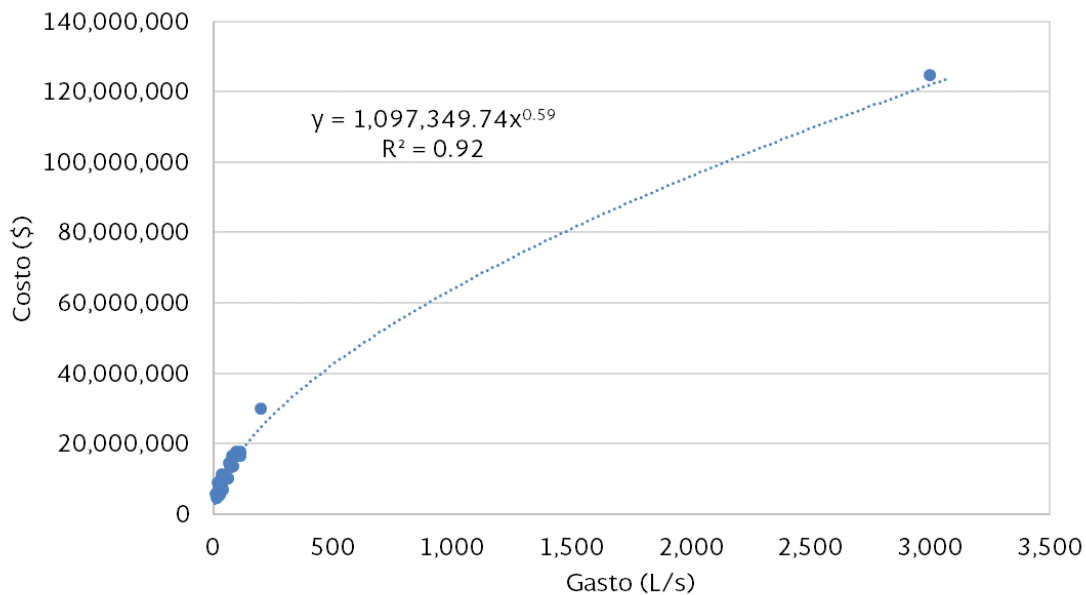


Ilustración 7-10 Correlación de Gasto de diseño de plantas de filtración directa y costo de inversión. Fuente de información: Comisión Nacional del Agua

7.2.3 Estimación del costo de operación

Para la estimación de los costos de operación se incluyeron los consumos de reactivos, el consumo de energía eléctrica y los costos de operación y mantenimiento.

Los productos químicos considerados son:

- Cloruro férrico como coagulante con una dosis de 40 mg de hierro por cada mg de arsénico presente en el agua a tratar,
- Hipoclorito de sodio para la pre-cloración en función de la concentración de arsénico y la post-cloración para obtener un residual de cloro libre de 1.5 mg/L
- Polímero para el acondicionamiento químico de los lodos, con una dosis de 15 mg de polímero por cada litro de lodo.

Consumo de energía eléctrica:

Para ser comparada con las otras alternativas de tratamiento, es preciso considerar el consumo de energía de extracción de agua y el consumo de energía para la operación de la planta, por lo que para este último concepto se incluyó la energía para la operación de las bombas de retrolavado de filtros, bombas dosificadoras, bombas de recirculación de agua recuperada del retrolavado de filtros y la necesaria para el filtrado de lodos.

El consumo de energía eléctrica por extracción de agua depende del nivel dinámico de los pozos que abastecen a cada planta; sólo se cuenta con los datos correspondientes al mes de agosto de 2015 del nivel dinámico de los pozos que abastecen a las plantas ya construidas: Cerro de la Pila, Pozo 6 y Pozo 12 A. Para calcular el costo de energía para la extracción se utilizó el promedio del nivel dinámico, en el caso de los pozos de los que no se cuenta con información de este tipo. Debe preverse que para esta opción de abastecimiento, el costo de extracción se incrementará con el abatimiento del acuífero en la zona.

En lo que se refiere a la operación de la planta se incluyó un total de 4 operadores por planta y un costo adicional para el mantenimiento preventivo y de conservación equivalente al 0.5% del costo de inversión.

Se calculó el costo de operación considerando que las plantas operen las 24 horas al día, los 365 días al año y se obtuvo el costo por metro cúbico de agua potabilizada, considerando que el agua aprovechable es el 98% del agua alimentada. En la Tabla 7-4 se muestran los costos de operación por metro cúbico para cada una de las plantas, así como el costo promedio de operación.

Tabla 7-3 Costos estimados de inversión para las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico mediante el proceso de filtración directa del Estado de Durango.

Planta Potabilizadora	Pozo	Caudal de diseño (L/s)	Concentración As (mg/L)	Costo inversión 2017 (\$ MN)
Cerro de la Pila	32	112.8	0.039	17,561,022
	4A		0.0438	
	34		0.0432	
Pozo 6, Zona urbana	6	40	0.027	6,797,100
Pozo 12 A, Zona urbana	12A	35	0.028	7,457,932
Pozos 1 y 7, Zona urbana	1	83.5	0.0296	14,932,760
	7		0.0256	
Pozos 22 y 24, Zona rural	22	95	0.1889	16,113,949
	24		0.1162	
Pozo 5, zona urbana	5	111.6	0.0313	17,720,131
Pozo 33A, zona urbana	33A	120	0.0269	18,495,326
Transportes I y III, zona rural	Pozos 20 y 23	193	0.054	24,480,703
Pozo 21- Dinamita, zona rural	21-Dinamita	80	0.0465	14,560,227
Pozo 15- Pueblo nuevo, zona rural	15-Pueblo nuevo	8	0.0362	3,742,555
Pozo 24A, zona urbana	24A	65	0.0254	12,881,426
Pozo 13-A, zona urbana	13-A	31.7	0.0337	8,432,766
Pozo 14- San Ignacio	14 San Ignacio	105	0.0383	17,094,120
	<i>Caudal total (L/s)</i>	<i>1080.6</i>	<i>Costo inversión total (\$)</i>	<i>180,270,018</i>
	Plantas construidas			
	En construcción			
	En proceso de asignación de contrato o inicio de construcción			

Tabla 7-4 Costos estimados de inversión para las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico mediante el proceso de filtración directa del Estado de Durango

Planta	Pozo	Q de diseño (L/s)	Q pozo (L/s)	Altitud (msnm)	Nivel dinámico Agosto 2015 (m)	Concentración As (mg/L)	Costo de operación (\$/m ³)
Cerro de la Pila	32	112.8	34	1165	208.55	0.039	1.55
	4A		41	1137	240.89	0.0438	
	34		29	1143	200.17	0.0432	
Pozo 6, Zona urbana	6	40	40	1135	189.89	0.027	1.54
Pozo 12 A, Zona urbana	12A	35	30	1129	246.89	0.028	1.90
Pozos 1 y 7, Zona urbana	1	83.5				0.0296	1.55
	7					0.0256	
Pozos 22 y 24, Zona rural	22	95				0.1889	2.00
	24					0.1162	
Pozo 5, zona urbana	5	111.6				0.0313	1.51
Pozo 33A, zona urbana	33A	120				0.0269	1.49
Transportes I y III, zona rural	Pozos 20 y 23	193				0.054	1.53
Pozo 21- Dinamita, zona rural	21-Dinamita	80				0.0465	1.60
Pozo 15 Pueblo nuevo, zona rural	15-Pueblo nuevo	8				0.0362	2.84
Pozo 24A, zona urbana	24A	65				0.0254	1.58
Pozo 13-A, zona urbana	13-A	31.7				0.0337	1.78
Pozo 14- San Ignacio	14 San Ignacio	105				0.0383	1.54
		<i>Caudal total (L/s)</i>		<i>Altitud promedio</i>	<i>Nivel dinámico promedio</i>		<i>Costo de operación promedio (\$)</i>
		1080.6		1141.8	217.28		1.72

7.2.4 Ventajas y limitantes

Las ventajas de continuar con la estrategia actual de extracción de agua subterránea y tratamiento de la misma con plantas potabilizadoras a pie de pozo, son las siguientes:

1. Costo de potabilización relativamente bajo.
2. El proceso de potabilización es de baja complejidad tecnológica, no requiere de insumos de importación para efectuarlo, ni de mano de obra altamente calificada.

Las limitantes son principalmente:

1. Sólo pueden ser potabilizada con este proceso, el agua que contenga arsénico con una concentración máxima de 0.10 mg/L. Para agua con concentraciones mayores de este valor deberá añadirse a los filtros, unidades de mezclado rápido, floculación y sedimentación. Debido a las altas dosis de coagulante requeridas a concentraciones elevadas de arsénico, el agua para retrolavado y la producción de lodos aumenta, lo que implica costos de inversión y operación más altos.
2. Debido a las variaciones de calidad del agua que presenta el acuífero principal en la Región Lagunera, es posible que el agua extraída en algunas áreas del mismo, además de arsénico, contenga otros contaminantes como fluoruros, sulfatos y alta salinidad. En estos casos se requeriría otro tipo de proceso de potabilización con costos de inversión y operación más altos.
3. A medida que se incremente el abatimiento del acuífero, los costos de extracción del agua aumentarán, incrementándose los costos de operación de este tipo de sistemas.

7.3 Comparación de las tres opciones de potabilización

Con objeto de comparar las tres alternativas de potabilización: a) Clarificación convencional (CC) para el agua de la Presa-Río Nazas; b) Filtración directa (FD) para el agua subterránea del Acuífero Principal y c) Filtración en arena y ósmosis inversa (FA(G)+OI) para el agua de la mina La Platosa, se realizó el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) a partir del Valor Presente de Costos (VPC) para un período de 20 años, usando una tasa de actualización del 10%.

Para el caso de la potabilización del agua de la mina La Platosa se empleó el costo de inversión y de operación del proceso principal (filtración en arena + ósmosis inversa + recarbonatación), así como el costo del tratamiento del rechazo de la Ósmosis Inversa, lo que permite obtener un porcentaje de recuperación global del 83%. En este análisis no se incluye la etapa de disposición de la corriente de rechazo del proceso (lagunas de evaporación). En seguida se presentan los cálculos para las tres alternativas, Tabla 7-5, Tabla 7-6 y Tabla 7-7.

Tabla 7-5 Cálculo del Valor Presente de Costos para el proceso de Clarificación Convencional

CC					
Año	Año de operación	Costo de Inversión	Costo de Operación	Costo Total	VPC
2017	0	115,828,199			336,844,018
2018	1		25,960,435	23,600,396	
2019	2		25,960,435	21,454,905	
2020	3		25,960,435	19,504,459	
2021	4		25,960,435	17,731,327	
2022	5		25,960,435	16,119,388	
2023	6		25,960,435	14,653,989	
2024	7		25,960,435	13,321,808	
2025	8		25,960,435	12,110,735	
2026	9		25,960,435	11,009,759	
2027	10		25,960,435	10,008,872	
2028	11		25,960,435	9,098,974	
2029	12		25,960,435	8,271,795	
2030	13		25,960,435	7,519,813	
2031	14		25,960,435	6,836,194	
2032	15		25,960,435	6,214,722	
2033	16		25,960,435	5,649,747	
2034	17		25,960,435	5,136,134	
2035	18		25,960,435	4,669,212	
2036	19		25,960,435	4,244,739	
2037	20		25,960,435	3,858,853	
			Total	221,015,819	

Tabla 7-6 Cálculo del Valor presente de Costos para el proceso de Filtración Directa

FD					
Año	Año de operación	Costo de Inversión	Costo de Operación	Costo Total	VPC
2017	0	180,270,018			654,331,875
2018	1		55,683,128	50,621,025	
2019	2		55,683,128	46,019,114	
2020	3		55,683,128	41,835,558	
2021	4		55,683,128	38,032,326	
2022	5		55,683,128	34,574,841	
2023	6		55,683,128	31,431,674	
2024	7		55,683,128	28,574,249	
2025	8		55,683,128	25,976,590	
2026	9		55,683,128	23,615,082	
2027	10		55,683,128	21,468,256	
2028	11		55,683,128	19,516,597	
2029	12		55,683,128	17,742,361	
2030	13		55,683,128	16,129,419	
2031	14		55,683,128	14,663,108	
2032	15		55,683,128	13,330,098	
2033	16		55,683,128	12,118,271	
2034	17		55,683,128	11,016,610	
2035	18		55,683,128	10,015,100	
2036	19		55,683,128	9,104,636	
2037	20		55,683,128	8,276,942	
			Total	474,061,857	

Tabla 7-7 Cálculo del Valor presente de Costos para el proceso de Filtración en arena + Ósmosis inversa

FA(G)+OI					
Año	Año de operación	Costo de Inversión	Costo de Operación	Costo Total	VPC
2017	0	361,729,784			1,633,618,025
2018	1		125,492,288	114,083,898	
2019	2		125,492,288	103,712,635	
2020	3		155,516,020	116,841,487	
2021	4		155,516,020	106,219,534	
2022	5		155,516,020	96,563,213	
2023	6		155,516,020	87,784,739	
2024	7		155,516,020	79,804,308	
2025	8		155,516,020	72,549,371	
2026	9		155,516,020	65,953,974	
2027	10		155,516,020	59,958,158	
2028	11		155,516,020	54,507,416	
2029	12		155,516,020	49,552,197	
2030	13		155,516,020	45,047,451	
2031	14		155,516,020	40,952,229	
2032	15		155,516,020	37,229,299	
2033	16		155,516,020	33,844,817	
2034	17		155,516,020	30,768,015	
2035	18		155,516,020	27,970,923	
2036	19		155,516,020	25,428,112	
2037	20		155,516,020	23,116,465	
Total				1,271,888,241	

En la Tabla 7-8 se muestra la comparación de costos de inversión, costos de operación y el Costo Anual Equivalente para las tres opciones de potabilización. Los resultados son muy claros en el sentido de que desde el punto de vista de rentabilidad el orden de conveniencia es:

Primero. -La potabilización del agua del Río Nazas

Segundo. - La potabilización del agua de pozos del acuífero de la región

Tercero. - La potabilización del agua extraída de la mina La Platosa

Sin embargo, el aspecto social involucrado en las dos primeras opciones: a) Disponibilidad real del agua de la presa que actualmente se usa para riego, debido a la concesión existente; y b) Abatimiento del acuífero por la extracción de agua en pozos profundos, con la posibilidad de que cada vez el agua requiera tratamientos más costosos que los actuales; le da una ventaja importante al uso del agua de la mina, ya que, en este caso, la disposición de terrenos implica solamente la compra de los mismos a unos cuantos usuarios y se aprovecha agua que de otra forma solo se está desperdiciando, contribuyendo a disminuir el abatimiento del acuífero. Por otro

lado, como no se está utilizando toda el agua que se extrae de la mina, sigue habiendo disponibilidad para los usos que actualmente se le da para el riego, evitando generar conflictos con los agricultores aledaños.

Tabla 7-8 Comparación de tres alternativas para potabilizar agua en la región, Costo Anual Equivalente

EVALUACIÓN DE TRES ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN							
Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costo de Operación Total		CAE (\$)
		Tratado	Producido		(\$/m3)	(\$/año)	
Agua Presa-Río Nazas	CC	1,000	980.0	115,828,199	0.84	25,960,435	39,565,572
Agua pozos-Acuífero Principal	FD	1,081	1,026.6	180,270,018	1.72	55,683,128	76,857,576
Agua Mina La Platosa	FA(P)+OI	1,166	967.1	361,729,784	5.10	155,516,020	191,884,160

7.4 Costo de inversión de plantas potabilizadoras de clarificación convencional para proyecto Agua Futura (Agua para siempre)

El proyecto Agua Futura para La Laguna (Agua para siempre) contempla la realización de las obras en dos etapas. La primera tiene como objetivo potabilizar, conducir y entregar un total de 1268 L/s a los sistemas de agua de Gómez Palacio (rural y urbana), Lerdo (rural y urbana) y Tlahualilo; mientras que el caudal objetivo de la segunda es de 2,536 L/s que será entregado a Coahuila.

En lo que respecta a la planta potabilizadora, el proyecto establece dos módulos de tratamiento para la primera etapa y cuatro módulos para la segunda. El proceso de tratamiento es el que se muestra en la Ilustración 7-5.

Empleando la misma metodología descrita en la sección 7.1.3 se estimó el costo de inversión para la planta potabilizadora con los caudales originales del proyecto Agua Futura para la Laguna (Agua para siempre), los resultados se muestran en la Tabla 7-9. Estos costos no incluyen la adquisición del terreno. Ya que la calidad del agua es la misma especificada en la sección 7.1.1, el costo de operación por metro cúbico de agua potabilizada es el mismo estimado en la sección 7.1.4, 0.84 \$/m³.

Tabla 7-9 Costo de inversión planta potabilizadora, Proyecto Agua Futura (Agua para siempre)

Etapas	Caudal de diseño (L/s)	Inversión MDP
1 Durango	1268	133.003
2 Coahuila	2536	199.026
Total	3804	332.029

MDP: Millones de pesos

7.1 Estimación de los costos de interconexión y conducción del agua potable

Se indican las alternativas iniciales y una adicional que el IMTA ha considerado viable para el estudio.

Alternativas Iniciales:

- Alternativa No. 1.- Con agua de presa “Agua Futura” (actualmente denominada “Agua para siempre”)
- Alternativa No. 2.- Batería de pozos en la zona “Dinamita”
- Alternativa No. 3.- Agua de laboreo de la mina “La Platosa”

Alternativa Adicional:

- Alternativa No. 4.- Agua de pozos-Acuífero principal

Se presentan las alternativas con sus respectivos costos de interconexión y conducción del agua potable:

- Alternativa No. 1.- Con agua de presa “Agua Futura” (actualmente denominada “Agua para siempre”)

El proyecto “Agua Futura” dominado actualmente “Agua para siempre” contempla municipios de Estado de Coahuila y del Estado de Durango ubicados en la Región Lagunera. Para fines del estudio esta propuesta o alternativa se dividió 3 escenarios. En la Ilustración 7.5.1, se muestra el trazo de ambos acueductos de 54” y de 60” y los sitios de entrega a tanque de almacenamiento. Para Durango la línea se diseñó para un gasto de 1243 l/s y para Coahuila con 2460 l/s.



Ilustración 7-11 Trazo de acueductos según proyecto “Agua Futura” hoy denominado “Agua para siempre”

En Tabla 7.10, se indican los caudales que se consideran para cada escenario.

Tabla 7-10 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 1

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2				ESCENARIO 3	
Municipios Durango	Gasto l/s	Municipios Coahuila	Gasto l/s	Municipios Durango	Gasto l/s	Municipios Durango	Gasto l/s
Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA)	700	Torreón-Matamoros - Viesca	369	Gómez Palacio (SIDEAPA)	700	Gómez Palacio (SIDEAPA)	604
Gómez Palacio – rural (SIDEAPAR)	227	Torreón (SIMAS)	964	Gómez Palacio – rural (SIDEAPAR)	227	Gómez Palacio – rural (SIDEAPAR)	290
Lerdo (zona rural)	75	San Pedro de las Colinas	520	Lerdo (zona rural)	75	Bermejillo (Mapimí)	86
Lerdo (SAPAL)	126	Francisco I Madero	285	Lerdo (SAPAL)	126	Tlahualilo	89
Tlahualilo	115	Cd. Matamoros y Coyote	222	Tlahualilo	115		
Gastos totales	1,243		2,460		1,243		980

En la Tabla 7-11, se indican los costos de infraestructura hidráulica y operación de cada escenario, así como el indicador Costo Anual Equivalente (CAE).

Tabla 7-11 Costo de infraestructura-Escenarios 1, 2 y 3 de la Alternativa 1

Escenario	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			
	Costo de Inversión MDP	Costo de operación total MDP/ anual	Costo total MDP	CAE MDP
Escenario 1 (Durango)	1,051.00	10.46	1,061.46	-133.91
Escenario 2 (Durango-Coahuila)	2,639.10	25.53	2,664.63	-354.17
Escenario 3 Durango	1,091.23	11.49	1,102.72	-139.66

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

Para más detalle de los costos, beneficios e indicadores para este escenario se muestra en el **Anexo 5.1. Memoria de cálculo.**

b) Alternativa No. 2.- Batería de pozos en la zona “Dinamita”

Esta alternativa consiste en una batería de 5 pozos ubicados en el sector “Dinamita”, para abastecer a la zona **Rural y Urbana de Gómez Palacio**. Ya se tienen dos pozos; uno en operación y en proceso la infraestructura para filtros con fines de potabilizar un caudal extraído de 60 l/s; el Pozo # 2, en proceso su perforación, se lleva una profundidad de 240 metros, el organismo operador propone llegar con las perforaciones de los pozos hasta los 500 metros; para extraer un gasto de 100 l/s a 120 l/s por cada pozo. Como no se obtuvieron estudios de calidad del agua del pozo en operación, se propusieron **dos escenarios para esta alternativa**. En la Ilustración 7-12, se muestra el trazo del acueducto de 36” y los sitios de entrega. La línea se diseñó para un gasto de 588 l/s.



Ilustración 7-12 Trazo del acueducto para abastecer con agua subterránea de pozos Dinamita.

En la Tabla 7-12, se indican los caudales que se consideran para cada escenario.

Tabla 7-12 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 2

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
Municipios Durango	Gasto l/s	Municipios Durango	Gasto l/s
Gómez Palacio- Rural (SIDEAPAR)	312	Gómez Palacio – Rural (SIDEAPAR)	264
Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR)	276	Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR)	233
GASTO TOTAL (l/s)	588		497

En la Tabla 7-13, se indican los costos de infraestructura hidráulica y operación de cada escenario, así como el indicador Costo Anual Equivalente (CAE).

Tabla 7-13 Costo de infraestructura-Escenarios 1 y 2 de la Alternativa 2

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA				
Escenario	Costo de Inversión MDP	Costo de operación total MDP/ anual	Costo total MDP	CAE MDP
Escenario 1	200.76	3.37	204,13	-22.30
Escenario 2	200.76	3.37	204.13	-22.30

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

El detalle de los costos, beneficios e indicadores para esta alternativa se muestra en el *Anexo 5.1. Memoria de cálculo.*

c) Alternativa No. 3.- Agua de laboreo de la mina “La Platosa”

Como se ha indicado en apartados anteriores del proyecto, consiste en aprovechar un caudal potabilizado de 967 l/s, caudal extraído como de laboreo de la Mina La Platosa. Se diseñó un acueducto con sitios de entrega definidos para abastecer al municipio de Gómez Palacio (Zona Rural y zona Urbana), Poblaciones de Tlahualilo y la localidad de Bermejillo (Mapimí). El trazo tiene una longitud de 94.68 km.

En la Ilustración 7.5.3, se muestra el trazo del acueducto, con sus respectivos sitios de entrega a tanques almacenamiento, caudales y longitudes.

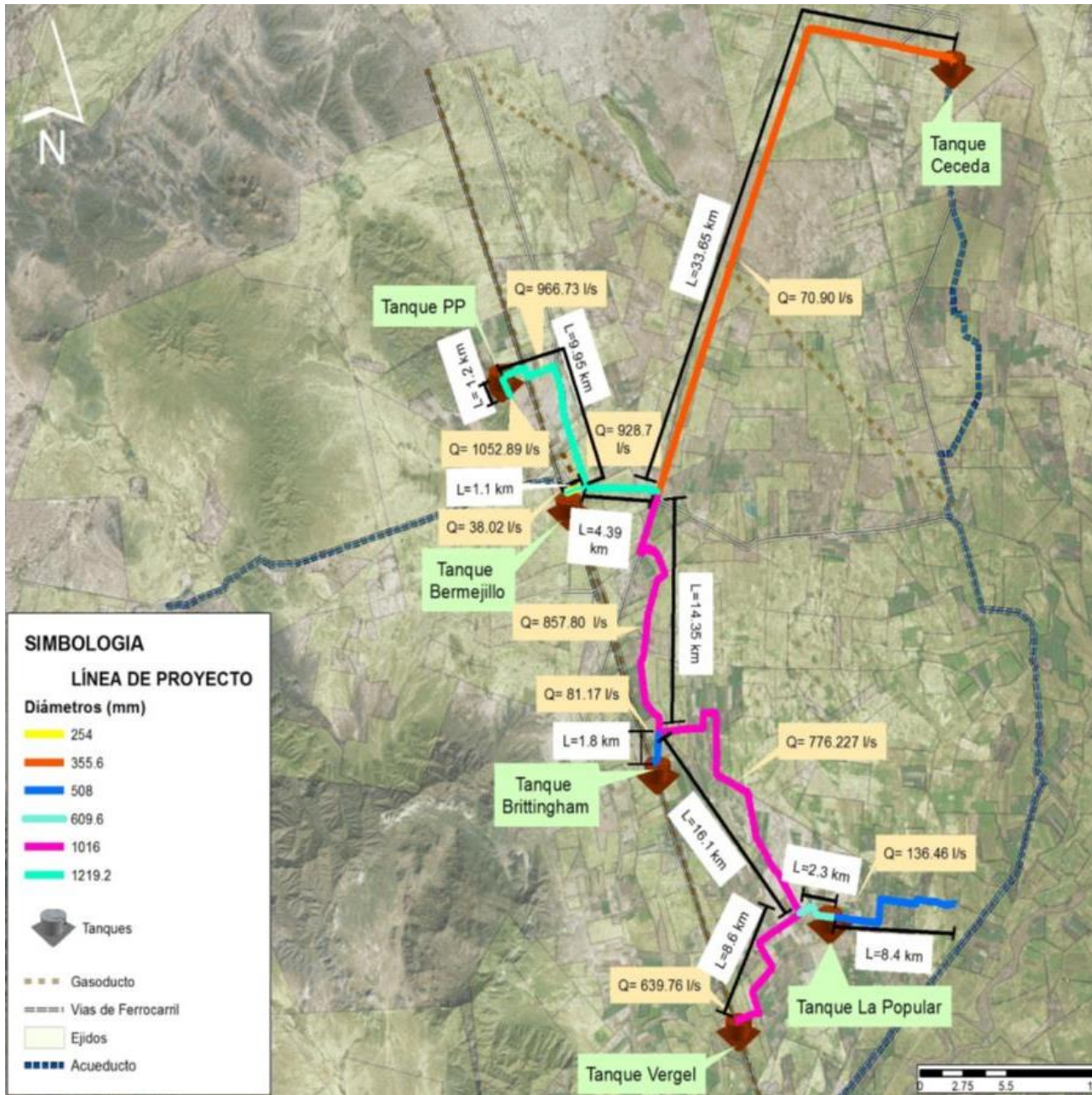


Ilustración 7-13 Trazo del acueducto para abastecer con agua de la Mina La Plasosa a Gómez Rural y Urbano, Bermejillo y Tlahualilo.

En la Tabla 7-14, se muestran los diámetros y longitudes del acueducto y derivación a los sitios de entrega.

Tabla 7-14 Longitudes y diámetros del acueducto y derivaciones

Diámetro (in)	Diámetro (mm)	Longitud (km)
48	1219	35.9
40	1016	17.69
36	914	0.29
24	609.6	0.55
16	406.4	26.78
12	304.8	12.51
10	254	0.63
8	203	0.13
6	154	0.2
Longitud total		94.68

En Tabla 7-15, se indican los caudales que se consideran para cada esenario.

Tabla 7-15 Distribución de caudal para cada localidad en estudio

Municipios Durango	Gasto l/s
Gómez Palacio-Rural (SIDEAPAR)	218
Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA)	640
Tlahualilo	71
Bermejillo (Mapimí)	38
TOTAL	967

En Tabla 7-16, se indican los costos de infraestructura hidráulica y operación y el indicador Costo Anual Equivalente (CAE).

Tabla 7-16 Costo de infraestructura de la Alternativa 3

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA			
Costo de Inversión MDP	Costo de operación total MDP/ anual	Cosoto Total MDP	CAE MDP
846.08	12.24	858.32	-111.62

Nota: Costos estimados 2017, sin IVA.

El detalle de los costos, beneficios e indicadores de esta alternativa se muestra en el *Anexo 5.1. Memoria de cálculo.*

d) Alternativa No. 4.- Agua de pozos-Acuífero principal

Esta alternativa consiste en un análisis de los pozos en operación que disponen de un tratamiento a través de infraestructura de filtros puestos a pie de pozo. Para este análisis se consideran 13 plantas con filtro para potabilizar un gasto de 1,081 L/s de 22 pozos ubicados en Gómez Palacio zona Urbana y Rural. Datos que se requieren: estudio de calidad del agua, profundidad de los pozos, consumos de energía por bombeo y registros de abatimientos. En esta alternativa no se consideran costos de inversión de infraestructura hidráulica, porque en el terreno de donde existe el pozo hay un tanque de distribución con su respectiva planta potabilizadora de filtros y distribuye, no existen líneas nuevas; ver Ilustración 7-14.

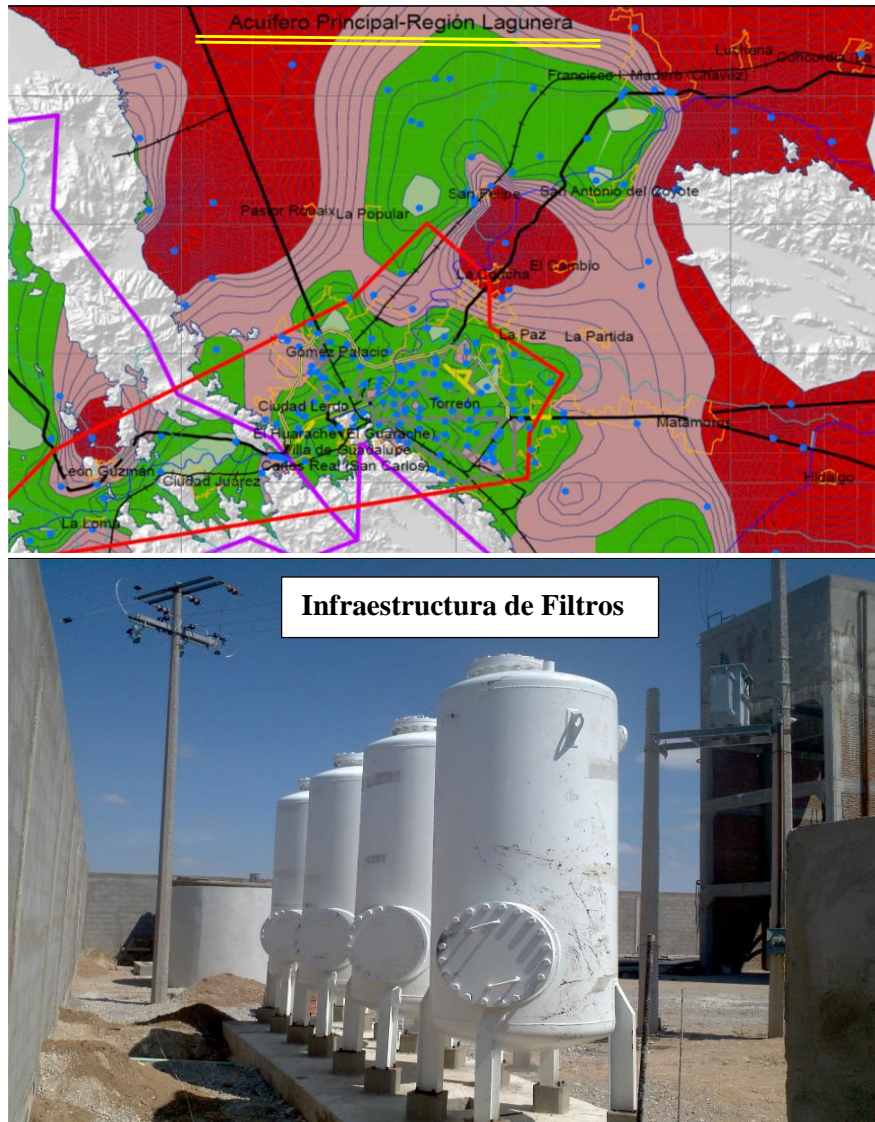


Ilustración 7-14 Ubicación de pozos en el acuífero principal e infraestructura de filtros

En Tabla 7-17, se indican los caudales que se consideran para cada esenario.

Tabla 7-17 Municipios y gastos considerados en la Alternativa 4

Municipios Durango	Beneficio (%)	Gasto l/s
Gómez Palacio-Rural (SIDEAPAR)	100	290
Gómez Palacio (SIDEAPA)	72	737
Total		1,027

En la Tabla 7-18 y Tabla 7-19 se presentan el resumen de los costos de las alternativas e indicadores financieros. En la Tabla 6-34, se muestra la población beneficiada de cada alternativa y porcentaje de beneficio para el año 2017 y 2035.

Tabla 7-18 Cuadro resumen de costos de las alternativas

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA							
Alternativas	Escenarios	Fuente de abastecimiento	Caudal (L/s)		Costo de Inversión MDP	Costo de operación total MDP/ anual	CAE MDP
			Tratado	Producido			
Alternativa "1" Con "Agua Futura" actualmente "Agua para siempre"	Escenario 1 (Durango)	Río Nazas(Agua superficial)	1,268	1243	1,051.00	10.46	-133.91
	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	Río Nazas(Agua superficial)	3,804	3,728	2,639.10	25.53	-354.17
	Escenario 3 (Durango)	Río Nazas(Agua superficial)	1,000	980	1,091.23	11.49	-139.66
Alternativa "2" Batería de pozos en la zona de "Dinamita"	Escenario 1	(Agua subterránea)	600	588	200.76	3.37	-26.95
	Escenario 2		600	497	200.76	3.37	-26.95
Alternativa "3" Agua de laboreo de la mina "La Platosa"		(Agua subterránea)	1,166	967	846.08	12.24	-110.45
Alternativa "4" Agua Pozos-Acuifero principal		(Agua subterránea)	1,081	1,027	0.00	0.00	0.00

Tabla 7-19 Cuadro resumen de indicadores financieros

Indicadores financieros	Alternativa 1			Alternativa 2		Alternativa 3	Alternativa 4
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2		
Tasa Social de descuento	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Valor Presente Neto (VPN)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9%	9%	9%	9%	10%	9%	9%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	12%	12%	12%	12%	13%	15%	61%
Costo Anual Equivalente del proceso de potabilización en MDP	-63.24	-292.19	-39.56	-25.68	-105.41	-182.74	-76.85
Costo Anual Equivalente de infraestructura hidráulica en MDP	-133.91	-354.17	-139.66	-26.95	-26.95	-111.62	N/A

Notas: N/A. No aplica

Costos sin IVA

Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura” actualmente denominado “Agua para siempre”

Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita”

Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”

Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal

Tabla 7-20 Población beneficiada de cada alternativa y porcentaje de beneficio para el año 2017 y 2035

Alternativas	Escenarios	Localidades beneficiadas	Población 2017	Población beneficiada 2017	Población 2035	Población beneficiada 2035
Alternativa "1" Con agua de presa "Agua Futura" actualmente denominado "Agua para siempre"	Escenario 1 (Durango)	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) Lerdo (zona rural) Lerdo (SAPAL) Tlahualilo 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Lerdo Zona Rural: 33,224 Lerdo: 122,937 Tlahualilo: 25,901 TOTAL: 543,382 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (60%): 170,000 Gómez Palacio -rural: 79,625 Lerdo (zona rural): 33,224 Lerdo (32%): 39,340 Tlahualilo: 25,901 TOTAL DURANGO: 348,108 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Lerdo Zona Rural: 31,271 Lerdo: 149,083 Tlahualilo: 30,945 TOTAL: 653,743 	<p>Durango:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (49%): 165,000 Gómez Palacio -rural (89%): 98,010 Lerdo (zona rural): 31,271 Lerdo (32%): 47,707 Tlahualilo: 28,103 <p>TOTAL DURANGO: 370,091</p>
	Escenario 2 (Durango-Coahuila)	<p>Durango:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) Lerdo (zona rural) Lerdo (SAPAL) Tlahualilo <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros – Viesca Torreón (SIMAS) San Pedro de las Colinas Francisco I Madero Cd. Matamoros y Coyote 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Lerdo : 122,937 Tlahualilo: 25,901 TOTAL: 543,382 <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón - Matamoros-Viesca: 81,214 Torreón : 688,045 San Pedro de las Colonias: 111,660 Francisco I. Madero: 60,655 Cd. Matamoros y Coyote: 67,476 TOTAL: 1,009,050 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (60%): 170,000 Gómez Palacio -rural: 79,625 Lerdo (zona rural): 33,224 Lerdo (32%): 39,340 Tlahualilo: 25,901 TOTAL DURANGO: 348,108 <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros –Viesca: 81,214 Torreón 35%: 240,816 San Pedro de las Colinas: 111,660 Francisco I Madero: 60,655 Cd. Matamoros y Coyote: 67,476 TOTAL COAHUILA: 561,821 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Lerdo Zona Rural: 31,271 Lerdo : 149,083 Tlahualilo: 30,945 TOTAL DURANGO: 653,743 <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros-Viesca: 94,022 Torreón : 818,417 San Pedro de las Colonias: 132,416 Francisco I. Madero: 72,536 Cd. Matamoros y Coyote: 81,878 TOTAL COAHUILA: 1,199,299 	<p>Durango:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (49%): 165,000 Gómez Palacio -rural (89%): 98,010 Lerdo (zona rural): 31,271 Lerdo (32%): 47,707 Tlahualilo: 28,103 <p>TOTAL DURANGO: 370,091</p> <p>Coahuila:</p> <ul style="list-style-type: none"> Torreón-Matamoros –Viesca: 94,022 Torreón (35%): 286,446 San Pedro de las Colinas: 132,416 Francisco I Madero: 72,536 Cd. Matamoros y Coyote: 81,778 TOTAL COAHUILA: 667,298

Alternativas	Escenarios	Localidades beneficiadas	Población 2017	Población beneficiada 2017	Población 2035	Población beneficiada 2035
	Escenario 3 Durango	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) Tlahualilo 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Tlahualilo: 25,901 <p>TOTAL: 387,221</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (58%): 163,373 Gómez Palacio -rural: 79,625 Tlahualilo: 25,901 <p>TOTAL: 268,899</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Tlahualilo: 30,945 <p>TOTAL: 473,389</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (58%): 192,995 Gómez Palacio -rural (89%): 98,010 Tlahualilo (90%): 28,103 <p>TOTAL: 319,108</p>
Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita”	Escenario 1	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 361,320</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (32%): 90,137 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 169,779</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL:442,444</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (32%):106,480 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL: 216,174</p>
	Escenario 2	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 361,321</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 90,137 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 169,780</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL:442,445</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (32%):106,480 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL: 216,175</p>
Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”		<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano Gómez Palacio Rural Bermejillo Tlahualilo 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 Bermejillo: 9,505 Tlahualilo: 25,901 <p>TOTAL: 396,726</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (56%): 159,891 Gómez Palacio -rural: 79,642 Bermejillo: 9,505 Tlahualilo: 25,901 <p>TOTAL: 274,940</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 Bermejillo: 9,117 Tlahualilo: 30,945 <p>TOTAL: 482,505</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (41%): 186,340 Gómez Palacio -rural: 109,695 Bermejillo: 9,117 Tlahualilo: 30,945 <p>TOTAL: 286,022</p>
Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal		<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (SIDEAPA) Gómez Palacio -rural (SIDEAPAR) 	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio urbano: 281,678 Gómez Palacio Rural: 79,642 <p>TOTAL: 361,320</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (72%): 202,808 Gómez Palacio -rural: 79,642 <p>TOTAL: 282,450</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano: 332,749 Gómez Palacio Rural: 109,695 <p>TOTAL:442,444</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gómez Palacio Urbano (72%): 239,579 Gómez Palacio -rural: 109,695 <p>TOTAL: 349,274</p>

Análisis de alternativas:

- No se considera la Alternativa “2” Batería de pozos en la zona de “Dinamita” en virtud de que este Análisis Costo-Beneficio contempla la evaluación de proyectos antes de iniciarse (evaluación ex-ante) y esta alternativa ya está en proceso de ejecución y para este caso se tendría que esperar la culminación de las actividades para llevar a cabo una evaluación (evaluación ex-post) posterior a la ejecución del proyecto midiendo sus resultados, (Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión, MAPAS, 2015); aunado a que la población beneficiada solo se enfoca al municipio de Gómez Palacio.
- Con respecto a la Alternativa “1” Con agua de presa “Agua Futura” actualmente denominado “Agua para siempre”, no se consideran el Escenario 1 y Escenario 2 en virtud de que las localidades beneficiadas consideradas no son las mismas que el proyecto de estudio.
- La Alternativa “4” Agua Pozos-Acuífero principal, es económicamente la de menor costo, y propone continuar con él proceso de potabilización que actualmente se lleva acabo, sin embargo, solo considera el suministro de agua a Gómez palacio Urbano y Rural, mediante 13 plantas con filtro para potabilizar agua de 21 pozos, dado lo anterior esta alternativa no cumple con los objetivos del proyecto el cual es el abastecimiento de agua potable a las localidades de Bermejillo, Tlahualilo, Gómez Palacio Rural y Gómez Palacio Urbano aunado a que esta alternativa no beneficia a frenar el abatimiento del acuífero.

Consideraciones financieras:

De acuerdo a la comparación de costos de inversión, costos de operación y el Costo Anual Equivalente, *desde el punto de vista de rentabilidad el orden de conveniencia* es: Alternativa 1, referente “Agua de la presa (Agua Futura)” actualmente denominado “Agua para siempre” del Escenario 3; así como, la Alternativa 3: correspondiente a: “Agua de laboreo de la mina La Platosa”; su resultados se indican en la Tabla 6-34.

Tabla 7-21 Comparativa de alternativas seleccionadas desde el punto de vista de rentabilidad

Indicadores financieros	Alternativa 1	Alternativa 3
	Agua de la presa (“Agua Futura”) actualmente denominado “Agua para siempre” Escenario 3	Agua de laboreo de la mina “La Platosa”
Tasa Social de Descuento	10%	10%
Valor Presente Neto (VPN)	\$0.00	\$0.00
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9%	9%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	12%	15%
Costo total del proceso de potabilización con operación.	141.78	517.24
Costo Anual Equivalente del proceso de potabilización (CAE)	-39.56	-182.74
Costo total de inversión de infraestructura hidráulica (Acueducto) con operación.	1,102.73	858.32
Costo Anual Equivalente de infraestructura hidráulica (CAE)	-139.66	-111.62
Costo \$/m ³	4.91	10.46
Costo total de alternativa	1,207.06	1,207.81

De acuerdo a términos de referencia, se considera: Alternativa “3” Agua de laboreo de la mina “La Platosa”.

8 CONCLUSIONES

8.1 Conclusiones

- **Proyecto Funcional de la Planta Potabilizadora**

Los tres muestreos y análisis del agua de la mina la Platosa, realizados en tres meses diferentes, mostraron que la calidad del agua no sufre una gran variación en el tiempo ni entre las dos tuberías. Esto es importante para establecer las posibles opciones de tratamiento que permitan eliminar los contaminantes que se encuentran fuera de norma.

De los contaminantes encontrados, el arsénico, los sulfatos, los fluoruros, el plomo, la radiactividad, la dureza y los sólidos disueltos totales, son los que determinarán el tipo de proceso más adecuado, siendo las membranas el sistema más recomendable.

Las muestras fueron analizadas según la norma modificada en 2000 de la *NOM-127-SSA1-1994, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*; adicionalmente se midieron los siguientes parámetros: calcio, bario, magnesio, estroncio, plata, potasio, alcalinidad total, carbón orgánico total, fosfatos, boro, sólidos suspendidos totales y óxido de silicio. Como resultados, los parámetros de calidad del agua que no cumplen la norma antes mencionada son: dureza total, sólidos disueltos totales, turbiedad, fluoruros, sulfatos, arsénico, plomo, hierro, manganeso, sodio, radiactividad alfa total, además de coliformes totales y fecales.

De acuerdo a las características de agua se establecieron cuatro posibles procesos de potabilización: a) Coagulación convencional (CC) + Nano Filtración (NF), b) Microfiltración (MF) + Nano Filtración (NF), c) Filtración en arena + Ósmosis inversa de baja presión (OI) y c) Filtración directa + Ósmosis inversa de baja presión + Nano Filtración; para cada uno de estos casos se realizó el balance iónico y se calculó el índice de Langelier del agua producto para determinar la estabilidad química del agua, es decir si presentará características de corrosividad o incrustabilidad.

Adicionalmente con la finalidad de reducir el volumen de agua que se obtiene como rechazo del proceso de membranas de todas las opciones analizadas, se analizó el concentrar más el agua mediante un sistema de Ósmosis Inversa de alta presión con membranas para agua de mar. De dicho tratamiento se obtendría una corriente de rechazo y una de producto; esta última se mezclaría con las corrientes producto del tratamiento principal, para dar el efluente final. También se estudiaron los requerimientos de remineralización del agua potabilizada, para este estudio se consideraron dos opciones: la adición de hidróxido de potasio o la filtración a través de lechos de calcita en presencia de CO₂.

La selección del tren de tratamiento más adecuado para el agua de la mina La Platosa, se realizó comparando los costos de operación e inversión de los diferentes sistemas, incluyendo la remineralización y la recuperación de una fracción del agua de rechazo.

Se utilizó el Costo Anual Equivalente (CAE) para evaluar las alternativas de los proyectos de inversión, ya que brindan los mismos beneficios, pero poseen distintos costos, se utilizó una tasa social de descuento de 10%. Este análisis mostró que el sistema más conveniente, es decir el de menor CAE, es el de Ósmosis Inversa con filtros de arena como pretratamiento y la remineralización empleando lechos de calcita en presencia de CO₂. En los costos se considera el cambio de membranas cada dos años, pero no se incluye la reposición de equipo de bombeo durante el tiempo de vida de la instalación. El costo de inversión del tren de tratamiento es de \$361'729,784.00, de los cuales \$259'761,117.00 corresponden al sistema de potabilización principal, incluida la remineralización y \$101'968,667.00 al sistema de recuperación de agua de rechazo. El costo de operación se estima en \$5.1/m³.

Con base en lo anterior se desarrolló el proyecto funcional para el sistema de potabilización seleccionado que se describe a continuación: el caudal de agua que será conducido por bombeo desde la mina a la planta potabilizadora será de 1,165 L/s, el agua será filtrada para la remoción de partículas suspendidas como pretratamiento para protección del sistema de membranas, el sistema de filtración se compone de 12 filtros granulares a gravedad, de flujo descendente y con lecho dual arena-antracita, el diseño incluye un sistema de recuperación del agua de retrolavado de los filtros. El agua filtrada se colecta en un tanque de donde se envía mediante bombeo a cuatro módulos de ósmosis inversa de baja presión. Cada uno de los módulos está compuesto por una bomba de alimentación, un sistema de dosificación de dispersante para evitar la incrustación de productos químicos en las membranas, filtración en cartuchos de 5 µm, bomba de alta presión y módulos de membranas en dos etapas. De los sistemas de ósmosis inversa se tendrán dos corrientes: el permeado y el concentrado. La corriente del permeado de cada uno de los cuatro módulos, 200 L/s de cada uno, es decir 800 L/s en total, ingresaría a un tanque de agua potable previa cloración, empleando gas cloro. Por otro lado, la corriente de concentrado será tratada mediante filtración en arena y ósmosis inversa con membranas de alta presión, con la finalidad de reducir el caudal no aprovechable en 50%, por lo que se recuperaría un caudal de 167 L/s que también se dirigirían al tanque de agua potable. Por último y antes de ser distribuida a la población, el caudal total potabilizado, 967 L/s, se someterá a acidificación con dióxido de carbono y se enviará a 5 trenes de 6 filtros o contactores con lechos de calcita para realizar la remineralización, con lo que se evitaría la corrosividad del agua. El agua tratada cumplirá con todos los parámetros de calidad que establece la modificación del año 2000 de la NOM 127 SSA1-1994.

Como desecho del proceso de potabilización se obtendría un caudal de 167.9 L/s que, dada su alta concentración de sólidos disueltos 29,588 mg/L, no sería posible su aprovechamiento en la agricultura, más bien sería necesaria su disposición en lagunas de evaporación para evitar daños al ecosistema.

El proyecto funcional incluye la memoria de cálculo y dimensionamiento de las unidades de tratamiento, el diagrama de tubería e Instrumentación, el arreglo general de la planta y cortes longitudinales del mismo. Con base en la ingeniería básica se desarrolló también el documento Términos de referencia para el diseño y construcción de la planta potabilizadora que podrá servir de base para la elaboración de las bases de licitación para el diseño y construcción de la planta potabilizadora.

- **Proyecto Funcional Hidráulico de Abastecimiento de Agua Potable desde la Mina “La Platosa” a localidades de Durango**

Se realizaron visitas técnicas de campo, conjuntamente con personal de la CONAGUA, la CAED, de Organismos Operadores: (SIDEAPA); (SIDEAPAAR); (SIMAPA) de Tlahualilo; y (SIDEAMM). Con el objeto de conocer las principales características físicas del área de estudio, identificar la infraestructura existente y conocer de manera general el estado actual y las necesidades de infraestructura, así como posibles alternativas de solución y requerimientos de estudios y proyectos.

Se analizaron los posibles trazos del acueducto, tanto en gabinete como en recorridos de campo para determinar el trazo definitivo de las líneas de conducción y sitio de entrega. Se procuró evitar el menor número de conflictos sociales como de instituciones gubernamentales: Infraestructura de PEMEX, TELEMEX, de GASERAS, entre otros.

Dos propietarios están en la mejor disposición de vender sus tierras en las cercanías de la Mina La Platosa. En este caso, se consideró la propiedad más cercana a los terrenos de la Mina La platosa, para el diseño el proyecto de manera preliminar de la Planta Potabilizadora, son terrenos escriturados sin ningún problema social o conflictos con tierras Ejidales o Comunales, viables para su compra.

Para el cálculo del gasto medio se establece dos tipos de consumo: 130 l/hab/día para la zona rural y 190 l/hab/día, además de considerar un 30 % de pérdidas físicas, resultando un gasto máximo diario de 38 l/s para Bermejillo, 71 l/s para Tlahualilo, 218 l/s para Gómez Palacio zona rural y 640 l/s Gómez Palacio zona urbana (con cobertura del 56% del total de la población).

El acueducto contempla una línea de conducción de 94.68 Km, con diámetro en su mayoría de 48, 40 y 16 pulgadas, el material del tubo es acero al carbón; en su recorrido se tienen que realizar 18 estructuras de cruce especial, también se contemplan 140 válvulas de admisión y expulsión de aire y 32 válvulas de desfogue. Considera para su distribución 6 tanques, de los cuales tres se encuentran construidos y los restantes se proyectaron. De los proyectados el primero se ubica en la planta potabilizadora con una capacidad de 7,000 m³, en la zona de localidad “la popular” con un volumen de 1,000 m³ y en la zona de la localidad “el vergel” con una capacidad de almacenamiento de 2,000 m³. Para generar la energía de impulsión se determina instalar 4 equipos de bombeo, dos equipos de 300 l/s, otro de 200 l/s y el último de 167 l/s.

Situación actual de los Organismo Operadores

SIDEAPA de Gómez Palacio (Urbana).- En 2016, se reportan 29 pozos en operación para abastecer a Gómez Palacio (urbana), con una capacidad instalada en operación de 1,448 l/s, de los cuales; 14 pozos están propuestos para tratar su caudal, y 10 sitios para construir la infraestructura de filtros, la producción propuesta es: 897.6 l/s. *Por lo tanto: el 48% de los pozos en operación se mejora su calidad de agua a través de infraestructura de filtros. El gasto con problemas de arsénico es de 550.4 l/s, que lo cubren 15 pozos, es decir un 52% es el gasto que se puede sustituir por agua de la “Mina La Platosa” u otra alternativa.*

SIDEAPAAR de Gómez Palacio (Rural).- En 2016, se reportan 14 pozos en operación para abastecer a Gómez Palacio (Rural), con una capacidad instalada en operación de 293 l/s, de los cuales 4 pozos están

propuestos para tratar su caudal, y 3 sitios para construir la infraestructura de filtros, la producción propuesta es: 183 l/s. *Por lo tanto: el 28% de los pozos en operación se mejora la calidad de agua a través de infraestructura de filtros. El gasto que no será tratado y con problemas de arsénico es de 110 l/s, que lo cubren 4 pozos, es decir un 72%, gasto que se puede sustituir por agua de la “Mina La Platosa” u otra alternativa.*

(SIDEAMM) de Bermejillo, Mapimí.- En 2016, se reportan 4 pozos en operación para abastecer la localidad de Bermejillo, con una capacidad instalada de 46 l/s. No cuenta con Macromedición ni medición domiciliaria. La calidad del agua presenta problemas de Arsénico. De los cuatro pozos, dos de ellos abastecen con un gasto del 50% a las localidades de Rancho Viejo y de Mapimi. *Por lo tanto, solo 2 pozos en operación serán cancelados o por sustitución de agua de la Mina La Platosa, el gasto a intercambiar sería de 26 l/s. Pero, para abastecer a toda la localidad de Bermejillo se requiere una producción total de 46 l/s.*

(SIMAPA) de Tlahualilo.- En el 2016, se reportan 4 pozos en operación para abastecer a 18 localidades de Municipio Tlahualilo, con una capacidad instalada de 115 l/s; el caudal total será tratado con la construcción de los filtros, se tiene un avance de 80%. Por lo tanto, el 100% del agua subterránea de los pozos en operación se mejorará su caudal. *Con respecto al proyecto del agua de la Platosa, Tlahualilo puede intercambiar su caudal solamente de un pozo. Se recomendaría evaluar la calidad del agua de los cuatro pozos y cancelar los más críticos, puede ser el pozo “El Quemado” que da un gasto de 65 l/s ó 2 pozos, como pueden ser El Cariño y El Cariño 2, sumando un caudal total de 50 l/s, ambos casos para sustituir caudal por agua de la Platosa. Es recomendable que se conserve un gasto del 50 l/s en promedio de agua subterránea en el Tanque “El Lucero” por la infraestructura de filtros que se dispondrá y no es conveniente que se abandone.*

Como proyecto funcional de cruces especiales.- El trazo de la línea de conducción propuesta se generó a partir de estar dentro del derecho de vía de los caminos, aunque inevitable se cruzan calles, puentes vehiculares y de ferrocarriles, haciendo necesaria su identificación para establecer un costo aproximado de las obras. Se identificaron 18 cruces especiales, de los cuales 8 son pasos para atravesar canales (7 revestidos y uno de tierra), 5 son alcantarillas transversales a la carretera, un paso de ferrocarril y 5 pasos vehiculares. Se tiene la propuesta que para cada uno de los cruces se realice a través de una perforación dirigida, para evitar zanjas que generen obstrucciones a la población en general y coadyuve a evitar contratiempos con los habitantes de la zona.

Para el análisis transitorio en una conducción de bombeo generado por el paro de bombas, se diseñó el sistema hidráulico con tubería de acero al carbón grado A, con un esfuerzo permisible de 30,000 psi. De acuerdo con el manual de diseño (AWWA, 2004). Las presiones de operación en la red máximas determinadas de 2,109.21 kg/cm², se encuentran muy por debajo de las obtenidas en los resultados de la simulación del software Allievi; por lo tanto se concluye que las presiones generadas por un paro súbito de los equipos de bombeo, no sobrepasan los esfuerzos admisibles para las propiedades de la tubería propuesta en la conducción.

- **Análisis tarifario**
- ❖ *Fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora*

Fortalezas

- ✓ En la legislación vigente se consideran todos los requerimientos necesarios que dan certeza jurídica para la actualización dinámica de tarifas.
- ✓ Se cuenta medios legales suficientes para realizar el proceso de cobro, toda vez que existen lineamientos específicos considerados en los diferentes niveles de reglamentación jurídica, incluso normados en la ley.
- ✓ La estructura tarifaria actual, considera la tarifa de equilibrio y permite al organismo operador funcionar con números negros.
- ✓ Las tarifas vigentes, permiten tener margen operacional, aun cuando se tiene una eficiencia física del 46.07%.

Debilidades

- ✓ Pérdida física de agua (53.93%), lo que impacta directamente en el volumen de producción, así como en sus costos, para hacer satisfacer el volumen total demandado.
- ✓ No existen procesos eficientes de recuperación de cartera vencida, lo que implica que el número de usuarios morosos ha aumentado, y con ello los usuarios que pagaban a tiempo ha disminuido pasando de 48,349 usuarios (55%) a 38,777 (43%), por lo tanto, incrementos en las tarifas podría tener consecuencias negativas en la recaudación, a consecuencia de la falta de sanciones por parte del organismo (el 30% del total de usuarios tienen adeudos de más de 30 meses).
- ✓ Existe solo un 37.3% de cobertura en micromedición y de este porcentaje el 41.8% de medidores tiene más de 6 años de antigüedad.
- ✓ Las tasas de crecimiento población esperadas (1.1% promedio anual) al 2030, implican un incremento sustancial durante el periodo de 14.3% acumulado, lo que presiona la rapidez con la que debe mejorar el organismo tanto en la mejora de la eficiencia física, la eficiencia de recaudación y la adaptación y mitigación del cambio climático, ya que incluso con mejoras en la eficiencia física (meta de 80%), al 2030 se tendrá un déficit de agua de 228 mil metros cúbicos de agua.

Oportunidades de mejora

- ✓ Considerar que la parte técnica del organismo se encuentra estrechamente ligada con la parte comercial, por lo que mejoras en la red de distribución mediante programas de detección de fugas, reparación y mantenimiento, terminaran impactando en forma directa los ingresos y las finanzas del organismo operador.
- ✓ Incrementar el número de usuarios con medidor, principalmente aquellos considerados de alto consumo, con la finalidad de reducir la cantidad demanda y/o en su defecto, incrementar la facturación y recaudación de dichos usuarios.
- ✓ Revisar y actualizar los manuales de procedimientos respecto a la facturación y cobranza, con la finalidad de hacerlos efectivos, lo que impactará directamente en la percepción ciudadana y finalmente en los ingresos del organismo operador.

- ✓ Analizar la plantilla de personal con el fin de canalizar personal a áreas prioritarias y/o donde sean más eficientes para el funcionamiento del organismo operador, considerando que únicamente uno de cada cuatro empleados pertenece al área comercial y que existen 4.09 empleados por cada mil tomas.
- ✓ Re tabular la tarifa base de cobro de las tarifas de agua para usos doméstico, comercial e industrial disminuyéndola de 12 a 10 metros cúbicos.
- ✓ Diferenciar verdaderamente las tarifas de uso doméstico subsidiado (bajo) y domestico medio, incrementando las segundas en un mínimo de 25% y un máximo de 35%.

El organismo operador, ha funcionado de manera positiva, pese al alto índice de pérdidas físicas de agua (53.93%), baja cobertura de medición (37.3%), incrementos sustanciales en el número de usuarios morosos (57%), mala distribución de personal (personal ocupado por cada mil tomas = 4.09 y personal ocupado en el área comercial = 0.93 por cada mil tomas), entre otras.

Actualización de documentación oficial, referente a los títulos de concesión de derechos de agua, ya que en la página oficial del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se cuenta con 22 títulos que amparan 21'641,853 m³/año, mientras que para el 2015, el SIDEAPA reportó una extracción de 32,182,488 m³/año.

Es prioritario generar medidas eficientes de recuperación de cartera vencida, mediante convenios de pago, así como la implementación de sanciones que permitan a la ciudadanía visualizar que existen acciones contra aquellos usuarios morosos, clandestinos o bien que han cambiado de giro, para que no se expanda la cultura del no pago.

Incorporar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, ya que se estima que para el 2030 no será suficiente alcanzar una meta de eficiencia física de agua del 80%, ya que considerando el crecimiento población estimado, para dicho año se presentarían problemas por el déficit de agua, calculado en 228 mil metros cúbicos.

Implementar un programa de adquisición y sustitución de medidores, principalmente para aquellos usuarios y/o zonas identificadas como problemáticas, o de mayores consumos, con la finalidad de incrementar la recaudación y el uso responsable del agua. La obligatoriedad de medición a usuarios de servicio comercial e industrial debe garantizarse.

Otro factor a considerar para optimizar los recursos materiales, humanos y financieros del organismo operador es revisar y rediseñar las funciones del personal, a fin de dirigir esfuerzos a áreas prioritarias para el organismo, como lo es el área de recuperación de cartera vencida (área comercial) en donde únicamente laboran 1 de cada 4 empleados (0.93 empleados por cada mil tomas)

Es necesario el rediseño de tarifas base, se considera un suministro mínimo de agua necesario para la supervivencia familiar (10 m³ por vivienda, considerando el índice de hacinamiento establecido en el municipio de 4 habitantes promedio por casa), dicho valor se utiliza a su vez para el cobro de agua mínima, actualmente se considera la tarifa base para consumos de 0 a 12 metros cúbicos, cuando dicha tarifa base debería aplicarse hasta un consumo de 10 m³, reduciendo de esta forma el gasto por vivienda, o en su defecto incrementando la

recaudación por la diferencia en metros cúbicos consumidos (2m^3). Para el caso de los usos comercial e industrial no se justifica un consumo base de 12m^3 , toda vez que cada metro cubico tiene carácter de lucrativo, desde el primer metro cúbico por lo que se sugiere el rediseño para ubicarlo en un rango base de 0 a 10m^3 .

Por último se sugiere aplicar tarifas diferenciadas equitativas, ya que actualmente del servicio doméstico bajo a medio el incremento es de \$4.27 pesos (6.3%), mientras que de medio a alto, se incrementa en \$55.49 (76.5%).

❖ *Tarifa de autosuficiencia financiera*

El incremento justificable en la tarifa para el año 2018, es de 7% promedio considerando los incrementos históricos, así como la tasa de inflación actual misma que se ubica en 6.6% al 31 de noviembre de 2017, misma que se esperaría alcance un mínimo de 6.77% al cierre del 31 de diciembre. Dichos incrementos deberían generarse de manera gradual en todas las clasificaciones de consumos, con la finalidad de mantener tarifas diferenciadas.

La construcción, puesta en marcha y operación de cualquier proyecto de suministro de agua potable para el municipio de Gomez Palacio, la comunidad de Bermejillo y Tlahualilo implicará un aumento de costo en la producción de agua potable.

De acuerdo con el plan de desarrollo integral de SIDEAPA se establece que el gasto unitario de operación por metro cúbico facturado para 2017 equivalea \$16.44/ m^3 del cual \$8.86 / m^3 corresponde a los costos de alcantarillado, saneamiento y administración, por tanto el gasto unitario de operación por metro cúbico producido es de \$7.58/ m^3 .

En el caso de la alternativa “La Platosa”, la implementación de este proyecto implicaría un aumento del 14% del esquema actual. Esta situación se contraponen al límite recomendado de 7% como incremento máximo.

Una forma de evitar un incremento excesivo en el costo de producción, potabilización, distribución y los montos adicionales con cualquier alternativa es considerar que la inversión se haga de forma tripartita, donde el Estado (o Estados) y la Federación aporten el 60% del monto total y el 40% corresponda al municipio (o municipios). De esta manera, en la estimación del costo de producción solo se consideraría el 40% del total de la inversión más los costos totales de operación. Esto permitiría Disminuir el impacto en las tarifas y representaría para los organismos operadores un costo menor de producción, con ello la tarifa no se vería afectada en ninguna de las dos alternativas analizadas que se analizan en este estudio.

- **Revisión del marco legal y social de los derechos del uso del agua de la mina La Platosa**
- ❖ **Seguridad jurídica del agua de laboreo**

Explotación Minera la empresa Excellon de México S.A de C.V, debe solicitar y obtener título de concesión por extracción de agua del subsuelo y especialmente permiso de descarga de agua residual conforme a lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

La dificultad para obtener la concesión es que el Acuífero Principal de la Laguna es zona de veda y, además que la empresa alega no tener esa obligación amparándose en la Ley Minera. La Ley de la Materia en este caso es la Ley de Aguas Nacionales, misma que no hace ninguna excepción para ningún usuario que explote, use o aproveche aguas nacionales.

La confusión puede deberse a la redacción del artículo 124 del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, en la que no se menciona explícitamente la obligación a obtener la concesión para el agua proveniente de laboreo de mina, pero la propia Ley no establece en ninguno de sus artículos un tratamiento especial para la extracción de aguas del subsuelo para laboreo de minas.

Por lo anterior dado que es un aprovechamiento de hecho sujeto a infracciones sanciones e incluso clausura (hasta la fecha no se tiene conocimiento de la imposición de alguna sanción a la minera) y con el fin de regularizar esa situación es necesario evaluar la posibilidad de que la CONAGUA otorgue la concesión de oficio tal como lo establece el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (aunque sea zona de veda).

El volumen disponible del laboreo de la mina es considerable, incluso superior al déficit anual que reporta Conagua (23 591 952 m³).

En cuanto el permiso de descarga el propio reglamento establece la obligación de que el agua proveniente de laboreo de minas debe cumplir con las normas oficiales mexicanas antes de su descarga y obtener permiso de descarga en cuerpos receptores que sean bienes nacionales (incluso descarga al suelo).

La empresa concesionaria de la Mina está obligada a pagar derechos de descarga conforme a la Ley Federal de Derechos, al ceder el agua de laboreo para que sea tratada, potabilizada y entregada a los municipios y localidades de Gómez Palacios Rural, Tlahualilo y Mapimí se desprendería de la obligación de pagar derechos por la cantidad de agua y entregada.

De acuerdo también al Reglamento de la Ley de Aguas nacionales el agua sobrante y disponible de laboreo de la mina debe ponerse a disposición de la CONAGUA. Lo que le permitiría a la minera cumplir con la disposición de entregar el agua a la autoridad y permitir lograr el equilibrio entre extracción y explotación del acuífero.

La regularización del aprovechamiento traerá mayor seguridad jurídica a la propia minera para garantizar la extracción de agua en la que sustenta en gran parte su actividad. Igualmente se podría incluir en algún convenio formal e incluso en la concesión, la obligación de entrega del agua proveniente del laboreo de la mina “La Platosa” para los fines del proyecto, con ello se garantizaría su permanencia y así evitar una cancelación unilateral de parte de la actividad de entrega del agua sobrante.

Habría que aprovechar la circunstancia de que la minera está actualmente en disposición de entregar el agua de laboreo, en los sitios de entrega convenidos en el proyecto y que es del interés del gobierno del estado que se desarrolle el proyecto. Y la Conagua está en disposición de que el agua extraída por la mina sea aprovechada por los organismos operadores locales y sea agua de sustitución, sin modificar los volúmenes concesionados a

cada organismo, dicho de otra forma, deberán dejarse de operar la cantidad de pozos necesaria para igualar el volumen de agua entregado desde la mina.

Un problema que se puede presentar para disponer el agua de laboreo (que corresponde a un caudal de 1300 L/s, equivalente a 2, 480, 400 m³ por mes) es que actualmente se descarga y es aprovechada por 11 usuarios de riego, por lo que habría que negociar con los agricultores que seguramente serán afectados. Respecto a lo anterior, habría que explorar la posibilidad de financiar la tecnificación de sus sistemas de riego o se adquieran (transmitan) los derechos de los agricultores sobre esa agua y se tenga la menor afectación posible en la producción y productividad agrícola.

❖ **Seguridad jurídica sobre la tenencia de la tierra necesaria para el proyecto**

La planta potabilizadora se propone en un terreno privado, el trazo del acueducto se propone por derechos de vía federal, caminos rurales y por un predio privado.

Respecto a los terrenos privados para la planta potabilizadora y parte del acueducto se tiene entendido de que los propietarios están en disposición de vender los terrenos necesarios. Habría que fijar el precio de venta en función de un avalúo comercial que tendría como base el precio del catastro local o un avalúo comercial realizado por una institución bancaria o bien recurrir al Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales para determinar un posible precio.

En cuanto a derechos de vía habría que solicitar concesión permiso o autorización de bienes federales en función de la Ley de Bienes Nacionales y celebrar ante Notario Público y escriturar un “contrato de servidumbre de acueducto” conforme al Código Civil del Estado de Durango.

Servidumbres

Será necesario constituir servidumbres de acueducto y considerar éstas para la determinación del costo del proyecto.

Autorización en materia de impacto ambiental

En su caso se requiere la evaluación de impacto ambiental en función de los artículos 17 y 18 fracción IV de la Ley de Gestión Ambiental Sustentable del Estado de Durango que establece la obligación de la autorización previa a la construcción, modificación, o ampliación de obras públicas o privadas, así como cualquier actividad que pueda ocasionar impacto ambiental por la cantidad y calidad de los recursos naturales que afecte.

Aspectos institucionales

Se debe procurar la participación y los consensos de todos los actores involucrados en todas las fases del proyecto: municipios, organismos operadores (de los tres municipios) CAED, Conagua y de la Empresa Excellon de México S.A de C.V. previo a la elaboración de convenios o contratos que sean necesarios.

Se recomienda que la CAED coordine todo el proceso. Incluso se debe evaluar la posibilidad de establecer un Comité técnico Supervisor que presida la CAED que supervise y se reúna periódicamente para evaluar el avance y el cumplimiento de los acuerdos y convenios celebrados.

Los Municipios y Organismos operadores involucrados deberán evaluar su estructura administrativa y física, a satisfacción de CAED para hacer posible el efectivo cumplimiento de todo el proyecto y en su caso realizar los ajustes estructurales y administrativos pertinentes.

Planeación

Es fundamental la participación y aprobación del proyecto de los ayuntamientos de Gómez Palacio, Mapimí y Tlahualilo en las fases de planeación (proyecto de factibilidad y proyecto ejecutivo) y en la supervisión de las fases de construcción y operación del acueducto y planta potabilizadora y otras obras necesarias.

Financiamiento

Evaluar las alternativas más convenientes para el financiamiento de la obra: recursos federales, estatales o municipales o una mezcla de ellos.

De acuerdo con la información obtenida en el presente proyecto concurren recursos federales (de programas federalizados) recursos estatales y recursos municipales. Debido a lo anterior, una posible forma de administración sea a través de la creación de un Fideicomiso Público en donde se ingresen todos los recursos captados (incluso los ingresos por pago de cuotas) lo que permitiría un mejor y más flexible acceso a los recursos que requiere el sistema de entrega de agua en bloque, además que no se dejaría a un solo municipio u organismo operador la administración de los fondos lo cual redundaría en una mayor transparencia y equidad en el manejo de los recursos. Para este efecto, se recomienda ver la estructura y forma de funcionamiento del Fideicomiso Irrevocable de Administración y Fuente de Pago Num. 1928, que opera en el Valle de México y crear una estructura propia adaptada a la condiciones y necesidades de los organismos operadores involucrados, así como del Estado de Durango.

Construcción

La licitación de obra y planta potabilizadora estaría a cargo de la CAED con la asesoría de CONAGUA en tanto se tenga el proyecto ejecutivo.

La contratación del proyecto y su ejecución estaría a cargo de la CAED, con la supervisión de CONAGUA (dado que se emplearían recursos federales) y probablemente con la asesoría técnica y el visto bueno de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Operación

El SIDEAPA (Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio, Durango) se hará cargo de la operación de la obra y la potabilizadora para lo cual habrá celebrar y formalizar un convenio entre CAED, los municipios y Gómez Palacio, en donde éste último tenga el compromiso de la operación de la obra y la entrega en tiempo y forma del agua en bloque a los otros municipios y sus localidades involucrados, en que se defina los volumen a suministrar y los sitios de entrega en las facultades residual de CAED y los otros dos municipios para su cumplimiento, con supervisión de cumplimiento por parte de CONAGUA, o bien con supervisión de un Comité técnico Supervisor, creado exprofeso.

Se recomienda celebrar un convenio entre SIDEAPA y los otros organismos operadores de los municipios involucrados, en donde se comprometen las partes a dejar de extraer agua del subsuelo en la misma cantidad que se les esté suministrando del agua de laboreo de la Mina y los plazos de cumplimiento. Este convenio será ratificado, aprobado y evaluado en su cumplimiento por parte de CAED con el apoyo técnico de la CONAGUA.

Se recomienda negociar con CONAGUA la no caducidad de los derechos de agua que tienen ahora los organismos municipales, para conservar los pozos que tienen actualmente funcionando, que podrían utilizarse en caso extremo, de emergencia o desabasto.

El Organismo operador de Gómez Palacio podría acudir a financiamientos del PRODI (Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento) para mejorar la calidad del servicio de agua potable en poblaciones, preferentemente entre 50 mil y 900 mil habitantes que establece apoyos a fondo perdido para reducción de costos de operación, incremento de los ingresos propios, reducción de pérdidas físicas de agua y sostenibilidad de las acciones e inversiones.

Igualmente, en localidades pequeñas que ven beneficiadas con el acueducto se podría recurrir al programa federalizado APARURAL (Apartado Rural) que apoya la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales, mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades menores a 2,500.

- **Evaluación socioeconómica de las obras propuestas**

La evaluación socioeconómica tiene como objetivo dotar con agua de calidad a las localidades en estudio: Gómez Palacio (Urbano y Rural), Tlahualilo y Mapimí (Localidad de Bermejillo únicamente) sustituyendo el agua extraída de pozos actuales sin tratamiento por agua proveniente de la mina La Platosa, tratada con una planta potabilizadora. Los resultados de las obras propuestas, son las siguientes:

Indicadores financieros	Alternativa 1 Agua de laboreo de la mina "La Platosa"	Alternativa 2 Agua de presa Francisco Zarco-Río Nazas ("Agua Futura")			Alternativa 3 Batería de pozos en la zona de "Dinamita"		Alternativa 4 Agua de Pozos- Acuífero principal-IMTA
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	
Costo total del proceso de potabilización (Construcción + Operación) (\$)	517,245,804	291,117,832	937,958,265	141,788,634	101,637,829	296,954,888	235,953,146
Costo Anual Equivalente del proceso de potabilización (CAE) (\$)	-182,740,928	-63,245,907	-292,192,101	-39,565,572	-25,685,020	-105,410,205	-76,857,576
Costo total de inversión de infraestructura hidráulica (Acueducto) (Construcción + Operación) (\$)	858,328,662	1,061,465,080	2,664,633,038	1,102,731,512	204,135,081	204,135,081	0.00
Costo Anual Equivalente de infraestructura hidráulica (CAE) (\$)	-111,627,665	-133,915,145	-354,174,496	-139,668,325	-26,953,444	-26,953,444	N/A
Costo \$/m ³	10.46	4.33	5.50	4.91	2.70	8.55	2.05
Costo total de alternativa (\$)	1,207,811,184	1,309,200,000	3,377,200,000	1,207,068,004	286,824,776	417,801,078	180,270,018

Nota: La alternativa 2: Corresponde a: ("Agua Futura") actualmente se denomina "Agua para siempre"

De acuerdo a la comparación de costos de inversión, costos de operación y el Costo Anual Equivalente para las opciones de potabilización. Desde el punto de vista de rentabilidad el orden de conveniencia es: Alternativa 2 del Escenario 3 y Alternativa 1 Agua de laboreo "La Platosa".

En la tabla siguiente se presentan las ventajas y desventajas de las dos alternativas como viables para resolver la problemática de abastecimiento de agua de calidad para los municipios de Gómez Palacio (rural y urbano), Tlahualilo y la localidad de Bermejillo (Mapimí).

Alternativa	Ventajas	Limitantes
Alternativa "2" Con agua de presa "Agua Futura" Escenario 3	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere un tratamiento de clarificación convencional para su potabilización. Este tratamiento es de baja complejidad tecnológica, es relativamente económico y no requiere de insumos de importación ni de mano de obra altamente calificada para su operación. Posibilidad de mayor disponibilidad (cantidad) de agua, en función de negociación con agricultores. Fuente renovable que reemplazará parcialmente el uso de agua subterránea, ayudará a disminuir la sobreexplotación local. 	<ul style="list-style-type: none"> Para utilizar los escurrimientos de la cuenca del río Nazas sería necesario adquirir derechos que actualmente están en manos de usuarios del Distrito de Riego 017 Es necesaria una línea de conducción y bombeo desde la planta potabilizadora hasta las localidades que serán abastecidas.
Alternativa "1" Agua de laboreo de la mina "La Platosa"	<ul style="list-style-type: none"> Ahorro en energía eléctrica por bombeo. Ahorro en mantenimiento de infraestructura hidráulica. Ahorro en costo de cloración. Se aprovecharía agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría. No se utilizaría todo el caudal extraído en la mina, por lo que seguiría habiendo disponibilidad para los agricultores que actualmente la emplean, evitando conflictos sociales. Disminución del abatimiento del acuífero principal al dejar de extraer agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Agua con alto contenido de sólidos disueltos que requiere procesos de membranas para su potabilización, lo que implica altos costos de inversión, operación e insumos de importación, así como mano de obra altamente calificada. Requiere adquisición de terreno, 700 Ha, para disposición del agua de rechazo en lagunas de evaporación. Costo de tratamiento de potabilización excesivamente alto.

Del Análisis del PPI: El proyecto de inversión de Agua de laboreo de la mina "La Platosa" es un proyecto con altos costos por proceso de potabilización, el resultado del cálculo del VPN dan como resultado cero (0), es decir los costos del proyecto de inversión son iguales a sus beneficios, significando que al llevar a cabo ese proyecto no se obtendrá pérdida ni ganancia, es decir el proyecto solo producirá lo suficiente para que recuperemos la inversión.

El proyecto considera dentro de sus beneficios la recaudación derivada del ajuste de tarifa considerando el costo por metro cubico del proceso de potabilización del agua. Este proyecto no debe ejecutarse si se cuenta con otra alternativa que permita obtener un mayor rendimiento y a su vez permita dotar con agua de calidad para el suministro de agua potable a los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí (la localidad de Bermejillo) sin continuar abatiendo el mando freático del acuífero de inversión.

- **Evaluación de la factibilidad de tres opciones para potabilizar agua en la región**

Se evaluaron y compararon tres alternativas para potabilizar agua en la región para un caudal total potabilizado de alrededor de 1000 L/s:

- d) Una planta potabilizadora con base en el proceso de clarificación convencional (CC) para el agua del Río Nazas (Proyecto “Agua Futura”. Actualmente de denomina “Agua para siempre”).
- e) Plantas a pie de pozo para tratar el agua subterránea del Acuífero Principal mediante filtración directa (FD) para la remoción de arsénico y
- f) La potabilizadora para el agua de la mina La Platosa con base en el proceso ya descrito de Filtración en arena y ósmosis inversa (FA (G)+OI).

Para el caso de la potabilización del agua de la mina La Platosa se empleó el costo de inversión y de operación del proceso principal (filtración en arena + ósmosis inversa + recarbonatación), así como el costo del tratamiento del rechazo de la Ósmosis Inversa, lo que permite obtener un porcentaje de recuperación global del 83%. En este análisis no se incluye la etapa de disposición de la corriente de rechazo del proceso (lagunas de evaporación).

El costo del sistema de disposición de la salmuera mediante lagunas de evaporación se estima en 776.6 millones de pesos que no están incluidos en este análisis de comparación.

En lo que respecta a la alternativa de potabilización de agua subterránea del acuífero principal mediante Filtración Directa, para la estimación de los costos de inversión y de operación se consideraron datos de caudales de diseño y concentración de arsénico de las trece plantas de este tipo que se tienen actualmente operando, en construcción o en etapa de asignación de contrato para la construcción en el Estado de Durango. Los costos de inversión estimados consideran plantas con el siguiente proceso de potabilización: pre-cloración, coagulación con cloruro férrico, filtración en lechos duales de arena antracita y post-cloración. Las plantas cuentan con un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: sedimentador y línea de recirculación del agua clarificada a la entrada de agua a la planta. También tienen un sistema para espesamiento de lodos y

sistema de deshidratación de lodos mediante un filtro prensa de tal forma de facilitar su manejo y disposición adecuada. Es importante mencionar que la suma del caudal total de diseño de las trece plantas es de 1080.6 L/s. Los costos de operación incluyen el costo de reactivos y el consumo de energía eléctrica para la operación de la planta y para la extracción del agua considerando el nivel dinámico de los pozos del año 2015. El costo de extracción de agua se incluye debido a que son costos que el Organismo operador tendrá que asumir a diferencia de la alternativa del aprovechamiento de agua de La Platosa donde la extracción está siendo solventada por la compañía minera.

Por su parte para la alternativa de potabilización del agua del proyecto (Agua futura) actualmente denominado “Agua para siempre” se considera que, de acuerdo a los datos históricos de calidad del agua, la turbiedad generalmente es menor a 20 UTN, puede presentar problemas de color verdadero, así como concentraciones de arsénico entre 0.010 y 0.040 mg/L. Por lo que se establece que el tratamiento adecuado para la potabilización es el de clarificación convencional empleando como coagulante cloruro férrico. El tren de tratamiento consistiría en: pre-cloración, coagulación (mezcla rápida), floculación, sedimentación, filtración en lechos granulares arena-antracita y post-cloración. La planta deberá tener la infraestructura para poder de operar en la modalidad de filtración directa o clarificación completa. En el primer caso después de la etapa de coagulación el agua se dirigirá directamente a los filtros sin pasar por las etapas de floculación y sedimentación; y será de utilidad en la época del año en que el agua que llegue a la planta tenga muy baja turbiedad. La planta deberá tener un sistema de recuperación de agua de retrolavado de filtros: tanque y línea de recirculación del agua clarificada hacia la unidad de mezcla rápida. También deberá tener un sistema para espesamiento y deshidratación de lodos que permita su manejo para la disposición adecuada. Para hacer posible la comparación con las otras alternativas de potabilización, se estableció un caudal de la planta de clarificación convencional de 1000 L/s, cuyo caudal aprovechable sería del 95% del agua alimentada, es decir de 950 L/s. Para estimar los costos de inversión se utilizaron datos de plantas construidas en el país con ese tipo de sistemas y los costos de operación incluyen costos de productos químicos: cloruro férrico como coagulante, cloro gas para la pre-cloración y la post-cloración y un polímero para el acondicionamiento químico de los lodos. Para el consumo de energía eléctrica se consideraron 25 metros de carga de bombeo para la alimentación de la planta, además de la energía requerida para la operación del sistema de potabilización y deshidratación de lodos.

Para las tres alternativas se realizó el cálculo del Valor presente de Costos (VPC) para un período de 20 años, usando una tasa de actualización del 10%, así como el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE).

En la siguiente tabla se presentan para cada alternativa analizada los caudales de agua tratada y agua producto, los costos de inversión y los costos de operación por metro cúbico de agua producida, así como el Costo Anual Equivalente.

EVALUACIÓN DE TRES ALTERNATIVAS PARA POTABILIZAR AGUA EN LA REGIÓN								
Fuente de agua	Proceso	Caudal (L/s)		Costo de Inversión (\$)	Costos por membranas (\$/año)	Costo de Operación Total		CAE (\$)
		Tratado	Producido			(\$/m3)	(\$/año)	
Agua Presa-Río Nazas	CC	1,000	980.0	115,828,199		0.84	25,960,435	39,565,572
Agua pozos-Acuifero Principal	FD	1,081	1,026.6	180,270,018		1.72	55,683,128	76,857,576
Agua Mina La Platosa	FA(G)+OI	1166	967.1	361,729,784	30,023,732	5.10	155,516,020	191,884,160

Nota: En este caso como Alternativa 1: Corresponde a: (“Agua Futura”) actualmente se denomina “Agua para siempre”

Del análisis anterior se obtuvo que el orden de conveniencia desde el punto de vista de rentabilidad:

- 1° La potabilización del agua de la Presa Francisco Zarco- Río Nazas (Proyecto “Agua Futura”), actualmente se denomina “Agua para siempre”.
- 2° La potabilización del agua extraída de pozos del acuífero de la región
- 3° La potabilización del agua extraída de la mina La Platosa.

Sin embargo, el aspecto social involucrado en las dos primeras opciones:

- 1) Disponibilidad real del agua de la presa que actualmente se usa para riego, debido a la concesión existente. No se dispone concesión para uso urbano.
- 2) En este caso, abatimiento del acuífero por la extracción de agua en pozos profundos, con la posibilidad de que cada vez el agua requiera tratamientos más costosos que los actuales, le da una ventaja importante al uso del *agua de la mina como la opción (3)*. Otros puntos a favor de esta *última opción (3)* es que se aprovecharía agua que actualmente es extraída y desperdiciada en su mayoría, además de que para el abastecimiento público no se utilizaría todo el caudal extraído, por lo que seguiría habiendo disponibilidad para los agricultores que actualmente la emplean, lo que evitaría conflictos sociales.

9 ANEXOS

9.1 Capítulo 1

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo 1.1	Marco teórico Sistemas de Tratamiento	Recopilación de información sobre fundamentos y tipos de procesos de filtración por membranas, así como de remineralización de agua tratada y de tratamiento de salmueras.
Anexo 1.2	Términos de referencia para el diseño y construcción de la planta potabilizadora	Propuesta de los Términos de referencia para la Licitación del diseño ejecutivo, construcción y puesta en marcha de una planta de ósmosis Inversa para potabilizar el agua extraída de la Mina La Platosa.

9.2 Capítulo 2

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo 2.1	Recorridos de campo	Se presentan las ilustraciones correspondientes a los recorridos de campo para la localización de la planta potabilizadora y la línea de conducción.

9.3 Capítulo 4

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo 4.1 y 4.2	Revisión del marco legal y social de los derechos del uso del agua de la Mina La Platosa	Se analiza el marco legal general aplicable en el que se desenvuelve los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del estado de Durango (incluyendo servicio de agua en bloque) y se determina la naturaleza jurídica del agua de laboreo de la mina la Platosa, así como las leyes y reglamentos aplicables e instancias responsables para acceso del agua potabilizada en bloque a las poblaciones de Tlahualillo, Mapimí y Gómez Palacio Rural, provenientes de la mina La Platosa

9.4 Capítulo 5

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo 5.1	Memoria de cálculo	Se integran los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad de las alternativas del Proyecto de inversión, así como el análisis de la oferta y demanda en la situación actual, sin proyecto y con proyecto.
Anexo 5.2	Programas de financiamiento	Programas para obtener recursos financieros según la obra a ejecutar, con fines de incrementar las eficiencias física, comercial y global en los sistemas de agua potable.
Anexo 5.3	Estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la región lagunera, en los municipios de Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca en el estado de Coahuila y Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí en el estado de Durango.- 11 Factibilidad Ambiental.	Estudio realizado para evaluar la conservación, se han identificado los impactos ambientales producidos por las actividades actualmente realizadas en cada sistema, así como los impactos potenciales de las actividades proyectadas a futuro para la región, dentro de las ramas agrícola, industrial, minera, silvícola, de infraestructura (carreteras) y de recreación. Los valores más elevados se consideran los de mayor relevancia y, por ende, de mayor importancia para la conservación.
Anexo 5.4	Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de las aguas de laboreo de la Mina La Platosa para el abastecimiento de agua potable a los municipios de Tlahualilo Mapimí y Gómez Palacio, Durango.	Informe derivado de un convenio de colaboración entre el IMTA-CAED. Los alcances que contemplo el convenio son: interpretación conjunta de la caracterización isotópica, resultados fisicoquímicos e isotópicos de muestreos realizados en diversos aprovechamientos de agua subterránea de la Comarca Lagunera en los años 1990 (IMTA, 1990) y 2013 (IMTA 2015). Esta consideración, se hizo con el propósito de cubrir de manera más regional los diferentes tipos de agua existentes en la zona y en, consecuencia, entender su evolución en el ambiente subterráneo para explicar el origen del agua de laboreo de la mina La Platosa.

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo 5.5	Estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la región lagunera, en los municipios de Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca en el estado de Coahuila y Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí en el estado de Durango.- 2 Descripción del área de estudio.	Se describen las características hidrológicas y geohidrológicas de las cuencas hidrográficas, los acuíferos, presentes en la zona de estudio para evaluar su potencialidad como fuentes alternas de abastecimiento. En este caso enfocado al tema del Acuífero Principal.
Anexo 5.6	Indicadores de rentabilidad	Para el cálculo de los indicadores de rentabilidad se consideran las fórmulas contenidas en los Lineamiento de la SHCP: VPN, TIR, y la TRI.

9.5 Anexo Planos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo 9.1	Planos y archivos digitales	Se presentan los planos y archivos generados en la realización del proyecto.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Barrientos, C. J. (25 de Enero de 2012). migracion-al-doble-de-la-media-nacional. *elsiglodedurango*, págs. <http://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/351266.migracion-al-doble-de-la-media-nacional.html>.
- INEGI. (2010). *Principales resultados del Censo de Población y vivienda 2010, Querétaro*. México: INEGI.
- INEGI-ITER. (2010). *Principales resultados por localidad (ITER)*. México: INEGI.
- Ley, A. S. (Ene/abr de 2015). Factores asociados al desempeño en organismos operadores de agua potable en México. *Región y sociedad*, 27(ISSN 1870-3925), 62. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252015000100001
- López, G. C. (17 de Octubre de 2017). México: Salarios y Pobreza. *SDP Noticias.com*, págs. <https://www.sdpnoticias.com/nacional/2017/10/16/mexico-salarios-y-pobreza>.
- (2016). *Plan de Desarrollo Integral*.
- Rovira, M. d. (01 de 04 de 2012). *estepais.com*. Obtenido de <http://archivo.estepais.com/site/2012/la-distribucion-del-ingreso-en-mexico/>
- Ahmed, M., Arakel, A., Hoey, D., & Coleman, M. (2001). Integrated power, water and salt generation: a discussion paper. *Desalination*, 37-45, 134.
- Ahmed, M., Shayya, W., Hoey, D., & Al-Handaly, J. (2002). Brine disposal from inland desalination plants: research needs assessment. *Water Int.*, 37-41.
- Ahmed, M., Shayya, W., Hoey, D., Mahendran, A., Morris, R., & Al-Handaly, J. (2000). Use of evaporation ponds for brine disposal in desalination plants. *Desalination*, 155-168.
- Akbari, H., Radishi, A., Torabian, A., & Iran, J. (2010). *Environ. Health. Sci. Eng* (Vol. 7).
- Akin, I., Arslan, G., Tor, A., Cengeloglu, Y., & Ersoz, M. (2011). Removal of arsenate [As(V)] and arsenite [As(III)] from water by SWHR and BW-30 reverse osmosis. *Desalination*, 88-92.
- Alabdula'aly, A., & Al-Saati, A. (1995). Brine production, recovery and disposal in groundwater RO plants in the central region of Saudi Arabia. *Abu Dhabi Proceedings*, VI.
- Allende, A. (1976). *Apuntes sobre Química del Agua*. Habana, Cuba.
- Apartado-Mancilla, L. (2009). *Determinación del número de etapas y arreglo óptimo de módulos de un sistema de Ultra Filtración*. México, D.F.: UNAM.
- Arnal, J., Sancho, M., Iborra, I., & Gozálvez, J. (2005). Concentration of brines from RO desalination plants by natural evaporation. *Desalination*, 182, 435-439.
- AWWA. (2004). *Steel Pipe - A Guide for Design and Installation, M11*. American Water Works Association AWWA, Fourth Edition.
- Beardsley, S., & McClellan, S. (1995). *Membrane Softening: An emerging technology helping Florida Communities meet the increased regulations for quality potable water*. Reno, Nevada.
- BingSong, Y., Dong, H., & Ruan, Z. (2008). Mechanism for calcite dissolution and its contribution to development of reservoir porosity and permeability in the Kela 2 gas field, Tarim Basin, China. *Science in China Series D: Earth Sciences (SpringerLink)*, 567-578.
- CAED. (2016). *Proyecto ejecutivo para la tecnificación de riegos en la Comarca Lagunera. Informe Final. Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.* . Estudio contratado por la Comisión de Aguas del Estado de Durango.
- CAED, CEAS Chihuahua, CONAGUA. (2014). *Proyecto ejecutivo del acueducto Río Nazas-Comarca Lagunera, incluyendo las obras de la planta de bombeo, planta potabilizadora,*

- tanques de entrega y red troncal para el suministro de las ciudades de Lerdo y Gómez Palacio.* Presentación en Power Point.
- CAED-CONAGUA. (2013). *Estudio para la estabilización del acuífero en La Laguna (Localidades Gómez Palacio y Lerdo de los municipios de Gómez Palacio y Lerdo, Dgo.)*. Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.
- Carmical, A., Robison, R., Letterman, R., & Mackintosh, G. (2002). *Small public water system technology guide volume II. Limestone contactors*.
- Centro Canario del Agua. (2005). *Índices de Langelier, Ryznar y Puckorius: método de cálculo, notas e interpretación de resultados*.
- Colina-Irezabal, M. (2015). *Filtración por membrana*. México, D.F.
- Colomina-Montava, J. (2016). *Diseño de una planta desalinizadora de ósmosis inversa para producir 20000 m³/día*. Universidad Politecnica de Valencia.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). Diseño estructural de recipientes. En *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México, D.F.
- CONAGUA. (2007). *Datos Básicos*. Ciudad de México: CONAGUA.
- CONAGUA. (2009). *Estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la Región Lagunera, en el Estado de Coahuila y Durango*. Informe final. Ingeniería y Gestión del Hídrica S.C. Estudio contratado por la Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2012). *Estudio de fuentes de abastecimiento de agua potable en la Región Lagunera, localidad: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí, Municipio: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimí*. Ingeniería y Gestión Hídrica S.C. Estudio contratado por la Comisión de Aguas del Estado de Durango y la Comisión Nacional de Agua.
- CONAGUA. (2014). *Plan maestro para la incorporación de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la región*. Torreon, Coahuila: CONAGUA, CAED e Ingeniería y Gestión S.C. .
- CONAGUA. (2015). *Datos Básicos*. Ciudad de México: CONAGUA.
- CONAPO. (15 de 10 de 2017). *Proyecciones de población 2010-2050*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conapo/acciones-y-programas/proyecciones-de-la-poblacion-2010-2050>
- Consultora de Aguas. (2012). *SILT DENSITY INDEX (SDI)*. México, D.F.
- Delion, N., Mauguin, G., & Corsin, P. (2004). Importance and impact of post treatments on design and operation of SWRO plants. *Desalination*, 165, 323-334.
- Drewes, J. (2009). An Integrated Framework for Treatment and Management of Produced Water.
- El-Bourawi, M., Ding, Z., Ma, R., & Khayet, M. (2006). *A framework for better understanding membrane distillation separation process*. Obtenido de Journal of Membrane Science: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.08.002>
- EPA. (1999). The Class V Underground Injection Control Study. En *Salt Water Intrusion Barrier Wells* (págs. 1-64).
- Esteve-Domingo, N., Pont-Castillo, J., & Boluda-Botella, N. (2000). *Estimación de la fiabilidad de un análisis de agua*. Alicante, España.
- Faust, S., & Aly, O. (1998). *Chemistry of Water Treatment* (Segunda Edición ed.). CRC Press.

- Federal-Provincial-Territorial Comitee on Drinking Water. (2007). Corrosion control in drinking water distribution Systems. *Health Canada*.
- Fox, R. (2003). *Consultant to Tri-Sep Inc.* Private Communication.
- Gabelich, C., Rahardianto, A., Northrup, C., Yun, T., & Cohen, Y. (2011). Process evaluation of intermediate chemical demineralization for water recovery enhancement in production-scale brackish water desalting. *Desalination*, 36-45, 272.
- GE Water and Process Technologies. (2009). Obtenido de http://www.gewater.com/what_we_do/water_scarcity/water_reuse.jsp
- Gilau, A., & Small, M. (2008). Designing cost-effective seawater reverse osmosis system under optimal energy options. *Renewable Energy*, 33, 617-630.
- Gilron, J., Folkman, Y., Savlier, R., Waisman, M., & Kedem, O. (2003). WAIV — wind aided intensified evaporation for reduction of desalination brine volume. *Desalination*, 158, 205-214.
- Glater, J., & Cohen, Y. (2003). *Brine disposal from land based membrane desalination plants: a critical assessment*. Los Angeles, CA.
- Glenn, E., Thompson, T., & Miyamoto, S. (1998). *Halophyte crops and a sand-bed solar concentrator to reduce and recycle industrial, desalination and agricultural brines*.
- Gouvernement du Québec. (2001). *Guide de conception des installations de production d'eau potable*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2017, de <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/documents/volume2.pdf>
- Gouvernement du Québec. (2001). *Guide de conception des installations de production d'eau potable*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2017, de <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/documents/volume1.pdf>
- Greenlee, L., Testa, F., Lawler, D., Freeman, B., & Moulin, P. (2010). Effect of antiscalants on precipitation of an RO concentrate: metals precipitated and particle characteristics for several water compositions. *Water Research*, 2672-2684.
- Greenlee, L., Testa, F., Lawler, D., Freeman, B., & Moulin, P. (2011). Effect of antiscalant degradation on salt precipitation and solid/liquid separation of RO concentrate. *J. Membr. Sci.*, 48-61.
- Guarga, J. &. (1995). *Transitorios y Oscilaciones en Sistemas Hidráulicos a Presión*. Universidad de Coimbra, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad de la República Oriental de Uruguay.
- Guerrero-Gallego, L., & Sanz-Ataz, J. (2003). *Nano Filtración aplicada a la eliminación de compuestos orgánicos de aguas superficiales con destino a consumo humano*. Vivendi Water Systems.
- Guillén-Burrieza, E., Blanco, J., Zaragoza, G., Alarcón, D., Palenzuela, P., & Ibarra, M. (2011). Experimental analysis of an air gap membrane distillation solar desalination pilot system. *J. Membr. Sci.*, 386-396.
- Guizard, C. (1999). *Técnicas membranarias de filtración de líquidos. Micro, Ultra, Nano Filtración y ósmosis inversa*. Mérida, Venezuela.
- Hernandez, M., Cremer, G., Compte, J., Cazorra, T., Jurado, J., Orbe, H., & Miguel, C. (2009). The recarbonation facility of the Barcelona Desalination Plant brings out new standards. *IDA World Congress*.

- Hernandez-Suarez, M. (2005). *Short guideline for limestone contactor design for large desalination plants*. Canary Islands Water Center.
- Hou, Y. (2017). An Improved Method of Arsenic (III) Removal By Reverse Osmosis Membrane. En *Master's Theses* (pág. 424).
- Imran, S., Dietz, J., Mutoti, G., Taylor, J., & Randall, A. (2005). Modified Larsons ratio incorporating Temperature, Water Age, and electroneutrality effects on red water release. *J. Environmental Engineering*, 1514-1520.
- INEGI. (02 de Diciembre de 2017). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (25 de Octubre de 2017). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Obtenido de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/10/10007.pdf
- Instituto de Ingeniería Química. (2014). *Tecnología de Membranas de aplicación Industrial*. Uruguay: Universidad de la Republica.
- Ji, X., Curcio, E., Obaidani, S., Profio, G., Fontananova, E., & Drioli, E. (2010). Membrane distillation– crystallization of seawater reverse osmosis brines. *Sep. Purif. Technol.*, 71, 76-82.
- Jordan, F., Yoklic, M., Morino, K., Brown, P., Seaman, R., & Glenn, E. (2009). Consumptive water use and stomatal conductance of *Atriplex lentiformis* irrigated with industrial brine in a desert irrigation district. *Agric. For. Meteorol.*, 149, 899-912.
- Joseph, G., Montgomery, W., Herdon, V., & Buckley, C. (1998). Micro Filtración. En *Tratamiento del agua por procesos de membrana*. Durban, Sudáfrica.
- Katzir, L., Volkmann, Y., Daltrophe, N., Korngold, E., Mesalem, R., & Oren, Y. (2010). WAIV—wind aided intensified evaporation for brine volume reduction and generating mineral byproducts. *Desalination*, 63-73.
- Khayet, M., & Matssura, T. (2011). *Membrane Distillation: Principles and Applications*.
- Kurihara, M., Yamamura, H., & Nakanishi, T. (1999). High recovery/high pressure membranes for brine conversion SWRO process development and its performance data. *Desalination*, 9-15, 125.
- Letterman, R. (1995). *Calcium carbonate dissolution rate in limestone contactors*. Cincinnati, OH: Drinking Water Research Division, USEPA.
- Letterman, R., Hadad, M., & Driscoll, C. (1991). Limestone contactors. Steady-state design relationships. *J. Environmental Engineering*, 339-358.
- Lu, H., Walton, J., & Swift, A. (2001). Desalination coupled with salinity-gradient solar ponds. *Desalination*, 13-26.
- Mackey, E. (2006). Regional Solutions for Concentrate Disposal. *American Membrane Technology Association*, 4-9.
- Mackintosh, G., De-Souza, P., & De-Villiers, H. (2002). Design and operation guidelines for municipal sized surface water limestone contactors. En *Water SA Special Edition: WISA Proceedings* (págs. 50-55). Proceedings of the Biennial Conference of the Water Institute of Southern Africa.
- MAPAS. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Libro 11: Fenómenos Transitorios en Líneas de Conducción)*. CONAGUA.

- Martinetti, C., Childress, A., & Cath, T. (2009). High recovery of concentrated RO brines using forward osmosis and membrane distillation. *J. Membr. Sci.*, 31-39.
- Mickley, M. (1995). Environmental considerations for the disposal of desalination concentrates. *International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Sciences*, 351-368.
- Mickley, M. (2001). *Membrane concentrate disposal: Practices and regulation*.
- Morillo, J., Usero, J., Rosado, D., El-Bakouri, H., Riaza, A., & Bernaola, F. (2014). *Comparative study of brine management technologies for desalination plants. Desalination*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.12.038>
- Mukhopadhyay, D. (1999). *Method and apparatus for high efficiency reverse osmosis operation*. United States.
- National Research Council. (2008). *Drinking water distribution systems: assessing and reducing risks*.
- New Logic Research, Inc. (2009). Obtenido de <http://www.vsep.com/technology/index.htm>
- Ning, R. (2002). Arsenic removal by reverse osmosis. *Desalination*, 237-241.
- Ning, R., & Tarquin, A. (2010). Crystallization of salts from super-concentrate produced by tandem RO process. *Desalination*, 16, 238-242.
- Ning, R., Tarquin, A., & Balliew, J. (2010). Seawater RO treatment of RO concentrate to extreme silica concentrations. *Desalination*, 22, 286-291.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guías para la calidad del agua potable* (Cuarta ed.).
- Pawlak, Z., Zak, S., & Zablocki, L. (2006). Removal of Hazardous Metals from Groundwater by Reverse Osmosis. *Polish J. of Environ. Stud.*, 579-583.
- Productos POLO, S.A. de C.V. (2006). *Manual Osmosis Inversa*. Monterrey, N.L., México. (s.f.). *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-127-SSA1-2017. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*.
- Rahardianto, A., Gao, J., Gabelich, C., Williams, M., & Cohen, Y. (2007). High recovery membrane desalting of low-salinity brackish water: integration of accelerated precipitation softening with membrane RO. *J. Membr. Sci.*, 123-137.
- Rahman, S., McDonald, B., & Gagnon, G. (2007). Impact of secondary disinfectants on copper corrosion under stagnation conditions. *J. Environmental Engineering*, 180-185.
- Resources Excellon Inc. (2016). *La Platosa Mine*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de <http://www.excellonresources.com/operations/la-platosa-mine/snapshot/>
- Rickard, D., & Sjoberg, E. (1983). Mixed kinetic control of calcite dissolution rates. *American Journal of Science*, 283.
- Robinson, R., & Carmical, A. (2005). A web-based educational module on limestone contactors technology for drinking water professionals. En *Computer Applications in Engineering Education*.
- Rocha-Castro, E. (2010). Procesos de membrana en tratamiento de aguas. En *Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas* (págs. 9.1-9.10). Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Rodier, J. (1998). *Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar: química, fisicoquímica, bacteriología, biología*. Barcelona, España: Omega.

- Ruggieri, F., Fernandez-Turiel, J., Gimeno, D., Valero, F., García, J., & Medina, M. (2008). Limestone selection criteria for EDR water remineralization. *Desalination*, 314-326.
- Sánchez-García, A., & Oliver, R. (2004). *Estudio técnico - económico de una planta desaladora de agua de mar por ósmosis inversa*. Escuela de Ingeniería de Barcelona.
- Secretaría de Minería. (2015). *Directorio del Sector Minero*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2017, de <http://www.desi.economia.gob.mx/empresas/empresas3.asp?Clave=1015>
- Sethi, T., Walker, S., Drewes, J., & Xu, P. (2006). Existing & Emerging Concentrate Minimization & Disposal Practices for Membrane Systems. *Florida Water Resources Journal*, 38-48.
- SHCP. (2017). *Formatos para facilitar la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los PPI*. Ciudad de México: SHCP.
- SHCP. (2017). *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*. Ciudad de México: SHCP.
- Shih, T. (2006). Post treatment in desalination plants: an overview. *Desalination and Water Reuse International Forum & Exhibition*.
- Shock, M. (1990). Internal corrosion and deposition control. En *Water Quality and Treatment. American Water Works Association*. McGraw-Hil.
- Skehan, S., & Kwiatkowski, J. (2000). Concentrate Disposal via injection wells – permitting and design considerations. *Florida Water Resources Journal*, 19-22.
- Sol-Brine. (2010). *Report on the evaluation of existing methods on brine treatment and disposal practices*.
- Squire, D. (2000). Reverse osmosis concentrate disposal in the UK. *Desalination*, 47-54.
- Tejedor, C. (2008). *Introducción a la Desalación por ósmosis inversa. Conceptos Básicos*.
- Trujillo, E., Martínez, V., & Flores, N. (2008). *Ajuste del Equilibrio Químico del Agua Potable con Tendencia Corrosiva por Dióxido de Carbono*. Obtenido de Información Tecnológica: <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3967it.07>
- Trujillo-Flores, E., Martínez-Miranda, V., & Fuentes-Gutiérrez, H. (2002). Tecnología informática para evaluar la agresividad del bióxido de carbono en el agua. En *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales doméstica* (págs. 142-154).
- Trussell, S., & Trussell, R. (2005). *Boron Removal and Reverse Osmosis*. Trussell Tech.
- U.S. Department of Interior Bureau of Reclamation. (2009). *Brine-Concentrate Treatment and Disposal Options Report*.
- Urase, T., Oh, J., & Yamamoto, K. (1998). Effect of pH on rejection of different species of arsenic by nanofiltration. *Desalination*, 11-18.
- Withers, A. (2005). Options for recarbonation, remineralization and disinfection for desalination plants. *Desalination*, 11-24.
- Yi-Shin, W., Sutherland, J., Sessions, B., Mackey, E., & Walker, S. (2012). *Upflow calcite contactor study*. Austin, Texas.
- Zarzo-Martínez, D., & Campos-Pozuelo, E. (2011). Project for the development of innovative solutions for brines from desalination plants. En *Desalination and Water Treatment* (págs. 206-217).

Consideraciones

El presente documento fue elaborado con base en la información disponible proporcionada por la CAED y SIDEAPA, así como información oficial publicada (CONAGUA, INEGI, CONAPO, etc.), por lo que cualquier error en los cálculos se debe a la calidad de la información a la cual el IMTA tuvo acceso.

11 GLOSARIO

Análisis costo y beneficio: Evaluación de los programas y proyectos de inversión a que se refiere el artículo 34, fracción II, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, y que considera los costos y beneficios directos e indirectos que los programas y proyectos generan para la sociedad;

CAE: Costo Anual Equivalente;

Cartera: Programas y proyectos de inversión de conformidad con lo establecido en los artículos 34, fracción III, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, y 46 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria;

Componentes: Activos que se requieren para llevar a cabo el programa o proyecto de inversión, como son las obras, edificios, bienes, equipo, maquinaria, patentes, entre otros;

Costo total: Suma del monto total de inversión, los gastos de operación y mantenimiento, y otros costos y gastos asociados a los programas y proyectos de inversión;

Demanda: Cantidad de un determinado bien o servicio que la sociedad, un grupo o población determinada requiere o está dispuesta a consumir o utilizar por unidad de tiempo a un valor determinado;

Estudio de Preinversión: Estudios que son necesarios para que una dependencia o entidad tome la decisión de llevar a cabo un programa o proyecto de inversión;

Evaluación a nivel de perfil: Evaluación de un programa o proyecto de inversión en la que se utiliza la información disponible con que cuenta la dependencia o entidad, tomando en cuenta la experiencia derivada de proyectos realizados y el criterio profesional de los evaluadores. También se puede utilizar información proveniente de revistas especializadas, libros en la materia, artículos contenidos en revistas arbitradas, estudios similares, estadísticas e información histórica y paramétrica, así como experiencias de otros países y gobiernos. Para este tipo de evaluación, la información a utilizar, para efectos de la cuantificación y valoración de los costos y beneficios específicos del proyecto, debe permitir el cálculo de indicadores de rentabilidad;

Evaluación a nivel de prefactibilidad: Evaluación de un programa o proyecto de inversión en la que se utiliza, además de los elementos considerados en la evaluación a nivel de perfil, información de estudios técnicos, cotizaciones y encuestas, elaborados especialmente para llevar a cabo la evaluación de dicho programa o proyecto. La información utilizada para este tipo de evaluación debe ser más detallada y precisa, especialmente por lo que se refiere a la cuantificación y valoración de los costos y beneficios.

La información utilizada para el análisis a nivel de prefactibilidad, deberá ser verificable e incluir las fuentes de información de la misma en la sección de bibliografía del análisis;

Evaluación Financiera: Evaluación que permite determinar la rentabilidad de un programa o proyecto de inversión considerando los costos y beneficios monetarios en que incurre la entidad o dependencia ejecutora. Dicha evaluación permite determinar si el proyecto es capaz de generar un flujo de recursos suficiente para hacer frente a todas sus obligaciones, incluyendo las financieras y fiscales, así como sus gastos de operación y mantenimiento.

Bajo esta perspectiva, se deben incluir todos los costos y beneficios privados que genera el programa o proyecto para la dependencia o entidad ejecutora, incluidos los costos financieros por préstamos de capital, pago de impuestos e ingresos derivados de subsidios y transferencias, entre otros. Los precios empleados serán de mercado, incluyendo el costo de oportunidad de los recursos;

Evaluación socioeconómica: Evaluación del programa o proyecto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, con el objeto de conocer el efecto neto de los recursos utilizados en la producción de los bienes o servicios sobre el bienestar de la sociedad. Dicha evaluación debe incluir todos los factores del programa o proyecto, es decir, sus costos y beneficios independientemente del agente que los enfrente. Ello implica considerar adicionalmente a los costos y beneficios directos, las externalidades y los efectos indirectos e intangibles que se deriven del programa o proyecto;

Externalidad: Efectos positivos y/o negativos que cause el programa o proyecto de inversión a terceros y que no hayan sido retribuidos o compensados a los mismos;

Ley: Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria;

Ley de Transparencia: Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental;

Memoria de Cálculo: Hoja de cálculo electrónica donde se incluyan los datos, parámetros, fórmulas y cálculos para sustentar la información presentada en la Evaluación socioeconómica;

Monto total de inversión: Total de gasto de capital que se requiere para la realización de un programa o proyecto de inversión, que incluye tanto los recursos fiscales presupuestarios y propios, como los de otras fuentes de financiamiento, tales como las aportaciones de las entidades federativas, los municipios, inversionistas privados, fideicomisos públicos o crédito externo, entre otros;

Oferta: Cantidad de producción, suministro y/o cantidad disponible de bienes o servicios por unidad de tiempo;

PIPP: Sistema del Proceso Integral de Programación y Presupuesto;

Precios sociales: Valores que reflejan el costo de oportunidad para la sociedad de utilizar un bien o servicio y que pueden diferir de los precios de mercado;

Programas de inversión: Acciones que implican erogaciones de gasto de capital no asociadas a proyectos de inversión;

Programas y proyectos de inversión: Conjunto de obras y acciones que llevan a cabo las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para la construcción, ampliación, adquisición, modificación, mantenimiento o conservación de activos fijos, con el propósito de solucionar una problemática o atender una necesidad específica y que generan beneficios y costos a lo largo del tiempo;

Proyectos de inversión: Acciones que implican erogaciones de gasto de capital destinadas a obra pública en infraestructura, así como la construcción, adquisición y modificación de inmuebles, las adquisiciones de bienes muebles asociadas a estos proyectos, y las rehabilitaciones que impliquen un aumento en la capacidad o vida útil de los activos de infraestructura e inmuebles;

Reglamento: Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria;

Secretaría: Secretaría de Hacienda y Crédito Público;

TIR: Tasa Interna de Retorno;

TRI: Tasa de Rendimiento Inmediata;

Unidad de Inversiones: Unidad de Inversiones de la Secretaría;

Variables relevantes: Aquéllas cuyos cambios, durante la ejecución y operación del proyecto, pueden modificar los indicadores de rentabilidad, y

VPN: Valor Presente Neto.

12 TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 1-1 Tarifas de SIDEAPA y SIDEAPAR a 2017	13
Tabla 1-2 Tarifas de SIDEAPA y SIDEAPAR a 2017 (Continuación)	14
Tabla 1-3 Cuadro resumen de costos de las alternativas	16
Tabla 1-4 Incremento al gasto unitario de operación	17
Tabla 1-5 Cuadro resumen de costos de las alternativas considerando exclusivamente el 40% del costo total de la inversión.....	17
Tabla 1-6 Disminución al gasto unitario de operación.....	18
Tabla 2-1. Caracterización en campo del primer muestreo.	33
Tabla 2-2. Reporte de resultados analíticos (primer muestreo).....	35
Tabla 2-3. Parámetros fuera de norma (primer muestreo).....	37
Tabla 2-4. Caracterización en campo del segundo muestreo.	38
Tabla 2-5. Reporte de resultados analíticos (segundo muestreo).	38
Tabla 2-6. Parámetros fuera de norma (segundo muestreo).....	41
Tabla 2-7. Caracterización en campo del tercer muestreo.....	41
Tabla 2-8. Reporte de resultados analíticos (tercer muestreo).	42
Tabla 2-9. Parámetros fuera de norma en el tercer muestreo.	44
Tabla 2-10. Comparativa de resultados promedio de los tres muestreos	44
Tabla 2-11. Resultados de las mediciones de SDI en el agua de la Platosa	51
Tabla 2-12. SDI promedio para el agua de La Platosa	52
Tabla 2-13 Eficiencias de los sistemas propuestos.....	54
Tabla 2-14 Eficiencias de remoción de arsénico	55
Tabla 2-15. Balances máxicos para el tratamiento por Coagulación Convencional + Nano Filtración.	58
Tabla 2-16. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Coagulación Convencional + Nano Filtración.....	59
Tabla 2-17 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la NF.....	60
Tabla 2-18. Balances máxicos para el tratamiento por Micro Filtración + Nano Filtración.	63
Tabla 2-19. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Micro Filtración + Nano Filtración.....	64
Tabla 2-20. Balances máxicos para el tratamiento por filtración con arena + Ósmosis Inversa.	67
Tabla 2-21 Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Filtración en arena + Ósmosis Inversa	68
Tabla 2-22 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI.....	69
Tabla 2-23. Balances máxicos para el tratamiento por Filtración Directa + Ósmosis Inversa + Nano Filtración	72

Tabla 2-24. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del proceso Filtración Directa+ Ósmosis Inversa + Nano Filtración	73
Tabla 2-25. Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI+NF	74
Tabla 2-26. Balances máxicos para el tratamiento de rechazo con Ósmosis Inversa para agua de mar.....	77
Tabla 2-27. Balances iónicos y de SDT de las diferentes corrientes del tratamiento de rechazo por Ósmosis Inversa para agua de mar.	78
Tabla 2-28 Información obtenida con el programa Rosa versión 9.1 para la OI con membranas de agua de mar	79
Tabla 2-29 Índices de Langelier para el caso CC+NF	80
Tabla 2-30 Índices de Langelier para el caso MF+NF	81
Tabla 2-31 Índices de Langelier para el caso FA + OI.....	81
Tabla 2-32 Índices de Langelier para el caso FD+OI+NF	81
Tabla 2-33. Datos referentes a las tecnologías de membranas analizadas	86
Tabla 2-34 Costos de reactivos	88
Tabla 2-35 Reactivos para limpieza membranas de MF	89
Tabla 2-36 Reactivos para limpieza de membranas de NF	89
Tabla 2-37 Reactivos para limpieza de membranas de OI	89
Tabla 2-38 tarifa horaria para servicio general en media tensión (Sin IVA)	90
Tabla 2-39 Costos de operación de los sistemas a membranas	91
Tabla 2-40. Costos de operación de la filtración con arena-antracita.....	92
Tabla 2-41. Costos de operación de la Filtración Directa	94
Tabla 2-42 Costos de operación de la Coagulación Convencional	96
Tabla 2-43 Costos de inversión y operación calculados para los cuatro sistemas.....	99
Tabla 2-44 Costo Anual Equivalente con recarbonatación con KOH.....	101
Tabla 2-45 Costo Anual Equivalente con recarbonatación con $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2$	101
Tabla 2-46. Datos generales para el diseño de filtros.....	106
Tabla 2-47. Selección del número de filtros.....	109
Tabla 2-48. Dimensionamiento de filtros	109
Tabla 2-49. Tuberías de distribución.....	113
Tabla 2-50 Equipo de bombeo	115
Tabla 2-51. Calidad del agua para diseño	120
Tabla 2-52 Balance iónico del agua de estudio	121
Tabla 2-53 Guías para el diseño de sistemas de OI.....	124
Tabla 2-54. Calidad del agua para diseño de la OI-SW	128
Tabla 2-55 Balance iónico del agua de rechazo de la OI	129

Tabla 2-56 Datos generales para dimensionamiento de filtros a presión	130
Tabla 2-57 Dimensionamiento de los filtros	133
Tabla 2-58 Dimensionamiento del sistema de retrolavado y lodos.....	134
Tabla 2-59 Dimensionamiento de tuberías de distribución	137
Tabla 2-60 Cálculo del equipo de bombeo.....	139
Tabla 2-61. Datos generales	143
Tabla 2-62. Diámetro de tuberías	144
Tabla 2-63. Bomba para el sistema de Ósmosis Inversa de baja presión.....	147
Tabla 2-64. Bomba de ósmosis inversa de agua de mar.....	150
Tabla 2-65. Bomba de limpieza de membranas	153
Tabla 2-66. Cuadro resumen de equipos de bombeo	156
Tabla 2-67. Velocidades superficiales para contactores de calcita a partir de estudios de referencia.....	156
Tabla 2-68 Dimensionamiento (por tren) de los filtros a presión empacados de calcita.....	159
Tabla 2-69 Dimensionamiento de tuberías de filtros para recarbonatación	160
Tabla 2-70. Evaporación neta promedio máxima y mínima	163
Tabla 3-1 Elevaciones máximas.....	177
Tabla 3-2 Precipitación anual en la cuenca del río Nazas.....	178
Tabla 3-3 Relación de Acuíferos que corresponden a la región hidrológica 36.....	180
Tabla 3-4 Resumen de las áreas de crecimiento (ha)	200
Tabla 3-5 Gasto y volumen extraído durante los años 2005 a 2007.....	205
Tabla 3-6 Características generales de los equipos de bombeo.....	207
Tabla 3-7 Datos de tanques de regulación.....	209
Tabla 3-8 Datos de las estaciones de bombeo	210
Tabla 3-9 Longitud de tubería de la red de distribución	212
Tabla 3-10 Diámetros de tubería de la red de distribución.....	212
Tabla 3-11 Longitud de la red de colectores	213
Tabla 3-12 Plantas de Tratamiento.....	214
Tabla 3-13 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Gómez Palacios	214
Tabla 3-14 Características generales de los equipos de bombeo.....	221
Tabla 3-15 Relación de tanques de rebombeo y regulación.....	222
Tabla 3-16 Relación de los sitios que son rebombeo y cárcamos	223
Tabla 3-17 Relación de localidades que abastece el sistema Tlahualilo	225
Tabla 3-18 Relación de pozos del Sistema Tlahualilo	226
Tabla 3-19 Relación de tanques del sistema Tlahualilo.	230

Tabla 3-20 Líneas principales de Tlahualilo	233
Tabla 3-21 Relación de pozos del sistema Mapimí.....	234
Tabla 3-22 Relación de tanques que distribuyen al municipio de Mapimí	237
Tabla 3-23 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada.....	248
Tabla 3-24 Análisis de la medición domiciliaria instalada en el organismo operador de Gómez Palacio (Urbana).....	249
Tabla 3-25 Pozos en operación de los años 2005, 2007 y 2016 y producción anual de Gómez Palacio (Urbana).....	250
Tabla 3-26 Pozos propuestos para la instalación de filtros que mejoren la calidad del agua potable	251
Tabla 3-27 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada.....	253
Tabla 3-28 Pozos en operación de los años 2014 y 2016 y producción anual de Gómez Palacio (Rural) 253	
Tabla 3-29 Análisis de la medición domiciliaria instalada en el organismo operador de Gómez Palacio (Rural).....	254
Tabla 3-30 Pozos propuestos para la instalación de filtros que mejoren la calidad del agua potable	255
Tabla 3-31 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada.....	256
Tabla 3-32 Pozos en operación de 2016 y producción anual de Bermejillo, Mapimi, Dgo.....	257
Tabla 3-33 Análisis de la distribución de tomas domiciliarias por tipo de usuario del Org. Op. de Bermejillo, Mapimi, Dgo.....	257
Tabla 3-34 Infraestructura existe, producción, vol. Facturado y recaudado; y agua no contabilizada.....	258
Tabla 3-35 Pozos en operación de 2016 y producción anual de Tlahualilo, Dgo.	259
Tabla 3-36 Análisis de la distribución de tomas domiciliarias por tipo de usuario del Org. Op. de Tlahualilo.	260
Tabla 3-37 Análisis de las fuentes de abastecimiento en operación y sustitución del caudal tratado.	262
Tabla 3-38 Análisis del agua concesionada, capacidad instalada, y volumen producido de las cuatro localidades en estudio.....	262
Tabla 3-39 Análisis del volumen producido, su facturación y agua no contabilizada de las cuatro localidades en estudio.....	263
Tabla 3-40 Comparativa de eficiencias: física, comercial y global de las cuatro localidades.....	263
Tabla 3-41. Población actual (2017) por municipio o localidad	271
Tabla 3-42 Estimación de gastos de diseño para el año 2017	273
Tabla 3-43 Resumen de la población atendida para el año 2017	276
Tabla 3-44 Resumen de la población atendida para el año 2035	278
Tabla 3-45 Operación de los equipos de bombeo	297
Tabla 3-46 Coeficientes de regulación.....	297
Tabla 3-47 Capacidad del Tanque de regularización con los diferentes	298
Tabla 3-48 Resumen de la población atendida para el año 2017	300

Tabla 3-49 apartado tarifario de CFE (cfe.gob.mx)	301
Tabla 3-50 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre (cfe.gob.mx)	301
Tabla 3-51 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril (cfe.gob.mx)	301
Tabla 3-52 Horas de consumo aplicables para el año 2018	301
Tabla 3-53 Resumen del costo a valor presente para la tubería de 12 pulgadas	303
Tabla 3-54 costos de construcción para los diferentes diámetros utilizados	304
Tabla 3-55 Resumen de costo valor presente para los diámetros analizados	304
Tabla 3-56 Diámetros de la línea de agua potable	306
Tabla 3-57. Dimensiones de la estructura de paso del ferrocarril.	312
Tabla 3-58. Tabla de dimensiones paso vehicular.....	314
Tabla 3-59. Tabla de dimensiones estructura 3 paso vehicular.....	315
Tabla 3-60. Tabla de dimensiones estructura 4 paso vehicular.....	316
Tabla 3-61. Tabla de dimensiones estructura 5 paso vehicular.....	317
Tabla 3-62. Tabla de dimensiones estructura 6 paso vehicular.....	319
Tabla 3-63. Tabla de dimensiones estructura 7 paso vehicular.....	320
Tabla 3-64. Tabla de dimensiones estructura 8 paso vehicular.....	321
Tabla 3-65. Tabla de dimensiones estructura 9 paso vehicular.....	322
Tabla 3-66. Tabla de dimensiones estructura 10 paso vehicular.....	323
Tabla 3-67. Tabla de dimensiones estructura 11 paso vehicular.....	323
Tabla 3-68. Tabla de dimensiones estructura 12 Puente alcantarilla	325
Tabla 3-69. Tabla de dimensiones estructura	326
Tabla 3-70. Tabla de dimensiones estructura 14 Puente alcantarilla.	327
Tabla 3-71. Tabla de dimensiones estructura 15 paso vehicular.....	328
Tabla 3-72. Tabla de dimensiones estructura 16 paso vehicular.....	329
Tabla 3-73. Tabla de dimensiones estructura 17 paso vehicular.....	330
Tabla 3-74 Capacidad de flujo de aire de los orificios de las válvulas aireadoras	334
Tabla 3-75 Formato de calculo para las VAEAS	337
Tabla 3-76 Dimensionamiento de la valvula eliminadora de aire	338
Tabla 3-77 Diámetro de orificio para liberar el aire bajo presión.	338
Tabla 3-78 Diámetro de orificio por tramo para el llenado del sistema de tuberías.....	339
Tabla 3-79 Diámetro de orificio para drenaje del sistema por tramo.....	340
Tabla 3-80 Diámetro de orificio por tramo	340
Tabla 3-81 Presiones por tramos del acueducto	341
Tabla 3-82 Numero de válvulas de desfogue por tramo.....	344

Tabla 3-83 Datos de entrada del modelo	345
Tabla 3-84 Cotas de los nodos	348
Tabla 3-85 Datos básicos	350
Tabla 3-86 Depósitos del modelo.....	350
Tabla 3-87 Características de los equipos de bombeo para simulación en Allievi	354
Tabla 3-88 Presiones de operación de la red de conducción.....	364
Tabla 3-89 Costo de Instalación Eléctrica.....	367
Tabla 4-1. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m ³) consumidos	376
Tabla 4-2. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m ³) consumidos. Servicio subsidiado	377
Tabla 4-3. Tarifas urbana mixta, pública, comercial e industrial en relación a los metros cúbicos (m ³) consumidos	378
Tabla 4-4. Costo de factibilidades por clasificación de vivienda	379
Tabla 4-5. Usuarios que no utilizan el agua en proceso	379
Tabla 4-6. Usuarios que utilizan el agua en proceso	380
Tabla 4-7 Servicios de conexión para el servicio de agua potable	380
Tabla 4-8 Otros servicios, cobros y cargos	380
Tabla 4-9. Municipios del Estado de Durango con mayor población	384
Tabla 4-10. Proyección de la población del Municipio de Gómez Palacio, Dgo. (2017-2030).....	385
Tabla 4-11. Población hablante de lengua indígena en el Municipio de Gómez Palacio, Durango.....	385
Tabla 4-12. Índice de Desarrollo Humano Municipal 2005.....	387
Tabla 4-13. Indicadores de construcción del Índice de Marginación.....	387
Tabla 4-14. Migración en el Municipio de Gómez Palacio, Dgo.....	388
Tabla 4-15. Participación por actividad económica en el Producto Interno Bruto del Estado de Durango, 2010	389
Tabla 4-16. PIB Per-cápita municipal, 2005.	390
Tabla 4-17. Indicadores Económicos y Poblacionales, 2010.	391
Tabla 4-18. Participación del Municipio de Gómez Palacio en la PEA.....	392
Tabla 4-19. Participación de la población económicamente ocupada y desocupada en el total estatal. ...	392
Tabla 4-20. Ingresos Municipales por tipo, 2005.....	393
Tabla 4-21. Ingresos Municipales por tipo, 2009.....	393
Tabla 4-22. Egresos Municipales por tipo, 2000-2009	394
Tabla 4-23. Población derechohabiente y no derechohabiente a servicios de salud.	395
Tabla 4-24. Porcentaje de población derechohabiente y no derechohabiente a servicios de salud.....	395
Tabla 4-25. Estructura orgánica del SIDEAPA.....	397
Tabla 4-26 Composición según sexo de la plantilla de personal del SIDEAPA.....	411

Tabla 4-27. Composición del personal según tipo de contratación en el SIDEAPA	412
Tabla 4-28. Sueldos brutos promedio del SIDEAPA.....	412
Tabla 4-29. Ingresos del SIDEAPA por tipo, 2014.....	412
Tabla 4-30. Ingresos 2011-2014.....	413
Tabla 4-31. Egresos 2011-2014.....	413
Tabla 4-32. Erogaciones en servicios personales (2011-2014)	413
Tabla 4-33. Clasificación de usuarios según tiempo de morosidad, Abril 2017	414
Tabla 4-34. Coberturas, 2015	414
Tabla 4-35. Eficiencia energética.....	414
Tabla 4-36. Indicadores de administración y manejo de personal	415
Tabla 4-37. Gestión Comercial	415
Tabla 4-38. Estimación de la demanda de usuarios domésticos (2017-2030).....	418
Tabla 4-39. Proyección de la población a 2016, municipio de Gómez Palacio.	419
Tabla 4-40. Proyección de la población de 2017 a 2030 para el municipio de Gómez Palacio.....	419
Tabla 4-41. Estimación de la demanda de usuarios comerciales (2017-2030).....	421
Tabla 4-42. Estimación de la demanda de usuarios industriales (2017-2030).	421
Tabla 4-43. Estimación de la demanda de usuarios de servicio público (2017-2030).	422
Tabla 4-44. Estimación de la demanda de usuarios de servicio mixto (2017-2030).....	422
Tabla 4-45. Volumen producido 2015-2030 SIDEAPA	423
Tabla 4-46. Títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua a favor del SIDEAPA.	424
Tabla 4-47. Situación de los permisos de descarga del SIDEAPA	426
Tabla 4-48. Interacción Oferta - Demanda situación actual (m ³ /año)	427
Tabla 4-49. Interacción Oferta - Demanda con mejora de eficiencias (m ³ /año)	428
Tabla 4-50. Datos para el cálculo de los indicadores básicos	429
Tabla 4-51. Distribución de tomas por tipo de usuario	431
Tabla 4-52. Total de medidores instalados.....	432
Tabla 4-53. Distribución de medidores por antigüedad.	433
Tabla 4-54. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m ³) consumidos. Servicio subsidiado	433
Tabla 4-55. Tarifas de agua, servicio doméstico subsidiado (bajo) (0 a 30 m ³).....	434
Tabla 4-56. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m ³) consumidos. Servicio Doméstico y Residencial	435
Tabla 4-57. Tarifas de agua, servicio doméstico (medio) (0 a 30 m ³)	435
Tabla 4-58. Tarifas de agua, servicio doméstico residencial (alto) (0 a 30 m ³)	436
Tabla 4-59. Tarifas urbana mixta, pública, comercial e industrial en relación a los metros cúbicos (m ³) consumidos	437

Tabla 4-60. Tarifas de agua, servicio comercial (0 a 60 m ³).....	438
Tabla 4-61. Tarifas de agua, servicio industrial (0 a 170 m ³)	440
Tabla 4-62. Tarifas de agua, servicio mixto (0 a 170 m ³).....	444
Tabla 4-63. Tarifas de agua, servicio mixto (0 a 170 m ³).....	446
Tabla 4-64. Módulo de eficiencia física	448
Tabla 4-65. Módulo financiero.....	449
Tabla 4-66. Módulo financiero corregido	449
Tabla 4-67. Cobertura de agua potable, alcantarillado y tratamiento.....	450
Tabla 4-68. Evolución de la morosidad, 2014-2017*	451
Tabla 4-69 Importe de cartera vencida, 2014-2016.....	452
Tabla 4-70. Registro histórico de sueldos y salarios, 2014-2016.....	452
Tabla 4-71. Comparativo de ingresos totales, 2011-2016.....	454
Tabla 4-72. Evolución de los ingresos, 2011-2030*	454
Tabla 4-73. Comparativo de egresos totales, 2011-2016	455
Tabla 4-74. Evolución de los egresos, 2011-2030*	456
Tabla 4-75. Proyección de resultado patrimonial a 2030*	457
Tabla 4-76 Desglose de egresos, 2015 SIDEAPA	458
Tabla 4-77. Comparativo de tarifas de uso doméstico 2017 (10 m ³).	459
Tabla 4-78. Comparativo de tarifas de uso doméstico bajo 2007- 2017 (10m ³)	464
Tabla 4-79. Comparativo de tarifas de uso doméstico medio 2007- 2017 (10 m ³).....	465
Tabla 4-80. Comparativo de tarifas de uso doméstico alto 2007- 2017 (10m ³).....	466
Tabla 4-81. Comparativo de tarifas de uso comercial 2007-2017 (20m ³).....	468
Tabla 4-82. Comparativo de tarifas de uso industrial (2007-2017) por 50m ³ consumidos.....	469
Tabla 4-83. Comparativo de tarifas de uso industrial 2007-2017 (50 m ³)	469
Tabla 4-84. Tasa de crecimiento promedio anual (2007-2017).....	470
Tabla 6-1 Proyectos de Infraestructura Económica.....	503
Tabla 6-2 Estudios de preinversión.....	503
Tabla 6-3 Evaluación socioeconómica por monto y tipo de proyecto de Inversión (PPI)	504
Tabla 6-4 Monto total de la inversión por infraestructura.....	507
Tabla 6-5 Riesgos y su impacto asociados al PPI	508
Tabla 6-6 Gastos por Organismo Operador.....	510
Tabla 6-7 Oferta disponible.....	510
Tabla 6-8 Número de pozos y caudal tratado.....	511
Tabla 6-9 Pozos que no contienen filtros	511

Tabla 6-10 Usuarios de los Organismos Operadores	512
Tabla 6-11 Población 2017.....	512
Tabla 6-12 Dotación actual lts/hab/día.....	512
Tabla 6-13 Demanda 2017	513
Tabla 6-14 Interacción de la oferta-demanda	513
Tabla 6-15 Interacción de la oferta-demanda considerando el caudal que cumple con la NOM-127-SSA1-1994	514
Tabla 6-16 Dotación por localidad en estudio.....	517
Tabla 6-17 Alternativas	520
Tabla 6-18 Fuente de agua y proceso de tratamiento-Escenarios 1, 2 y 3 de la Alternativa 1	521
Tabla 6-19 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 1	523
Tabla 6-20 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 1-Escenarios 1, 2 y 3	523
Tabla 6-21 Costo de infraestructura-Escenarios 1, 2 y 3 de la Alternativa 1	524
Tabla 6-22 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 2	525
Tabla 6-23 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 2-Escenarios 1 y 2.....	525
Tabla 6-24 Costo de infraestructura-Escenarios 1 y 2 de la Alternativa 2	526
Tabla 6-25 Localidades propuestas y gastos considerados en la Alternativa 3.....	528
Tabla 6-26 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 3	528
Tabla 6-27 Costo de infraestructura de la Alternativa 3.....	528
Tabla 6-28 Municipios y gastos considerados en la Alternativa 4	529
Tabla 6-29 Costos del proceso de potabilización de la Alternativa 4	529
Tabla 6-30 Cuadro resumen de costos de las alternativas	530
Tabla 6-31 Cuadro resumen de indicadores financieros	531
Tabla 6-32 Población beneficiada de cada alternativa y porcentaje de beneficio para el año 2017 y 2035	531
Tabla 6-33 Ventajas y desventajas de las alternativas.....	534
Tabla 6-34 Comparativa de alternativas seleccionadas desde el punto de vista de rentabilidad.....	536
Tabla 6-35 Tipo de infraestructuras según SHCP	537
Tabla 6-36 Alineación estratégica	539
Tabla 6-37 Calendario de actividades	546
Tabla 6-38 Fuentes de financiamiento	547
Tabla 6-39 <i>Metas anuales y totales de producción l/s</i>	549
Tabla 6-40 Beneficios del proyecto de inversión	558
Tabla 6-41 Indicadores de Rentabilidad.....	559
Tabla 6-42 Análisis de riesgos	560

Tabla 7-1 Campaña de monitoreo (2009). Parámetros fuera de NOM-127	566
Tabla 7-2 Costos de Operación para la planta que trataría el agua proveniente de la Presa Francisco Zarco	571
Tabla 7-3 Costos estimados de inversión para las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico mediante el proceso de filtración directa del Estado de Durango.....	578
Tabla 7-4 Costos estimados de inversión para las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico mediante el proceso de filtración directa del Estado de Durango.....	578
Tabla 7-5 Cálculo del Valor Presente de Costos para el proceso de Clarificación Convencional	582
Tabla 7-6 Cálculo del Valor presente de Costos para el proceso de Filtración Directa	583
Tabla 7-7 Cálculo del Valor presente de Costos para el proceso de Filtración en arena + Ósmosis inversa	584
Tabla 7-8 Comparación de tres alternativas para potabilizar agua en la región, Costo Anual Equivalente	585
Tabla 7-9 Costo de inversión planta potabilizadora, Proyecto Agua Futura (Agua para siempre)	585
Tabla 7-10 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 1	586
Tabla 7-11 Costo de infraestructura-Escenarios 1, 2 y 3 de la Alternativa 1	587
Tabla 7-12 Municipios y gastos considerados en cada uno de los escenarios de la Alternativa 2	588
Tabla 7-13 Costo de infraestructura-Escenarios 1 y 2 de la Alternativa 2	589
Tabla 7-14 Longitudes y diámetros del acueducto y derivaciones.....	591
Tabla 7-15 Distribución de caudal para cada localidad en estudio	591
Tabla 7-16 Costo de infraestructura de la Alternativa 3.....	591
Tabla 7-17 Municipios y gastos considerados en la Alternativa 4	593
Tabla 7-18 Cuadro resumen de costos de las alternativas	593
Tabla 7-19 Cuadro resumen de indicadores financieros	593
Tabla 7-20 Población beneficiada de cada alternativa y porcentaje de beneficio para el año 2017 y 2035	595
Tabla 7-21 Comparativa de alternativas seleccionadas desde el punto de vista de rentabilidad.....	597

13 TABLAS DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1 Entrada al interior de la mina “La Platosa”	27
Ilustración 2-2 Localización de la mina “La Platosa”	28
Ilustración 2-3 Sistema de bombeo al interior de la mina.	29
Ilustración 2-4 Localización de las piletas de agua de descarga.	30
Ilustración 2-5 Pileta “Guadalupe Sur”	31
Ilustración 2-6 Pileta “623”	32
Ilustración 2-7 Equipo de campo para medición.	33
Ilustración 2-8 Toma de muestra Pileta “Guadalupe Sur”	34
Ilustración 2-9 Toma de muestra Pileta “623”	34
Ilustración 2-10 Medidor de flujo de la pileta “Guadalupe Sur”	34
Ilustración 2-11 Segundo muestreo, Pileta “Guadalupe Sur”	38
Ilustración 2-12 Segundo muestreo, Pileta “623”	38
Ilustración 2-13 Tercer muestreo, Pileta “Guadalupe Sur”	41
Ilustración 2-14 Tercer muestreo, Pileta “623”	41
Ilustración 2-15 Toma de muestra para SDI del bombeo a la pileta “Guadalupe Sur”	49
Ilustración 2-16 Toma de muestra para SDI a la salida de la pileta “Guadalupe Sur”	49
Ilustración 2-17 Toma de muestra para SDI directamente de bombeo a la pileta “623”	49
Ilustración 2-18 Toma de muestra para SDI a la salida de la pileta “623”	49
Ilustración 2-19 Filtros de la prueba SDI en los cuatro puntos de muestreo	53
Ilustración 2-20 Diagrama del balance para tratamiento por Coagulación Convencional + Nano Filtración.	57
Ilustración 2-21 Diagrama del balance para tratamiento por Micro Filtración + Nano Filtración.	62
Ilustración 2-22 Diagrama del balance para tratamiento por filtración en arena + Ósmosis Inversa.	66
Ilustración 2-23 Diagrama del balance para tratamiento por Filtración Directa + Ósmosis Inversa + Nano Filtración	71
Ilustración 2-24 Diagrama del balance para tratamiento del rechazo con Ósmosis Inversa para agua de mar	76
Ilustración 2-25 Balances iónicos del agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso CC+NF	82
Ilustración 2-26 Balances iónicos del agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso MF+NF	83
Ilustración 2-27 Balances iónicos agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso FA + OI	84
Ilustración 2-28 Balances iónicos del agua final y dosis de reactivos para la remineralización, caso FD+OI+NF	85

Ilustración 2-29 Diagrama de flujo del proceso	103
Ilustración 2-30 Diagrama de flujo del proceso por módulo.....	104
Ilustración 2-31 Distribución de los diferentes componentes de la planta potabilizadora	105
Ilustración 2-32 Vista de planta de los filtros a gravedad.	111
Ilustración 2-33 Distribución general de los filtros a gravedad.....	112
Ilustración 2-34 Filtro de cartucho	119
Ilustración 2-35 Recipientes propuestos para el sistema de OI.....	125
Ilustración 2-36 Etapas 1 y 2 del tratamiento por membranas	125
Ilustración 2-37 Tratamiento completo por membranas.....	128
Ilustración 2-38 Diagrama general de los filtros a presión para la OISW	142
Ilustración 2-39. Curvas características de la bomba para Ósmosis Inversa de baja presión.....	149
Ilustración 2-40 Curvas características de la bomba para ósmosis inversa de agua de mar	152
Ilustración 2-41. Curvas características de la bomba de limpieza de membranas.....	155
Ilustración 2-42 Esquema general de filtros recomendados para recarbonatación.....	160
Ilustración 2-43 Evaporación neta promedio anual (L/m ² d).....	162
Ilustración 2-44. Evaporación neta promedio mensual (L/m ² d).....	163
Ilustración 2-45. Vista lateral del sistema de tratamiento por Ósmosis Inversa.....	164
Ilustración 2-46. Vista frontal de los cuatro módulos sistema de tratamiento por Ósmosis Inversa	164
Ilustración 2-47. Vista superior del sistema de tratamiento por Ósmosis Inversa.....	165
Ilustración 2-48 Detalles de alimentación a recipientes	165
Ilustración 2-49 Descarga permeado	166
Ilustración 2-50 Diagrama de tuberías e instrumentación	167
Ilustración 2-51 Diagrama unifilar preliminar	172
Ilustración 3-1 Topografía y Orografía de la zona de estudio en Durango.	176
Ilustración 3-2 Isoyetas de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval	177
Ilustración 3-3 Delimitación de los Acuíferos según Aguas Subterráneas Conagua	180
Ilustración 3-4 Delimitación del acuífero Principal, municipios y localidades.....	181
Ilustración 3-5 Clasificación de la Geología existente en la zona de estudio.....	183
Ilustración 3-6 Isolíneas de igual profundidad al nivel estático en el año 2002.....	185
Ilustración 3-7 Isolíneas de igual evolución de nivel estático 1991-2002, zona de máximo abatimiento. 185	
Ilustración 3-8 Cuenca Hidrológica del Río Nazas y Sitios de demanda.....	187
Ilustración 3-9 Ubicación de la cuenca Nazas – Aguanaval	187
Ilustración 3-10 Cuencas de los ríos Nazas, Aguanaval y Acuífero principal	189
Ilustración 3-11 Perfil longitudinal de la cuenca del río Nazas.....	189

Ilustración 3-12 Ofertas de agua según estudio de disponibilidad publicado por CONAGUA en 2008 ..	190
Ilustración 3-13 Red de celdas con disponibilidad o con sobreexplotación.....	192
Ilustración 3-14 Celdas comparativas de distribución de la recarga total al acuífero principal – región Lagunera.....	192
Ilustración 3-15 Zonas con emplazamiento y sin emplazamiento de pozos en el acuífero Principal-Región Lagunera.....	193
Ilustración 3-16 Densidad de pozos en el acuífero Principal-Región Lagunera.	194
Ilustración 3-17 Caudales promedio por celdas en el acuífero Principal-Región Lagunera	196
Ilustración 3-18 Configuración de la relación del abatimiento medio anual y el espesor saturado	197
Ilustración 3-19 Configuración de la concentración de Arsénico en 2012.....	198
Ilustración 3-20 Zonas aptas para la reubicación de pozos en cuanto a la concentración de arsénico en 2012	199
Ilustración 3-21 Plan municipal de desarrollo de Gómez Palacio, Dgo.	201
Ilustración 3-22 Infraestructura hidráulica existente para abastecer la localidad de Gómez Palacio, Durango (zona Urbana)	203
Ilustración 3-23 Pozos del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio.	204
Ilustración 3-24 Tipos de arreglo en estaciones de bombeo.....	210
Ilustración 3-25 Red de agua potable de la localidad de Gómez Palacio, Durango.....	211
Ilustración 3-26 Esquema general de Planta de Tratamiento Oriente	215
Ilustración 3-27 Infraestructura hidráulica existente para abastecer la Zona Rural de Gómez Palacio, Durango	217
Ilustración 3-28 Los ocho principales pozos que abastecen la zona oriente del Sistema Gómez Rural, junto al perímetro Sacramento y Central (1).....	218
Ilustración 3-29 Los ocho principales pozos que abastecen la zona oriente del Sistema Gómez Rural, junto al perímetro Sacramento y Central (2).....	219
Ilustración 3-30 Pozos: 14, Dinamita y Transporte, abastecen la localidad de Lavia.....	220
Ilustración 3-31 Localización esquemática de principales plantas de tratamiento existentes	224
Ilustración 3-32 Ubicación de las Plantas de Tratamiento	225
Ilustración 3-33 Pozo el Quemado, ubicado en el ejido El Quemado.....	227
Ilustración 3-34 Pozo No. 16, ubicado en el ejido El Cariño	227
Ilustración 3-35 Pozo El Cariño, fuera de servicio.....	228
Ilustración 3-36 Esquema de la línea de conducción del primer ramal.....	228
Ilustración 3-37 Tanque de almacenamiento Lucero	229
Ilustración 3-38 Esquema de línea de distribución del segundo ramal (del Tanque Lucero a Tanque Ceceda)	230
Ilustración 3-39 Tanque de almacenamiento Ceceda.....	231
Ilustración 3-40 Infraestructura electromecánica que opera en el tanque Ceceda.....	231

Ilustración 3-41 Esquema de línea de distribución del tercer ramal y derivación para el cuarto ramal	232
Ilustración 3-42 Esquema de líneas de distribución del cuarto ramal	233
Ilustración 3-43 Pozo San Sebastián3	234
Ilustración 3-44 Pozo el Colorín	235
Ilustración 3-45 Pozo Rancho Blanco	236
Ilustración 3-46 Pozo Coronel.....	236
Ilustración 3-47 Tanque de mampostería con capacidad de 1000 m3 para abastecer Mapimí	237
Ilustración 3-48 Tanque elevado metálico con capacidad de 200 m3 para abastecer Bermejillo	238
Ilustración 3-49 Tanque de concreto armado con capacidad de 15 m3 para abastecer Las Palomas.....	238
Ilustración 3-50 Esquema red de distribución el primer y segundo ramal.	239
Ilustración 3-51 Primera rompedora de flujo de agua	240
Ilustración 3-52 Rompedora de Vinagrillos	240
Ilustración 3-53 Esquema del tercer ramal.....	241
Ilustración 3-54 Esquema de la red de distribución del cuarto ramal.	242
Ilustración 3-55 Personal de la Mina la Platosa	242
Ilustración 3-56 Personal de la CAED, de la Mina Platosa e IMTA.....	243
Ilustración 3-57 Cuenta con tres descargas	243
Ilustración 3-58 Laguna de almacenamiento del sitio #1	244
Ilustración 3-59 Sitio para trazar la línea de conducción por el Canal Santa Rosa lado derecho.....	244
Ilustración 3-60 Trazo por el lado derecho con respecto al flujo. Sitio Carretera Torreón – Jiménez.....	245
Ilustración 3-61 Trazo de la línea de conducción por la lateral derecha del canal con respecto al flujo ..	245
Ilustración 3-62 Trazo de la línea hasta llegar al entronque con la carretera Torreón-Jiménez	246
Ilustración 3-63 Alternativa del trazo línea de conducción para la localidad de Tlahualilo	247
Ilustración 3-64 Ubicación de las instalaciones del SIDEAPA (Urbana) de Gómez Palacio, Dgo.	248
Ilustración 3-65 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global	249
Ilustración 3-66 Rango de igual concentración de Arsénico en la zona de Gómez Palacio.....	251
Ilustración 3-67 Ubicación de las instalaciones del SIDEAPAAR (Rural) de Gómez Palacio, Dgo.....	252
Ilustración 3-68 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global	253
Ilustración 3-69 Ubicación de las instalaciones del SIDEAMM, Bermejillo, Dgo.....	255
Ilustración 3-70 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global	256
Ilustración 3-71 Ubicación de las instalaciones del SIMAPA, Tlahualilo, Dgo.	258
Ilustración 3-72 Resultados de los niveles de eficiencia: Física, Comercial y Global	259
Ilustración 3-73 Tanque “El Lucero” y su infraestructura de filtros para mejora de la calidad del agua..	260
Ilustración 3-74 Tanque “Ceceda” que recibe agua del Tanque “El Lucero”	261

Ilustración 3-75 Clima del estado de Durango, (INEGI, 2017).....	265
Ilustración 3-76 Población histórica 1960 a 2010 de Gómez Palacio (Urbana).....	266
Ilustración 3-77 Tasas de crecimiento desde 1960 al 2010 de Gómez Palacio (Rural)	267
Ilustración 3-78 Población histórica 1990 a 2010 de Gómez Palacio (Rural).....	267
Ilustración 3-79 Tasa de crecimiento para la zona rural de Gómez Palacio, Durango.....	268
Ilustración 3-80 Población histórica 1990 a 2010 de Bermejillo	268
Ilustración 3-81 Tasas de crecimiento desde 1960 al 2010 de Bermejillo	269
Ilustración 3-82 Población histórica 1990 a 2010 de Bermejillo	270
Ilustración 3-83 Tasas de crecimiento desde 1960 al 2010 de Tlahualilo.....	270
Ilustración 3-84 Municipios considerados para el suministro de agua potable de la mina La Platosa.....	271
Ilustración 3-85 Comparación de Poblaciones de CONAPO e IMTA de Gómez Palacio	277
Ilustración 3-86 Comparación de Poblaciones de CONAPO e IMTA de Tlahualilo.....	277
Ilustración 3-87 Comparación de Poblaciones de CONAPO e IMTA de Bermejillo	277
Ilustración 3-88 trazo de la línea propuesto por la CONAGUA	279
Ilustración 3-89 Planta de tramos 1, 2 y 3 del trazo propuesto por CONAGUA (Fuente: Google Earth) 280	
Ilustración 3-90 Planta de tramo 4 del trazo propuesto por CONAGUA (Fuente: Google Earth).....	280
Ilustración 3-91 Planta de tramo 5 del trazo propuesto por CONAGUA (Fuente: Google Earth).....	281
Ilustración 3-92 Planta de tramo 1 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth).....	281
Ilustración 3-93 Planta de tramo 2 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth)	282
Ilustración 3-94 Planta de tramo 3 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth)	282
Ilustración 3-95 Planta de tramo 4 de la bifurcación del trazo propuesto por la CONAGUA (Fuente: Google Earth).....	283
Ilustración 3-96 Trazo alternativo 1, Propuesta CONAGUA.....	283
Ilustración 3-97 Trazo alternativo 2, Propuesta CONAGUA.....	284
Ilustración 3-98 Propuesta del trazo de la línea de conducción propuesto por el IMTA (Opción 1)	285
Ilustración 3-99 Planta del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	286
Ilustración 3-100 Planta de tramo 1 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	286
Ilustración 3-101 Planta de tramo 2 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	287
Ilustración 3-102 Planta de tramo 3 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	287
Ilustración 3-103 Planta de tramo 4 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	288
Ilustración 3-104 Planta de tramo 5 del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	288
Ilustración 3-105 Planta de tramo 1 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	289

Ilustración 3-106 Planta de tramo 2 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	289
Ilustración 3-107 Planta de tramo 3 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	290
Ilustración 3-108 Planta de tramo 4 de la bifurcación del trazo propuesto por el IMTA (Fuente: Google Earth).....	290
Ilustración 3-109 Línea de conducción de la Propuesta IMTA (Opción 2)	291
Ilustración 3-110 Tramo 1. Planta Potabilizadora – Tanque Ceceda	292
Ilustración 3-111 Tramo 2. Planta Potabilizadora – Tanque Elevado Bermejillo.....	293
Ilustración 3-112 Tramo 3. Planta Potabilizadora – Gómez Palacio.....	294
Ilustración 3-113 propuesta IMTA.....	295
Ilustración 3-114 Ubicación del tanque de regularización.	296
Ilustración 3-115 Ubicación del tanque en la planta de tratamiento.	298
Ilustración 3-116 Ubicación del tanque la popular.....	299
Ilustración 3-117 Tanque el Vergel.....	299
Ilustración 3-118 Graficas de los costos por bombeo y valor presente para los diferentes diámetros	305
Ilustración 3-119 Proyecto funcional de la línea la Platosa.....	306
Ilustración 3-120 Línea en su tramo 1	307
Ilustración 3-121 Línea en diámetro de 406 mm (color amarillo hacia Tlahualilo).....	308
Ilustración 3-122 Líneas que conducen el agua hacia los tanque en las colonias la Popular y el vergel ..	309
Ilustración 3-123 Proyecto funcional de la línea de conducción de Agua Potable	310
Ilustración 3-124 Cruces especiales a lo largo de la línea de conducción de agua potable.....	311
Ilustración 3-125 Método de perforación dirigida horizontal, fuente: https://goo.gl/images/Hv5QHy	312
Ilustración 3-126 localización de las estructura las vías de ferrocarril.....	312
Ilustración 3-127 Estructuras 1, paso de vado de ferrocarril.....	313
Ilustración 3-128 Levantamiento de estructura 1 en AutoCAD.....	313
Ilustración 3-129 Puente vehicular en la autopista Jiménez-Torreón.....	314
Ilustración 3-130 a) Estructura 2 puente vehicular paso desnivel y b) Levantamiento de estructura 2 en AutoCAD.....	314
Ilustración 3-131 Localización de puente vehicular paso desnivel	315
Ilustración 3-132 a) Estructura 3 puente vehicular paso desnivel y b) Levantamiento de estructura 3 en AutoCAD.....	316
Ilustración 3-133 Localización de puente sobre canal revestido.....	316
Ilustración 3-134 a) Estructura 4 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 4 en AutoCAD.....	317
Ilustración 3-135 Localización de puente sobre canal sin revestir tramo 2 Bermejillo a Britinghan.....	317

Ilustración 3-136 a) Estructura 5 Puente sobre canal sin revestir y b) Levantamiento de estructura 5 en AutoCAD.....	318
Ilustración 3-137 Localización de puente sobre canal revestido tramo 2 Bermejillo a Britinghan.....	318
Ilustración 3-138 a) Estructura 6 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 6 en AutoCAD.....	319
Ilustración 3-139 Localización de puente sobre canal revestido tramo 2 Bermejillo a Britinghan.....	319
Ilustración 3-140 a) Estructura 7 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 7 en AutoCAD.....	320
Ilustración 3-141 Localización de puente sobre canal revestido tramo 2 Bermejillo a Britinghan.....	320
Ilustración 3-142 a) Estructura 8 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 8 en AutoCAD.....	321
Ilustración 3-143 Localización de puente sobre canal revestido.....	321
Ilustración 3-144 a) Estructura 9 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 9 en AutoCAD.....	322
Ilustración 3-145 Localización de puente sobre canal revestido.....	322
Ilustración 3-146 a) Estructura 10 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 10 en AutoCAD.....	323
Ilustración 3-147 Localización de puente sobre canal revestido.....	323
Ilustración 3-148 a) Estructura 11 Puente sobre canal revestido y b) Levantamiento de estructura 11 en AutoCAD.....	324
Ilustración 3-149 Estructura 12, cruce de carretera.....	324
Ilustración 3-150 Localización de Puente alcantarilla.....	325
Ilustración 3-151 a) Estructura 12 Alcantarilla Y b) Levantamiento de estructura 12 en AutoCAD.....	325
Ilustración 3-152 Localización de Puente Alcantarilla	326
Ilustración 3-153 a) Estructura 13 Puente Alcantarilla y b) Levantamiento de estructura 13 en AutoCAD.....	326
Ilustración 3-154 Localización de puente alcantarilla.....	327
Ilustración 3-155 a) Estructura 14 Puente Alcantarilla y b) Levantamiento de estructura 14 en AutoCAD.....	327
Ilustración 3-156 Localización puente alcantarilla.....	328
Ilustración 3-157 a) Estructura 15 Puente Alcantarilla y b) Levantamiento de estructura 15 en AutoCAD.....	328
Ilustración 3-158 Localización de puente vehicular paso desnivel	329
Ilustración 3-159 a) Estructura 16 Puente a paso a desnivel y b) Levantamiento de estructura 16 en AutoCAD.....	329
Ilustración 3-160 Localización de vehicular paso desnivel.....	330
Ilustración 3-161 a) Estructura 17 Puente a paso a desnivel y b) Levantamiento de estructura 17 en AutoCAD.....	330

Ilustración 3-162 Válvulas de admisión y expulsión de aire.....	332
Ilustración 3-163 Ejemplo de la conducción para determinar las ubicaciones típicas de las válvulas de aire.	332
Ilustración 3-164 Gráfica de DOROT para datos de descarga.	335
Ilustración 3-165 Grafica de DOROT para datos de entrada.	336
Ilustración 3-166 Esquema del proceso para el cálculo de VAEAs	337
Ilustración 3-167 Ubicación de las VAEAS a lo largo del conducto	341
Ilustración 3-168 5 Válvula de desfogue.....	342
Ilustración 3-169 Configuración de colocación de VAEA´s y desfogues en una línea de conducción	343
Ilustración 3-170 Arreglo de válvulas para el vaciado de una línea de conducción.....	343
Ilustración 3-171 Ubicación de las válvulas de desfogues.....	344
Ilustración 3-172 Parámetros de la simulación	345
Ilustración 3-173 Celeridad en Allievi	347
Ilustración 3-174 Nodos del modelo	348
Ilustración 3-175 Curvas características por puntos.....	351
Ilustración 3-176 Curvas características por puntos (Bomba 1).....	352
Ilustración 3-177 Curvas características por puntos (Bomba 2).....	352
Ilustración 3-178 Curvas características por puntos (Bomba 3).....	353
Ilustración 3-179 Curva característica en referencia al funcionamiento óptimo del equipo	353
Ilustración 3-180 Sistema de conducción para simular el funcionamiento hidráulico.....	356
Ilustración 3-181 Resultados del nodo 112, muestra la línea de energía y la presión que se presenta.....	357
Ilustración 3-182 Resultados del nodo 117, muestra la línea de energía y la presión que se presenta.....	357
Ilustración 3-183 Evolución de la presión en el inicio de una línea de bombeo durante el transitorio que genera el paro de bombas, sin separación de columna en la línea.....	358
Ilustración 3-184 Tubería en las condiciones de régimen permanente.....	359
Ilustración 3-185 Curva de la bomba para una impulsión de 300 l/s	365
Ilustración 3-186 Curva de la bomba de 200 l/s.....	366
Ilustración 3-187 Curva de la bomba de 167 l/s.....	366
Ilustración 3-188 Proyecto funcional.	370
Ilustración 3-189 Presiones que se obtienen a lo largo de 24 horas	371
Ilustración 3-190 Presión ubicado en el primer punto de muestreo	371
Ilustración 3-191 Segundo muestreo de presión	372
Ilustración 3-192 Tercer punto de muestreo.....	372
Ilustración 4-1 Salario mínimo general, 1934-2011	396
Ilustración 4-2 Situación de los Acuíferos, 2015	428

Ilustración 4-3 Distribución de medidores existentes	432
Ilustración 4-4 Comparativo de Gastos Personales por mes, 2014-2017	453
Ilustración 4-5 Indicadores del SIDEAPA, 2015	453
Ilustración 4-6 Tarifas domésticas de agua potable, alcantarillado y/o saneamiento en ciudades selectas, 2015.	459
Ilustración 4-7 Tarifas de uso doméstico por 10 m ³ (bajo, medio, alto) en ciudades seleccionadas, 2017.	460
Ilustración 4-8 Comparativo de tarifas de uso doméstico bajo desglosado, 2017 (10 m ³).....	461
Ilustración 4-9 Tarifa de uso doméstico bajo, 2017 (10m ³)	461
Ilustración 4-10 Tarifa de uso doméstico alto, 2017 (10m ³)	462
Ilustración 4-11 Tarifa de uso comercial, 2017 (20m ³).....	462
Ilustración 4-12 Tarifa de uso industrial, 2017 (50m ³).....	463
Ilustración 4-13 Tarifa de uso doméstico bajo, 2007-2017 (10m ³)	464
Ilustración 4-14 Tarifa de uso doméstico medio, 2007-2017 (10m ³)	465
Ilustración 4-15 Incrementos de servicio doméstico bajo a medio (10 m ³).....	466
Ilustración 4-16 Tarifa de uso doméstico alto, 2007-2017 (10m ³)	466
Ilustración 4-17 Incrementos de servicio doméstico medio a alto (10 m ³)	467
Ilustración 4-18 Tarifa de uso comercial, 2007-2017 (20m ³).....	468
Ilustración 4-19 Tasa de crecimiento promedio anual (2007-2017).....	470
Ilustración 6-1 Oferta anual total de los 51 pozos durante los 20 años (2017-2037)	515
Ilustración 6-2 Oferta anual de los 21 pozos con tratamiento durante los 20 años (2017-2037)	516
Ilustración 6-3 Proyección de la población	517
Ilustración 6-4 Demanda 2017-2037	518
Ilustración 6-5 Interacción de la oferta-demanda sin el proyecto	519
Ilustración 6-6 Ubicación pozos Dinamita	526
Ilustración 6-7 Pozo dinamita en operación	527
Ilustración 6-8 Perforación del pozo #2 se han perforado 240 metros.....	527
Ilustración 6-9 Gasto, diámetro y longitud del acueducto.....	538
Ilustración 6-10 Localización de la mina “La Platosa”	546
Ilustración 6-11 Nueva Oferta anual con proyecto.....	552
Ilustración 6-12 Oferta anual total con proyecto	552
Ilustración 6-13 Dotación con proyecto	553
Ilustración 6-14 Demanda anual con proyecto.....	554
Ilustración 6-15 Interacción de la oferta y la demanda	555

Ilustración 7-1 Alternativas de fuentes alternas para abastecimiento público urbano de la Región Lagunera. Fuente: (CONAGUA, 2009).....	563
Ilustración 7-2 Esquema de funcionamiento de la presa Francisco Zarco	565
Ilustración 7-3 Concentración histórica de arsénico aguas arriba y aguas abajo de la Presa Francisco Zarco	566
Ilustración 7-4 Concentración de arsénico, campaña de monitoreo 2009	567
Ilustración 7-5 Diagrama de flujo de la planta potabilizadora de clarificación convencional.	568
Ilustración 7-6 Correlación de gasto de diseño de plantas de clarificación convencional y costo de inversión.	569
Ilustración 7-7 Poligonal del acuífero principal, municipios y localidades	573
Ilustración 7-8 Situación del agua subterránea. Fuente: Estudio de Estabilización del Acuífero de la Laguna (CAED-CONAGUA, 2013)	574
Ilustración 7-9 Diagrama de flujo de potabilización de agua mediante filtración directa.....	575
Ilustración 7-10 Correlación de Gasto de diseño de plantas de filtración directa y costo de inversión. Fuente de información: Comisión Nacional del Agua	576
Ilustración 7-11 Trazo de acueductos según proyecto “Agua Futura” hoy denominado “Agua para siempre”	586
Ilustración 7-12 Trazo del acueducto para abastecer con agua subterránea de pozos Dinamita.	588
Ilustración 7-13 Trazo del acueducto para abastecer con agua de la Mina La Plasosa a Gómez Rural y Urbano, Bernejillo y Tlahualilo.....	590
Ilustración 7-14 Ubicación de pozos en el acuífero principal e infraestructura de filtros	592