

# PROGRAMA DE RECUPERACIÓN INTEGRAL DE CAUDALES POR MEDIO DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS INSTRUMENTADOS EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA

## INFORME FINAL



(Clave interna IMTA: HC1832.3)

JCAS – JMAS – IMTA

**SUBCOORDINACIÓN DE HIDRÁULICA URBANA**  
**COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA**



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



**JUNTA CENTRAL**  
DE AGUA Y SANEAMIENTO  
DE CHIHUAHUA



**JUNTA MUNICIPAL**  
DE AGUA Y SANEAMIENTO  
DE CHIHUAHUA



## **INFORME FINAL**

# **PROGRAMA DE RECUPERACIÓN INTEGRAL DE CAUDALES POR MEDIO DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS INSTRUMENTADOS EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA**

**(Clave interna IMTA: HC1832.3)**

**JCAS - JMAS - IMTA**

**Realizó por el IMTA**

Dr. Velitchko G. Tzatchkov  
M. en I. Rodrigo Santos Ulises Tellez  
M. en I. José Manuel Rodríguez Varela

**Revisó por la JMAS**

Lic. Roberto Lara Rocha. - Director Ejecutivo  
Ing. Manuel Altes Cárdenas. - Director Técnico  
Dra. Carmen Julia Navarro Gómez. - Jefa de Departamento de Sectorización

**Revisó por la JCAS**

Dr. Óscar Fidencio Ibáñez Hernández. - Director Ejecutivo

Febrero 2019

---



## Contenido

1. ANTECEDENTES.....	7
2. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS ACCIONES DE INSTRUMENTAR DISTRITOS HIDROMÉTRICOS PILOTO.....	9
2.1. Recopilación de información.....	9
2.1.1. Funcionamiento de la Red de Distribución.....	10
2.1.2. Limitaciones de la JMAS Chihuahua.....	11
2.2. Contratos para la prestación del servicio e instalación de equipos de administración de presiones para sectores delimitados de la ciudad con alta incidencia de reportes de fugas y faltas de servicio de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.....	13
2.2.1. Procedimiento de contratación.....	13
2.2.2. Cláusulas .....	15
2.2.3. Limitaciones en la propuesta de las empresas .....	18
2.2.4. Trabajos realizados .....	19
2.2.5. Resultados del mes de julio de 2018.....	22
2.2.6. Análisis de la sectorización.....	27
2.3. Análisis del Padrón de usuarios.....	29
2.4. Análisis de caudales y presiones en los Distritos Hidrométricos Piloto .....	36
2.4.1. Volúmenes suministrados en los Distritos Hidrométricos piloto.....	49
2.4.2. Agua no contabilizada por Distrito hidrométrico piloto .....	53
2.5. Recomendaciones para la reducción de pérdidas físicas en la red .....	56
2.5.1. Instrumentación del suministro.....	56
2.5.2. Medición del consumo por toma.....	62
2.5.3. Zonas de influencia susceptibles de disminuir fugas con el control de presiones .....	63
2.5.4. Mecanismo de gestión de presiones.....	69
3. DOCUMENTO DE BASES DE LICITACIÓN DEL PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA .....	71
3.1. Análisis de factibilidad basado en los distritos hidrométricos piloto.....	71
3.2. Responsabilidad de las empresas contratistas .....	73
3.2.1. Actualización del modelo de simulación de la red de distribución del distrito hidrométrico en estudio .....	73
3.2.2. Identificación de zonas de reducción de presiones .....	73

3.2.3.	Identificación de nuevos distritos hidrométricos .....	74
3.2.4.	Metodología de reducción de pérdidas de agua .....	74
3.3.	Eficiencia en los sistemas de distribución de agua potable.....	74
3.4.	Componentes del programa de recuperación de pérdidas .....	76
3.4.1.	Contratos de pago en base de resultados.....	77
3.4.2.	Estudios de caso, Programa de recuperación de pérdidas en Brasil .....	78
3.4.3.	Recomendaciones de la compañía francesa Water Management International .....	83
3.4.4.	Recomendaciones de la Guía Manual GTZ-VAG Programa de control de pérdidas de agua 84	
3.5.	Acciones necesarias e inversiones relacionadas.....	85
3.6.	Inversiones para sectorización e implementación de DH .....	86
3.7.	Inversiones en complementación de telemetría.....	87
3.8.	Auditoría del agua y/o reposición de tomas .....	87
3.9.	Rehabilitación de Red de agua potable y tomas.....	87
4.	<b>ANÁLISIS DEL MARCO LEGAL Y NORMATIVO.....</b>	<b>89</b>
4.1.	Plan Estatal de Desarrollo 2017–2021 .....	89
4.2.	Análisis de leyes federales que pueden incidir en el programa.....	89
4.2.1.	Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas .....	89
4.2.2.	Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y su Reglamento	89
4.2.3.	Lineamientos de la Secretaría de la Función Pública .....	90
4.2.4.	Ley de Asociaciones Público Privadas .....	92
4.3.	Análisis de leyes estatales que inciden en el proyecto .....	92
4.3.1.	Ley del Agua del Estado de Chihuahua.....	92
4.3.2.	Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua.	93
4.3.3.	Reglamento de la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua.....	95
4.3.4.	Contenido de un proyecto según la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua.....	96
4.3.5.	Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua .....	96
4.3.6.	Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua.....	97
4.3.7.	Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua .....	98
4.4.	Modalidades de Participación Privada .....	98

4.4.1.	Contratos de Prestación de Servicios Parciales (CPSP).....	99
4.4.2.	Contratos de Prestación de Servicios Integrales (CPSI) .....	100
4.4.3.	Contratos BOT (build, operate and transfer) .....	100
4.4.4.	Contratos BOOT .....	100
4.5.	Resumen del análisis del marco legal y normativo .....	101
5.	ESCENARIOS DE LICITACIÓN.....	103
5.1.	Un solo proyecto integral .....	103
5.1.1.	Esquema tradicional.....	103
5.1.2.	Involucramiento temprano del contratista.....	103
5.2.	Dos proyectos separados relacionados .....	104
5.3.	Tres proyectos separados relacionados .....	104
5.4.	Variantes de contratación .....	104
5.4.1.	Variante de contratación 1 .....	104
5.4.2.	Variante de contratación 2 .....	105
5.4.3.	Variante de contratación 3 .....	106
5.4.4.	Variante recomendada.....	106
6.	DOCUMENTOS QUE DEBE INTEGRAR LA PROPUESTA TÉCNICA DE LOS CONCURSANTES.....	108
6.1.	Integración de la proposición técnica.....	118
6.1.1.	Capacidad del licitante .....	119
6.1.2.	Experiencia y especialidad.....	120
6.1.3.	Propuesta de trabajo.....	122
6.1.4.	Cumplimiento de contratos .....	123
6.2.	Forma y términos en que se realizará la evaluación de las proposiciones .....	124
6.3.	Forma de evaluar las propuestas económicas de los licitantes y algoritmo para otorgarles los puntos que corresponden a la propuesta económica .....	125
7.	ARREGLO PARA INSTRUMENTACIÓN DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS .....	127
7.1.	Diseño de la losa tapa de caja para instrumentación de distritos hidrométricos .....	127
7.1.1.	Reglamentos o código aplicable .....	128
7.1.2.	Definición de acciones de diseño.....	128
7.1.3.	Combinaciones de carga .....	128
7.1.4.	Ecuaciones para dimensionamiento de elementos estructurales.....	128
7.1.5.	Diseño de la losa tapa Sección 1 .....	133

7.1.6.	Diseño de la losa tapa sección 2.....	140
7.1.7.	Diseño de los módulos de la losa tapa .....	142
7.1.8.	Diseño de trabes de losa superior TC2.....	144
7.1.9.	Diseño de trabes de losa superior TC1.....	147
7.2.	Especificaciones para la instrumentación de Distritos Hidrométricos .....	150
7.2.1.	Cajas de Operación .....	150
7.2.2.	Suministro e Instalación de Contramarcos.....	154
7.2.3.	Suministro y Colocación de Marcos con Tapa de Fierro Fundido .....	155
7.2.4.	Suministro e instalación de marco con tapa de polietileno de alta resistencia, para caja de operación.....	155
7.2.5.	Instrumentación para Distrito Hidrométrico .....	157
7.2.6.	Instalación de Junta Dresser.....	158
7.2.7.	Instrumentación.....	159
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	163
9.	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	169
10.	ÍNDICE DE TABLAS .....	173

## 1. ANTECEDENTES

Actualmente el sistema de distribución de la ciudad de Chihuahua cuenta con 167 pozos profundos para el abastecimiento, de los cuales el 100% cuenta con macromedición, y 58% con telemetría. Asimismo, tiene control supervisorio (SCADA) en varias de sus unidades operacionales, como pozos, tanques, rebombeos, y válvulas de control para el tandeo del servicio en redes.

Por otra parte, el sistema presenta sectores específicos, tanto al norte como al sur de la ciudad, con un crecimiento acelerado, lo que, aunado al deterioro de la infraestructura, que ocasiona la pérdida aproximada del 38% del volumen alumbrado, modifica las condiciones iniciales previstas para la distribución del servicio de agua potable. La JMAS debe operar 8 líneas de conducción de diverso diámetro y longitud, lo que dificulta la entrega de agua a la ciudad, haciéndose indispensable su revisión y diagnóstico para planear acciones que reviertan esta situación.

La mejora del funcionamiento hidráulico y la recuperación y control de pérdidas obliga a la JMAS a realizar acciones que permitan evaluar las condiciones de operación de la infraestructura y las pérdidas en distritos aislados en la red de distribución, lo que hace posible recuperar caudales que actualmente se pierden debido a fugas y otras causas.

En esta relación, en el mes de abril del 2018 la JMAS contrató a cuatro empresas para iniciar trabajos de recuperación de pérdidas de agua por medio de instrumentación con válvulas reductoras de presión, macromedidores y monitoreo del gasto de ingreso, en una serie de distritos hidrométricos piloto en la ciudad, basados en el “supuesto” que al reducir la presión en los distritos se reducirán las pérdidas de agua.

Tal medida puede lograr su objetivo en los distritos en que se tuvieran presiones excesivas, pero no se contempló ningún análisis previo de las presiones con que ahora operan los distritos. La reducción de la presión en un distrito que opera con presiones normales no solo que no tendrá efecto en la recuperación de pérdidas, sino que también puede empeorar el servicio a los usuarios por presión insuficiente. Algunas de las empresas cotizaron solamente la instrumentación del monitoreo de gasto y presiones, y otras regular también la presión en cada distrito por medio de válvulas reductoras de presión, que operen por consignas de presión en cierto “punto crítico” en cada distrito, o solamente por consigna de presión aguas abajo.

Para apreciar el efecto de recuperación de pérdidas de agua es indispensable hacer balances del agua que ingresa a cada distrito y la que se consume y factura. Esto no se incluye en los trabajos de las empresas contratadas. Por otro lado, no se analiza si la reducción de presión en un distrito puede afectar la presión de otros distritos aguas abajo, que reciben el agua del mismo. Tampoco se considera un balance del agua y el potencial de recuperación global a nivel zonas de la ciudad y ciudad completa.





## **2. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS ACCIONES DE INSTRUMENTAR DISTRITOS HIDROMÉTRICOS PILOTO**

### **2.1. Recopilación de información**

La Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Chihuahua entregó al personal de IMTA la información correspondiente a la implementación de los Distritos Hidrométricos pilotos que se llevan a cabo por medio de tres empresas contratistas: Incotex, PCP y DTE Global, que fueron contratadas por la JMAS para instrumentar 26 distritos hidrométricos.

La documentación recibida comprende:

- Propuesta económica de J.J. Comercializadora y Constructora para el Agua, S.A. de C.V.
- Propuesta Técnica y Económica para la Operación de Sistemas Avanzados de Gestión de Presiones en Sectores Hidrométricos de Chihuahua, Chihuahua de la empresa PCP
- Propuesta Técnico-Económica para la Instrumentación de Sectores Hidrométricos de la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua, de la empresa INCOTEX
- Cotización para Despacho Sectorizado Universal (Equipamiento para 4 Válvulas Reguladoras), de la empresa DTE Global, S.A. de C.V.
- Contrato de prestación de servicios entre la JMAS y la empresa INCOTEX Ingeniería y Consultoría Tecnológica, S.A. de C.V.
- Contrato de prestación de servicios entre la JMAS y la empresa Procesos Constructivos Planeados S.A. de C.V.
- Informe de Servicio e Instalación de Equipos de Administración de Presiones para Sectores Delimitados de la Ciudad con Alta Incidencia de Reportes de Fugas y Faltas de Servicio para la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua
- Términos de Referencia para Sistema de Balance de Caudales Acueducto el Sauz-Chihuahua
- Presentación de diapositivas de Informe de Sectores, Chihuahua del 5 de julio de 2018
- Presentación de diapositivas de Departamento de Sectorización, Revisión DTE del 3 de agosto de 2018
- Presentación de diapositivas de Departamento de Sectorización, Avances de sistemas de gestión de presiones y administración de volúmenes del 10 de septiembre de 2018

Complementariamente se realizaron inspecciones de campo en los puntos en que se ubican los registradores de caudal y presión, para verificar su adecuada instalación, instrumentación y funcionamiento, así como el concepto y particularidades del proceso empleado por cada una de las compañías contratadas.



### **2.1.1. Funcionamiento de la Red de Distribución**

Para lograr el éxito de un proyecto de reducción de pérdidas físicas con el control de presiones se requiere de diversas características iniciales de la red de distribución, las cuales, para la correcta aplicación del proceso deben cumplir con:

- Cuantificación de la extracción en las fuentes de suministro, total y por cada fuente
- Balance de distribución de agua a los distintos sectores
- Identificación de las áreas de influencia por fuente de suministro
- Medición del caudal al ingreso de cada sector o área de influencia
- Adecuada sectorización de la red de distribución

Adicionalmente cada área administrativa de la cual depende la construcción, aplicación, operación y mantenimiento de la red de distribución debe estar coordinada para que las modificaciones a la operación, producto del estudio de control de presiones, tenga un impacto positivo en el resultado.

Del análisis del organigrama de trabajo de la JMAS Chihuahua (Ilustración 2.1), se tienen cinco departamentos de la Dirección Técnica y una más de la Dirección Comercial que están implicados en el proceso del funcionamiento de la red de distribución y cuando menos estas seis áreas deben trabajar en coordinación con la empresa ejecutante del control de presiones para el éxito del estudio.

En un análisis detallado del funcionamiento de la red de distribución de agua potable a cargo de la JMAS Chihuahua, el Departamento de Suministro es responsable de la extracción del agua en los pozos, la desinfección del agua, la conducción desde las fuentes a los distintos puntos de suministro, la operación de los tanques en bloques y por tanto de los volúmenes de agua que se suministra a cada sector. Por su parte, el departamento de Red Hidráulica está a cargo de la distribución de agua en los sectores (al usuario). Cada uno de estos departamentos tiene bajo su responsabilidad la operación y el mantenimiento de la infraestructura a su cargo.

De forma complementaria, se cuenta con un departamento de Sectorización que cumple funciones de asesoría técnica a los departamentos de Suministro y Red Hidráulica, en los trabajos de modificación a la red de distribución y en la operación de cada sector, buscando el funcionamiento óptimo y una adecuada sectorización de la red de distribución.

El departamento de Supervisión y Construcción supervisa las obras que se licitan para ampliar o modificar la infraestructura de la red de distribución.



Por su parte, la revisión y elaboración de proyectos, así como la autorización y recepción de nuevos fraccionamientos está a cargo del Departamento de Planeación e Ingeniería.

La medición del consumo doméstico lo realiza la Dirección Comercial, a través del Departamento de Facturación y Cobranza.

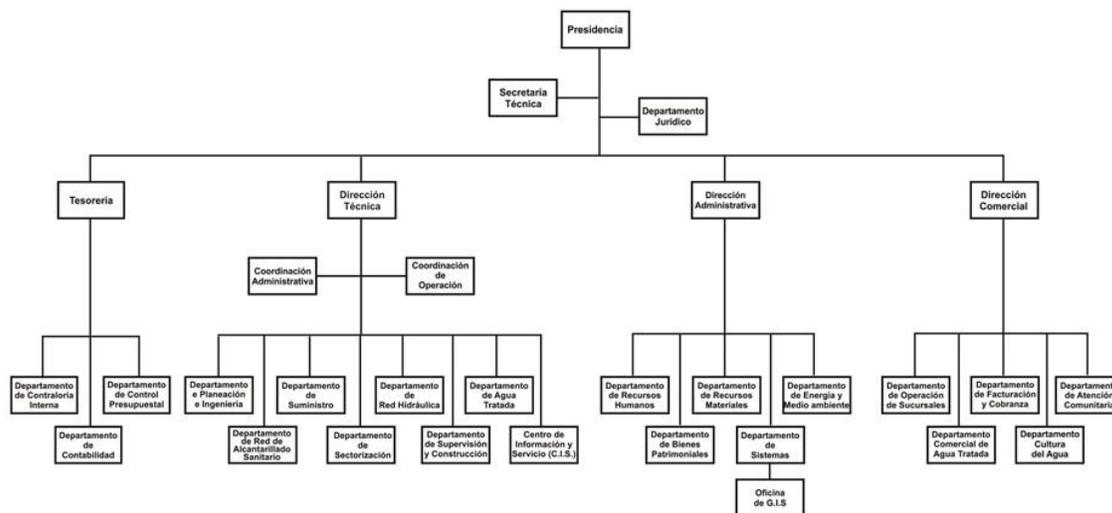


Ilustración 2.1 Organigrama General de la JMAS Chihuahua

## 2.1.2. Limitaciones de la JMAS Chihuahua

En la Dirección Técnica en administraciones anteriores se contaba con un área de Catastro y las modificaciones realizadas en el catastro de la red de distribución estaban a cargo de la oficina de Fotogrametría, misma que funcionó aproximadamente hasta 2010. Actualmente los trabajos de actualización de catastro los debe realizar el Departamento de Planeación, mismo que propone los cambios en la red existente, por medio de proyectos, así como la integración de las infraestructuras nuevas autorizadas y ejecutadas por los desarrolladores; Asimismo, los cambios locales o menores los realizan directamente los departamentos de Suministro y Red Hidráulica, cada uno en sus áreas de influencia, y estas modificaciones comúnmente no se representan en un plano y por tanto no se hacen del conocimiento del Departamento de Planeación. En la Ilustración 2.2, se muestra un esquema de la configuración de la Dirección Técnica de la JMAS.

Adicionalmente la carga de trabajo al departamento no permite tener actualizados los planos digitales y bases de datos, con la información generada por los fraccionadores y las ampliaciones construidas.

Al mes de julio de 2018 se contaba con 158 pozos en operación, se tienen cinco conducciones principales y diversos tanques para el suministro en bloque; no se tiene macromedición en los sectores, por lo que no existe certeza del volumen de agua asignado a cada sector. Se cuenta con medición móvil y puntual para la estimación de los volúmenes globales, sin embargo, no se puede establecer cuánta agua recibe cada sector. Así, mismo el departamento de suministro tiene solo el control de trasvase de agua en bloque a los tanques mediante el registro de los niveles de cierre y apertura, con los cual define el operario en turno cuando abre o cierra el agua a las áreas de influencia, sin tomar en consideración al departamento de red hidráulica. Aunado a que se desconoce el tiempo de tránsito y permanencia del agua en el sector suministrado.

Con respecto al suministro en los sectores, de las 689 colonias que constituyen la mancha urbana y conurbada de la ciudad de Chihuahua, en 71 de ellas (9.3%) se cuenta con servicio continuo; 618 colonias reciben el suministro por medio de tandeos y pipas, de éstos el tiempo de suministro de agua es de ocho horas diarias para 239 colonias, divididas en dos bloques, uno por la mañana y otro en la tarde, 103 sectores tienen suministro por 9 horas diarias y en colonias de la 'Zona Sur 5' se tiene un tandeo de cuatro horas al día. Por otra parte, demarcaciones como Ávalos y Campanario tienen tandeos de dos o tres horas, respectivamente.



Ilustración 2.2 Departamentos de la JMAS Chihuahua asociados al proceso de funcionamiento de la red de distribución de agua potable

## 2.2. Contratos para la prestación del servicio e instalación de equipos de administración de presiones para sectores delimitados de la ciudad con alta incidencia de reportes de fugas y faltas de servicio de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua

El personal del IMTA, junto con personal de la Dirección Técnica, se reunió con los responsables de cada empresa contratada para conocer los alcances de su trabajo, las complicaciones encontradas durante el proceso, las características de los equipos utilizados, los criterios para el desarrollo de las actividades y sus resultados al momento de la visita.

### 2.2.1. Procedimiento de contratación

La implantación del programa de reducción de pérdidas físicas por medio del control de presiones tiene su origen en la distribución no uniforme del agua en los distintos sectores, los tandeos desiguales y considerando que desde 2008 se han realizado trabajos de sectorización en la red. La JCAS y la JMAS Chihuahua, iniciaron como siguiente etapa, la instrumentación de los sectores existentes y con ello un mejor control del suministro, para reducir pérdidas por fugas (Ilustración 2.3).

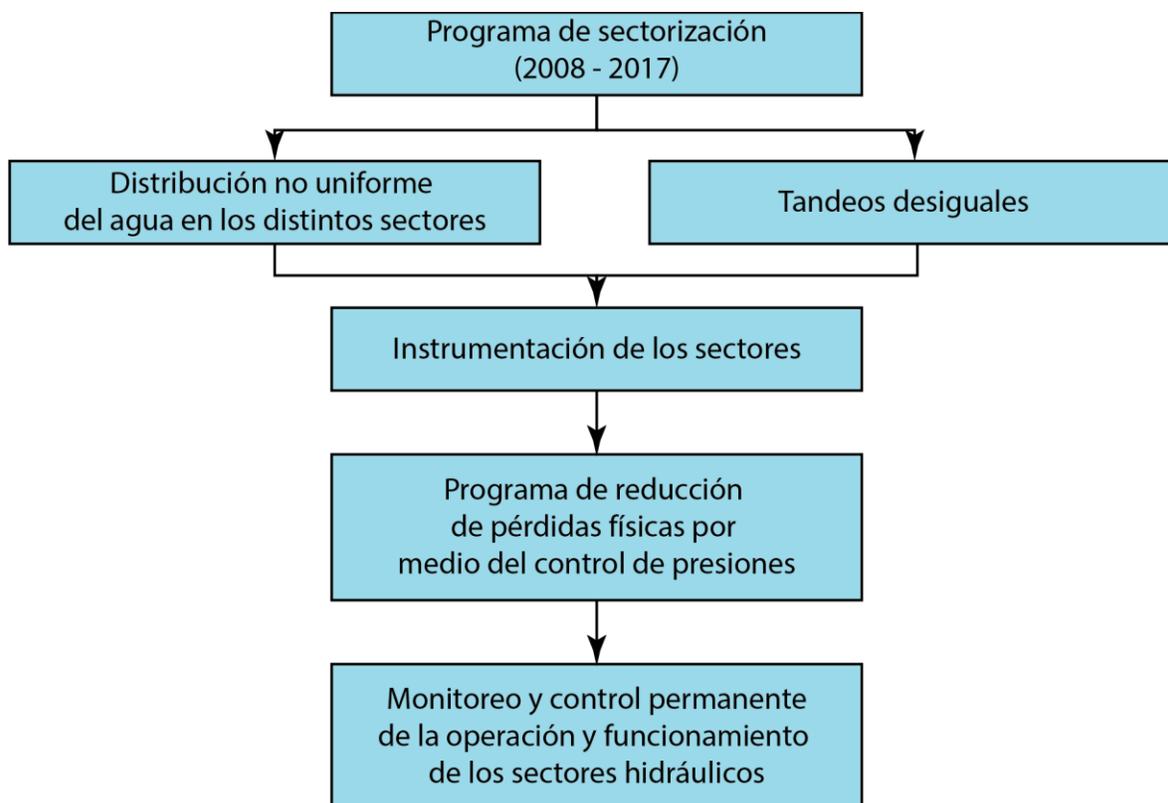


Ilustración 2.3 Procedimiento de mejora del funcionamiento de la red de distribución

El esquema utilizado fue invitar a diversas empresas a presentar su propuesta de reducción de pérdidas físicas por medio del control de presiones, con ello se realizó un contrato a través

del cual las empresas seleccionadas realizarían el procedimiento en 10 sectores cada una, los cuales fueron asignados por el departamento de Sectorización de la JMAS (Ilustración 2.4).

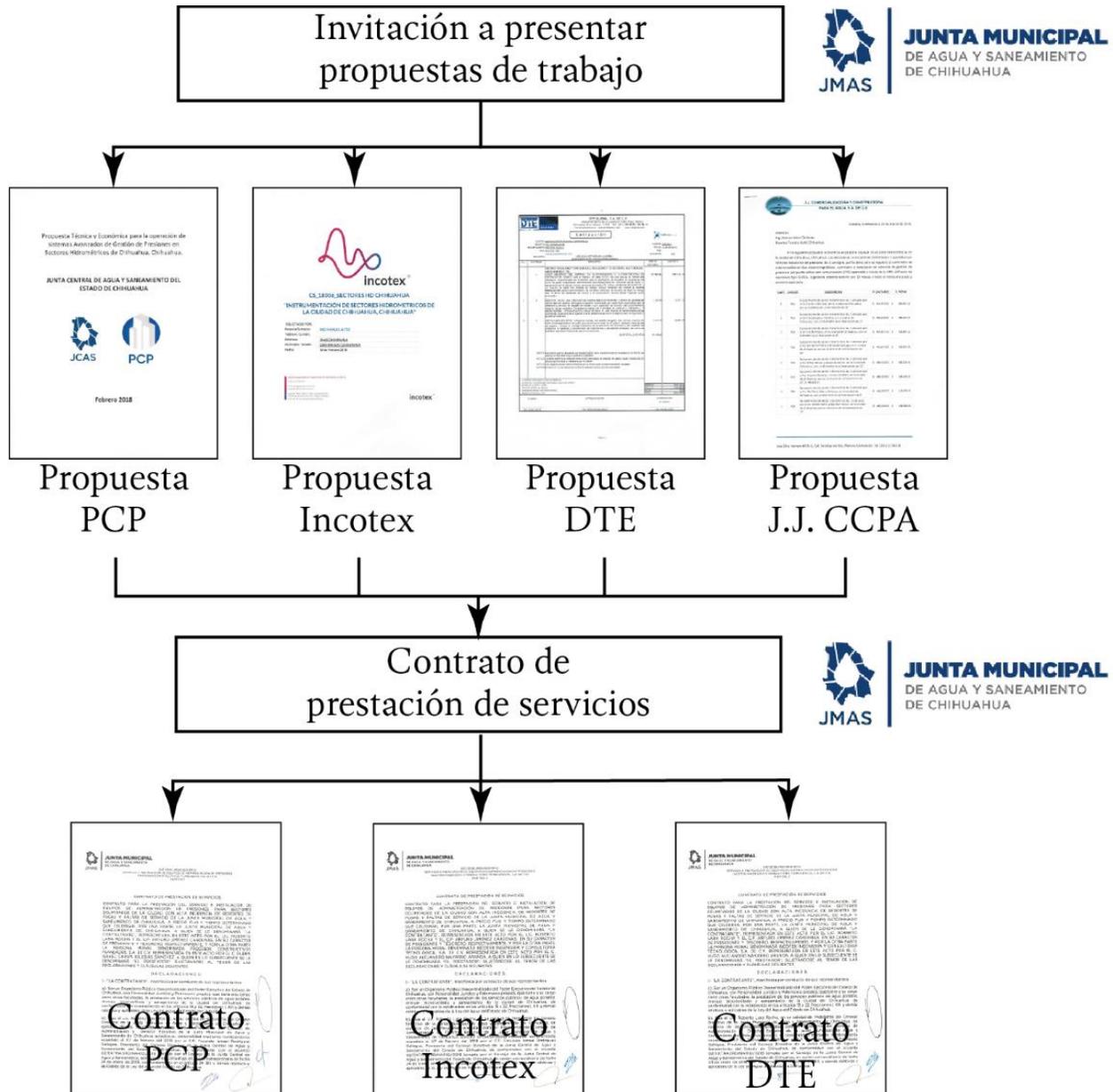


Ilustración 2.4 Esquema de contratación del programa de reducción de pérdidas con control de presiones

El mecanismo de trabajo consistió en que la empresa contratada suministraría e instalaría los equipos de medición, registro, transmisión de datos, así como la plataforma de monitoreo de los parámetros medidos. La JMAS por medio del Departamento de Red Hidráulica realizaría los trabajos de fontanería y obra civil necesarios para la instalación de los dispositivos. Derivado de las mediciones la empresa contratada controlaría la presión a la

entrada del sector, tal que se disminuyera la pérdida de agua en fugas presentes en la red de distribución.

Las empresas, en coordinación con el departamento de Sectorización propondrían y solicitarían al departamento de Red Hidráulica y en su caso al departamento de Suministro cambios en la operación del sector hidrométrico para funcionamiento óptimo. El análisis de los resultados logrados sería realizado por el Departamento de Sectorización y derivado de éstos se realizarían las recomendaciones y modificaciones al control que realicen las empresas (Ilustración 2.5).

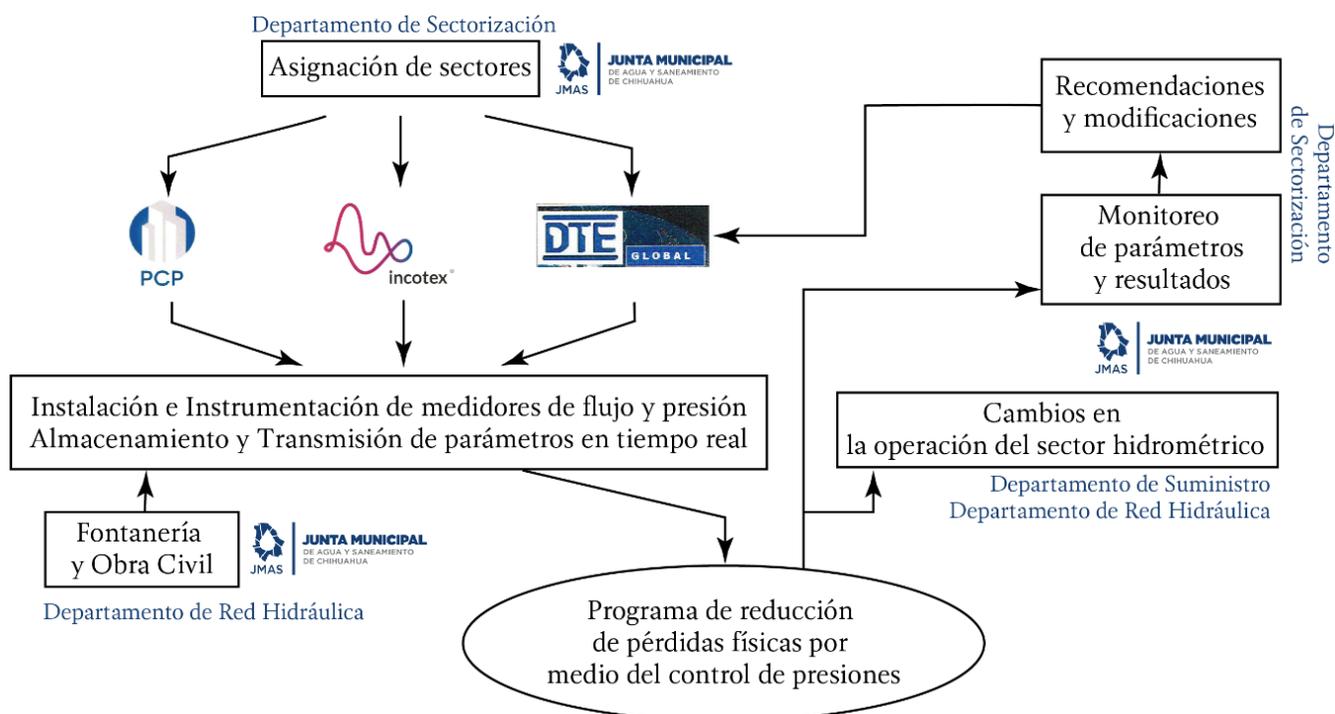


Ilustración 2.5 Mecanismo de operación del programa de reducción de pérdidas con control de presiones

### 2.2.2. Cláusulas

En la primera cláusula de cada contrato se constituye el servicio e instalación de equipos de administración de presiones para sectores delimitados de la ciudad con alta incidencia de reportes de fugas y falta de servicio para la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, obligándose a cada prestador, en llevarlo a cabo de acuerdo a la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Sectores asignados por empresa

PCP		INCOTEX		DTE
Sector 1	Calle Río Rin y Río Rural, colonia Riberas de Sacramento	Sector 13	Calle Misión del Bosque y Bajada Tanque Valle Escondido, Fraccionamiento Valle Escondido	Sector 5 (TC)

Tabla 2.1 Sectores asignados por empresa

PCP		INCOTEX		DTE
Sector 2	Calle río Danubio y Río Nilo, Colonias Riberas de Sacramento	Sector 15	Av. Tomas Valles y Hda. Los Morales, Fraccionamiento Lomas del Pedregal	Sector 6 (TC)
Sector 3	Calle Río Motagua (T. Elev. 9) Colonia Riveras de Sacramento	Sector 26	Blvd. Fuentes Mares y Pacheco, Colonia Villa Juárez	Sector 1 (VJ)
Sector 4	Av. Guillermo Prieto Lujan y Olivio del Cartago, Los Olivos	Sector 29	Av. Equus y Parque España, Colonia Jardines de Oriente	Sector 6 (VJ)
Sector 5	Calle Niños Héroes y Lázaro Cárdenas, Colonia Insurgentes	Sector 30	Av. Equus y Paseos de Lipizano, Colonia Paseos de Camino Real	Sector 7 (VJ)
Sector 6.1	Calle Vicente Guereca y Ramón Córdoba, Colonia Revolución	Sector 31	Pacheco y Mártires de Tlatelolco	Sector 9 (VJ)
Sector 8	Calle Ma. Elena Hernández y Reforma	Sector 32	Calle del Carruaje y Vías de Ferrocarril, Colonia Acequias de Tabalaopa	
Sector 12	Calle Gómez Morín y Agustín Duran, Colonia Mezquites	Sector 33	Av. Equus y Juan Pablo II frente a Aurrera, Fraccionamiento la Galera	
Sector 19	Calle 70ª y Méndez, Colonia Cerro de la Cruz	Sector 34	Blvd. Fuentes Martes y Ópalo, Colonia Mármol Viejo	
Sector 27	Calle secretaría de comunicaciones y 20ª, Colonia San Jorge	Sector Tiburón	Calle Fuente Trevi y Fuente de los Vientos, Fraccionamiento las Fuentes	

Los sectores se presentan en la Ilustración 2.6. En cada uno de estos se instalarían sistemas de monitoreo de presión y caudal al ingreso de cada sector y adicionalmente (a excepción de los distritos contratados con DTE Global) uno o dos sitios de monitoreo de presión en uno o dos puntos internos del distrito, llamados puntos críticos, en donde, a criterio del contratista, se presentan las presiones máximas y mínimas respectivamente en el sector. Por medio de una válvula reguladora de presión, existente a la entrada de cada sector, se pretende reducir las pérdidas de agua (fugas).

Para el inicio de los trabajos se consideraron los datos presentados en la Tabla 2.2, en la cual se incluye el número de tomas, los volúmenes medidos y entregados durante el periodo de una o dos semanas, así como los volúmenes facturados, todo esto en el mes de julio. En la

misma tabla se establece la eficiencia física del sector como la relación entre el volumen leído y el volumen entregado, puede calcularse con la ecuación:

$$\eta_{física} = \frac{\text{Volumen leído}}{\text{Volumen entregado}} (100)$$

Ecuación 2.1

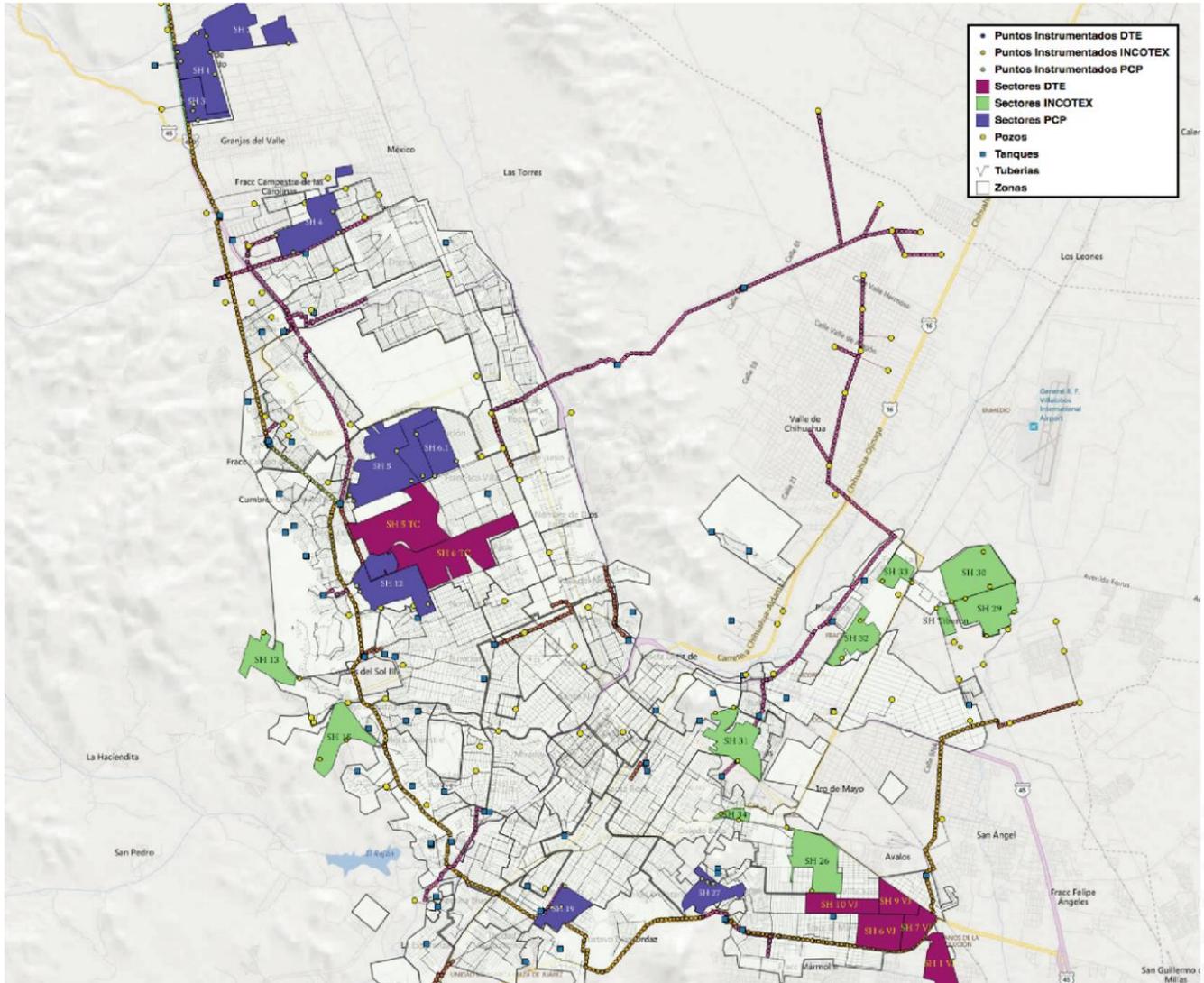


Ilustración 2.6 Sectores asignados por empresa

Tabla 2.2 Datos de inicio por sector

Empresa	Sector	Usuarios	Volumen Leído (m <sup>3</sup> )	Volumen Entregado (m <sup>3</sup> )	Eficiencia física (%)	Volumen Facturado (m <sup>3</sup> )
I2O (PCP)	1	4784	24062	91841	26.20	62772
	2	4153	16609	85066	19.52	57615
	3	1170	6022	132970	4.53	14858
	4	4350	43194	80606	53.59	65077
	5	2627	31482	104740	30.06	43259
	6.1	1416	17343	26879	64.52	23770
	8	1513	20190	45480	44.39	27020
	12	5371	63465	130329	48.70	85271
	19	1593	15399	25282	60.91	23005
	27	1328	14471	44900	32.23	21459
INCOTEX	13	1299	26329	48772	53.98	29761
	15	867	24444	67075	36.44	27005
	26	1873	20502	35988	56.97	29005
	29	3891	21986	86846	25.32	49050
	30	3758	21435	66071	32.44	50154
	31	2191	18204	99017	18.38	30975
	32	2437	17145	31682	54.12	31924
	33	945	7850	36355	21.59	14239
	34	148	1713	9712	17.64	2315
	S. TIBURON	1189	7319	13544	54.04	15625
DTE	5 (TC)	6241	72712	106158	68.49	97286
	6 (TC)	7111	85421	112357	76.03	115514
	1(VJ)	171	1242	5921	20.98	2180
	6(VJ)	1378	13228	14477	91.37	19889
	7(VJ)	928	8173	30349	26.93	12958
	9(VJ)	617	6414	11315	56.69	9177

Nota. La eficiencia física está sujeta a que el volumen definido como leído tenga certidumbre o confiabilidad de la micromedición, la cual no se tiene un parámetro en cuanto a la eficiencia de los equipos de micromedición, ni a la toma del lectorista.

### 2.2.3. Limitaciones en la propuesta de las empresas

Opinión inicial del IMTA sobre la propuesta de 4 empresas para instrumentar distritos hidrométricos en Chihuahua, Chihuahua.

Las empresas, y sus propuestas resumidas, son:

1. DTE Global, con sede en Chihuahua, Chihuahua – Solamente cotiza instrumentación de monitoreo de gasto y presiones en un nodo. No se compromete a verificar los distritos, ni a recuperar volúmenes de agua.
2. INCOTEX, con sede en CDMX – Es la única de las 4 empresas que se compromete a verificar los distritos, y recuperar volúmenes de agua, hasta un 20%. Su propuesta se basa en regular la presión en cada distrito por medio de válvulas reductoras de presión, que operen por consignas de presión en cierto “punto crítico” en cada distrito.
3. J.J. COMERCIALIZADORA Y CONSTRUCTORA PARA EL AGUA, S.A. DE C.V. con sede en Morelia, Michoacán. Alega que los sectores ya se encuentran delimitados y operados con válvulas reductoras de presiones de 1 consigna, por lo tanto, que solo se requiere el suministro e instalación de sistemas de equipos de gestión de presiones por punto crítico.
4. PCP, con sede en CDMX – Propuesta similar, basada en control de la presión en un punto crítico de cada sector.

Todas esas propuestas parten del “supuesto” que al reducir la presión en los distritos se reducirán las pérdidas de agua, algo que puede ser cierto si en los distritos se tuvieran presiones excesivas, pero no se contempla ningún análisis previo de las presiones con que ahora operan los distritos. La reducción de la presión en un distrito que ahora opera con presiones normales no solo no tendrá efecto en la recuperación de pérdidas, sino que también puede empeorar el servicio a los usuarios por presión insuficiente. En este sentido, es esencial la correcta selección del punto crítico, y en las propuestas no se contempla la actividad de seleccionar el punto crítico en cada distrito, ni verificar la delimitación de los sectores o que sea realmente la única entrada de suministro al sector instrumentado.

Para apreciar el efecto de recuperación de pérdidas de agua es indispensable hacer balances del agua que ingresa a cada distrito y la que se consume y factura. Esto no se incluye en las propuestas, solamente se incluye el monitoreo de valores en tiempo real.

Solamente una de las 4 empresas (INCOTEX) condiciona el pago a resultados.

Finalmente, el problema de recuperación de pérdidas de agua es multifacético por lo que requiere un enfoque integral. Solamente instrumentar para monitorear el gasto y la presión en la entrada de los distritos no es suficiente, y puede no dar resultados apreciables.

#### **2.2.4. Trabajos realizados**

La primera etapa del trabajo realizado por las empresas consistió en habilitar un medidor de flujo al ingreso de cada sector para establecer los horarios de servicio, el volumen suministrado, el gasto instantáneo, máximo y mínimo, con ello se estima la dotación por cuenta, observe la Tabla 2.3. El cálculo de la dotación se realizó considerando un índice de hacinamiento de 3.8 habitantes por vivienda.

Tabla 2.3 Mediciones iniciales

Empresa	Sector	Usuarios Cuentas	Tiempo de servicio (Horas/día)	Volumen diario (m <sup>3</sup> )	Q <sub>max</sub> (L/s)	Suministro diario	
						(m <sup>3</sup> /Cuenta)	(L/Hab/día)
I2O (PCP)	1	4784	10.5	5522	145	1.15	304
	2	4153	9	2194	148	0.53	139
	3	1170	12	3280	83	2.80	738
	4	4350	10	2507	173	0.58	152
	5	2627	7	3379	300	1.29	338
	6.1	1416	10	867	54	0.61	161
	8	1513	12	1467	47	0.97	255
	12	5371	8	4204	264	0.78	206
	19	1593	8	815	56	0.51	135
	27	1328	8	1448	84	1.09	287
INCOTEX	13	1299	5	1564	250	1.20	317
	15	867	12	2164	155	2.50	657
	26	1873	14	659	250	0.35	93
	29	3891	24	3378	52	0.87	228
	30	3758	24	3187	49	0.85	223
	31	2191	12	4637	102	2.12	557
	32	2437	7	1399	55	0.57	151
	33	945	24	1173	19	1.24	327
	34	148	24	371	19	2.51	660
	Tiburón	1189	24	578	19	0.49	128
DTE	5 (TC)	6241	7	4532	331	0.73	191
	6 (TC)	7111	7	4755	270	0.67	176
	1(VJ)	171	7	338	15	1.98	520
	6(VJ)	1378	7	785	48	0.57	150
	7(VJ)	928	7	1809	94	1.95	513
	9(VJ)	617	7	479	21	0.78	204

A través de las mediciones realizadas y presentadas en la Tabla 2.3, se buscó la gestión de presiones para recuperar volumen de agua y transferirla a otros sectores.

La gestión consiste en monitorear presiones en uno o dos puntos del sector, estos dos puntos deben ser representativos del funcionamiento global en la red, preferentemente se busca que sean de las zonas de presión más baja (PCB) y más alta (PCA) durante el horario de suministro, respectivamente. Para la selección de estos puntos llamados críticos, las empresas generalmente consideraron los puntos topográficos más altos y más bajos de los

sectores, solo en el caso de PCP, coloco dos puntos críticos; INCOTEX utilizó solo un punto crítico, DTE no utiliza; en los puntos críticos se colocaron sensores de presión que transmiten vía servicio general de paquetes vía radio (GPRS, por sus siglas en inglés).

Por medio de sentencias de control durante el horario de suministro se regula la presión en la VRP al ingreso del sector de tal manera que sea suficiente para cumplir con una presión mínima constante en el PCB y con ello un suministro de caudal estable, observe la Ilustración 2.7.

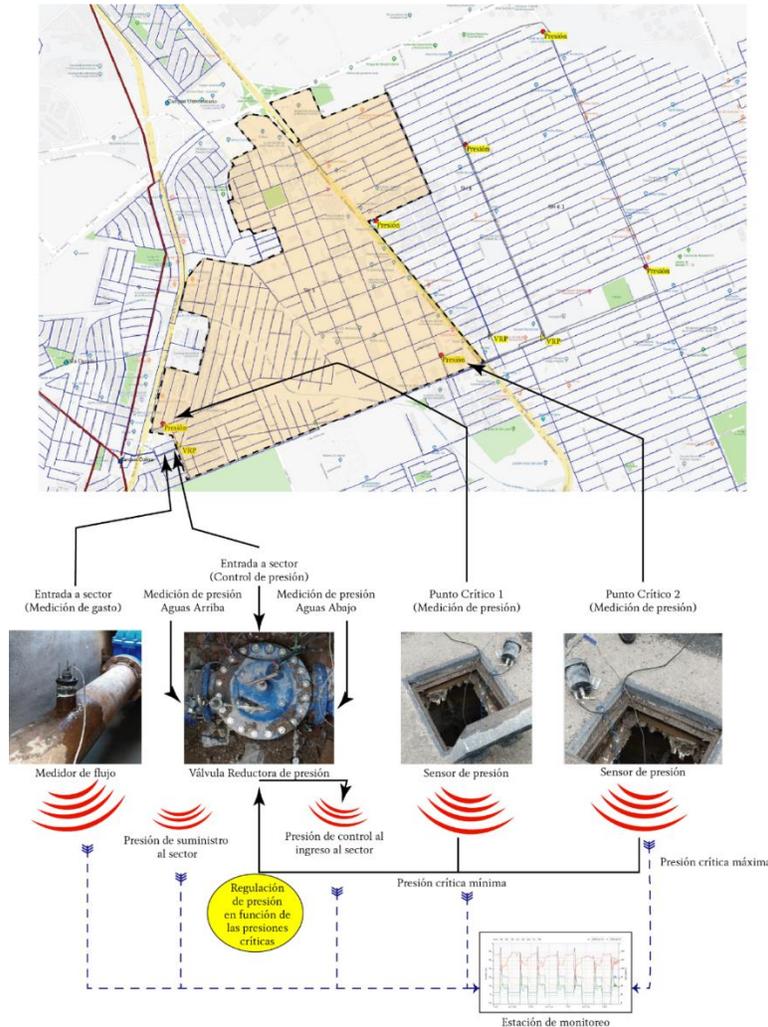


Ilustración 2.7 Esquema de gestión de presiones

Este sistema tiene el objetivo de evitar presiones excesivas en la red y por consiguiente reducir al mínimo la pérdida de agua por fugas en la red, considerando que el gasto perdido por fugas es directamente proporcional a la presión.

## 2.2.5. Resultados del mes de julio de 2018

De la información proporcionada por el Departamento de Sectorización se identificó que en 13 de los 26 sectores instrumentados se ha logrado disminuir el volumen suministrado, tal como se presenta en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Resultados de la gestión de presiones en 13 sectores

Empresa	Sector	Volumen diario antes de la gestión	Volumen recuperado		Volumen Suministrado después de la gestión	Usuarios (Cuentas)	Suministro diario	
		(m <sup>3</sup> /día)	(m <sup>3</sup> /día )	(%)	(m <sup>3</sup> /día)		(m <sup>3</sup> /Cuenta)	(L/Hab/día)
PCP	1	5522	2190	39.66%	3332	4784	0.70	183
	3	3280	1879	57.29%	1401	1170	1.20	315
	4	2507	22	0.88%	2485	4350	0.57	150
INCOTEX	29	3378	588	17.41%	2790	3891	0.72	189
	30	3187	1056	33.13%	2131	3758	0.57	149
	31	4637	1443	31.12%	3194	2191	1.46	384
	32	1399	377	26.95%	1022	2437	0.42	110
	34	371	58	15.63%	313	148	2.11	557
	Tiburón	578	141	24.39%	437	1189	0.37	97
DTE	1(VJ)	338	134	39.64%	204	171	1.19	314
	6(VJ)	785	35	4.46%	750	1378	0.54	143
	7(VJ)	1809	605	33.44%	1204	928	1.30	341
	9(VJ)	479	129	26.93%	350	617	0.57	149
Total		28270	8657	30.62%	19613	27012		

La disminución de caudal al ingreso de los sectores no implica que se deje de producir dicho gasto en las fuentes, este volumen de agua se debe distribuir en los sectores aguas abajo, lo cual permitiría mejorar el servicio en esas zonas.

Independientemente de la disminución de volumen suministrado, el programa de control de presiones ha permitido en algunos sectores mejorar la operación en los mismos. Por ejemplo, en el Sector 1, a cargo de PCP, el control ha permitido cambiar el horario de suministro de 10.5 horas al día a un servicio continuo las 24 horas. Como puede observarse en la Ilustración 2.8, la VRP evita los “picos” de alta presión y de caudal al ingreso del sector y con ello un comportamiento estable en los dos puntos críticos, esta operación disminuye el volumen de pérdidas físicas y prolonga la vida útil de la infraestructura al disminuir la posible

ocurrencia de fenómenos transitorios en la red, que si bien no son lo suficientemente intensos para generar una ruptura súbita, con el tiempo pueden generar fugas y ruptura por fatiga.

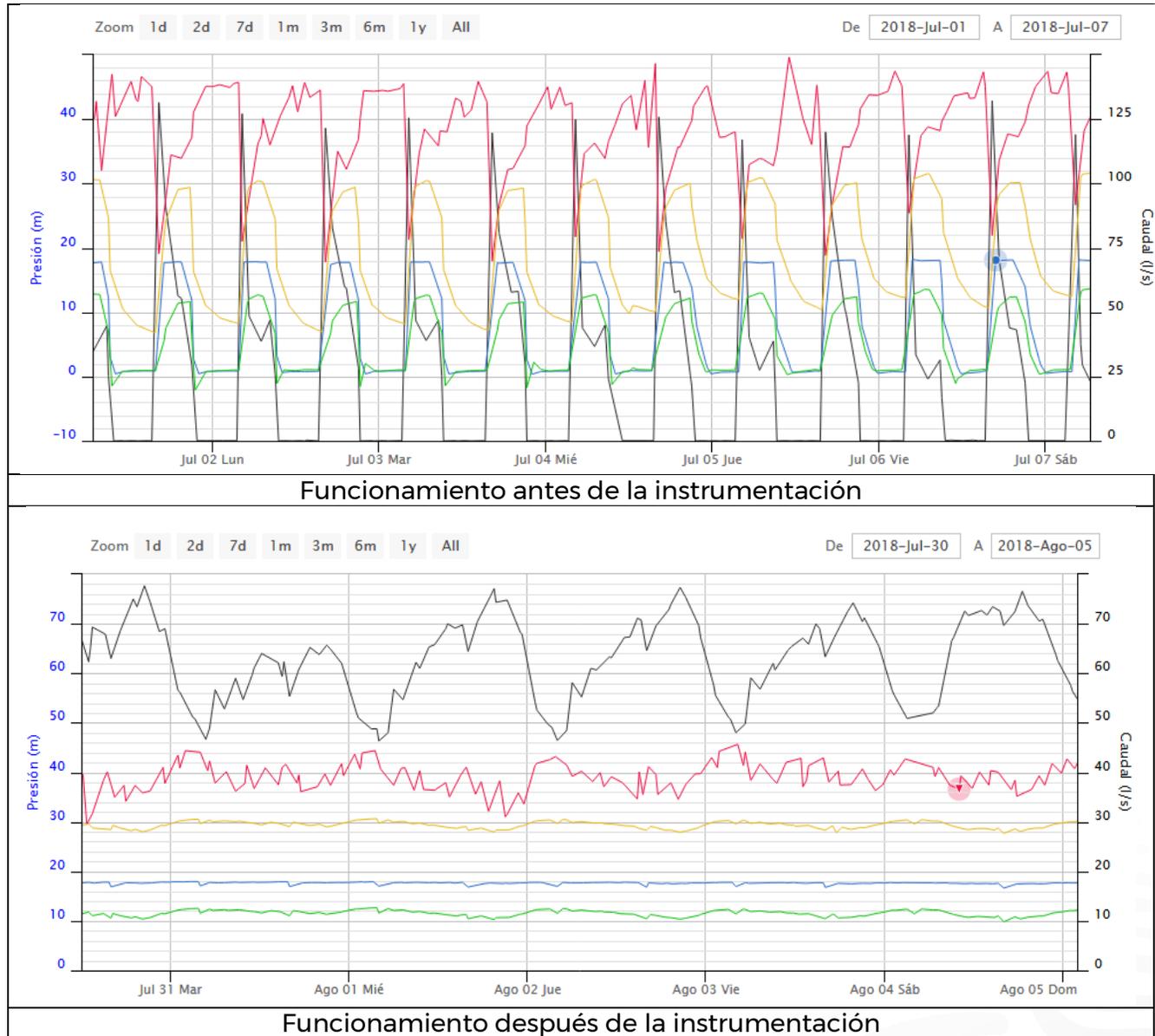


Ilustración 2.8 Comparación del funcionamiento del sector 1 (PCP) con gestión de presiones

Sin embargo, esta condición no se ha podido lograr en la mayoría de los sectores instrumentados principalmente (mas no limitándose a) por las siguientes causas:

1. Áreas no sectorizadas adecuadamente, es decir con un área de influencia mayor a la estimada o redes que son abastecidas por dos o más fuentes. Ejemplo de esto es el sector 6 (VJ) a cargo de DTE en el cual es necesario incluir toda la zona abastecida desde la fuente (Ilustración 2.9).



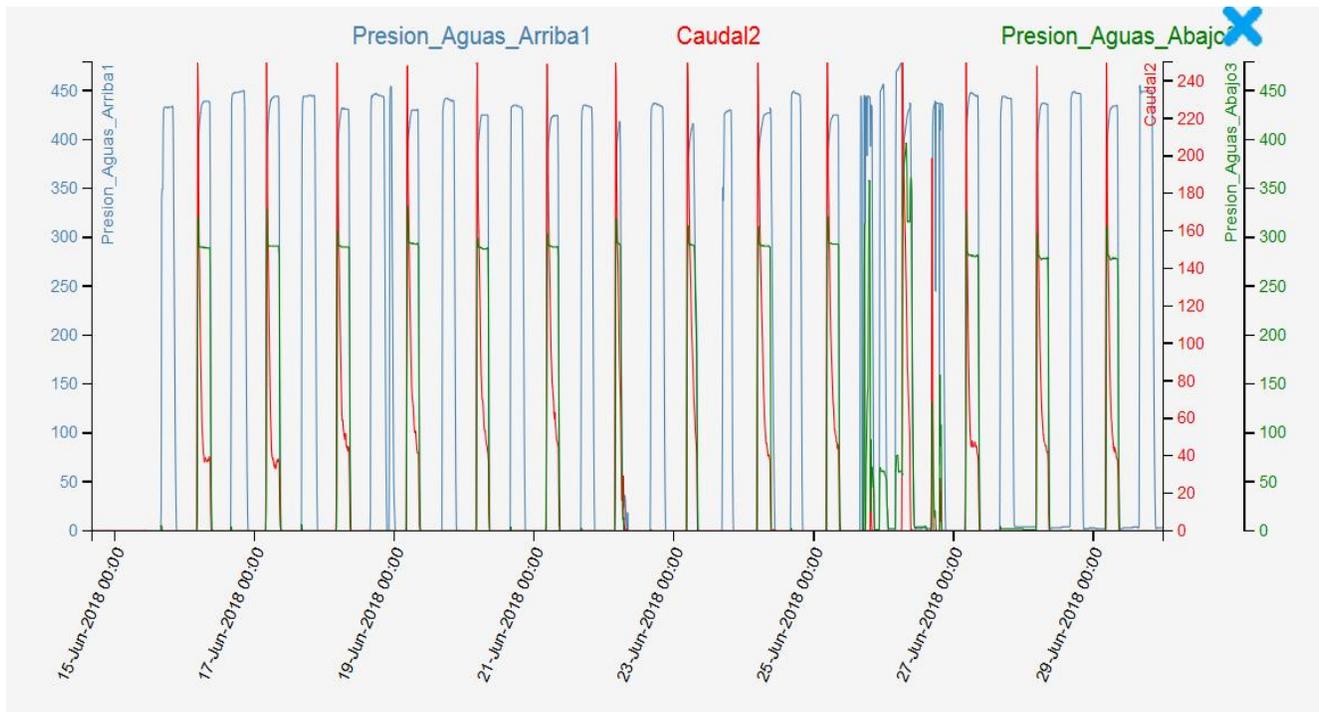


Ilustración 2.10 Mediciones de presión y caudal del sector 13

4. No es posible que un programa de recuperación de pérdidas físicas por medio de control de presiones genere resultados satisfactorios en sistemas con tandeos muy cortos, debido a que al inicio del suministro se requiere un periodo de tiempo para el llenado y presurización de la red, una vez que la red se encuentre presurizada y estable se llega a los usuarios más lejanos y una vez que el suministro se suspende, estos últimos usuarios aprovecharán el agua presente en la red para alimentar sus cisternas hasta que la presión disminuya.
5. Sectores cuyo tanque de alimentación suministra también a otros sectores, por lo que su operación depende de factores ajenos al propio sector. El caso más evidente incluye a los sectores 5, 6.1, 8 y 12 a cargo de PCP; y 5TC y 6TC a cargo de DTE, los cuales son suministrados desde el Tanque Colina, observe la Ilustración 2.11.



7. Sectores donde la disminución de caudal generaría desabasto a los usuarios ya que el volumen suministrado al inicio del estudio está por debajo de una dotación recomendada por habitante.

Como puede observarse en la Tabla 2.4, si el número de usuarios está bien cuantificado implicaría que en ahorro de agua generara un desabasto a los usuarios. Para este análisis el sector 4, a cargo de PCP, y los sectores 30, 32 y Tiburón a cargo de INCOTEX, 6(VJ) y 9(VJ), presentan dotaciones menores a 150 litros por habitante al día. Todo esto considerando que el control de presiones puede disminuir las fugas, sin embargo, éstas no se eliminan, por lo que el suministro estimado por usuario incluye las fugas que aún están presentes, así como el caudal consumido por usuarios clandestinos o no considerados.

## **2.2.6. Análisis de la sectorización**

### **2.2.6.1. Sectorización de la red**

Bajo las condiciones analizadas, las empresas contratadas no tienen la capacidad de mejorar la operación interna de la red, en primer lugar, porque la información de partida fue insuficiente y poco precisa. No se tiene contabilizado el caudal suministrado a la red global y aunque se realiza la asignación de volumen por bloques desde las distintas fuentes, no se tiene contabilizado cuánta cantidad de agua se le asigna a cada sector.

Por otra parte, el proceso requiere de segmentos de la red de distribución correctamente sectorizados, para ello debe tener una sola fuente de alimentación y los límites del sector deben estar bien definidos. Adicionalmente se debe tener una política de operación que tenga en consideración el tiempo necesario para mantener en el sector instrumentado la presión suficiente de operación y en tiempo suficiente para la satisfacción de la demanda requerida por el usuario y este suministro puede estar condicionado en el tiempo y el volumen por las políticas de operación del departamento de Suministro, pero no debe estar condicionado por la operación de otros sectores ya que de esta manera no es posible considerarlos sectores aislados, más bien son un solo sector ramificado, observe la Ilustración 2.12.

Los sectores 1, 2 y 3, de la Ilustración 2.12, se pueden considerar sectores aislados siempre que el suministro desde el tanque sea tal que satisfaga la demanda en ellos y su nivel se mantenga por encima de un valor mínimo. En caso de existir tandeo éste no debe interferir entre sectores, tal como se observa en la Ilustración 2.13a, donde cada tandeo inicia y termina sin afectar al tandeo de los otros sectores.

En una condición como la mostrada en la Ilustración 2.13b, donde los tandeos se superponen no es posible considerar cada sector como independiente, más bien es un solo sector ramificado en tres áreas, ya que el funcionamiento global de cada área está condicionado al

funcionamiento de los otros dos y no es posible realizar una operación independiente en cada una.

### Conducción de suministro

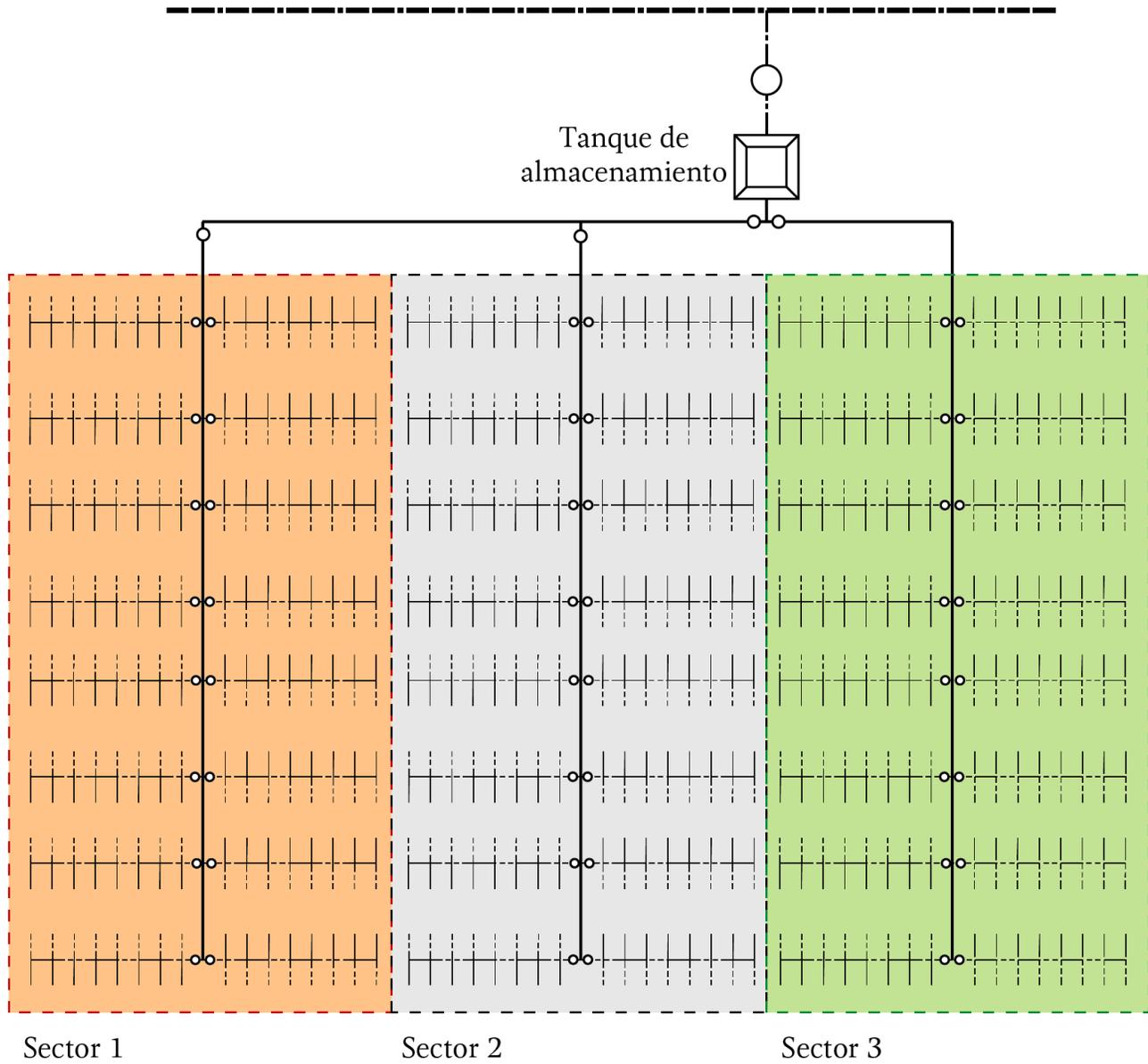


Ilustración 2.12 Esquema de sectores alimentados desde la misma fuente

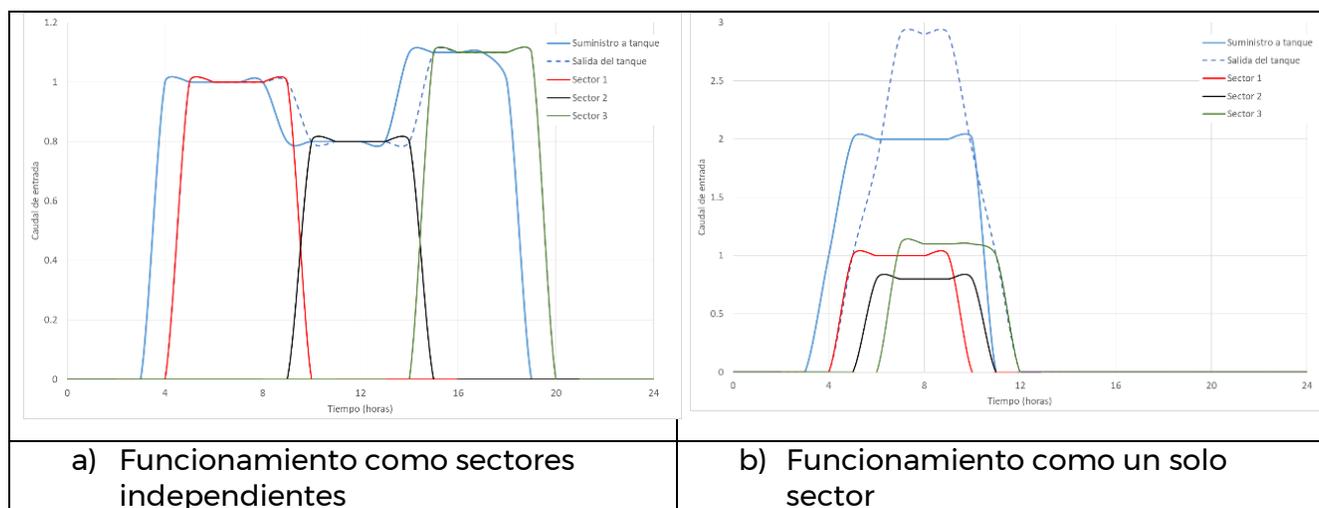


Ilustración 2.13 Maneras de funcionamiento

### 2.2.6.2. Suministro a la red

No es posible manejar el suministro a la red mediante presiones, debido a que el funcionamiento está condicionado a un horario de servicio que a su vez depende de las condiciones de la fuente (tanque o acueducto), sin embargo, al no haber medición en el suministro desde las fuentes no es posible cambiar las políticas de operación a servicio continuo sin el riesgo de afectar el suministro a otros sectores.

### 2.2.6.3. Reducción de caudal por medio de control de presiones

Como se presentó en la Tabla 2.4, en algunos sectores fue posible la disminución de volumen suministrado, sin embargo esta disminución no se logró sólo por la instrumentación y control en la VRP. El éxito en estos sectores fue producto del trabajo conjunto entre las empresas y los departamentos de Sectorización y Red Hidráulica que de forma paralela realizaron la medición de presiones en 9 puntos dentro de los sectores e identificación de tomas clandestinas y reparación de fugas, con lo cual fue posible la disminución del caudal a la entrada.

## 2.3. Análisis del Padrón de usuarios

La JMAS de Chihuahua, cuenta con un padrón de usuarios georreferenciado, con el cual es posible identificar a nivel manzana el número de usuario, su número de cuenta, los volúmenes leído y facturado. Con base en el mismo se realizó el siguiente análisis.

En la Ilustración 2.14, se muestra el rango del número de usuarios por zona de influencia, destaca la zona de influencia del Tanque Colina con poco más de 30,000 usuarios y la zona del Tanque Chihuahua 2000 con una cantidad de 15,000 a 20,000 usuarios.

En la Ilustración 2.15, se presentan los rangos de consumo leído por zona de influencia, destacando nuevamente las zonas del Tanque Colina y Tanque Chihuahua 2000 con

consumos de 200 mil a 453 mil m<sup>3</sup>/mes. En promedio por mes toda la ciudad de Chihuahua consume, de acuerdo a los registros del mes de octubre 2017 al mes de octubre 2018, un promedio de 4,233,053 m<sup>3</sup>/mes lo que equivale a un caudal de 1633.12 l/s, que es casi la totalidad de conducción del acueducto el sauz.

En la Ilustración 2.16, se presentan las zonas de influencia con los consumos per cápitas por mes obtenidos a partir de los registros de consumo del padrón de usuarios, destacan en color café aquellas zonas con consumos entre los 25 y 38 m<sup>3</sup>/usuario/mes, en la mayor parte de la ciudad (zonas en color verde) el consumo per cápita oscila entre los 11 y 15 m<sup>3</sup>/usuario/mes.

La Ilustración 2.17 presenta los rangos de los montos cobrados por mes, destacando nuevamente las zonas de influencia del Tanque Colina, Tanque Chihuahua y Tanque Panamericana, con montos cobrados entre los 2 millones y 4.93 millones de pesos por mes.

En la Ilustración 2.18, se muestran los rangos de porcentajes de usuarios que pagan por el servicio de agua potable, en general de un análisis realizado con registros del mes de octubre del 2017 a octubre del 2018, el 54.60% de los usuarios pagan por el servicio de agua.

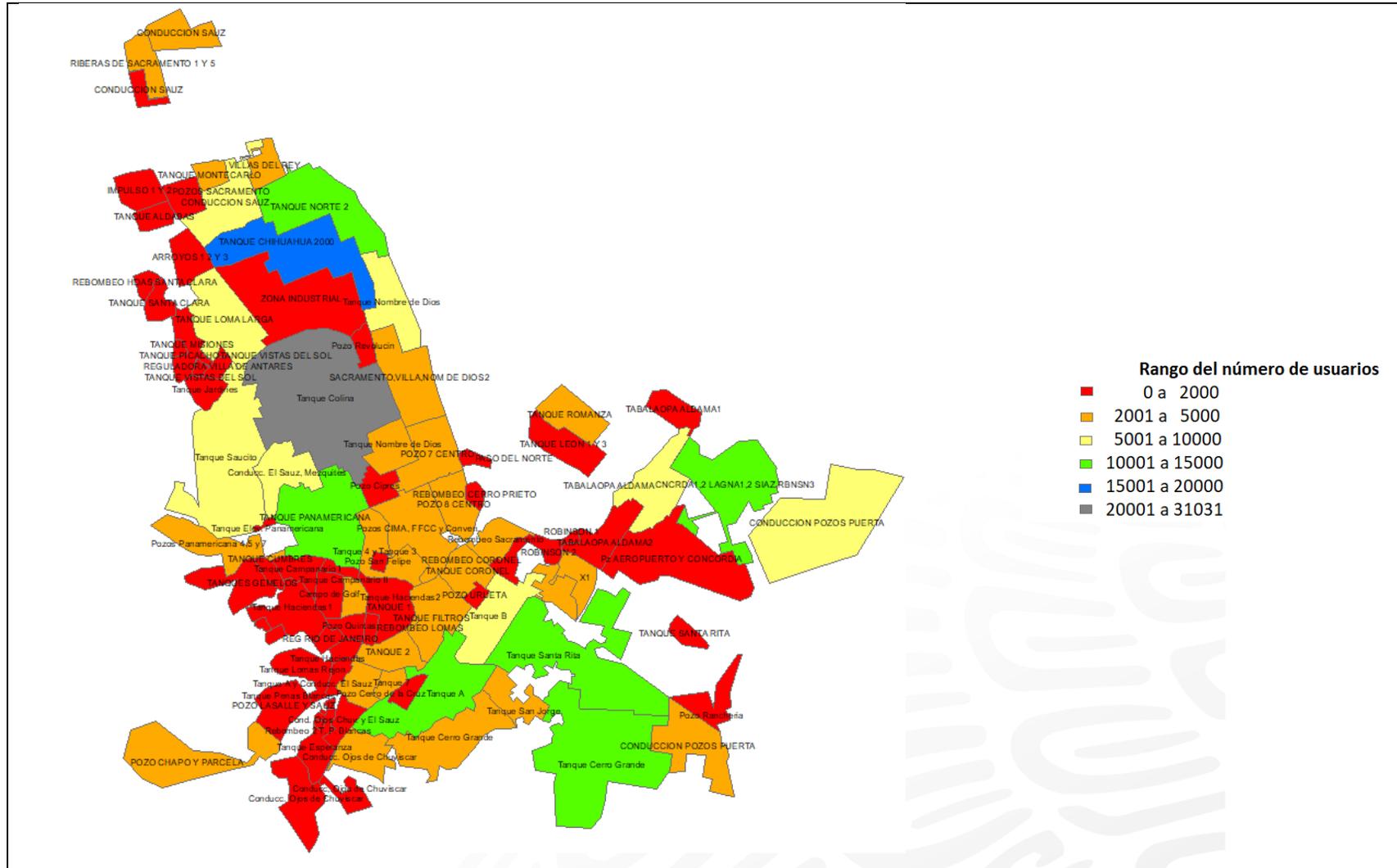
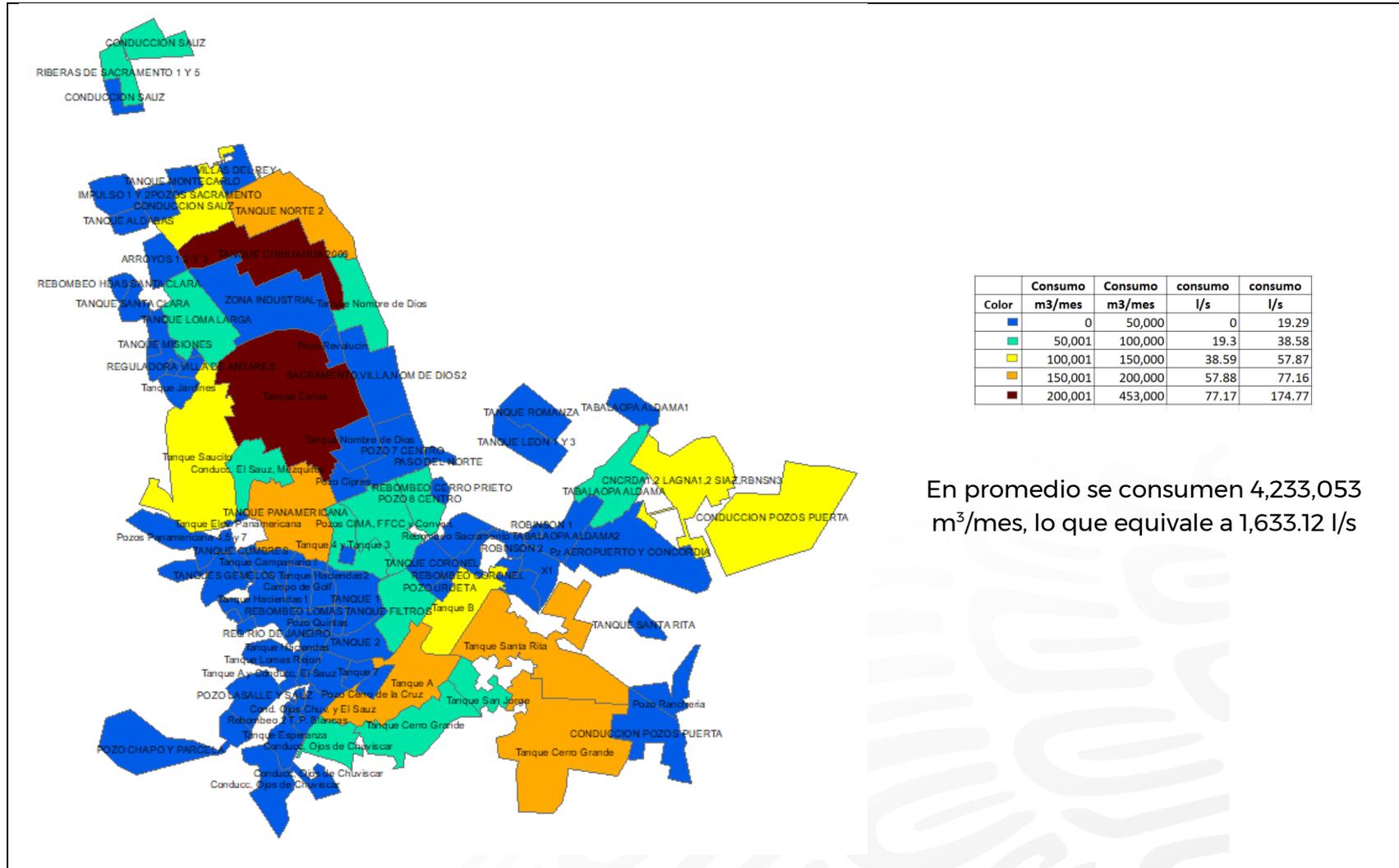


Ilustración 2.14. Rango del número de usuarios por zona de influencia



En promedio se consumen 4,233,053 m<sup>3</sup>/mes, lo que equivale a 1,633.12 l/s

Ilustración 2.15. Rango de consumos obtenido de los registros del padrón de usuarios por zona de influencia

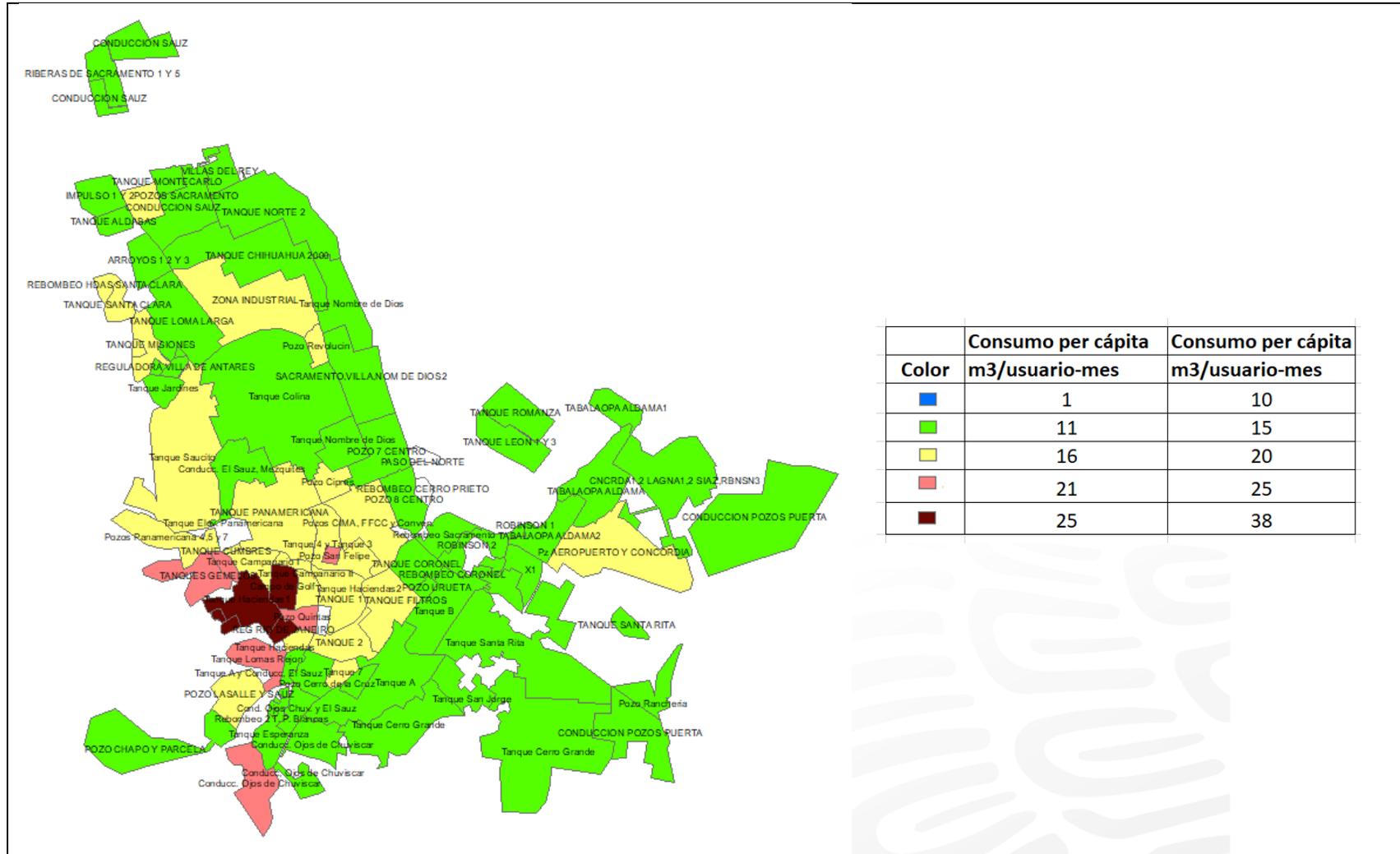
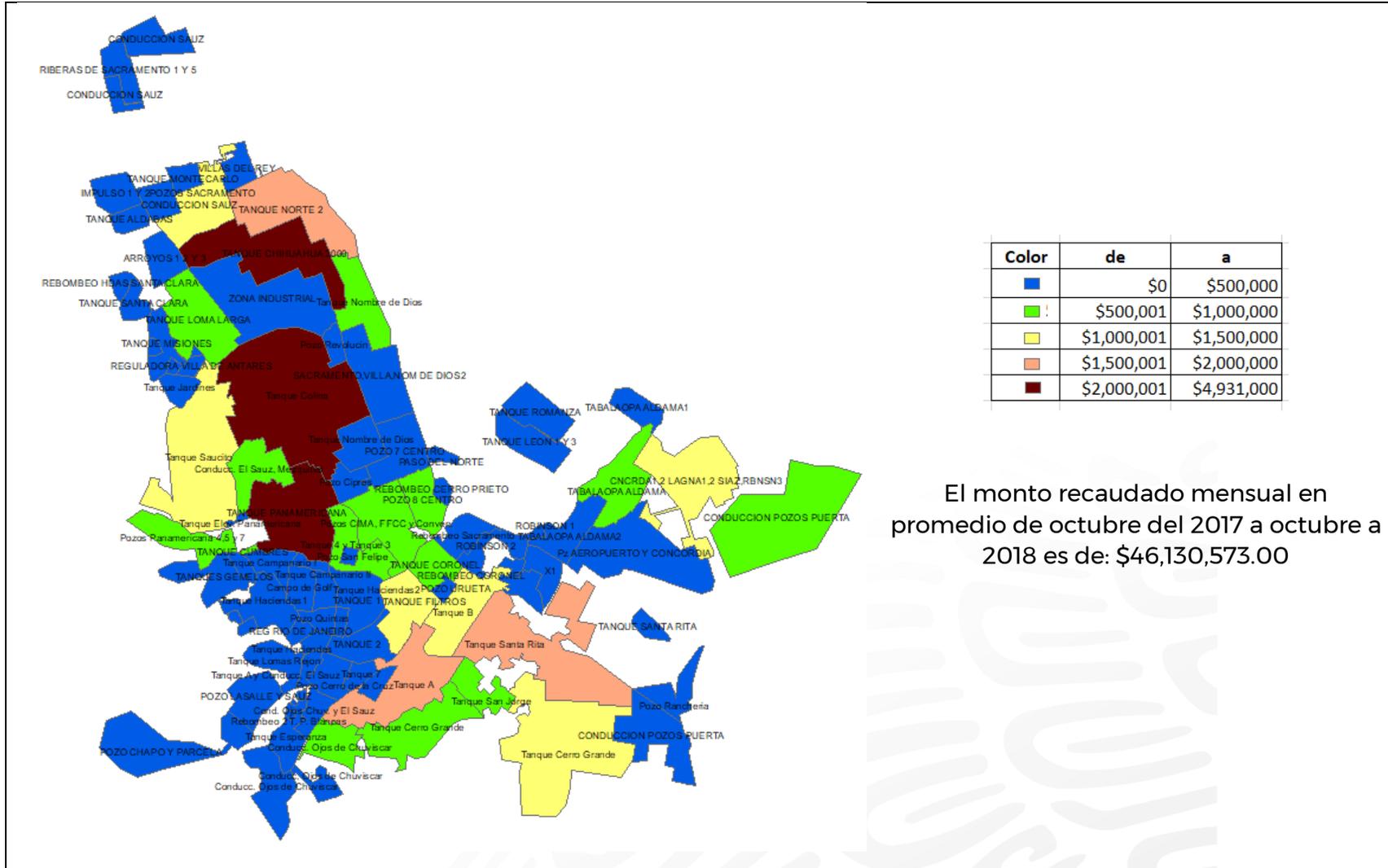
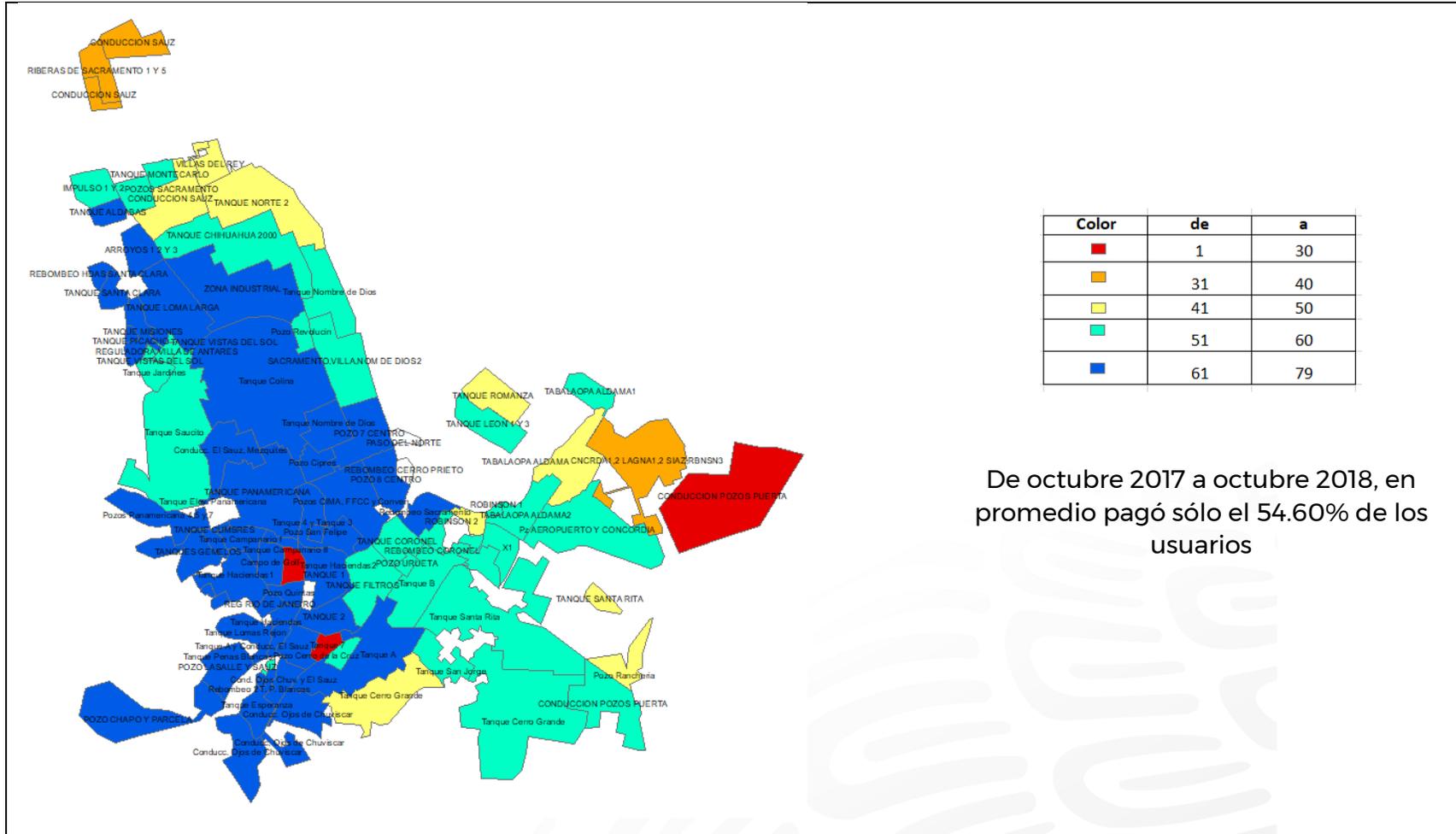


Ilustración 2.16. Rango de consumo per cápita por mes (m<sup>3</sup>/usuarios-mes), a partir de los registros de consumo del padrón de usuarios



El monto recaudado mensual en promedio de octubre del 2017 a octubre de 2018 es de: \$46,130,573.00

Ilustración 2.17. Rango de monto cobrado por mes (\$), por sector



De octubre 2017 a octubre 2018, en promedio pagó sólo el 54.60% de los usuarios

Ilustración 2.18. Rango de porcentaje de usuarios del total en la zona que pagan por el servicio de agua potable

## 2.4. Análisis de caudales y presiones en los Distritos Hidrométricos Piloto

De la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la Ilustración 2.43, se presenta la variación de caudales y presiones de los distritos hidrométricos piloto en un periodo de una semana y que fueron instrumentados por las empresas PCP, INCOTEX y DTE.

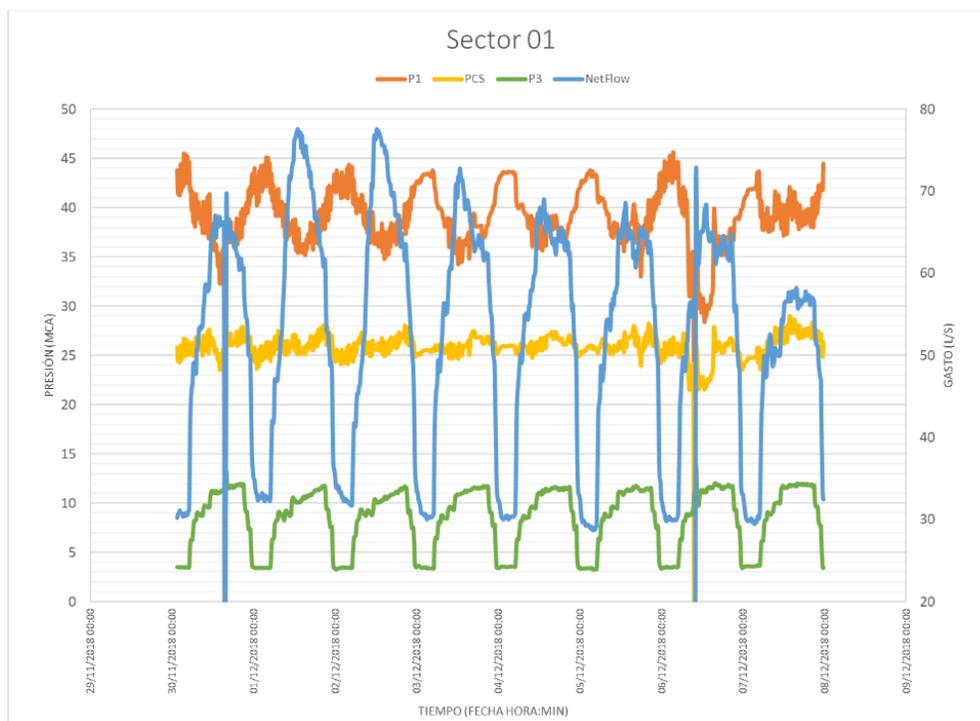


Ilustración 2.19. Variación de gasto y presión del Sector 01, empresa PCP

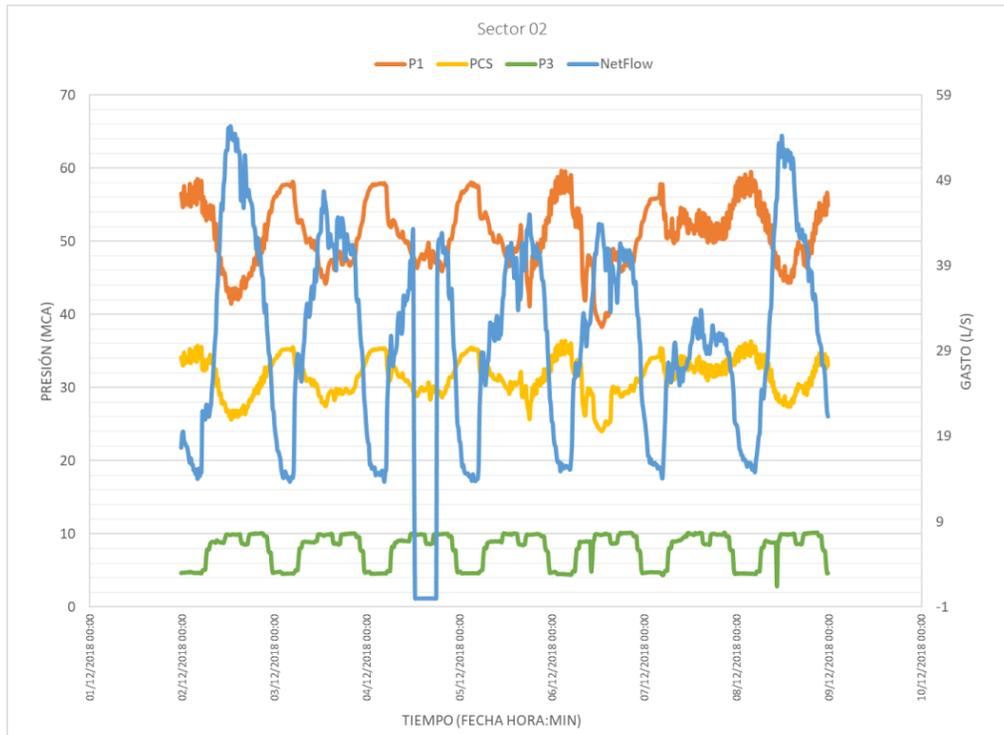


Ilustración 2.20. Variación de gasto y presión del Sector 02, empresa PCP

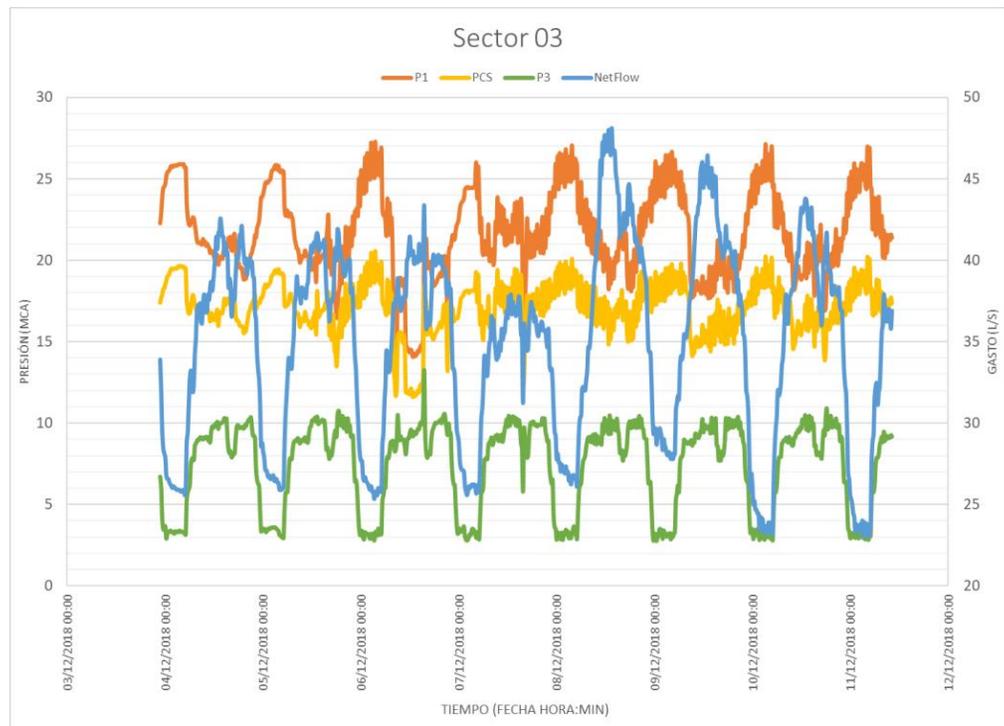


Ilustración 2.21. Variación de gasto y presión del Sector 03, empresa PCP

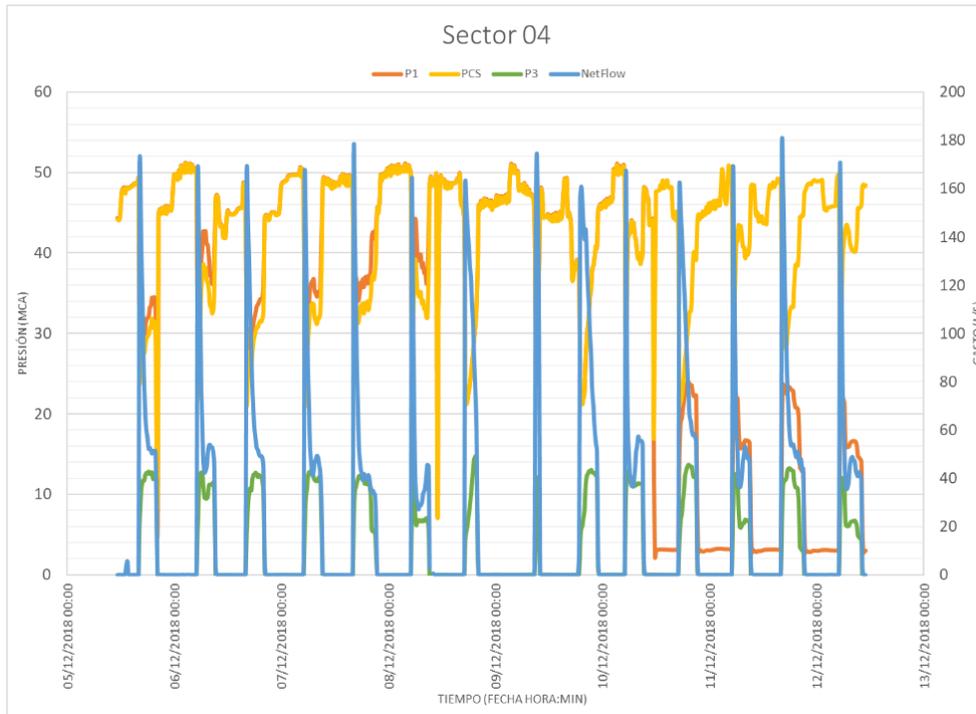


Ilustración 2.22. Variación de gasto y presión del Sector 04, empresa PCP



Ilustración 2.23. Variación de gasto y presión del Sector 05, empresa PCP



Ilustración 2.24. Variación de gasto y presión del Sector 06, empresa PCP

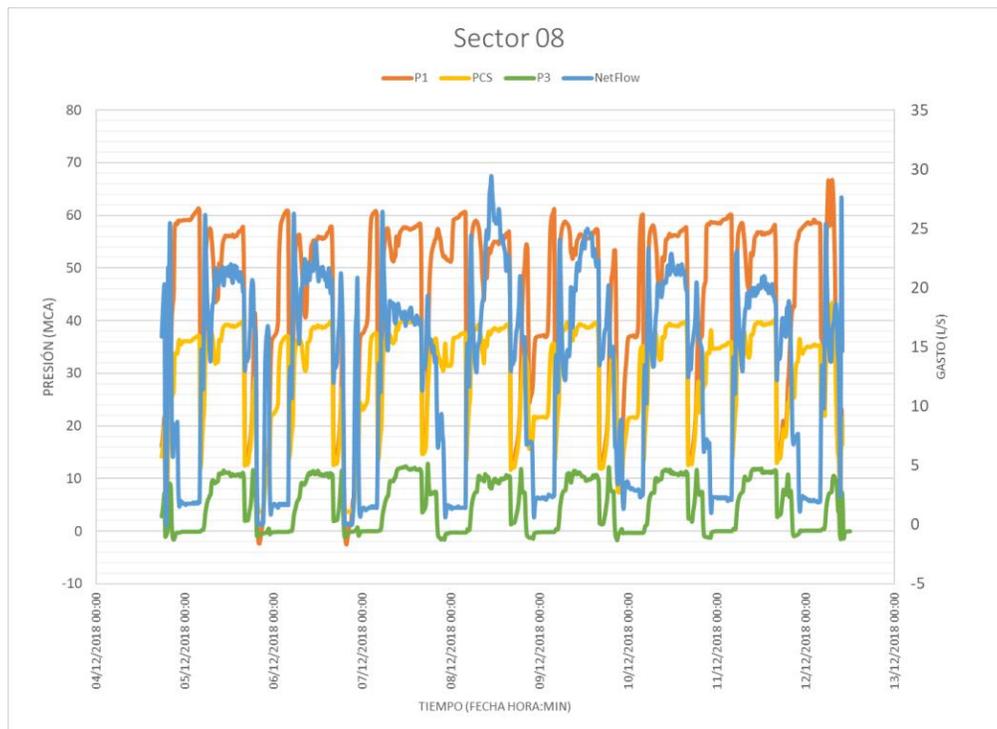


Ilustración 2.25. Variación de gasto y presión del Sector 08, empresa PCP

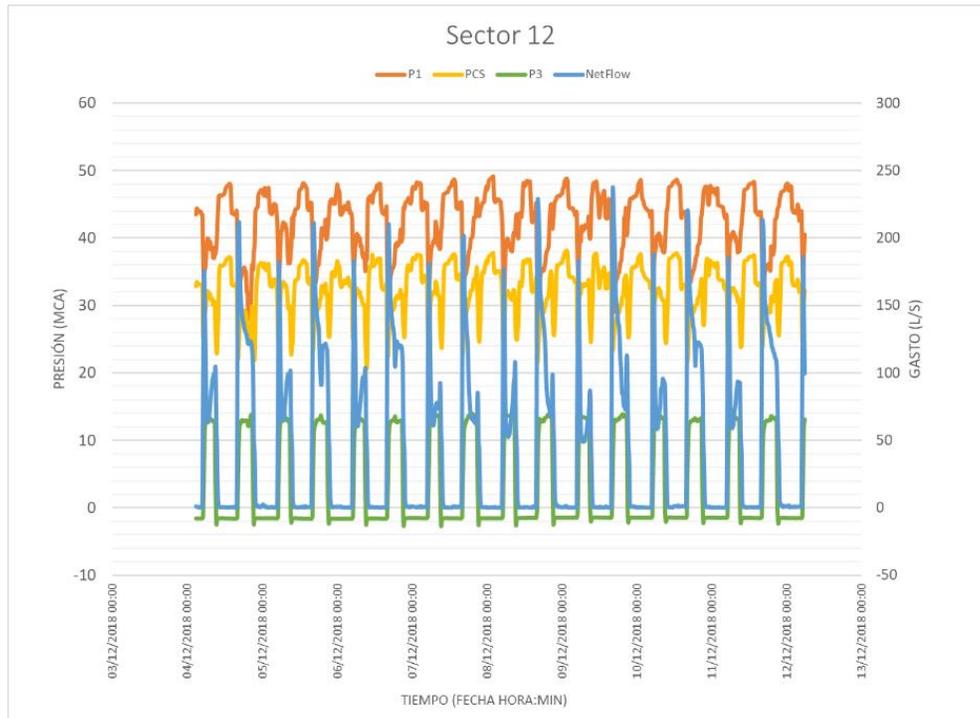


Ilustración 2.26. Variación de gasto y presión del Sector 12, empresa PCP

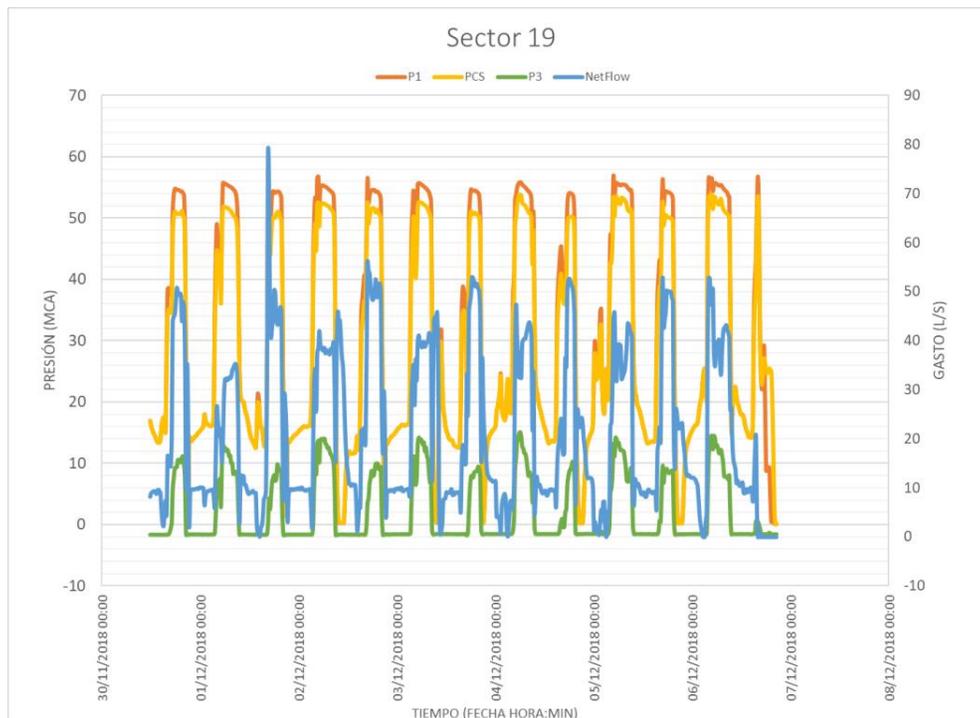


Ilustración 2.27. Variación de gasto y presión del Sector 19, empresa PCP

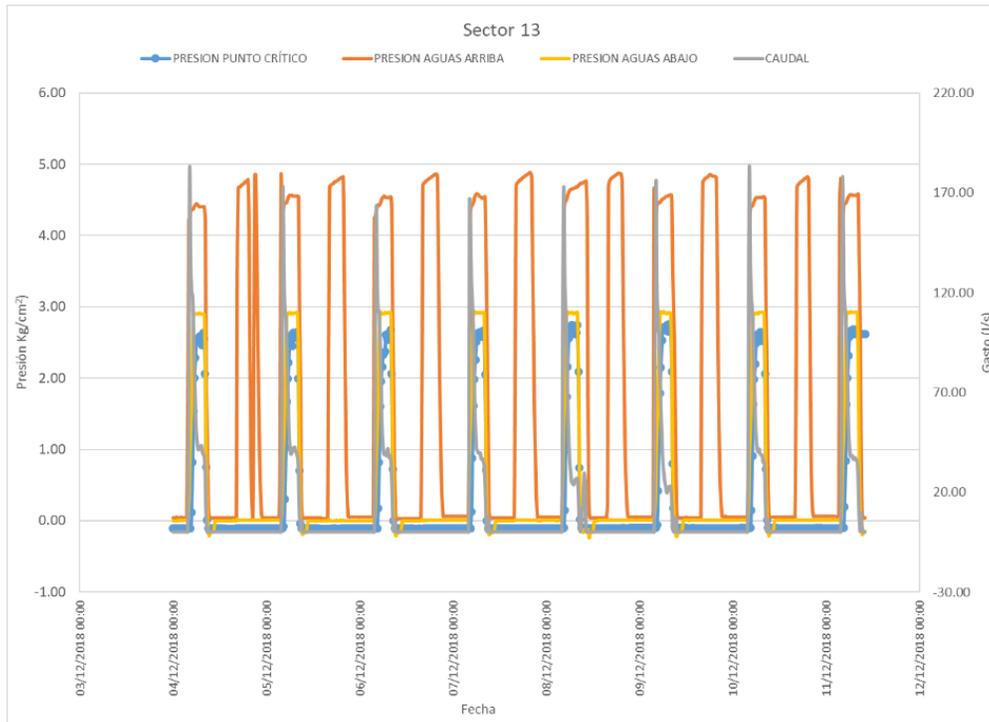


Ilustración 2.28. Variación de gasto y presión del Sector 13, empresa INCOTEX



Ilustración 2.29. Variación de gasto y presión del Sector 15, empresa INCOTEX

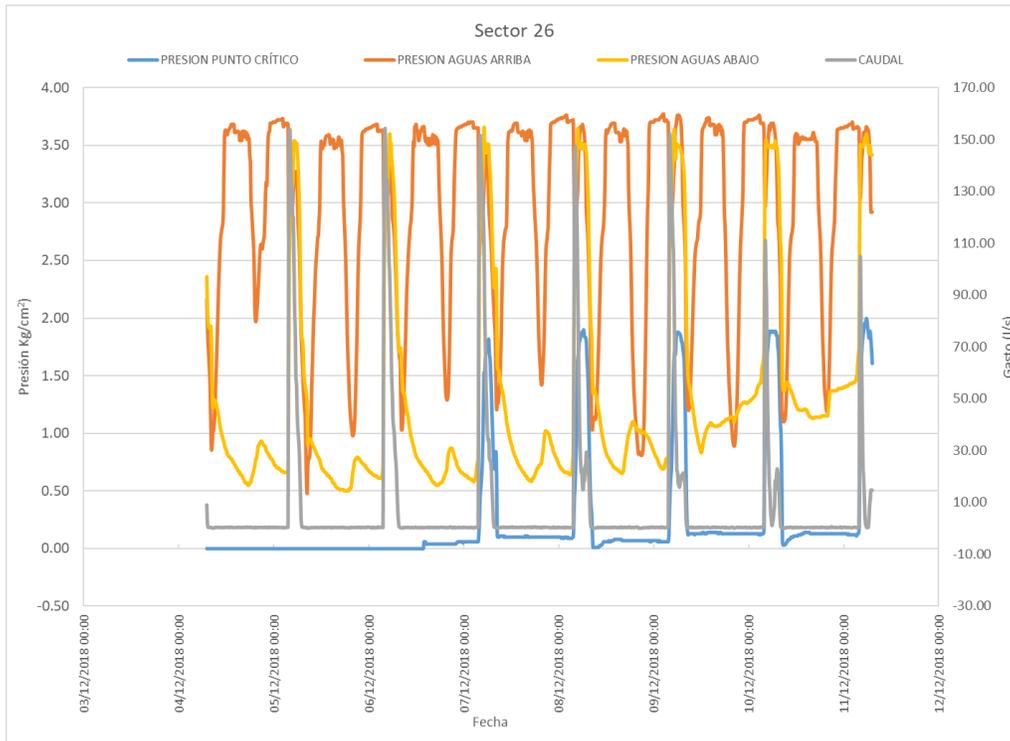


Ilustración 2.30. Variación de gasto y presión del Sector 26, empresa INCOTEX

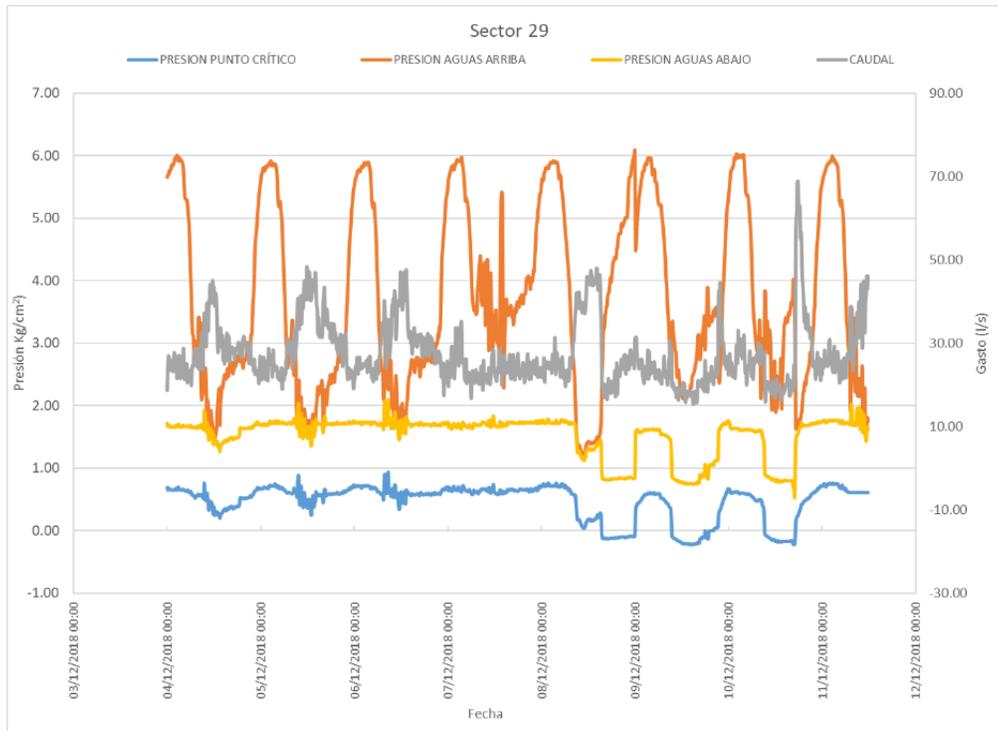


Ilustración 2.31. Variación de gasto y presión del Sector 29, empresa INCOTEX

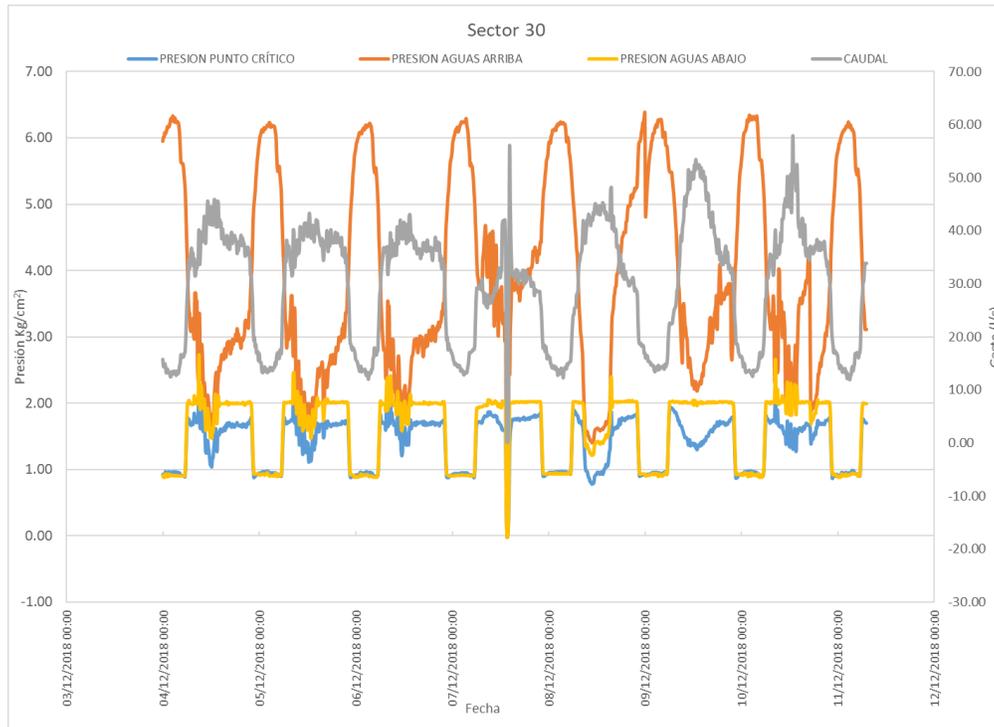


Ilustración 2.32. Variación de gasto y presión del Sector 30, empresa INCOTEX

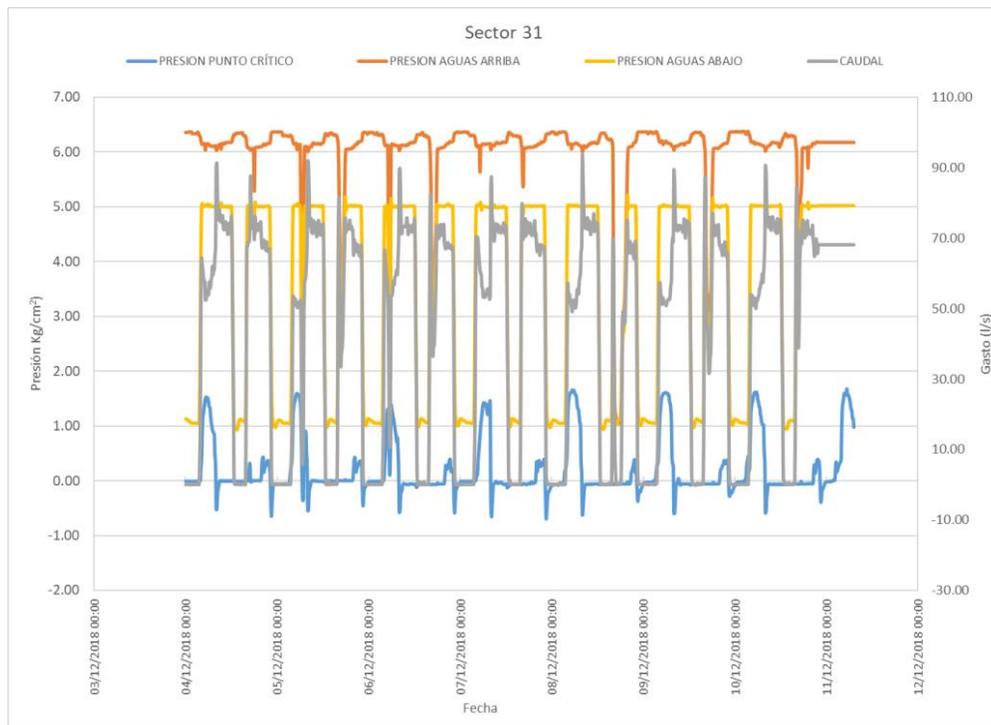


Ilustración 2.33. Variación de gasto y presión del Sector 31, empresa INCOTEX

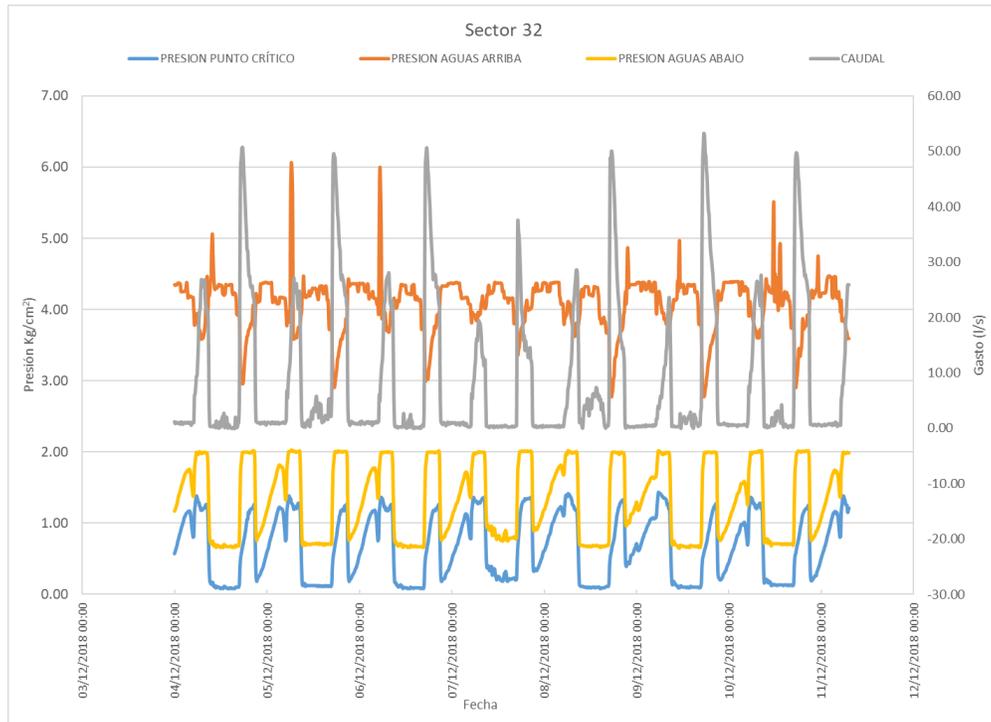


Ilustración 2.34. Variación de gasto y presión del Sector 32, empresa INCOTEX

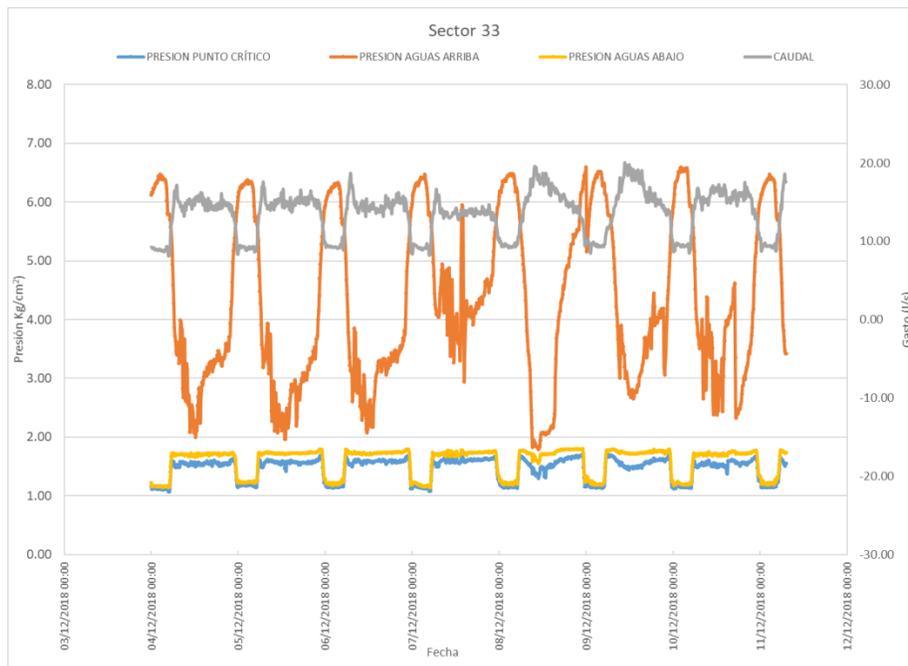


Ilustración 2.35. Variación de gasto y presión del Sector 33, empresa INCOTEX

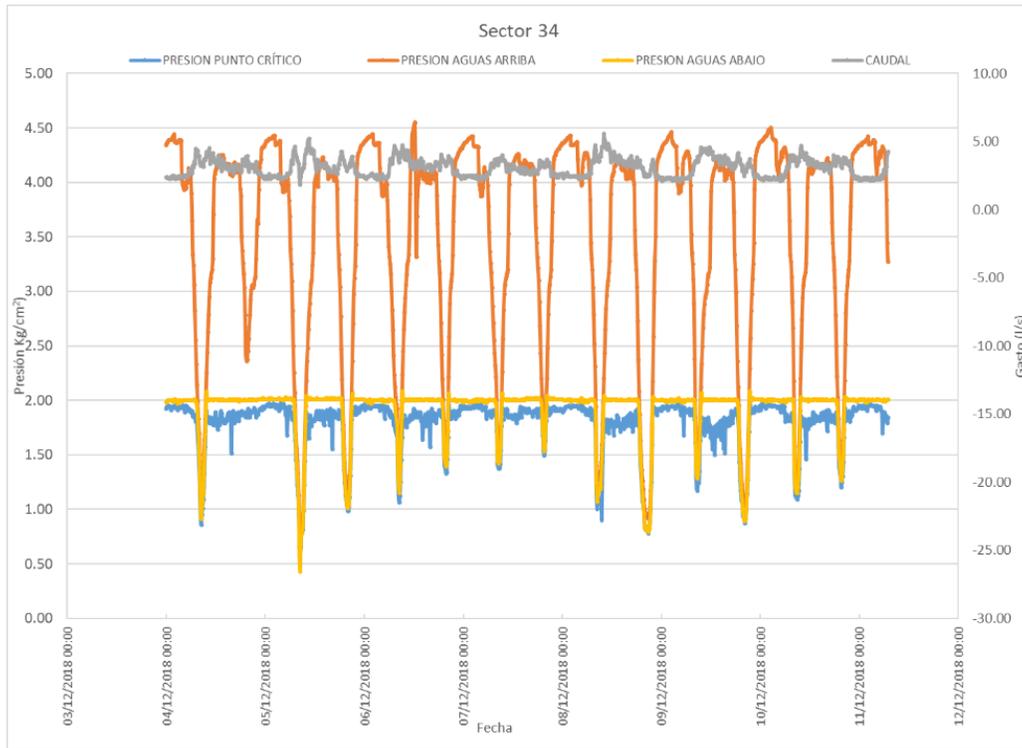


Ilustración 2.36. Variación de gasto y presión del Sector 34, empresa INCOTEX

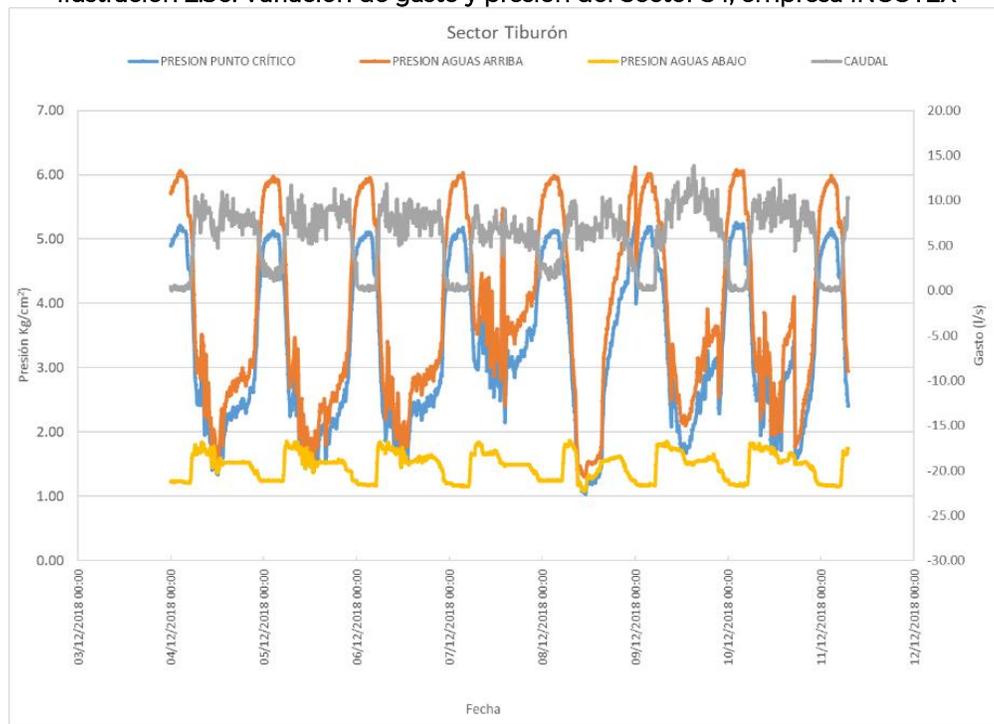


Ilustración 2.37. Variación de gasto y presión del Sector Tiburón, empresa INCOTEX

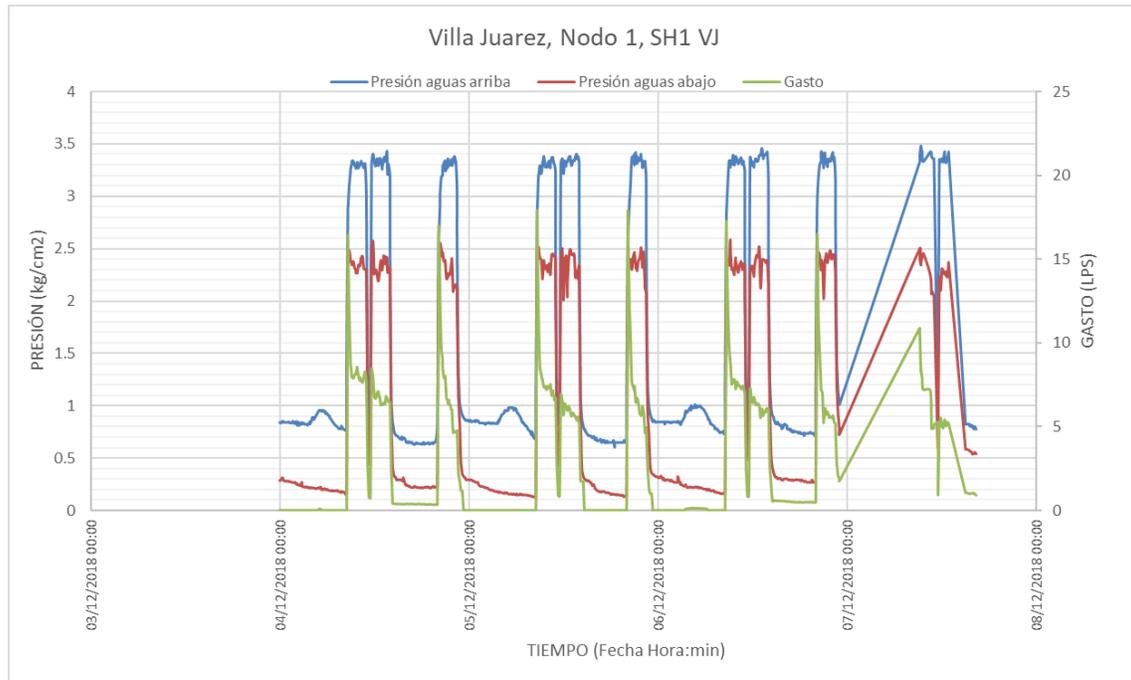


Ilustración 2.38. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, Nodo 1, SH1 VJ, empresa DTE

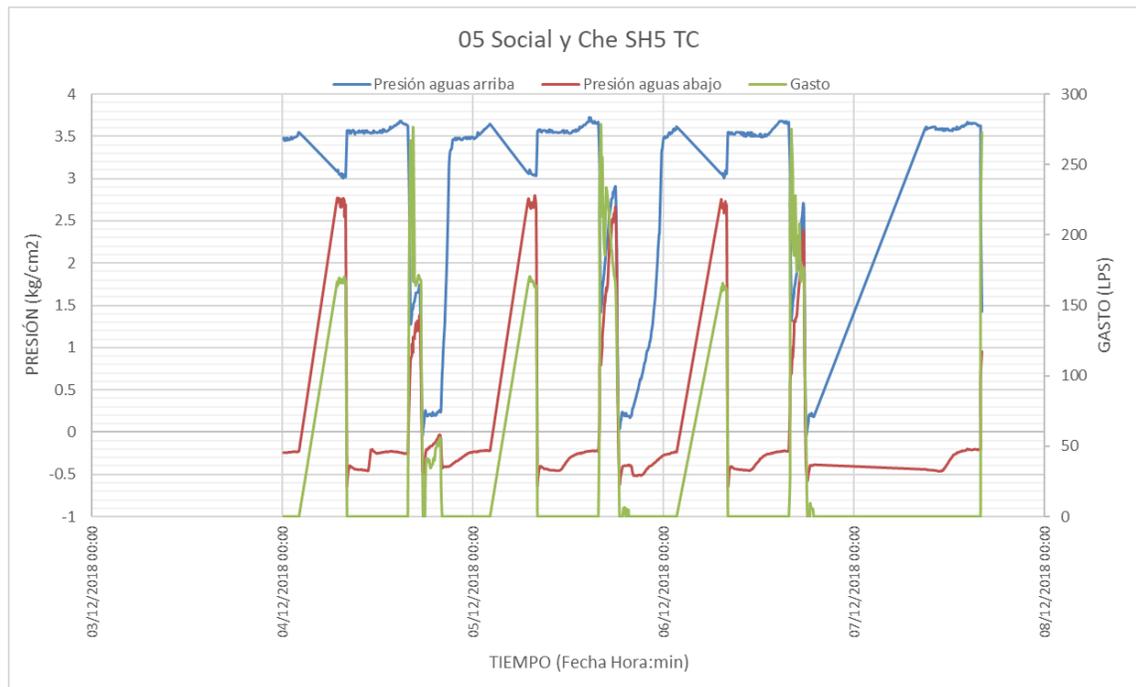


Ilustración 2.39. Variación de gasto y presión del Sector 05 Socialista y Che Guevara, SH5 TC, empresa DTE

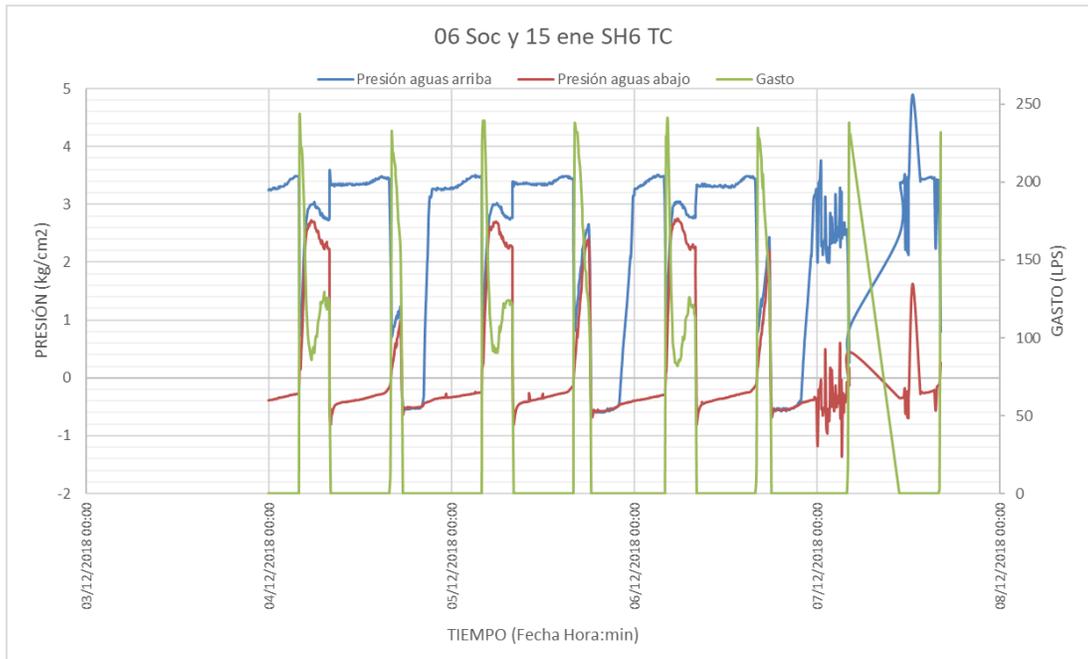


Ilustración 2.40. Variación de gasto y presión del Sector 06 Socialista y 15 de enero, SH6 TC, empresa DTE

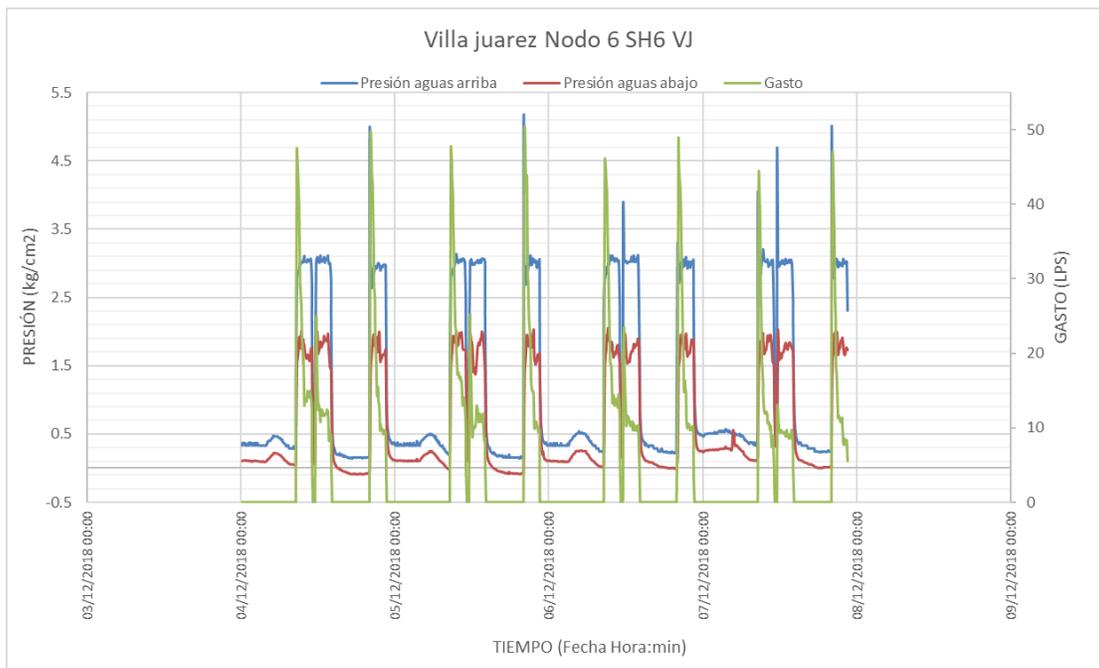


Ilustración 2.41. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, nodo 6, SH6 VJ, empresa DTE

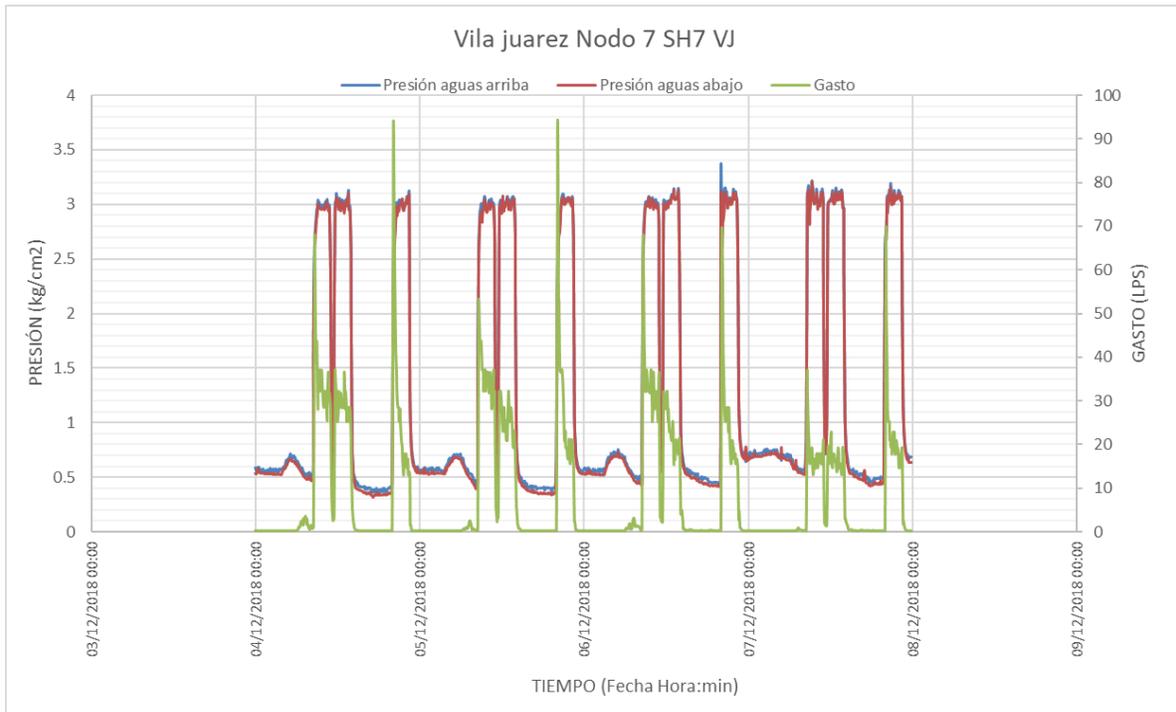


Ilustración 2.42. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, nodo 7, SH7 VJ, empresa DTE

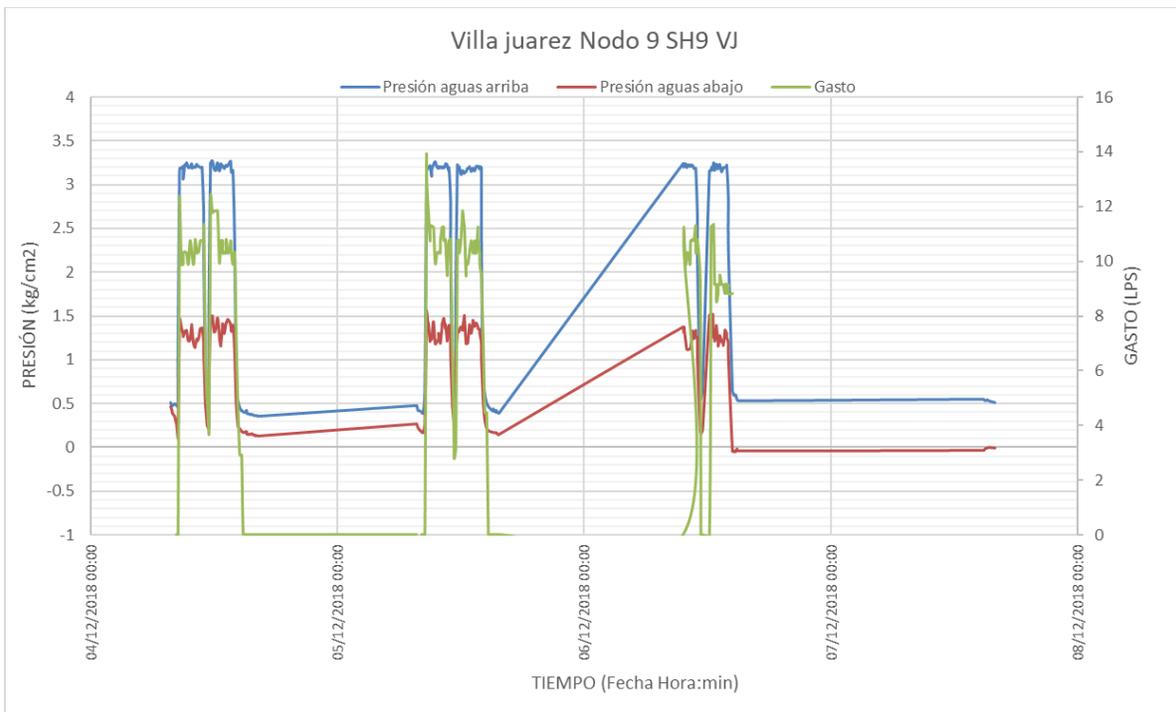


Ilustración 2.43. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, nodo 9, SH9 VJ, empresa DTE



## 2.4.1. Volúmenes suministrados en los Distritos Hidrométricos piloto

En la Tabla 2.5, se muestra un resumen del número de cuentas, volumen acumulado por mes, gasto mínimo y máximo de los sectores que fueron instrumentados por la empresa INCOTEX. En la Tabla 2.6, se muestra un resumen del número de cuentas, volumen acumulado por mes, gasto mínimo y máximo de los sectores que fueron instrumentados por la empresa DTE. En la Tabla 2.7, se muestra un resumen del número de cuentas, volumen acumulado por mes, gasto mínimo y máximo de los sectores que fueron instrumentados por la empresa PCP.

Tabla 2.5. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa INCOTEX

Variable	SH 13	SH 15	SH 6	SH 29	SH 30	SH 31	SH 32	SH 33	SH 34	SH TIBURÓN
NO DE CUENTAS	1299	867	1873	3891	3758	2191	2437	945	148	1189
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO AGOSTO (m <sup>3</sup> /cuenta)	0.87	2.48	0.41	0.75	0.72	1.46	0.40	1.29	2.12	0.37
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> /cuenta)	0.92	2.36	0.48	0.72	0.78	1.59	0.49	1.25	2.31	0.44
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO OCTUBRE (m <sup>3</sup> /cuenta)	0.74	2.43	0.30	0.71	0.69	1.69	0.38	1.30		
VOLUMEN ACUMULADO AGOSTO (m <sup>3</sup> )	35197	66623	23676	90490	84353	99400	30108	37841	9715	13491
VOLUMEN ACUMULADO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> )	35871	61452	27165	83649	88410	104667	35517	35517	10269	15555
VOLUMEN ACUMULADO OCTUBRE (m <sup>3</sup> )	29669	65411	17699	85469	80823	114972	28617	38211	nd	nd
GASTO MINIMO DIARIO AGOSTO (L/s)	-	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	8.48	-	0.00
GASTO MAXIMO DIARIO AGOSTO (L/s)	-	-	150.64	54.61	-	96.14	65.31	20.34	-	22.06
GASTO MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (L/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	12.21	0.00	0.00	7.77	0.00	0.00
GASTO MAXIMO DIARIO SEPTIEMBRE (L/s)	182.04	149.79	165.34	65.30	46.26	96.42	57.58	20.99	0.00	11.91
GASTO MINIMO DIARIO OCTUBRE (L/s)	0.00	0.00	0.00	3.26	11.96	0.00	0.01	7.79	-	-
GASTO MAXIMO DIARIO OCTUBRE (L/s)	182.04	153.32	133.61	54.81	54.48	86.23	56.23	21.08	-	-
PRESION ARRIBA MINIMO DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.03	0.15	-0.09	0.24	0.41	0.00	-0.35	0.94	0.19	0.39
PRESION ABAJO MAXIMA DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.24	3.99	3.94	2.48	2.35	5.51	2.10	1.83	2.18	0.00
PRESION ABAJO MINIMO DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.46	-0.04	0.64	0.34	0.31	0.92	0.22	1.15	0.01	0.00
PRESION ARRIBA MAXIMA DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	4.69	6.11	5.49	5.74	6.00	6.31	5.63	6.39	0.60	37.48
PRESION ARRIBA MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.01	1.15	0.41	0.23	1.30	1.44	1.83	0.92	0.06	-0.01
PRESION ABAJO MAXIMA DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.07	4.09	4.85	2.40	2.47	5.38	2.18	1.88	0.50	0.00
PRESION ABAJO MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.22	-0.03	0.36	1.55	0.87	0.92	0.65	0.69	0.05	0.00
PRESION ARRIBA MAXIMA DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	4.81	6.09	5.50	5.93	6.18	6.36	5.41	6.49	2.08	2.09
PRESION ARRIBA MINIMO DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.01	0.05	0.62	0.57	0.80	0.27	2.14	1.31	0.49	0.66
PRESION ABAJO MAXIMA DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.30	4.60	3.92	2.01	2.24	5.61	2.03	1.79	4.96	5.92
PRESION ABAJO MINIMO DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.23	-0.04	0.58	0.44	0.66	0.81	0.65	1.02	0.71	0.77

Tabla 2.5. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa INCOTEX

Variable	SH 13	SH 15	SH 6	SH 29	SH 30	SH 31	SH 32	SH 33	SH 34	SH TIBURÓN
PRESION MAXIMA EN PUNTO CRITICO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.65	1.13	-	1.26	2.12	1.51	1.30	1.74	1.95	4.52
PRESION MINIMA EN PUNTO CRITICO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.15	-0.06	-	-0.22	0.38	-0.66	0.00	0.68	-0.18	-0.11
PRESION MAXIMA EN PUNTO CRITICO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.99	1.13	3.17	1.06	2.52	1.66	1.35	1.75	3.01	4.89
PRESION MINIMA EN PUNTO CRITICO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.15	-0.04	-0.04	-0.31	0.03	-0.68	0.05	0.70	-0.15	-0.10
PRESION MAXIMA EN PUNTO CRITICO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.77	-	2.35	0.81	1.95	2.05	1.39	1.71	1.79	5.06
PRESION MINIMA EN PUNTO CRITICO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.15	-	-0.05	-0.29	0.45	-0.67	0.04	0.92	-0.15	0.62

Tabla 2.6. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa DTE

VARIABLE	TANQUE COLINA		VILLA JUAREZ, CONDUCCION POZOS PUERTAS			
	05 SOCIALISMO Y CHE GUEVARA	06 SOCIALISMO Y 15 DE ENERO	NODO 1 COLONIA 11 DE FEBRERO	NODO 6, CALLE 15A Y 16 DE SEPTIEMBRE	NODO 7, JULIO ACOSTA	NODO 9, PORFIRIO DIAZ
	SH5 TC	SH6 TC	SH 1 VJ	SH6 VJ	SH7 VJ	SH9 VJ
NO DE CUENTAS	5,122	6,822	195	1,378	928	575
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO AGOSTO (m <sup>3</sup> /día)	3,555	3,519	213	524	743	296
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> /día)	4,477	3,209	198	502	782	219
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO OCTUBRE (m <sup>3</sup> /día)	3,640	3,669	191	580	787	100
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO AGOSTO (m <sup>3</sup> /cuenta)	1	1	1	0.3	1	0.5
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> /cuenta)	1	0.5	1	0.3	1	0.4
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO OCTUBRE (m <sup>3</sup> /cuenta)	1	1	1	1	1	0.5
VOLUMEN MAXIMO DIARIO AGOSTO (m <sup>3</sup> )	4,495	9,135	286	716	1,069	385
VOLUMEN MAXIMO DIARIO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> )	9,435	6,840	360	776	1,217	465
VOLUMEN MAXIMO DIARIO OCTUBRE (m <sup>3</sup> )	4,905	5,895	244	683	1,053	223
VOLUMEN MINIMO DIARIO AGOSTO (m <sup>3</sup> )	1,800	1,675	122	3	359	72
VOLUMEN MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> )	1,945	1,390	86	15	409	113
VOLUMEN MINIMO DIARIO OCTUBRE (m <sup>3</sup> )	890	2,665	45	515	663	5
VOLUMEN ACUMULADO AGOSTO (m <sup>3</sup> )	110,205	109,100	6,603	14,143	21,540	8,584
VOLUMEN ACUMULADO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> )	134,320	96,265	5,925	14,060	21,888	6,576
VOLUMEN ACUMULADO OCTUBRE (m <sup>3</sup> )	112,855	113,740	5,908	17,987	24,395	3,112
GASTO MINIMO DIARIO AGOSTO(L/s)	142	120	5	5	0	10

Tabla 2.6. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa DTE

VARIABLE	TANQUE COLINA		VILLA JUAREZ, CONDUCCION POZOS PUERTAS			
	05 SOCIALISMO Y CHE GUEVARA	06 SOCIALISMO Y 15 DE ENERO	NODO 1 COLONIA 11 DE FEBRERO	NODO 6, CALLE 15A Y 16 DE SEPTIEMBRE	NODO 7, JULIO ACOSTA	NODO 9, PORFIRIO DIAZ
	SH5 TC	SH6 TC	SH 1 VJ	SH6 VJ	SH7 VJ	SH9 VJ
GASTO MAXIMO DIARIO AGOSTO (L/s)	257	279	23	39	94	22
GASTO MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (L/s)	62	80	2	3	0.2	2
GASTO MAXIMO DIARIO SEPTIEMBRE (L/s)	280	247	20	416	94	90
GASTO MINIMO DIARIO OCTUBRE (L/s)	140	100	7	14	0	2
GASTO MAXIMO DIARIO OCTUBRE (L/s)	255	267	16	50	54	92
PRESION ARRIBA MAXIMA DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.7	3.5	2.0	3.9	3.2	3.4
PRESION ARRIBA MINIMO DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.2	-0.7	0.1	0.1	0.2	-0.1
PRESION ABAJO MAXIMA DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.9	3.1	3.5	-0.2	3.2	1.5
PRESION ABAJO MINIMO DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.5	-0.7	0.4	2.9	0.1	-0.2
PRESION ARRIBA MAXIMA DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.7	3.4	3.5	3.2	98.0	4.7
PRESION ARRIBA MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.2	-0.7	0.5	0.0	-4.0	3.7
PRESION ABAJO MAXIMA DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.2	2.9	2.5	2.0	3.2	1.9
PRESION ABAJO MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.6	-0.8	0.1	-0.2	-4.0	-3.8
PRESION ARRIBA MAXIMA DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.7	3.5	0.2	4.1	3.0	0.2
PRESION ARRIBA MINIMO DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.2	-0.8	2.5	0.1	0.2	3.2
PRESION ABAJO MAXIMA DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.0	3.0	3.5	2.0	3.0	1.4
PRESION ABAJO MINIMO DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.7	-0.8	0.5	-0.2	0.2	-0.0

Tabla 2.7. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa PCP

Variable	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6.1	SECTOR 8	SECTOR 12	SECTOR 19	SECTOR 27
NO DE CUENTAS	4,784	4,153	1,170	4,350	2,627	1,416	1,513	5,371	1,593	1,328
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO AGOSTO (m <sup>3</sup> /cuenta)	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> /cuenta)	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO OCTUBRE (m <sup>3</sup> /cuenta)	1	1	0	1	1	3	1	0	#¡VALOR!	#¡VALOR!



Tabla 2.7. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa PCP

Variable	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6.1	SECTOR 8	SECTOR 12	SECTOR 19	SECTOR 27
VOLUMEN ACUMULADO AGOSTO (m <sup>3</sup> )	141,350	83,515	113,607	80,607	135,134	39,238	43,193	130,047	42,707	47,945
VOLUMEN ACUMULADO SEPTIEMBRE (m <sup>3</sup> )	115,219	83,009	105,007	79,264	116,416	32,492	40,532	128,688	43,311	45,058
VOLUMEN ACUMULADO OCTUBRE (m <sup>3</sup> )	137,667	65,411	17,699	85,469	80,823	114,972	28,617	38,211	nd	nd
	394,236	231,935	236,313	245,340	332,373	186,702	112,342	296,946	86,018	93,003
GASTO MINIMO DIARIO AGOSTO(L/s)	-	-	0	0	-	0	0	8	-	0
GASTO MAXIMO DIARIO AGOSTO (L/s)	-	-	151	55	-	96	65	20	-	22
GASTO MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (L/s)	30.00	0.00	0.00	0.00	12.21	0.00	0.00	7.77	0.00	0.00
GASTO MAXIMO DIARIO SEPTIEMBRE (L/s)	89.00	149.79	165.34	65.30	46.26	96.42	57.58	20.99	0.00	11.91
GASTO MINIMO DIARIO OCTUBRE (L/s)	28.00	0.00	0.00	3.26	11.96	0.00	0.01	7.79	-	-
GASTO MAXIMO DIARIO OCTUBRE (L/s)	78.00	153.32	133.61	54.81	54.48	86.23	56.23	21.08	-	-
PRESION AARRIBA MINIMO DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.03	0.15	-0.09	0.24	0.41	0.00	-0.35	0.94	0.19	0.39
PRESION AABAJO MAXIMA DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.24	3.99	3.94	2.48	2.35	5.51	2.10	1.83	2.18	0.00
PRESION AABAJO MINIMO DIARIO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.46	-0.04	0.64	0.34	0.31	0.92	0.22	1.15	0.01	0.00
PRESION AARRIBA MAXIMA DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	4.69	6.11	5.49	5.74	6.00	6.31	5.63	6.39	0.60	37.48
PRESION AARRIBA MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.01	1.15	0.41	0.23	1.30	1.44	1.83	0.92	0.06	-0.01
PRESION AABAJO MAXIMA DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.07	4.09	4.85	2.40	2.47	5.38	2.18	1.88	0.50	0.00
PRESION AABAJO MINIMO DIARIO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.22	-0.03	0.36	1.55	0.87	0.92	0.65	0.69	0.05	0.00
PRESION AARRIBA MAXIMA DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	4.70	6.09	5.50	5.93	6.18	6.36	5.41	6.49	2.08	2.09
PRESION AARRIBA MINIMO DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.01	0.05	0.62	0.57	0.80	0.27	2.14	1.31	0.49	0.66

Tabla 2.7. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa PCP

Variable	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6.1	SECTOR 8	SECTOR 12	SECTOR 19	SECTOR 27
PRESION AABAJO MAXIMA DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.60	4.60	3.92	2.01	2.24	5.61	2.03	1.79	4.96	5.92
PRESION AABAJO MINIMO DIARIO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.60	-0.04	0.58	0.44	0.66	0.81	0.65	1.02	0.71	0.77
PRESION MAXIMA EN PUNTO CRITICO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.65	1.13	-	1.26	2.12	1.51	1.30	1.74	1.95	4.52
PRESION MINIMA EN PUNTO CRITICO AGOSTO (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.15	-0.06	-	-0.22	0.38	-0.66	0.00	0.68	-0.18	-0.11
PRESION MAXIMA EN PUNTO CRITICO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.99	1.13	3.17	1.06	2.52	1.66	1.35	1.75	3.01	4.89
PRESION MINIMA EN PUNTO CRITICO SEPTIEMBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.15	-0.04	-0.04	-0.31	0.03	-0.68	0.05	0.70	-0.15	-0.10
PRESION MAXIMA EN PUNTO CRITICO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.77	-	2.35	0.81	1.95	2.05	1.39	1.71	1.79	5.06
PRESION MINIMA EN PUNTO CRITICO OCTUBRE (Kg/cm <sup>2</sup> )	-0.15	-	-0.05	-0.29	0.45	-0.67	0.04	0.92	-0.15	0.62

#### 2.4.2. Agua no contabilizada por Distrito hidrométrico piloto

Se realizó, con base en las mediciones de campo de los distritos hidrométricos piloto y de los consumos leídos en el padrón de usuarios de la JMAS, la relación del volumen de agua suministrado a los distritos y los volúmenes de agua leídos en los micromedidores de los usuarios y se obtuvo el agua no contabilizada que es igual a:

$$ANC = \left( \frac{\text{Volumen Leído}}{\text{Volumen suministrado}} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 2.2}$$

En la Tabla 2.8, se presentan los volúmenes per cápita por distrito hidrométrico piloto, destaca el SH 15 instrumentado por la empresa INCOTEX que presenta un consumo percápita de 27.75 m<sup>3</sup>/usuario/mes.

Tabla 2.8. Volumen per cápita por distrito hidrométrico piloto

NOMBRE	PROVEEDOR	Número de Usuarios Reportado por la empresa	Número de Usuarios del padrón	Volumen de agua leído (m <sup>3</sup> /DH/mes)	Volumen de agua consumido por usuarios per cápita (m <sup>3</sup> /usuario/mes)	Área del DH (has)
SH 1	PCP		4541	51730.00	11.39	116.55
SH 2	PCP		4153	48321.00	11.64	135.27
SH 3	PCP		1412	16090.00	11.40	52.47
SH 4	PCP		4346	57170.00	13.15	128.78
SH 5	PCP		2877	44278.00	15.39	178.38
SH 6.1	PCP		1424	20722.00	14.55	74.11
SH 8	PCP		1533	24212.00	15.79	77.87
SH 12	PCP		6422	90130.00	14.03	157.52
SH 19	PCP		1593	20770.00	13.04	66.29
SH 27	PCP		1300	18363.00	14.13	67.95
SH 13	INCOTEX	1299	1281	22083.00	17.24	84.26
SH 15	INCOTEX	867	867	24061.00	27.75	95.19
SH 26	INCOTEX	1837	1833	24515.00	13.37	120.23
SH 29	INCOTEX	3891	3891	45493.00	11.69	110.64
SH 30	INCOTEX	3758	3758	45017.00	11.98	140.90
SH 31	INCOTEX	2191	2164	27374.00	12.65	110.77
SH 32	INCOTEX	2437	2437	28326.00	11.62	68.45
SH 33	INCOTEX	945	945	13164.00	13.93	37.03
SH 34	INCOTEX	148	148	1919.00	12.97	15.22
SH Tiburón	INCOTEX	1189	599	6928.00	11.57	16.91
SH 1 VJ	DTE	195	171	1842.00	10.77	88.04
SH 5 TC	DTE	5122	6243	84550.00	13.54	198.54
SH 6 TC	DTE	6822	6037	86790.00	14.38	195.68
SH 6 VJ	DTE	1378	1378	16990.00	12.33	82.92
SH 7 VJ	DTE	928	1002	13492.00	13.47	48.89
SH 9 VJ	DTE	575	676	8885.00	13.14	49.59
SH 10 VJ	DTE		989	12976.00	13.12	66.43

En la Tabla 2.9, se estimó el agua no contabilizada de acuerdo a la ecuación anterior, en los distritos hidrométricos marcados en rojo. Se observa que el agua no contabilizada es negativa, esto se debe a que el valor del volumen registrado en el padrón de usuarios resulta mayor al volumen suministrado, generado por el volumen de agua cobrado a los usuarios de cuota fija (usuarios a los que no se les mide el volumen consumido). Se recomienda realizar una campaña de instalación de medidores domiciliarios en los usuarios de cuota fija.



Tabla 2.9. Agua no contabilizada por distrito hidrométrico piloto

NAME	Tipo de suministro	Tiempo de suministro (h)	Longitud de red (km)	Caudal suministrado (L/s)	Volumen reportado (m <sup>3</sup> /mes)	Volumen suministrado (m <sup>3</sup> /mes)	Volumen registrado en el padrón de usuario (m <sup>3</sup> /mes)	Agua no contabilizada	
								(m <sup>3</sup> /mes)	(%)
SH 1	Continuo	24.0	19.44	52.39		135,795	51,730	84,065	61.9
SH 2	Continuo	24.0	0	29.68		76,931	48,321	28,610	37.2
SH 3	Continuo	24.0	10.33	34.91		90,487	16,090	74,397	82.2
SH 4	Tandeado	6.0	34.74	73.67		47,738	57,170	-9,432	-19.8
SH 5	Continuo	24.0	41.7	44.73		115,940	44,278	71,662	61.8
SH 6.1	Tandeado	7.5	7.32	20.11		16,289	20,722	-4,433	-27.2
SH 8	Tandeado	15.5	12.22	17.74		29,697	24,212	5,485	18.5
SH 12	Tandeado	7.0	41.31	102		77,112	90,130	-13,018	-16.9
SH 19	Continuo	24.0	13.35	21.98		56,972	20,770	36,202	63.5
SH 27			14.48						
SH 13	Tandeado	4.6	2.39	64.61	35,197	31,959	22,083	9,876	30.9
SH 15	Tandeado	6.7	8.57	37.06	66,623	26,737	24,061	2,676	10.0
SH 26	Tandeado	4.3	27.29	63.64	23,676	29,761	24,515	5,246	17.6
SH 29	Continuo	24.0	23.29	28.61	90,490	74,157	45,493	28,664	38.7
SH 30	Continuo	24.0	12.59	29.56	84,353	76,620	45,017	31,603	41.2
SH 31	Tandeado	7.8	21.41	63.7	99,400	53,454	27,374	26,080	48.8
SH 32	Tandeado	4.0	6.76	23.32	30,108	10,074	28,326	-18,252	-5.9
SH 33	Continuo	24.0	3.85	13.52	37,841	35,044	13,164	21,880	62.4
SH 34	Continuo	24.0	2.54	3.06	9,715	7,932	1,919	6,013	75.8
SH Tiburón	Continuo	24.0	4.81	5.87	15,555	15,215	6,928	8,287	54.5
SH 1 VJ	Tandeado	6.2	3	5.227	6,390	3,511	1,842	1,669	47.5
SH 5 TC	Tandeado	7.0	44.03	155.28	106,650	117,392	84,550	32,842	28.0
SH 6 TC	Tandeado	7.0	39.18	145.44	105,570	109,953	86,790	23,163	21.1
SH 6 VJ	Tandeado	7.5	13.2	20.27	15,720	16,419	16,990	-571	-3.5
SH 7 VJ	Tandeado	6.0	10.89	27.56	22,290	17,859	13,492	4,367	24.5
SH 9 VJ	Tandeado	7.5	10.2	10.5	8,880	8,505	8,885	-380	-4.5



## 2.5. Recomendaciones para la reducción de pérdidas físicas en la red

### 2.5.1. Instrumentación del suministro

De forma paralela a los trabajos de instrumentación y control de presiones en los sectores de la red se debe instrumentar medición de caudales en las fuentes de suministro y la entrada a tanques, cárcamos de rebombeo y derivaciones a la red de distribución. De la información recopilada se identifican nueve puntos de medición en las conducciones principales, esto para cuantificar el volumen producido por las cinco fuentes principales, observe la Tabla 2.10, la Ilustración 2.44 y la Ilustración 2.45.

Tabla 2.10 Sitios recomendados para medición de caudal

ID	Nombre
1	Captación El Sauz
2	Captación El Sauz más Captación Terrazas
3	Captación El Sauz más Captación Terrazas más Captación el Sauz 2
4	Captación El Sauz más Captación Terrazas más Captación el Sauz 2 más Riveras de Sacramento
5	Captación Chuviscar
6	Captación Nombre de Dios
7	Captación Aldama
8	Captación Chihuahua
9	Captación Ranchera de Juárez

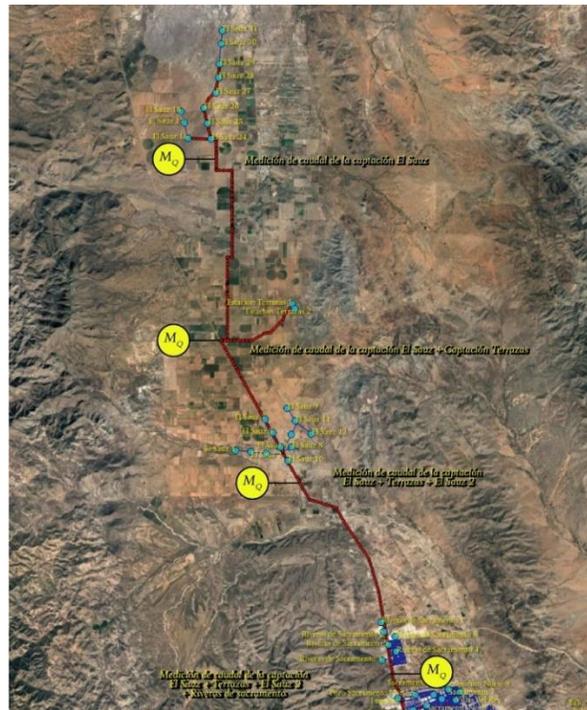


Ilustración 2.44 Sitios de medición de caudal recomendados en las captaciones (parte 1)

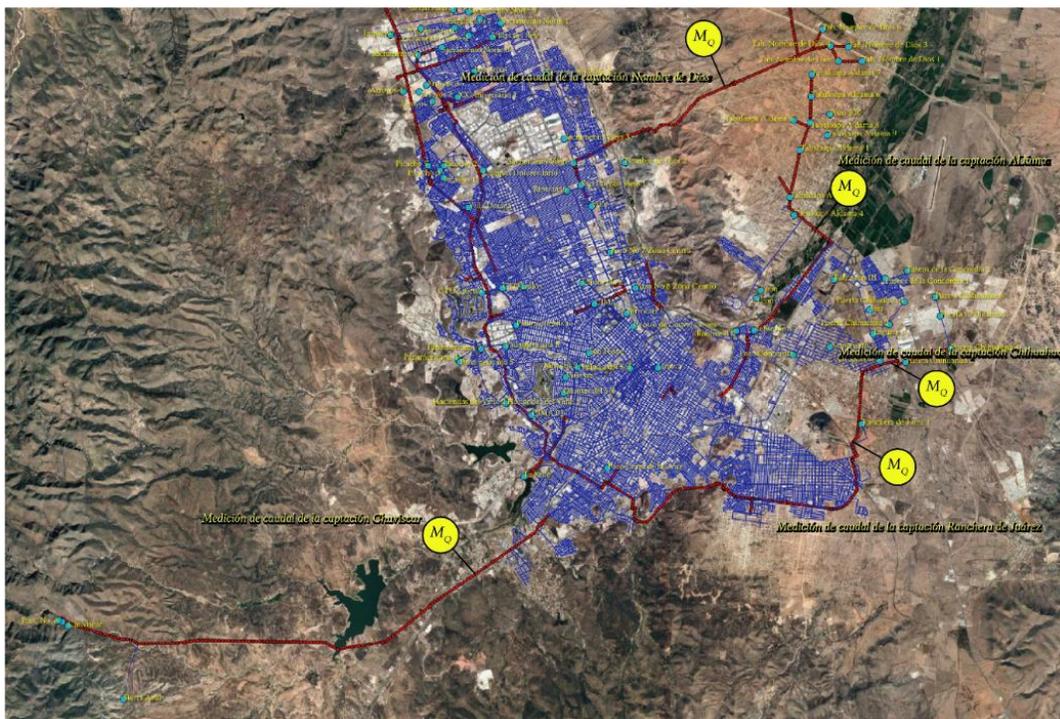


Ilustración 2.45 Sitios de medición de caudal recomendados en las captaciones (parte 2)

Adicionalmente se identifican 78 zonas de influencia en la red de distribución, tal como se presentan en la Ilustración 2.46 y la Tabla 2.11. Cabe mencionar que esta cuantificación se fundamenta en la información de 2010 y no incluye las ampliaciones a la red a 2018.

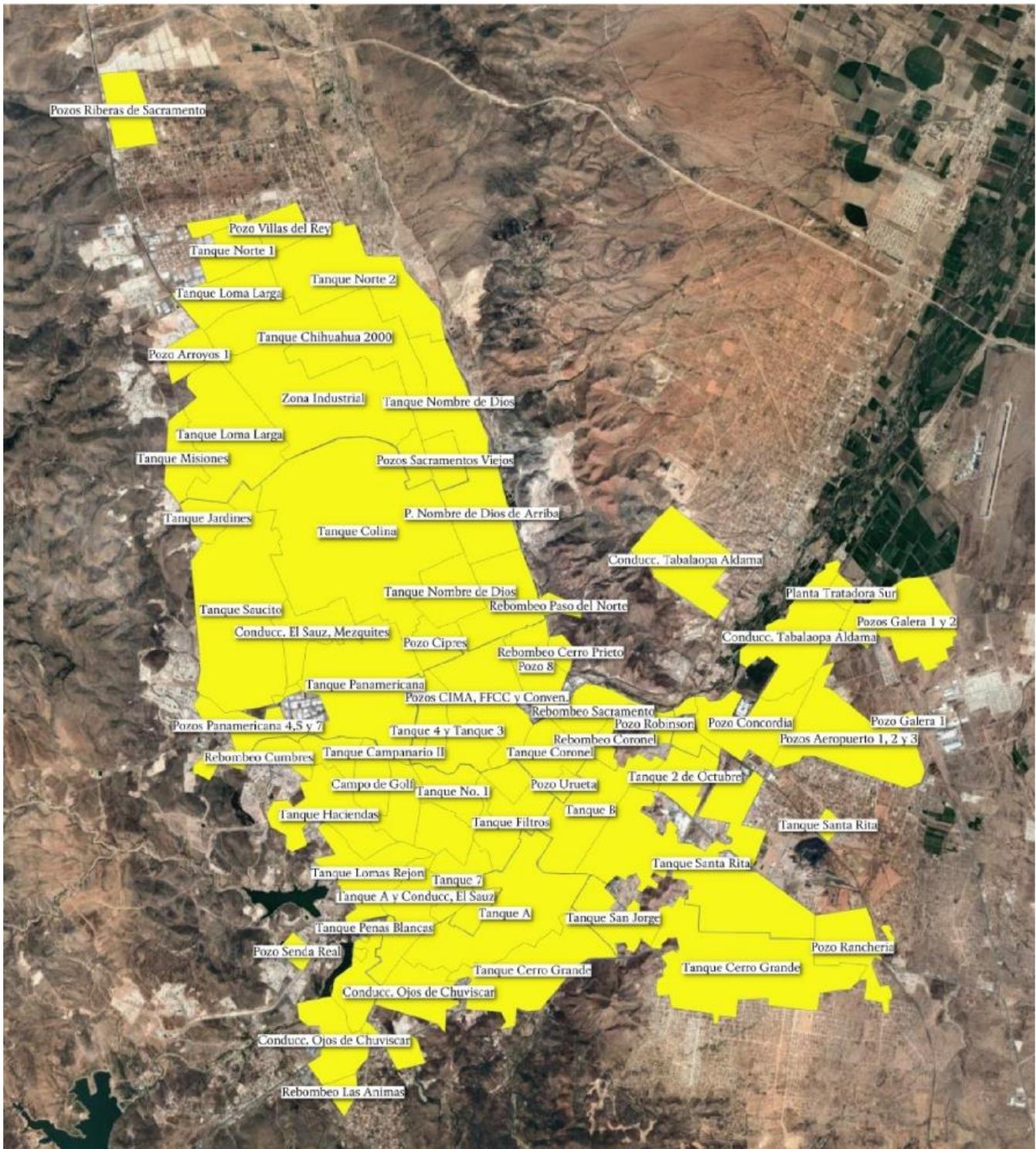


Ilustración 2.46 Zonas de influencia de la red de distribución



Tabla 2.11 Áreas de influencia de la red de distribución

<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>
1	Conducc. El Sauz, Mezquites	Conducción
2	Conducc. Tabalaopa Aldama	Conducción
3	Conducc. Tabalaopa Aldama	Conducción
4	Cond. Ojos Chuviscar y El Sauz	Conducción
5	Conducc. Ojos de Chuviscar	Conducción
6	Conducc. Ojos de Chuviscar	Conducción
7	Conducc, Ojos de Chuviscar	Conducción
8	Planta Tratadora Sur	Planta
9	Pozo Sacramento Norte 5	Pozo
10	Pozo Villas del Rey	Pozo
11	Pozo Arroyos 1	Pozo
12	Pozo Revolución	Pozo
13	Zona Industrial	Pozo
14	Pozos Sacramentos Viejos	Pozo
15	Pozos Panamericana 4,5 y 7	Pozo
16	Pozo Cipres	Pozo
17	Pozo 7	Pozo
18	P. Nombre de Dios de Arriba	Pozo
19	Pozos Riberas de Sacramento	Pozo
20	Pozo Quintas	Pozo
21	Pozo Palacio del Sol	Pozo
22	Pozo Cerro de la Cruz	Pozo
23	Pozo 8	Pozo
24	Pozo Urueta	Pozo
25	Pozo Robinson	Pozo
26	Pozo San Felipe	Pozo
27	Pozos CIMA, FFCC y Conven.	Pozo
28	Pozo Robinson	Pozo
29	Pozo Concordia	Pozo



Tabla 2.11 Áreas de influencia de la red de distribución

<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>
30	Pozos Galera 1 y 2	Pozo
31	Pozos Aeropuerto 1, 2 y 3	Pozo
32	Pozo Galera 1	Pozo
33	Pozo Ranchería	Pozo
34	Pozo Senda Real	Pozo
35	Rebombeo Paso del Norte	Rebombeo
36	Rebombeo Cumbres	Rebombeo
37	Rebombeo Cerro Prieto	Rebombeo
38	Rebombeo Coronel	Rebombeo
39	Rebombeo Sacramento	Rebombeo
40	Rebombeo X1	Rebombeo
41	Rebombeo Las Animas	Rebombeo
42	Rebombeo 1 T. P. Blancas	Rebombeo
43	Rebombeo 2 T. P. Blancas	Rebombeo
44	Tanque Norte 1	Tanque
45	Tanque Loma Larga	Tanque
46	Tanque Norte 2	Tanque
47	Tanque Misiones	Tanque
48	Tanque Loma Larga	Tanque
49	Tanque Chihuahua 2000	Tanque
50	Tanque Nombre de Dios	Tanque
51	Tanque Jardines	Tanque
52	Tanque Saucito	Tanque
53	Tanque Elev. Panamericana	Tanque
54	Tanque Panamericana	Tanque
55	Tanque Nombre de Dios	Tanque
56	Tanque Colina	Tanque
57	Tanque Campanario I	Tanque
58	Campo de Golf	Tanque



Tabla 2.11 Áreas de influencia de la red de distribución

<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>
59	Tanque Campanario II	Tanque
60	Tanque Haciendas	Tanque
61	Tanque No. 1	Tanque
62	Tanque Filtros	Tanque
63	Tanque 7	Tanque
64	Tanque No. 2	Tanque
65	Tanque Lomas Rejón	Tanque
66	Tanque 4 y Tanque 3	Tanque
67	Tanque Coronel	Tanque
68	Tanque 2 de Octubre	Tanque
69	Tanque B	Tanque
70	Tanque Santa Rita	Tanque
71	Tanque Santa Rita	Tanque
72	Tanque San Jorge	Tanque
73	Tanque Cerro Grande	Tanque
74	Tanque A	Tanque
75	Tanque Cerro Grande	Tanque
76	Tanque Penas Blancas	Tanque
77	Tanque Esperanza	Tanque
78	Tanque A y Conducción El Sauz	Tanque y Conducción

Se recomienda un medidor de flujo con monitoreo en tiempo real y almacenamiento de datos a intervalos de 10 minutos como mínimo. Por medio de este sistema de monitoreo será posible determinar la dotación del agua en cada zona de influencia y la producción global.

Bajo las condiciones actuales de operación no es posible modificar el suministro a los sectores para el control mediante presiones, debido a que se tiene acotado a un horario el cual de ser modificado podría afectar al resto de la red de distribución.

Determinando el volumen y tiempo de entrega en cada zona, será posible determinar qué partes de la red de distribución son susceptibles de disminuir caudal por medio del procedimiento de control de presiones que se debe tener para garantizar un suministro equitativo de distribución en el sector.



### **2.5.2. Medición del consumo por toma**

Como se presentó en la Tabla 2.2, existen diferencias significativas entre el volumen leído y el volumen suministrado, situación que evidencia las inconsistencias en la medición del consumo doméstico, el cual está a cargo del área comercial, por lo que se debe actualizar el padrón de usuarios, principalmente en los sectores instrumentados. Así como el número de usuarios que realmente son leídos, donde el porcentaje de usuarios con lecturas en 0 son significativos, además de la confiabilidad de la lectura de los micromedidores.

Se recomienda incluir como parte de las actividades a desarrollar por la empresa contratada la actualización del padrón de usuarios y la integración (o actualización) de la base de datos, así como su vinculación en el sistema de monitoreo que la propia empresa suministre.

Es importante para el proceso la participación del área comercial, principalmente de los letrados ya que en sus recorridos y a través de su conocimiento de la red y los usuarios pueden apoyar en la identificación de tomas clandestinas y fugas.

### 2.5.3. Zonas de influencia susceptibles de disminuir fugas con el control de presiones

Una vez cuantificadas las fuentes de suministro se deben establecer las zonas donde es posible hacer la gestión de presiones. Como criterio de selección se establece, en primera instancia, la incidencia de fugas en relación a la longitud total de tubería, tal como se muestra en la Ilustración 2.47, el cual se obtiene de la georeferenciación de los reportes de fugas, de esta manera se pueden priorizar áreas susceptibles de disminuir pérdidas con reducción de presiones.

Bajo este criterio, la

Tabla 2.12 presenta por área de influencia cuales son las que potencialmente podrían reducir sus pérdidas al controlar la presión.

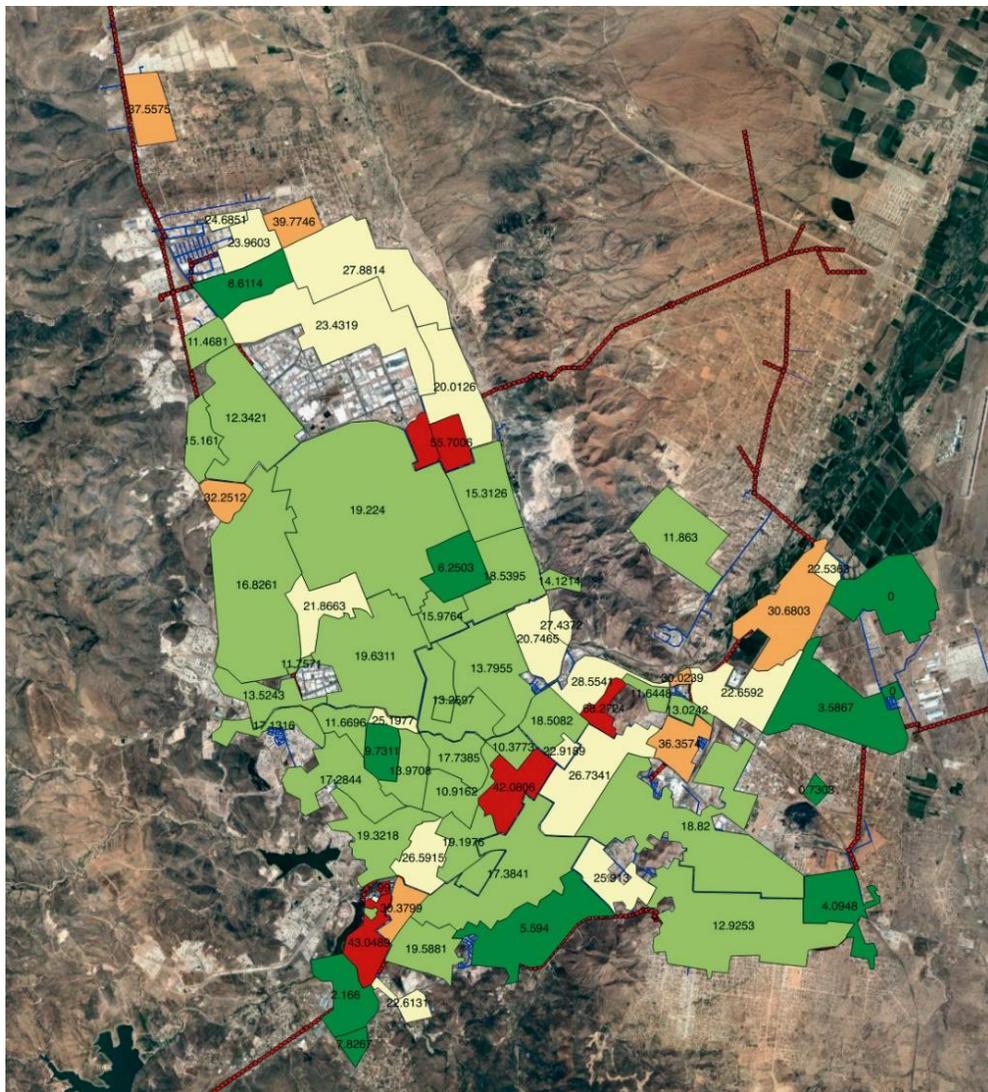


Ilustración 2.47 Índice de incidencia de fugas

Tabla 2.12 Índice de fugas por área de influencia

ID	Nombre	Tipo de suministro	Fugas reportadas (en los últimos tres años)	Longitud total de tuberías (m)	Índice de Fugas (fugas/km de tubería)
75	Tanque Penas Blancas	Tanque	70	323.55	253.55
47	Rebombero Coronel	Rebombero	593	8685.80	68.27
12	Pozos Sacramentos Viejos	Pozo	762	13680.29	55.70
77	Tanque Esperanza	Tanque	813	18885.51	43.05
10	Pozo Revolución	Pozo	463	10848.76	42.68
36	Tanque Filtros	Tanque	2165	51448.92	42.08
3	Pozo Villas del Rey	Pozo	1048	26348.48	39.77
26	Pozos Riberas de Sacramento	Pozo	1288	34294.09	37.56
60	Tanque 2 de Octubre	Tanque	931	25606.90	36.36
14	Tanque Jardines	Tanque	363	11255.40	32.25
57	Conducc. Tabalaopa Aldama	Conducción	1500	48891.35	30.68
67	Cond. Ojos Chuv. y El Sauz	Conducción	387	12738.69	30.38
52	Pozo Robinson	Pozo	214	7127.66	30.02
49	Rebombero Sacramento	Rebombero	639	22378.58	28.55
5	Tanque Norte 2	Tanque	2852	102290.35	27.88
42	Rebombero Cerro Prieto	Rebombero	151	5503.48	27.44
61	Tanque B	Tanque	1867	69835.96	26.73
40	Tanque A y Conducc, El Sauz	Tanque y Conducción	642	24143.08	26.59
64	Tanque San Jorge	Tanque	782	30177.92	25.91
31	Tanque Campanario II	Tanque	140	5556.07	25.20
1	Pozo Sacramento Norte 5	Pozo	182	7372.88	24.69
76	Rebombero 1 T. P. Blancas	Rebombero	17	703.83	24.15
2	Tanque Norte 1	Tanque	731	30508.81	23.96



Tabla 2.12 Índice de fugas por área de influencia

ID	Nombre	Tipo de suministro	Fugas reportadas (en los últimos tres años)	Longitud total de tuberías (m)	Índice de Fugas (fugas/km de tubería)
9	Tanque Chihuahua 2000	Tanque	3161	134901.53	23.43
45	Pozo Urueta	Pozo	168	7330.19	22.92
54	Pozo Concordia	Pozo	634	27979.85	22.66
74	Conducc, Ojos de Chuviscar	Conducción	226	9994.22	22.61
56	Planta Tratadora Sur	Planta	68	3017.36	22.54
17	Conducc. El Sauz, Mezquites	Conducción	744	34024.90	21.87
43	Pozo 8	Pozo	840	40488.75	20.75
13	Tanque Nombre de Dios	Tanque	1396	69756.16	20.01
19	Tanque Panamericana	Tanque	2496	127145.37	19.63
68	Conducc. Ojos de Chuviscar	Conducción	832	42474.81	19.59
41	Tanque Lomas Rejon	Tanque	750	38816.25	19.32
25	Tanque Colina	Tanque	5103	265449.30	19.22
38	Tanque 7	Tanque	459	23909.24	19.20
62	Tanque Santa Rita	Tanque	2345	124601.19	18.82
22	Pozo 7	Pozo	620	33442.03	18.54
46	Tanque Coronel	Tanque	834	45061.15	18.51
35	Tanque No. 1	Tanque	516	29089.31	17.74
69	Tanque A	Tanque	1733	99688.78	17.38
32	Tanque Haciendas	Tanque	648	37490.40	17.28
28	Rebombeo Cumbres	Rebombeo	224	13075.26	17.13
15	Tanque Saucito	Tanque	1654	98299.91	16.83
20	Pozo Cipres	Pozo	304	19028.11	15.98
23	P. Nombre de Dios de Arriba	Pozo	376	24554.93	15.31
7	Tanque Misiones	Tanque	358	23613.26	15.16
21	Rebombeo Paso del Norte	Rebombeo	50	3540.72	14.12
33	Pozo Quintas	Pozo	336	24050.13	13.97



Tabla 2.12 Índice de fugas por área de influencia

ID	Nombre	Tipo de suministro	Fugas reportadas (en los últimos tres años)	Longitud total de tuberías (m)	Índice de Fugas (fugas/km de tubería)
51	Pozos CIMA, FFCC y Conven.	Pozo	981	71109.91	13.80
18	Pozos Panamericana 4,5 y 7	Pozo	209	15453.71	13.52
44	Tanque 4 y Tanque 3	Tanque	577	43515.44	13.26
78	Rebombeo 2 T. P. Blancas	Rebombeo	16	1216.40	13.15
37	Pozo Cerro de la Cruz	Pozo	137	10507.67	13.04
53	Rebombeo X1	Rebombeo	105	8061.89	13.02
65	Tanque Cerro Grande	Tanque	2232	172684.70	12.93
50	Pozo San Felipe	Pozo	66	5310.74	12.43
8	Tanque Loma Larga	Tanque	1449	117403.15	12.34
27	Conducc. Tabalaopa Aldama	Conducción	580	48891.35	11.86
16	Tanque Elev. Panamericana	Tanque	35	2976.92	11.76
29	Tanque Campanario I	Tanque	214	18338.19	11.67
48	Pozo Robinson	Pozo	83	7127.66	11.64
6	Pozo Arroyos 1	Pozo	228	19881.24	11.47
39	Tanque No. 2	Tanque	330	30230.26	10.92
34	Pozo Palacio del Sol	Pozo	289	27849.25	10.38
30	Campo de Golf	Tanque	54	5549.19	9.73
4	Tanque Loma Larga	Tanque	1011	117403.15	8.61
72	Rebombeo Las Animas	Rebombeo	38	4855.19	7.83
24	Tanque Nombre de Dios	Tanque	436	69756.16	6.25
70	Tanque Cerro Grande	Tanque	966	172684.70	5.59
66	Pozo Ranchería	Pozo	147	35898.90	4.09



Tabla 2.12 Índice de fugas por área de influencia

ID	Nombre	Tipo de suministro	Fugas reportadas (en los últimos tres años)	Longitud total de tuberías (m)	Índice de Fugas (fugas/km de tubería)
58	Pozos Aeropuerto 1, 2 y 3	Pozo	151	42099.64	3.59
73	Conducc. Ojos de Chuviscar	Conducción	92	42474.81	2.17
63	Tanque Santa Rita	Tanque	91	124601.19	0.73
55	Pozos Galera 1 y 2	Pozo	0	39211.31	0.00
59	Pozo Galera 1	Pozo	0	4304.98	0.00
71	Pozo Senda Real	Pozo	92		

Como parámetro de selección complementario se considera la presión en la red, tal como se muestra en la Ilustración 2.48, las siguientes zonas de influencia presentan mayores a los 4 kg/m<sup>2</sup> (40 m) y por tanto serían susceptibles de reducción de presión:

1. Pozo Sacramento Norte
2. Tanque Norte 1
3. Tanque Chihuahua 2000
4. Tanque Misiones
5. Pozo Revolución
6. Tanque Saucito
7. Tanque Nombre de Dios
8. Rebombeo Cumbres
9. Tanque Campanario II
10. Tanque Haciendas
11. Tanque A
12. Tanque B
13. Conducción Ojos de Chuviscar
14. Tanque Cerro Grande
15. Tanque Santa Rita
16. Pozo Ranchería
17. Rebombeo Cerro Prieto
18. Pozos Galera I y II
19. Conducción Tabaloapa Aldama



Ilustración 2.48 Presiones en la red

De éstos deberán priorizarse aquellos que tengan tandeos mayores a cinco horas continuas, puesto que como se ha expresado, con un periodo de servicio corto no es posible realizar una adecuada gestión de presiones. Correlacionando zonas con alta incidencia de fugas, zonas con presiones altas y los mayores horarios de servicio la Tabla 2.13 muestra la priorización de zonas de influencia para la gestión de presiones. Al lograr recuperar caudal en las principales zonas de influencia podrá aumentarse el servicio en sectores contiguos y continuar con el proceso de gestión en ellos.

Tabla 2.13 Zonas potenciales para la gestión de presiones

ID	Nombre	Tipo de suministro	Índice de Fugas	Horas de servicio
55	Pozos Galera 1 y 2	Pozo	0.00	24
28	Rebombeo Cumbres	Rebombeo	17.13	24
31	Tanque Campanario II	Tanque	25.20	24
32	Tanque Haciendas	Tanque	17.28	24
7	Tanque Misiones	Tanque	15.16	24



ID	Nombre	Tipo de suministro	Índice de Fugas	Horas de servicio
10	Pozo Revolución	Pozo	42.68	12
42	Rebombeo Cerro Prieto	Rebombeo	27.44	10
13	Tanque Nombre de Dios	Tanque	20.01	10
57	Conducc. Tabalaopa Aldama	Conducción	30.68	9
1	Pozo Sacramento Norte 5	Pozo	24.69	9
9	Tanque Chihuahua 2000	Tanque	23.43	9
2	Tanque Norte 1	Tanque	23.96	9
68	Conducc. Ojos de Chuiscar	Conducción	19.59	8
69	Tanque A	Tanque	17.38	8
15	Tanque Saucito	Tanque	16.83	7

#### 2.5.4. Mecanismo de gestión de presiones

Una vez definidas las áreas de influencia por gestionar el procedimiento recomendado para instrumentar y gestionar presiones debe considerar como mínimo los pasos mostrados en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14 Procedimiento para la gestión de presiones

	Actividad	Ejecución	Apoyo
1	Establecer límites físicos reales del área de influencia	Empresa contratada	Departamento de Sectorización
2	Validar Catastro de la red	Empresa contratada	Departamento de Planeación (Gabinete) y Red Hidráulica (Campo)
3	Validar y actualizar padrón de usuarios	Empresa contratada	Dirección Comercial
4	Definir el punto crítico, su presión de operación y variación durante el día	Empresa contratada	Departamento de Sectorización
5	Instalar e instrumentar la medición de gasto y presión a la entrada del área de influencia	Empresa contratada	Departamento de Red Hidráulica
6	Instalar e Instrumentar la medición de presión en los puntos críticos del área en estudio	Empresa contratada	Departamento de Red Hidráulica
7	Definir la viabilidad de reducir la presión	Empresa contratada	Departamento de Sectorización
8	Definir la recuperación esperada de volúmenes de agua	Empresa contratada	Departamento de Sectorización
9	*Instalar e instrumentar la Válvula de Reducción de presiones (Se	Empresa contratada	Departamento de Red Hidráulica



Tabla 2.14 Procedimiento para la gestión de presiones

	<b>Actividad</b>	<b>Ejecución</b>	<b>Apoyo</b>
	deben aprovechar las VRP existentes)		
10	Ejecutar programa de gestión de presiones	Empresa contratada	Departamento de Sectorización
11	Ligar las lecturas de los volúmenes que ingresan a los distritos con los volúmenes que se consumen y facturan	Empresa contratada	Dirección Comercial
12	Estimación de consumos que no se facturan	Empresa contratada	Dirección Comercial
13	Identificar y reparar fugas y eliminar o regularizar tomas clandestinas	Empresa contratada	Departamento de Red Hidráulica
14	Cálculo de los índices paramétricos establecidos en los términos de referencia	Empresa contratada	Departamento de Sectorización Departamento de Red Hidráulica Dirección Comercial
15	Supervisar y evaluar los resultados	Departamento de Sectorización	Departamento de Red Hidráulica Dirección Comercial

\* En muchos sectores ya se tienen las VRP, se deben utilizar en los trabajos y no adquirir válvulas adicionales

Debe considerarse que la gestión de presiones es una actividad continua y tomará tiempo definir el efecto y los resultados.

### 3. DOCUMENTO DE BASES DE LICITACIÓN DEL PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA

#### 3.1. Análisis de factibilidad basado en los distritos hidrométricos piloto

De acuerdo con las inversiones realizadas por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, (JMAS), para monitorear los 26 distritos hidrométricos piloto (ver Ilustración 3.1), en promedio se requirió de 419,695.36 pesos por distrito.

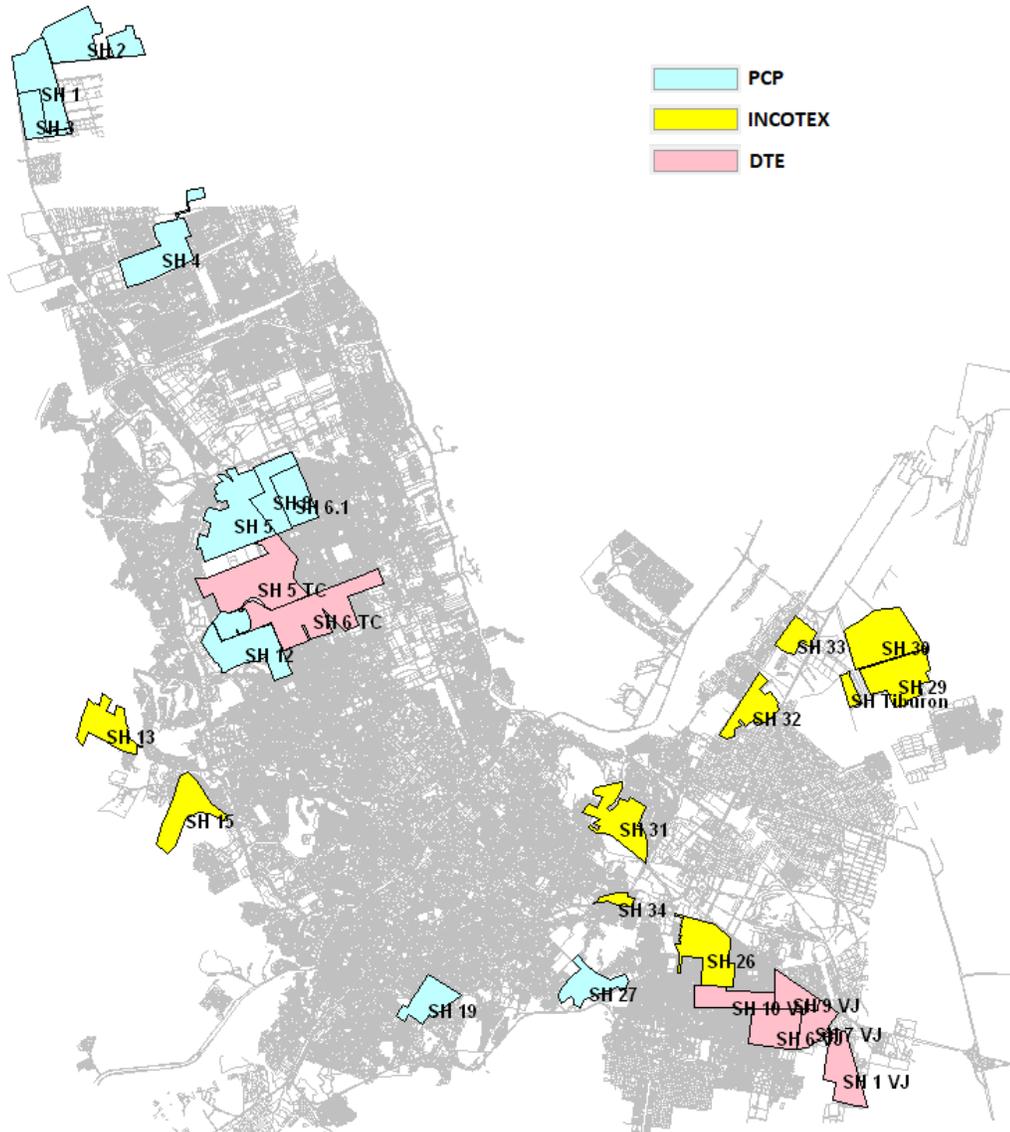


Ilustración 3.1. Distritos Hidrométricos Piloto

En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de los volúmenes recuperados por distrito hidrométrico piloto (DH), sólo en 13 de los 26 distritos ha sido posible determinar el volumen recuperado, aun así, el volumen total recuperado en estos 13 DH piloto es de 8,657 m<sup>3</sup>/día, considerando la tarifa de 27.386 \$/m<sup>3</sup>, que es el promedio que paga un usuario que consume



de 11 a 15 m<sup>3</sup>/mes; el monto por día recuperado es de 237,081 pesos. Si se considera una inversión promedio de 419,685.36 pesos por DH se obtiene un total de inversión de 10,912,079.24 pesos. Al dividir la inversión entre el monto en dinero recuperado, resulta un tiempo de recuperación de la inversión de 46 días.

En la Tabla 3.1, se presentan los tiempos de recuperación de la inversión de aquellos DH piloto en los que fue posible calcularlo, destacan los DH del sector 1 y 2 de la empresa PCP en que la inversión se recupera en tiempos de 7 y 8 días respectivamente. El DH piloto del sector 4 de la empresa PCP requerirá de 660 días para recuperar la inversión realizada. Estos resultados son alentadores, ya que se confirma que se puede instrumentar la red de distribución con el fin de monitorear sus caudales y que la inversión de estas acciones es recuperable en periodo de tiempo corto. Cabe señalar no obstante que tal recuperación económica de la inversión no se realizaría en los DHs donde se redujeran las pérdidas de agua, sino en otras partes de la ciudad (por ejemplo, en nuevos desarrollos habitacionales) donde la JMAS vendería los volúmenes de agua recuperados, sin tener que incrementar la producción en las fuentes de agua existentes o buscar nuevas fuentes de agua. De esta forma, la recuperación económica de la inversión no será inmediata, y los efectos del programa se verán a mediano y largo plazo.

Tabla 3.1. Volumen recuperado en los distritos hidrométricos piloto

Sector	Empresa	Costo de implementación (\$) no incluye IVA	Volumen diario antes de la gestión (m <sup>3</sup> /día)	Volumen recuperado (m <sup>3</sup> /día)	Volumen recuperado (%)	Volumen Suministrado o después de la gestión (m <sup>3</sup> /día)	Usuarios	Vol recuperado * tarifa (\$/día)	Tiempo en que se recupera la inversión (días)
1	PCP	397,543.91	5,522	2,190	39.66%	3332	4784	59,975	7
2	PCP	418,241.15	3,280	1,879	57.29%	1401	1170	51,458	8
3	PCP								
4	PCP	397,543.91	2,507	22	0.88%	2485	4350	602	660
5	PCP	374,562.85							
6.1	PCP	418,241.15							
8	PCP	369,071.75							
12	PCP	374,562.85							
19	PCP	374,562.85							
27	PCP	397,543.91							
13	INCOTEX	490,588.00							
15	INCOTEX	338,464.00							
26	INCOTEX	491,093.00							
29	INCOTEX	483,002.00	3,378	588	17.41%	2790	3891	16,103	30
30	INCOTEX	480,732.00	3,187	1,056	33.13%	2131	3758	28,920	17
31	INCOTEX	489,677.00	4,637	1,443	31.12%	3194	2191	39,518	12

Tabla 3.1. Volumen recuperado en los distritos hidrométricos piloto

Sector	Empresa	Costo de implementación (\$) no incluye IVA	Volumen diario antes de la gestión (m <sup>3</sup> /día)	Volumen recuperado (m <sup>3</sup> /día)	Volumen recuperado (%)	Volumen Suministrado o después de la gestión (m <sup>3</sup> /día)	Usuarios	Vol recuperado * tarifa (\$/día)	Tiempo en que se recupera la inversión (días)
32	INCOTEX	+	1,399	377	26.95%	1022	2437	10,325	41
33	INCOTEX	+							
34	INCOTEX	+	371	58	15.63%	313	148	1,588	264
S. TIBURON	INCOTEX	+	578	141	24.39%	437	1189	3,861	109
5 (TC)	DTE	+							
6 (TC)	DTE	+							
1(VJ)	DTE	+	338	134	39.64%	204	171	3,670	114
6(VJ)	DTE	+	785	35	4.46%	750	1378	959	438
7(VJ)	DTE	+	1,809	605	33.44%	1204	928	16,569	25
9(VJ)	DTE	+	479	129	26.93%	350	617	3,533	119

+ No se tiene información

### 3.2. Responsabilidad de las empresas contratistas

La documentación contendrá la responsabilidad de las empresas contratistas y las formas de recuperar las inversiones que de ella se deriven. Entre otras actividades a considerar en la misma son:

#### 3.2.1. Actualización del modelo de simulación de la red de distribución del distrito hidrométrico en estudio

La empresa contratista realizará la actualización del modelo de simulación de la red de distribución del distrito hidrométrico en estudio; a partir del modelo generado en la plataforma Epanet, Infoworks WS u otro, para esto, se realizarán reuniones de trabajo con el personal que opera la red de distribución para determinar las zonas de la ciudad en que se realizaron cambios a la red. El modelo incluirá la apertura y cierre de válvulas, llenado y vaciado de tanques, horarios de rebombes, y actualización de las zonas de la ciudad en las que la JMAS realizó trabajos de sectorización.

#### 3.2.2. Identificación de zonas de reducción de presiones

Con base en el modelo de simulación actualizado se realizarán escenarios de simulación para identificar los puntos en que es factible instalar Válvulas Reductoras de Presión, esto con la finalidad de reducir presiones en la red que garanticen un buen servicio de agua a los usuarios, pero que permitan reducir, con base en el control de presiones, las fugas en la red.



### **3.2.3. Identificación de nuevos distritos hidrométricos**

Una vez identificadas las zonas de la red en que la reducción de presiones proporcionará el mejor efecto, y su potencial de recuperación, con el apoyo del modelo matemático actualizado, se definirán distritos hidrométricos que instrumentar.

### **3.2.4. Metodología de reducción de pérdidas de agua**

Ésta deberá ser implementada por la empresa contratista, y considerará la instrumentación de distritos hidrométricos con equipos de control de presión y monitoreo. Con base en los análisis realizados, y la evaluación de la viabilidad y eficacia de las acciones recientes de instrumentar distritos hidrométricos piloto se generará una metodología a ser aplicada en el resto de la ciudad.

El presente documento tiene como objetivo establecer los alcances del proyecto para reducción de pérdidas físicas en la red de distribución de la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua.

Es imprescindible apearse a los procedimientos descritos en este documento para facilitar el desarrollo del proyecto y buscar que se cumplan sus objetivos en tiempo, calidad y costo.

Debe establecerse que cada herramienta de gestión se presenta como una matriz que se desarrolló con la información de la propuesta técnico económica, la experiencia de los involucrados y con la asesoría del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua que han desarrollado actividades similares, sin embargo, a lo largo del desarrollo del propio proyecto se presentarán contratiempos, modificaciones y ajustes que cambiarán algunas de las matrices definidas en este proceso de planificación. Esto lejos de ser un problema debe ser una oportunidad de desarrollar la capacidad de adaptación por parte del equipo de trabajo.

La empresa encargada de los trabajos recibirá, por parte de la JMAS Chihuahua los planos de la red de distribución en formato digital para Autocad® (\*.dwg), y la base de datos del catastro de la red en formato digital de archivos de capas (shapefiles) para visualización en plataforma QGis®, ArcGis® o similar.

### **3.3. Eficiencia en los sistemas de distribución de agua potable**

Se pueden definir varios tipos de eficiencia en los sistemas de distribución, por ejemplo, eficiencia física (que se relaciona con las pérdidas físicas de agua, es decir, las fugas propiamente) y eficiencia comercial. Las pérdidas a su vez se pueden clasificar en pérdidas reales y pérdidas aparentes (es decir que no se contabilizan, pero sí se consumen, tales como tomas clandestinas, consumos que no se facturan, etc.).

Existen varias técnicas para identificar y reducir las pérdidas físicas de agua (y con esto mejorar la eficiencia), tales como sectorización de las redes (que puede ser macro sectorización y sectorización en distritos hidrométricos), control de presión, técnicas de localización de fugas, sustitución de tuberías y tomas, etc. Ninguna de ellas, por moderna que



sea, es suficiente sola (por separado) para reducir las pérdidas, mejorar la eficiencia y mantener la eficiencia mejorada.

Algunas técnicas, como por ejemplo el control de presión, no funcionan bien si el suministro es tandeado.

Se requiere un enfoque integral, que incluya:

1. Diagnóstico inicial y plan de acciones
  - a. Balance del agua  
***SUMINISTRO = CONSUMO MEDIDO DE USUARIOS + CONSUMO ESTIMADO + PÉRDIDAS DE AGUA***
    - i. Por mes y por año
    - ii. Volumen producido contra volumen consumido
      1. Volumen facturado
      2. Volumen consumido por usuarios de cuota fija
      3. Volumen no facturado autorizado
    - iii. A nivel ciudad
    - iv. A nivel macro sectores (áreas d influencia)
    - v. A nivel distritos hidrométricos
  - b. Análisis de beneficio-costó (hasta dónde conviene recuperar)
2. Actualización del catastro de la red de agua potable
3. Sectorización
  - a. Modelo de la red y eventual optimización de la operación
  - b. Verificación de la sectorización
    - i. Prueba de cierre
    - ii. Sustitución de válvulas que no cierran
    - iii. Cortes permanentes (en algunos casos)
4. Vinculación predio-contrato
5. Detección y reparación de fugas
  - a. La mayor parte de las fugas se presentan en las tomas
  - b. Puede haber fugas en las cajas de válvulas también
  - c. La mayoría de las fugas son visibles, y se detectan por inspección de tomas y cajas de válvulas
  - d. La detección de fugas no visibles es cara y lenta (normalmente se deja para el final)
6. Sustitución de tuberías y tomas
  - a. Con base en estadísticas de fugas y clasificación
7. Selección de materiales adecuados para tuberías y tomas
8. Detección y regularización de tomas clandestinas
9. Cuantificación de la reducción de pérdidas lograda y beneficios respectivos.

Las Tabla 3.2 y Tabla 3.3 muestran las acciones que se pueden tomar para incrementar y controlar la eficiencia física y la eficiencia comercial.

Tabla 3.2 Acciones para incrementar y controlar la eficiencia física

<b>Acciones que incrementan la eficiencia física</b>	<b>Acciones que controlan la eficiencia física alcanzada</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Localización y reparación de fugas en tomas domiciliarias</li> <li>2. Localización y reparación de fugas en cajas de válvulas</li> <li>3. Localización y reparación de fugas en tuberías principales y secundarias, y tanques</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sectorización de la red de distribución</li> <li>2. Formación de recursos humanos en eficiencia física</li> <li>3. Macromedición</li> <li>4. Catastro de infraestructura hidráulica y de redes</li> <li>5. Control operacional</li> <li>6. Control de fugas</li> </ol>

Tabla 3.3 Acciones para incrementar y controlar la eficiencia comercial

<b>Acciones que incrementan la eficiencia comercial</b>	<b>Acciones que controlan la eficiencia comercial alcanzada</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajuste de consumos de cuotas fijas</li> <li>2. Corrección de errores de micromedición</li> <li>3. Localización y regularización de tomas clandestinas</li> <li>4. Incremento de la base de pago</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formación de recursos humanos en eficiencia comercial</li> <li>2. Padrón de usuarios</li> <li>3. Micromedición y consumos</li> <li>4. Control de pérdidas comerciales</li> <li>5. Facturación y cobranza</li> <li>6. Atención a usuarios</li> <li>7. Tarifas</li> </ol>

En este marco, se busca estructurar técnica, financiera y legalmente un proyecto involucre la participación de la iniciativa privada de modo tal que se incrementen los niveles de eficiencia física y comercial de la JMAS Chihuahua y se optimice la operación de la infraestructura de la misma, mediante un esquema de participación parcial del sector privado, así como preparar los documentos para su licitación. La estructuración del proyecto busca hacerlo atractivo para la empresa privada y a la vez lograr los objetivos establecidos por la contraparte pública, definiendo claramente el área del proyecto y el periodo de conciliación entre las partes privada y pública para acordar la línea base de indicadores, las metas que se pretenden alcanzar y que serán la base para evaluar el desempeño del privado, el periodo de inversión y operación, los incentivos y penalizaciones para el privado, los componentes principales del proyecto, y los papeles y responsabilidades tanto de la parte privada como pública.

### **3.4. Componentes del programa de recuperación de pérdidas**

Dada la situación actual de la JMAS Chihuahua, para el éxito del programa resulta indispensable realizar los siguientes trabajos:

- Diagnóstico de la situación actual y definición de necesidades. Incluye:



- Definición de áreas de influencia por fuente (macrosectores) y distritos hidrométricos articulados con esas áreas, de arriba para abajo
- Se requiere de un modelo de la red de distribución
- Definición de línea base
  - balance hídrico por macrosector, nivel de pérdidas actual, metas de recuperación
  - por áreas de influencia, y total
- Definición de necesidades de instrumentación
  - Macromedidores y VRPs que ya tiene la JMAS
  - Macromedidores y VRPs que hay que instalar
  - Telemetría, coordinada con el PEM
- Estrategia, planeación de acciones y costos
- Suministro e instalación de Macromedidores, VRPs y Telemetría
- Trabajos de recuperación. Incluyen:
  - Obra de sectorización física a realizar
  - Detección de fugas y tomas clandestinas
  - Balances continuos de agua, por áreas de influencia y por distritos

Se tiene cierto avance parcial en estos componentes del programa, como se explica a continuación:

- En el diagnóstico de la situación actual y definición de necesidades
  - Se hizo algo en el proyecto JMAS-IMTA 2008-2010
  - Se implementó un modelo computacional de la red completa de la ciudad
  - Se definieron distritos hidrométricos, que generalmente no se llegaron a implementar físicamente
  - Es necesario actualizar este trabajo
- Los distritos piloto 2018
  - Se planearon y ejecutaron independientemente del proyecto JMAS-IMTA 2008-2010
  - Servirán, parcialmente, como prueba de concepto
- La JMAS tiene instalados algunos macromedidores y VRPs
- Los alcances del PEM Chihuahua consideran instrumentar con telemetría los macromedidores existentes de la JMAS, así como agrega nuevos
- Trabajos de recuperación
  - Se ha hecho alguna obra de sectorización física
  - Se han realizado trabajos aislados de detección de fugas

### **3.4.1. Contratos de pago en base de resultados**

Los contratos de incremento de eficiencia en redes de distribución, sea ésta eficiencia física, eficiencia comercial, o ambas (eficiencia global), deben ser contratos de pago en base de resultados. El resultado debe ser el incremento de la eficiencia, y se debe de pagar de acuerdo con la eficiencia correspondiente lograda.

Las condiciones del contrato deben ser diferentes de las de un contrato de obra pública. Los pagos deben ser condicionados a los resultados. El esquema habitual de estimación y pagos



por catálogo de conceptos no es directamente aplicable, dado que el contratista puede realizar solamente algunos conceptos y no se logren los resultados.

Hay riesgos para el contratante y para el contratista:

- Para el Contratante: puede resultar que tenga que pagar los trabajos realizados por el contratista, pero que no se llegue al resultado (mejor eficiencia)
- Para el contratista: trabajó, pero no se pudo lograr el incremento requerido de eficiencia por otras razones, por lo que no le quieren pagar

### **3.4.2. Estudios de caso, Programa de recuperación de pérdidas en Brasil**

#### **3.4.2.1. Principios generales**

El éxito de las iniciativas de incremento de la eficiencia se debe no sólo a las posibles deficiencias intrínsecas al proceso, pero en gran parte a la falta de sostenibilidad de los resultados. Tradicionalmente, la falta de sostenibilidad de los resultados se configura como la principal causa de los fracasos de tales iniciativas. Hay que aplicar entonces una metodología que posibilite agregar en el proceso los recursos materiales, tecnológicos y humanos que permitan al mismo tiempo la implantación de planes de acción de carácter permanente, para garantizar la sostenibilidad de los resultados.

Por lo tanto, considerando la necesidad de instrumentos más eficaces que permitan optimización de la operación del sistema de forma controlada, que permitan la garantía de la regularidad del sistema, el abastecimiento y la disminución de los índices de pérdidas en la red de distribución, se hace necesaria la elaboración previa de diagnóstico operativo en los subsistemas de producción y de distribución, estudios de optimización de redes para adecuación de los sectores de distribución y de zonas de presión, diagnóstico de pérdidas reales y aparentes por sectores de distribución, investigación y detección de fugas no visibles, de acuerdo con un sistema de gestión operativa que garantice el cumplimiento de las metas de reducción de pérdidas en los sistemas, objeto de un Programa de Modernización de la Gestión que contemple, como mínimo, los siguientes aspectos principales:

- Levantamiento, análisis y consolidación de datos comerciales, catastrales y operativos sistema existente;
- Elaboración de diagnóstico operacional de los subsistemas productor y distribuidor en los sistemas de distribución de agua, sobre la base de datos catastrales, comerciales y operativos, en los resultados de medición de caudal, presión y nivel, de las pruebas de calibración de curvas de bomba y de perfiles de flujo sectoriales apoyadas por simulación hidráulica en modelo matemático calibrado;
- Elaboración de diagnóstico de pérdidas del sistema distribuidor incluyendo diagnóstico de pérdidas sectoriales, exploración operativa para la definición de límites de sectores, la realización de pruebas de evaluación de la relación entre presión de operación y caudal de fugas, pruebas de consumo nocturno y estimaciones de pérdidas reales;



- Ejecución de servicios de apoyo técnico incluyendo, realización de campañas de medición de flujo y presión para subsidiar los diagnósticos;
- Elaboración de estudios de optimización de las redes de distribución, abarcando las redes primarias y sus elementos de control, con proposición de intervenciones operativas a corto plazo (instalación de válvulas de bloqueo, interconexiones, rehabilitación y / o intercambio de tramos de redes), y concepción de intervenciones estructurales de medio y largo plazo (implantación de aductoras, reservorios, elevadores, aductores, redes), así como la definición de puntos de monitoreo permanentes o transitorios de caudal, presión y nivel;
- Implantación de control activo de fugas no visibles a través de la búsqueda para la detección de estas fugas, la cual combinada con la política de control pasivo de fugas deberá proporcionar una mayor eficiencia operativa. Esta actividad incluye la detección de fugas por principio de la propagación de las ondas acústicas producidas por las fugas, con vástago de escucha electrónica, geófono electrónico, correlacionadores, etc., en áreas potencialmente y / o históricamente sujetas a la existencia de fugas.
- Trabajos de campo, tales como instalación de puntos de monitoreo, detección y nivelación de registros, instalación de estaciones pitométricas, ejecución de campañas de medición de caudal / presión y realización de pruebas de consumo nocturno.

Todas las acciones a ser desarrolladas deberán estar subordinadas al sistema operacional del organismo operador, que abarca la supervisión, el control y el análisis del desempeño de la operación.

#### **3.4.2.2. Extracto de la documentación de concurso de un proyecto de recuperación de pérdidas en una ciudad brasileña**

El concurso fue licitado por CORSAN (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO), GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DE OBRAS, SANEAMENTO E HABITAÇÃO, y se refiere a las poblaciones de SANTO ÂNGELO (76,275 hab.), IJUÍ (78.400 hab.), ALEGRETE (78,984 hab.) y SANTIAGO (51.375 hab.) juntas, todas ellas del Estado RIO GRANDE DO SUL.

#### **Plazos de ejecución**

El plazo total para la ejecución de los servicios es de 810 (OCHOCENTOS DIEZ) días consecutivos, contados a partir de la recepción de la autorización para el inicio efectivo de los servicios, este plazo se distribuirá de la siguiente forma:

- 90 días iniciales para promover las instalaciones, realizar estudios, diagnósticos, sugerir medidas operativas y presentar un plan de trabajo;
- a continuación, 720 días para la recuperación de pérdidas propiamente

#### **Parámetros de evaluación**

Se utilizarán dos indicadores para la evaluación de los servicios: el IPT para los servicios reducción de pérdidas reales y el IVFU para los servicios de pérdidas aparentes, definidos abajo, con sus metas con respecto a la línea base. Los sistemas de abastecimiento de agua se

clasifican en tres grupos, según el valor del indicador IPT. El indicador IPT será el indicador correspondiente a 12 meses.

- Grupo 1: IPT mayor o igual a 500 L / Toma.día
- Grupo 2: IPT mayor o igual a 300 L / Toma.día e inferior a 500 L / Toma.día
- Grupo 3: IPT menor que 300 L / Toma.día
  
- Índice de pérdidas por toma *IPT*
  - $IPT = \frac{VP-VS-VC}{365 NT} 1,000$  [L/Toma.día]
    - *VP*=volumen producido en 12 meses [m<sup>3</sup>]
    - *VS*=volumen de servicio en 12 meses [m<sup>3</sup>]
    - *VC*=volumen consumido en 12 meses [m<sup>3</sup>]
    - *NT*=número de tomas
  - Meta de reducción en 12 meses (% de la línea base)
    - 20%, para IPT mayor o igual a 500 L/Toma.día
    - 15%, para IPT entre 300 y 500 L/Toma.día
    - 10%, para IPT menor de 300 L/Toma.día
  - Índice de volumen facturado unitario *IVFU*
    - $IVFU = \frac{VF}{NC}$  [m<sup>3</sup>/Toma.año]
      - *VF*=volumen facturado en 12 meses [m<sup>3</sup>]
      - *NC*=número de cuentas
    - Meta de aumento en 12 meses (% de la línea base):
      - 10%

### Remuneración por resultados

- Pago fijo los primeros 90 días de diagnóstico
- Pagos por resultados después, variable entre 80 y 120% según la variación anual del IPT, de acuerdo con el siguiente esquema:
  - Para IPT mayor o igual a 500 L/Toma.día:
    - Si no hay recuperación de pérdidas se paga 80% de la remuneración nominal
    - Si hay un 10% de recuperación de pérdidas se paga 100% de la remuneración nominal
    - Si hay 20% o más de recuperación de pérdidas se paga 120% de la remuneración nominal
    - Para valores de recuperación entre 0% y 20% el pago se determina por interpolación lineal entre 80% y 120% (ver la Ilustración 3.2)

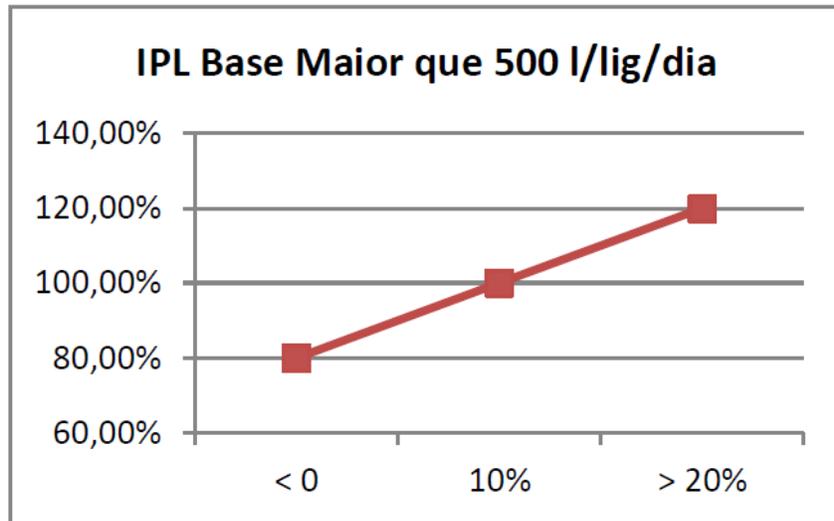


Ilustración 3.2. Porcentajes de remuneración por resultados para IPT mayor o igual a 500 L/Toma.día (tomado de la documentación del concurso en Brasil, letreros en portugués).

- Para IPT entre 300 y 500 L/Toma.día:
  - Si no hay recuperación de pérdidas se paga 80% de la remuneración nominal
  - Si hay 7.5% de recuperación de pérdidas se paga 100% de la remuneración nominal
  - Si hay 15% o más de recuperación de pérdidas se paga 120% de la remuneración nominal
  - Para valores de recuperación entre 0% y 15% el pago se determina por interpolación lineal entre 80% y 120% (ver la Ilustración 3.3)

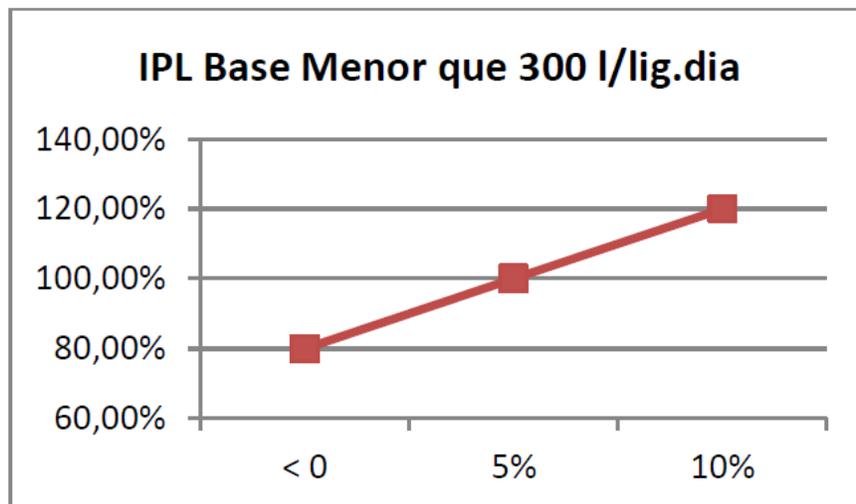


Ilustración 3.3 Porcentajes de remuneración por resultados para IPT entre 300 y 500 L/Toma.día (tomado de la documentación del concurso en Brasil, letreros en portugués)

- Para IPT entre 300 y 500 L/Toma.día:

- Si no hay recuperación de pérdidas se paga 80% de la remuneración nominal
- Si hay 5% de recuperación de pérdidas se paga 100% de la remuneración nominal
- Si hay 10% o más de recuperación de pérdidas se paga 120% de la remuneración nominal
- Para valores de recuperación entre 0% y 10% el pago se determina por interpolación lineal entre 80% y 120% (ver la Ilustración 3.4)

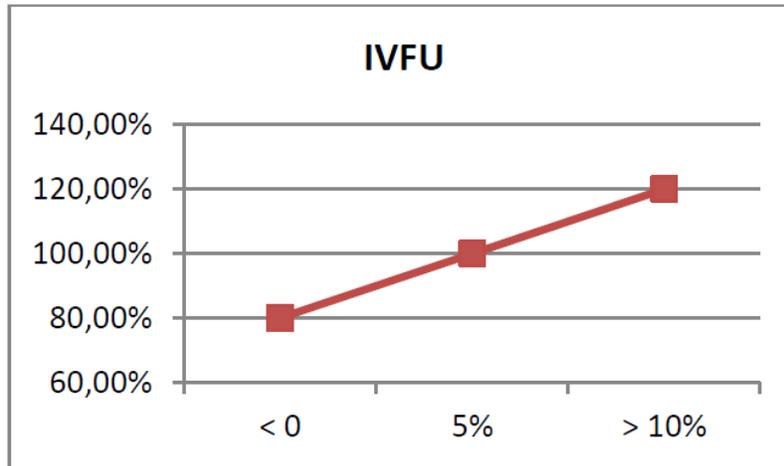


Ilustración 3.4 Porcentajes de remuneración por resultados para IPT menor de 300 L/Toma.día (tomado de la documentación del concurso en Brasil, letreros en portugués)

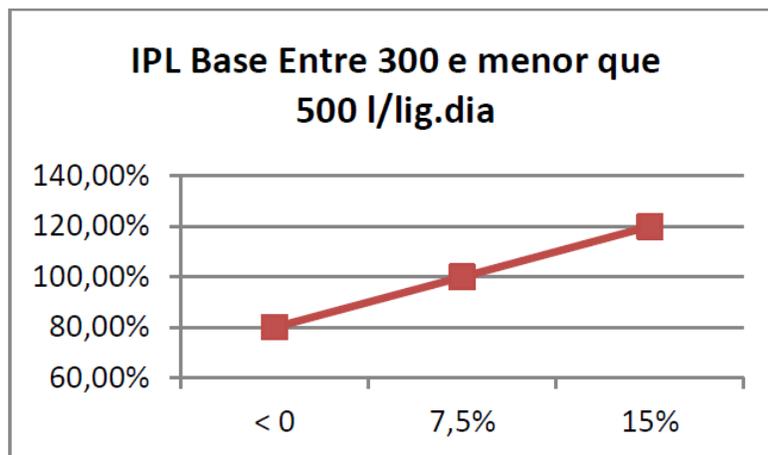


Ilustración 3.5 Porcentajes de remuneración por resultados para el Índice de volumen facturado unitario (tomado de la documentación del concurso en Brasil)

### 3.4.2.3. Esquema de pagos en contratos de itron Brasil

*itron Brasil* propone un esquema de pago por resultados muy similar, consistente en pago fijo al inicio y pago variable por resultados después:

- Si no hay recuperación - pago fijo, por mes
- Si hay recuperación - pago fijo + 80% de lo recuperado, por mes

La Ilustración 3.6 muestra ese esquema de pagos propuesto por itron Brasil en la presentación de ellos en Chihuahua, Chih.

## INCIDÊNCIA E EXPECTATIVA PRELIMINAR

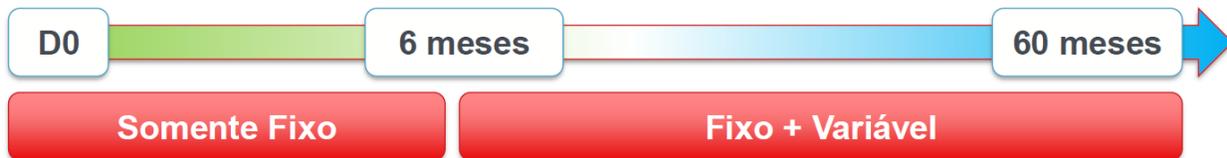


Ilustración 3.6 Esquema de pagos propuesta por itron Brasil (tomado de la presentación de itron Brasil en Chihuahua, Chih., letreros en portugués)

### 3.4.3. Recomendaciones de la compañía francesa Water Management International

Conceptos

- Se contrata una empresa especializada
- Se establecen reglas de monitoreo de resultados (línea base, etc.)
- Se establecen mecanismos de pago por desempeño
- Se establecen enlaces y responsabilidades entre las partes (Organismo Operador (OO) y Consultor)
- Se establecen mecanismos de transferencia de conocimiento (capacitación)

Hay 2 posibilidades:

- El OO contrata un gestor (consultor)
  - Remunerado por objetivos
  - El OO contrata por separado suministros, obras, servicios, etc.
- Contratista ALL INCLUSIVE

Recomendaciones:

- Realizar primero un estudio de factibilidad con establecimiento de un primer balance hídrico indicativo y niveles económicos de pérdidas. Este estudio debe evaluar también la calidad de los datos disponibles para que se genere un clima de confianza entre el OO y los posibles contratistas
- Buscar un financiamiento para permitir un arranque de actividades en condiciones sanas (si el riesgo financiero está totalmente sobre el contratista se puede encarecer mucho el proyecto).



- Prever un contrato equilibrado, o sea una parte por remuneración fija y/o precios unitarios, y otra variable. Más de 30%-50% por remuneración variable puede ser irrealista en OOs de baja eficiencia o con pocos datos iniciales confiables
- Si no hay sectorización se recomienda fijar precios de obra para materializar la sectorización, luego el componente variable se aplicará a las acciones de control de pérdidas ulteriores
- En sistemas intermitentes no se recomienda inicialmente dar enfoque a indicadores de reducción de pérdidas y pago por resultados
- Prever la posibilidad de reevaluar la línea base si la confiabilidad de los datos es baja. Por ejemplo, a los 6 meses iniciales del contrato.
- Prever un contrato suficientemente largo, con base en sostenibilidad, por ejemplo 3+2 años, 4+1 año, etc.
- Es factible orientar el contrato hacia reducción de pérdidas comerciales, si el OO lo estima más rentable. Se deben definir las metas en este sentido.
- No usar Índice de Agua no Contabilizada (IANC) en porcentajes para definir los objetivos. Se recomienda el volumen de Agua no Contabilizada (ANC) en m<sup>3</sup>/día o mejor en L/toma.día

#### **3.4.4. Recomendaciones de la Guía Manual GTZ-VAG Programa de control de pérdidas de agua**

La Ilustración 3.7 muestra un extracto (Tabla 4.9) del libro “Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión”, publicado por la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) y el fabricante alemán de válvulas VAG-Armaturen.

**Tabla 4.9 Pasos de un Plan de Acción [81]**

Etapa	Objetivo	Medidas / Herramientas
Preparación	Entender las razones y factores principales que influyen las pérdidas de agua	Estudios piloto, revisión de la literatura
	Recolectar información sobre el sistema de suministro de agua	Registro de redes, modelo de red hidráulica, medición de flujos y presiones
	Evaluar el nivel actual de las pérdidas reales y aparentes	Balace hídrico desde arriba hacia abajo, análisis de componentes, balance hídrico desde abajo hacia arriba
	Verificar la confiabilidad de los cálculos de balance hídrico	Bandas de exactitud, límites de confianza del 95%
	Analizar ahorros potenciales	
Fijación de metas	Calcular indicadores de desempeño relevantes	PRAA, PRAI, IFE, IGP
	Definir el nivel económico de fuga	NEF
	Seleccionar métodos de intervención apropiados	Control activo de fugas (CAF), DHM, gestión de la presión, rehabilitación y reemplazo de tubos
	Determinar metas de corto y largo plazo	MPRA
	Elaborar un plan de inversión	
Adquisiciones	Proveer servicios de apoyo, equipamiento, materiales, sistemas TI	
Ejecución de proyectos	Desplegar personal propio o contratar formas especializadas	
	Administrar obras	
	Capacitar personal	
Monitoreo y Mantenimiento	Revisar presupuestos	
	Monitorear el desarrollo de las fugas, mantener las instalaciones y el equipamiento	Base de datos de fallas, registro de redes
	Control activo de fugas permanente	
	Evaluar resultados	Balace hídrico, registro de redes

Ilustración 3.7 Extracto del libro “Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión”, publicada por la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional y el fabricante alemán de válvulas VAG-Armaturen.

En líneas generales, las recomendaciones de esta guía coinciden con las de Itron Brasil y WMI, en particular enfatizan la necesidad de una fase inicial de Preparación y Fijación de metas, seguida por Adquisiciones, Ejecución de proyectos, y Monitoreo y Mantenimiento.

### 3.5. Acciones necesarias e inversiones relacionadas

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual, para lograr los objetivos del programa se requiere de la implementación de las acciones que conllevan, como mínimo, las siguientes inversiones relacionadas:

- para sectorización e implementación de distritos hidrométricos
- para incremento de eficiencia electromecánica
- para complementación de la telemetría en fuentes y tanques
- para la rehabilitación y/o reposición de tomas
- para la rehabilitación y/o reposición de la red de conducción - distribución



### **3.6. Inversiones para sectorización e implementación de DH**

La sectorización de la red de agua potable en DHs, estará basada en un proyecto ejecutivo que será realizado por el licitante ganador, fundamentado en una simulación hidráulica dinámica de la red e infraestructura existente, incluyendo los pozos, tanques de regulación y rebombes. Dicha simulación se realizará con el software con que cuenta actualmente la JMAS, por lo que deberá adquirir las licencias respectivas, en caso de no contar con ellas.

El proyecto de sectorización se registrará por el principio de que la red sea fraccionada en DHs por zonas de influencia de los tanques existentes y determinando la necesidad de nuevos reservorios donde se requieran, y a su vez agrupados en función de los pozos que los abastezcan, de forma tal que al ejecutar los proyectos, las acciones para incrementar las eficiencias en ellos, sean realizadas por grupos de DHs que pertenezcan a una misma fuente y en la misma puedan notarse y medirse sus efectos con la disminución de la producción.

Incluye, en cada DH:

- Actualización del padrón de usuarios
- Adquisición e instalación y/o reposición de válvulas para cierre de DH y construcción de sus cajas
- Comprobación de cierre de los DHs
- Instalación de macromedidores y construcción de sus cajas
- Construcción de nuevas líneas donde sea necesario para mantener la presión en los rangos adecuados
- Adquisición e instalación de válvulas reguladoras de presión y construcción de sus cajas
- Balance del agua mensual para determinar pérdidas y avances en la recuperación
- Detección de fugas en tomas y red, reparación de fugas detectadas y comprobación de resultados con los balances mensuales.
- Rehabilitación y/o reposición de tomas

Los beneficios que aporta la ejecución de un buen proyecto de sectorización en distritos hidrométricos, son indiscutibles, si el mismo se ejecuta basado en la simulación dinámica de la red, para con ella delimitar las zonas de influencia de los tanques de regulación, determinar si su capacidad es suficiente y/o ampliar o reducir su zona, según los resultados obtenidos, además de construir nuevos donde se requiera. Por una parte se obtienen beneficios importantes en la operación reduciendo sus costos, al operar los equipos de bombeo contra cargas poco oscilantes, a diferencia de cuando abastecen directamente a la red y tienen que cubrir las variaciones de la demanda, por otra, al sectorizar, se reducen las presiones de trabajo en la red a aquellas que resulten convenientes, por lo que se disminuyen las fallas en tuberías y tomas por esta causa.

Un buen proyecto de sectorización permite hacer una auditoría del agua cada ciclo de facturación, siempre y cuando en los DHs se tenga cubierta al 100% la micromedición y se hayan instalados medidores de caudal en las entradas y salidas de los mismos, según el caso,



por lo que permanentemente se estarán determinando los principales indicadores de gestión operativos y comerciales, de forma que con ellos se puedan detectar los problemas que se presentan y actuar en consecuencia.

Con una sectorización de este tipo, es posible alcanzar, en un plazo razonablemente corto, un ahorro sustancial del agua producida y la posibilidad de desplazar en el tiempo las inversiones para entrada de nuevas fuentes.

### **3.7. Inversiones en complementación de telemetría**

Incluye la telemetría que no se cubrirá con el Plan Estatal de Medición en proceso.

### **3.8. Auditoría del agua y/o reposición de tomas**

Para cada DH que se vaya implementando, se debe realizar auditoría del agua cada mes, para determinar en él o los macro medidores, el volumen de agua entregado en ese período y el volumen consumido a partir de las lecturas de los micro medidores, de tal forma que pueda determinarse el volumen perdido, con cuyos resultados se estará evaluando el nivel de eficiencia del DH y si éste no es satisfactorio emprender las acciones para mejorarla, siguiendo el siguiente orden:

- Detección de fugas en red y tomas del DH, con base a las especificaciones técnicas que les entregará la JMAS.
- Regulación y/o cancelación de las conexiones no reguladas, su incorporación al padrón de usuarios e instalación de micro medidor, si se regula al usuario, con base a las especificaciones técnicas que les entregará la JMAS.
- Reparación de fugas en red y tomas detectadas, con base a las especificaciones técnicas que les entregará la JMAS.

Después de realizadas las anteriores acciones, se volverán a medir sus efectos en el mes siguiente con la auditoría y si el resultado no es satisfactorio se realizará nuevamente la detección de fugas en red y tomas, en caso de encontrarse que éstas sean significativas, se realizará la rehabilitación de red y tomas en aquellos tramos donde se haya identificado que es mayor su incidencia, lo anterior deberá ser aprobado por la JMAS y se ejecutará con base a las especificaciones técnicas que ésta indique.

Nuevamente se realizará en el mes siguiente la auditoría, y la JMAS evaluará si es necesario seguir realizando acciones de mejora.

### **3.9. Rehabilitación de Red de agua potable y tomas**

Incluye dos acciones principales:

- Programa de rehabilitación de tomas domiciliarias
- Renovación de tuberías de distribución en zonas de mayor antigüedad



Por otra parte, con excepción de zonas previamente identificadas por la obsolescencia de su infraestructura, los trabajos de rehabilitación y/o reemplazo de tomas y redes, se enfocan a los DHs donde se obtengan los indicadores en valores tales que identifiquen este tipo de problemática, bajo el supuesto de que con una micromedición y lectura de calidad se acotan y disminuyen las pérdidas comerciales.

Además de las anteriores acciones, pueden ser necesarias otras acciones, que si son realizadas acorde a los resultados que se obtengan en los DHs, complementan y redundan en una mejor eficiencia, como son la rehabilitación de tanques y el remplazo de válvulas en cruceros.



## **4. ANÁLISIS DEL MARCO LEGAL Y NORMATIVO**

### **4.1. Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021**

El programa de recuperación integral de caudales por medio de distritos hidrométricos instrumentados en la ciudad de Chihuahua es acorde con el Plan Estatal de Desarrollo de Chihuahua 2017-2021, en su Objetivo 6 “Incrementar la eficiencia de los organismos operadores a través de la responsable administración de los recursos económicos y las inversiones necesarias, a fin de brindar servicios de manera sostenida”. De manera particular, junto con el Plan Estatal de Medición (PEM) 2018-2021, se relaciona con la Estrategia 6.1 “Mejorar los sistemas de medición de los servicios de agua” y su línea de acción “Utilizar los recursos provenientes de la recaudación en mejoras a los sistemas de medición y servicio”.

### **4.2. Análisis de leyes federales que pueden incidir en el programa**

Si los recursos financieros que se utilizarán para la realización del programa incluyen fondos federales, total o parcialmente, aplicarían las leyes federales y la normatividad federal en la materia.

#### **4.2.1. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas**

Esta ley es de orden público y tiene por objeto reglamentar la aplicación del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de contrataciones de obras públicas, así como de los servicios relacionados con las mismas, que realicen las entidades federativas, los municipios y los entes públicos, con cargo total o parcial a recursos federales, conforme a los convenios que celebren con el Ejecutivo Federal.

También es aplicable el artículo 4º de esta Ley que refiere como servicios relacionados con las obras públicas, los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar y calcular los elementos que integran un proyecto de obra pública; las investigaciones, estudios, asesorías y consultorías que se vinculen con las acciones que regula esta Ley; la dirección o supervisión de la ejecución de las obras y los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir o incrementar la eficiencia de las instalaciones.

Los procedimientos de contratación que las dependencias y entidades seleccionarán de entre los procedimientos que de acuerdo con la naturaleza de la contratación asegure al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes son; por medio de licitación pública; invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa (artículo 27).

#### **4.2.2. Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y su Reglamento**

Esta Ley es de orden público y tiene por objeto reglamentar la aplicación del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de las Adquisiciones, Arrendamientos de Bienes Muebles y Prestación de Servicios de cualquier naturaleza, que



realicen las entidades federativas, los municipios y los entes Públicos, con cargo total o parcial a recursos federales, conforme a los convenios que celebren con el ejecutivo federal. (Artículo 1, fracción VI).

Para fines de la aplicación de esa ley, se puede inferir que por adquisiciones se entienden las operaciones por medio de las cuales se incorporan al patrimonio de las dependencias y entidades, bienes muebles que representan una erogación para dichos entes gubernamentales. A su vez, el arrendamiento es el acto a través del cual una persona llamada arrendador confiere a otra llamada arrendataria el uso de una cosa o derecho mediante el pago de un cierto precio que recibe la denominación de renta o alquiler.

Al igual que en el caso de las adquisiciones y arrendamientos, la Ley no refiere de manera precisa que debe entenderse por servicios, sin embargo, se puede señalar que éstos comprenden todos los actos mediante los cuales una persona física o moral de derecho público o privado ofrece a las dependencias o entidades su actividad profesional o técnica de manera independiente. Los servicios que preste o realice un proveedor a un órgano del Sector Público están sujetos a un procedimiento previo (licitación, invitación restringida o adjudicación) de formalización de un contrato de prestación de servicios, que es la base jurídica que la Ley prevé, para que la persona física o moral correspondiente, proporcione por un plazo determinado dicho servicio, el cual tendrá como contraprestación un pago cierto y en dinero.

#### **4.2.3. Lineamientos de la Secretaría de la Función Pública**

Para la evaluación de las propuestas de los licitantes por puntos y porcentajes, ambas leyes federales (la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público) hacen referencia a los lineamientos correspondientes de la Secretaría de la Función Pública. En la SECCION CUARTA “CONTRATACION DE SERVICIOS Y DE SERVICIOS RELACIONADOS CON OBRAS” de estos lineamientos, en su artículo Décimo Primero, relativo a procedimientos de contratación de servicios de consultorías, asesorías, estudios e investigaciones sujetos a la Ley de Adquisiciones y a la Ley de Obras, se definen tres tipos de servicio:

- a. Servicios estandarizados. Aquéllos que impliquen el desarrollo de soluciones o metodologías eficientes para resolver problemas comunes, recurrentes o de complejidad menor que se presentan en la Administración Pública Federal. La puntuación o unidades porcentuales que se podrán asignar en la evaluación de las proposiciones para la contratación de los servicios con estas características, será de hasta un máximo de 70 para la propuesta técnica y de 30 para la propuesta económica.



- b. Servicios personalizados o a la medida. Los que desarrollan soluciones o metodologías eficientes diseñadas o creadas ex profeso para resolver problemas específicos no comunes en la Administración Pública Federal. La puntuación o unidades porcentuales que se podrán asignar en la evaluación de las proposiciones para la contratación de los servicios con estas características, será de hasta un máximo de 80 para la propuesta técnica y de 20 para la propuesta económica.
- c. Servicios Especializados. Relativos a trabajos que requieran alta especialización y se relacionen con un determinado sector o área del conocimiento, para desarrollar soluciones o metodologías eficientes que permitan resolver problemas complejos y que pueden tener un alto impacto social o económico. La puntuación o unidades porcentuales que se podrán asignar en la evaluación de las proposiciones para la contratación de los servicios con estas características, será de hasta un máximo de 90 para la propuesta técnica y de 10 para la propuesta económica.

Para ser considerada solvente y, por tanto, no ser desechada, la propuesta técnica debe obtener cuando menos el 75% de la puntuación o unidades porcentuales máximas señaladas en los apartados A, B o C. Los lineamientos indican también límites inferiores y superiores en cada rubro de evaluación (Tablas 4.1, 4.2 y 4.3).

Tabla 4.1 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo A. Servicios estandarizados

<b>Rubro</b>	<b>Límite inferior de puntos</b>	<b>Límite superior de puntos</b>
Capacidad del licitante	24.5	31.5
Experiencia y especialidad del licitante	5.25	10.5
Propuesta de trabajo	21	28
Capacitación o transferencia de conocimientos	2.1	6.3
Cumplimiento de contratos	7	14
<b>Total de puntos que puede obtener un licitante</b>	<b>70</b>	
<b>Mínimo de puntos para no descalificar la propuesta técnica</b>	<b>52.5</b>	

Tabla 4.2 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo B. Servicios personalizados o a la medida

<b>Rubro</b>	<b>Límite inferior de puntos</b>	<b>Límite superior de puntos</b>
Capacidad del licitante	28	36
Experiencia y especialidad del licitante	6	12
Propuesta de trabajo	24	32
Capacitación o transferencia de conocimientos	2.4	7.2
Cumplimiento de contratos	8	16
<b>Total de puntos que puede obtener un licitante</b>	<b>80</b>	



<b>Mínimo de puntos para no descalificar la propuesta técnica</b>	<b>60</b>
---	-----------

Tabla 4.3 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo C. Servicios Especializados

<b>Rubro</b>	<b>Límite inferior de puntos</b>	<b>Límite superior de puntos</b>
Capacidad del licitante	31.5	45
Experiencia y especialidad del licitante	6.75	13.5
Propuesta de trabajo	27	36
Capacitación o transferencia de conocimientos	2.7	8.1
Cumplimiento de contratos	9	18
<b>Total de puntos que puede obtener un licitante</b>	90	
<b>Mínimo de puntos para no descalificar la propuesta técnica</b>	67.5	

#### 4.2.4. Ley de Asociaciones Público Privadas

Este ordenamiento tiene como eje fundamental la denominada asociación Público privada (por su denominación en inglés “Public-Private Partnership o PPS” o en su variante nacional “Proyectos para Prestación de Servicios”), que no es un asunto novedoso, pues a nivel internacional desde hace tiempo el Reino Unido, Canadá y Australia han sido los promotores de este tipo de asociaciones y, actualmente, buena cantidad de países europeos, Estados Unidos, países de América como Colombia e incluso las Naciones Unidas participan en esta clase de asociaciones para proyectos específicos.

#### 4.3. Análisis de leyes estatales que inciden en el proyecto

Existen también disposiciones de carácter estatal que deben ser consideradas, como se describe a continuación.

##### 4.3.1. Ley del Agua del Estado de Chihuahua

Publicada en el Periódico Oficial del Estado el 31 de marzo del año 2012, esta ley representó un paso muy importante para avanzar en el manejo racional de los recursos hídricos, al actualizar el marco normativo y establecer con claridad y decisión el rol activo del gobierno estatal. El ordenamiento consta de 93 artículos organizados en cuatro grandes títulos, a saber:

TITULO PRIMERO (Artículos 1 al 31) Disposiciones Generales y de autoridad, en este apartado se pueden destacar las facultades que en materia de Agua Potable y Alcantarillado se otorgan al Poder Ejecutivo del Estado a través de la Junta Central de Agua y Saneamiento y sus Organismos Operadores.



TITULO SEGUNDO (Artículos 32 al 72) De la prestación de los Servicios, en este rubro se contienen las principales disposiciones relativas a los servicios Públicos, desde el novedoso concepto de agua en bloque, pasando por la contratación y conexión de los servicios, los derechos y obligaciones de los usuarios, y las medidas de seguridad hidráulica que se estimen convenientes.

TITULO TERCERO (Artículos 73 al 86) Regulación y Conservación del Agua, este título es relevante pues por primera vez en la legislación local, regula las aguas de jurisdicción estatal, al mismo tiempo se consagra el concepto de Planeación Hidráulica y de manera indisoluble se acompañan los conceptos de prevención y control de la contaminación y la cultura del agua.

TITULO CUARTO (Artículos 87 al 93) Control de la Legalidad, como cualquier legislación temática, la parte final de este ordenamiento, prevé las facultades que tiene la autoridad local en materia de inspección y vigilancia, las infracciones y sanciones y los medios de defensa con que cuenta el gobernado.

La Ley de Agua del Estado contempla la participación de los sectores privado y social, junto con las autoridades competentes del gobierno estatal y municipal, en la planeación, administración, manejo y conservación del recurso agua, así también, se declaran de utilidad pública e interés social, la prestación de los servicios públicos de agua, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y disposición final de lodos, así como la realización de los estudios, proyectos y obras relacionados con los recursos hídricos en el marco del desarrollo sustentable del Estado.

Es de señalar como ejemplo, una de las lagunas legislativas en que incurrió el ordenamiento jurídico en cuestión, es la prestación de los servicios regulados en el Título Segundo de la Ley, concretamente el artículo 36, el cual prescribe que el mantenimiento de las líneas generales de conducción estará a cargo de los organismos operadores y que la conexión y el mantenimiento de las tomas domiciliarias, desde la red pública, será a cargo de los propietarios o poseedores de los inmuebles.

#### **4.3.2. Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua**

De esta Ley, cuyo objeto es regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, gasto, ejecución, conservación, mantenimiento y control de la obra pública y los servicios relacionados con la misma, para efectos del presente proyecto, deben destacarse los siguientes rubros:

- Artículo 3. La obra pública y servicios relacionados con la misma, con cargo total o parcial a fondos federales conforme a los convenios entre el Ejecutivo Federal, el Estado y los Municipios, estarán sujetos a las disposiciones de la Ley Federal de la materia, salvo aquellos convenios que estipulen expresamente lo contrario.



Esto confirma que, si el financiamiento del programa incluye fondos federales, habrá que usar la normatividad federal.

- Artículo 4. Para los efectos de esta Ley, se consideran obras públicas los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar y demoler bienes inmuebles.

Asimismo, quedan comprendidos dentro de las obras públicas los siguientes conceptos:

Luego, entre otros, el Numeral V. de este artículo establece:

- V. La instalación, montaje, colocación o aplicación, incluyendo las pruebas de operación de bienes muebles que deban incorporarse, adherirse o destinarse a un inmueble, siempre y cuando dichos bienes sean proporcionados por la convocante al contratista; o bien, cuando incluyan la adquisición y su precio sea menor al de las obras públicas que se contraten.

Con base en este artículo, el programa de recuperación de caudales puede ser realizado en el marco de esta Ley.

- Artículo 5. Para los efectos de esta Ley, se consideran servicios relacionados con las obras públicas, aquellos trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar y calcular los elementos que integran un Proyecto Ejecutivo Integral de Obra Pública; las investigaciones, estudios, asesorías y consultorías que se vinculen con las acciones que regula esta Ley, así como la dirección o supervisión de la ejecución de las obras y los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir o incrementar la eficiencia de las instalaciones.

Con base en este artículo, la fase del diagnóstico del programa de recuperación de caudales puede ser realizado en el marco de esta Ley.

Encuentra aplicación también el siguiente artículo de esta Ley:

- Artículo 58. Los Entes Públicos podrán contratar, a través de los procedimientos de invitación a cuando menos tres contratistas o de adjudicación directa, cuando se presente alguno de los siguientes supuestos:

Luego, entre otros, los Numerales X. y XI. de este artículo establecen:

- X. Se trate de servicios de consultorías, asesorías, estudios, proyectos o investigaciones, relacionados con obras públicas, debiendo aplicar el procedimiento de invitación a cuando menos tres contratistas, entre las que se incluirán instituciones públicas y privadas de educación superior y centros públicos de investigación.
- XI. Se trate de servicios que tengan por objeto elaborar o concluir los estudios, planes o programas necesarios que permitan la realización de la licitación pública para la ejecución de las obras públicas asociadas a proyectos de infraestructura, siempre y cuando el precio de los mismos no sea mayor al cuatro por ciento del monto total del proyecto cuya ejecución se pretenda licitar, o bien, al monto de cuarenta millones de pesos, lo que resulte menor.



Siendo el IMTA un centro público de investigación, con base en este artículo de la Ley, es viable que la JCAS/JMAS le adjudique la realización de la fase del diagnóstico del programa de recuperación de caudales, si lo estima pertinente.

Encuentra aplicación también la siguiente parte de la ley:

- Para la determinación de los precios a que se refiere el párrafo anterior, los Entes Públicos observarán los lineamientos que al efecto emita la Secretaría de la Función Pública. Para los supuestos previstos en esta fracción, la información no podrá ser reservada y será de acceso general, desde el inicio de la propuesta del proyecto y hasta la conclusión de la realización del mismo, pero siempre en apego a las disposiciones legales aplicables en materia de transparencia y acceso a la información pública.

Bajo este concepto, si la información del presente proyecto no se reserva, la misma no proporciona ninguna ventaja al IMTA frente a otros posibles contratistas para la fase del diagnóstico del programa de recuperación de caudales.

#### **4.3.3. Reglamento de la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua**

Artículos relevantes:

Artículo 264. Los Entes Públicos deberán considerar en la evaluación de las propuestas, cuando menos los rubros generales y subrubros que a continuación se describen, así como las ponderaciones totales para las partes técnica y económica que igualmente se señalan:

- A. Proposición parte técnica - ponderación de 70 puntos o porcentaje:
  - I. Evaluación del licitante:
    - a. Experiencia del licitante en servicios similares.
    - b. Especialidad del licitante.
    - c. Capacidad técnica del licitante.
    - d. Capacidad económica del licitante.
  - II. Evaluación de la parte técnica de la proposición:
  - III. Alcance técnico.
    - a. Capacidad del personal técnico propuesto.
    - b. Instalaciones y equipo.
    - c. Integración de la proposición.
- B. Proposición parte económica - ponderación de 30 puntos o porcentaje

Artículo 265. Para justificar la conveniencia del uso de mecanismos de puntos y porcentajes, los Entes Públicos, deberán considerar los siguientes aspectos:

- I. Establecimiento de rubros y criterios generales de la selección, debiendo describir las razones que justifiquen su creación;



- II. Establecimiento general de criterios de distribución de los puntos y porcentajes que se darán a cada rubro y las razones que se tienen para su distribución, y
- III. Que la definición de los rubros que se utilizarán y los porcentajes o puntos que le asignarán, procure una competencia imparcial y equitativa entre los contratistas, debiendo evitar que se favorezca a una persona en particular o que se limite el número de participantes.

Artículo 266. Tratándose de asesorías y consultorías, los Entes Públicos, deberán otorgar en el rubro de experiencia y capacidad del Contratista, una calificación de mayor valor con respecto de los otros rubros que se designen.

Artículo 267. Tratándose de estudios y proyectos, los Entes Públicos; deberán considerar que atendiendo a los rubros de selección que se utilice y la calificación que se le asigne, el trabajo deberá adjudicarse a la propuesta solvente que ofrezca el precio más bajo.

#### **4.3.4. Contenido de un proyecto según la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua**

En entrevista con los responsables del área de contrataciones de la JMAS, se constató el siguiente contenido de documentación para una convocatoria de proyecto de obra pública:

- Especificaciones y normas
- Catálogo de conceptos
- Proyecto, croquis, planos, etcétera
- Términos de referencia
- Programación de obra

Para que se considere en esta categoría, el proyecto debe contener al menos 30% de obra civil.

#### **4.3.5. Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua**

En su Artículo 3, numeral XI esta ley define el término “Contrato abierto”, de la manera siguiente: *“Acuerdo de voluntades para contratar bienes o servicios cuando no sea posible precisar su alcance, estableciéndose la cantidad mínima y máxima de bienes por adquirir o arrendar, el presupuesto mínimo y máximo que podrá ejercerse en la adquisición, arrendamiento o servicio, o bien, tratándose exclusivamente de servicios, el plazo mínimo y máximo para su prestación”*.

A su vez, el Artículo 83, numeral I, establece, similar a la ley federal en la materia, que para tales contratos la cantidad, presupuesto o plazo mínimo no podrá ser inferior al cuarenta por ciento de la cantidad, presupuesto o plazo máximo.

La contratación de servicios de consultorías, asesorías, estudios e investigaciones se regula por el Artículo 25 que textualmente dice *“Previo a la contratación de servicios de*



*consultorías, asesorías, estudios e investigaciones, el ente público requerirá la autorización de un Comité Especial, el cual deberá estar integrado por:*

- i. La persona titular del ente público o la o el servidor público que esta delegue, quien no podrá tener nivel inferior al de dirección general.*
- ii. Una persona representante de la Secretaría o el órgano de administración que corresponda.*
- iii. Una persona representante de la Función Pública o el Órgano Interno de Control que corresponda*

*El área requirente deberá presentar su solicitud por escrito ante el Comité Especial, adjuntando la información y documentación que estime pertinente.*

*El proceso ante el Comité Especial para determinar la procedencia del procedimiento de contratación se sujetará a lo dispuesto por el Reglamento de esta Ley.”*

Artículo 46. Cuando en los procedimientos de contratación de servicios, se incluya el suministro e instalación, en su caso, de bienes muebles y el valor de estos sea igual o superior al cincuenta por ciento del valor total de la contratación, la operación se considerará como adquisición de bienes muebles. Para efectos de lo anterior, en el concepto de suministro de bienes muebles, solo se considerarán los bienes que formarán parte del inventario de los entes públicos.

#### **4.3.6. Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua**

“Artículo 63.- Únicamente en los casos en que los entes públicos requieran obtener bienes, arrendamientos o servicios que conlleven el uso de características de alta especialidad técnica o de innovación tecnológica será aplicable el criterio de evaluación de puntos o porcentajes, o el de costo beneficio.

Se entiende por servicios de alta especialidad técnica aquéllos en los que se involucra el estado más avanzado de desarrollo de una disciplina del conocimiento, y por innovación tecnológica el servicio que involucra una mejora o novedad en las características del desempeño de los productos o servicios.”

Luego, en el mismo artículo No.63 se establece lo siguiente:

“I. La puntuación o unidades porcentuales a obtener en la propuesta técnica para ser considerada solvente y, por tanto, no ser desechada, será de cuando menos 37.5 de los 50 máximos que se pueden obtener en su evaluación.”

La Tabla 4.4 muestra los rubros y límites de puntos correspondientes.

Tabla 4.4 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas según el Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua

<b>Rubro</b>	<b>Límite inferior de puntos</b>	<b>Límite superior de puntos</b>
Características del bien o servicio objeto de la propuesta técnica	20	25
Capacidad del licitante	5	15
Experiencia y especialidad del licitante	5	7.5
Cumplimiento de contratos	10	20
<b>Total de puntos que puede obtener un licitante</b>	<b>50</b>	
<b>Mínimo de puntos para no descalificar la propuesta técnica</b>	<b>37.5</b>	

#### **4.3.7. Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua**

Este ordenamiento tiene por objeto regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, autorización, asignación y ejecución de aquellos proyectos de inversión pública a largo plazo a que se refiere la fracción VI del artículo 64 de la Constitución Política del Estado de Chihuahua, referente a las facultades del Congreso del Estado en materia de la iniciativa de la Ley de Ingresos y el presupuesto de egresos que le remita el Ejecutivo del Estado. Estos proyectos de inversión pública a largo plazo pueden ser realizados por el Ejecutivo Estatal, los Organismos Públicos Descentralizados y los Municipios.

Los proyectos de inversión pública a largo plazo a que se refiere este ordenamiento, tienen por objeto que un inversionista prestador (Personas físicas o morales que celebren un contrato de proyecto de inversión pública a largo plazo con la autoridad contratante) realice algunos o todos de los siguientes actos: proporcione un conjunto de servicios, incluyendo financiamiento, diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura necesaria para la prestación de los servicios requeridos por las autoridades contratantes y que sirvan de apoyo para la prestación de servicios públicos a cargo de las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal o Municipal.

En materia de licitaciones y contratación, la ley en comento es muy clara en definir que las inversiones se harán en todo momento a través de contratos y no alguna otra modalidad prevista en la legislación, como pudiera ser la concesión, por ejemplo.

#### **4.4. Modalidades de Participación Privada**

A continuación, se analizan las características de las diversas figuras jurídicas que amparan la participación privada

- Concesión
- Contrato de Prestación de Servicios Parcial
- Contrato de Prestación de Servicios Integral



- Empresa Mixta

#### **4.4.1. Contratos de Prestación de Servicios Parciales (CPSP)**

Este contrato de prestación de servicios es, en sentido amplio, de naturaleza civil. Los servicios que se prestan son técnicos, por lo que el prestador de los servicios, también llamado profesional, debe encontrarse debidamente preparado para las responsabilidades que se le encomendarán por medio de dicho contrato. Siendo en la práctica, el contrato más utilizado por cuanto hace a la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento, permite una participación privada de manera limitada y temporal.

En México ya desde hace años, la contratación de empresas privadas especializadas para desarrollar servicios de operación de infraestructura, como las plantas de tratamiento o bien en las áreas comerciales de los Organismos Operadores, específicamente en medición, facturación, cobranza y atención a usuarios, son cada vez más frecuentes y numerosos sin que ello implique de alguna manera privatización de los servicios.

##### **4.4.1.1. Características de los CPSP**

La titularidad de la relación laboral respecto al personal de la empresa contratada, no se subordina en relación laboral de la titularidad del Organismo Operador, el personal de la empresa continua con el mismo patrón, por lo que los Organismos Operadores no adquieren ninguna obligación laboral como patrón y el titular de la empresa contratada responderá por hechos y omisiones de su propio personal. Por tratarse de un contrato, la prestación de servicios está sujeta al tiempo que técnicamente se deba invertir para la ejecución de los servicios contratados y dependerá de diversos factores, como son la capacidad técnica del profesional y la naturaleza de la operación y desarrollo del servicio público.

Como en la inmensa mayoría de estos instrumentos jurídicos, el CPSP debe constar por escrito. En este documento se debe detallar la naturaleza de los servicios a desarrollar y también hacer constar si existen diversos contratos colaterales al mismo; como podría ser el de arrendamiento de equipo o la construcción de algunas obras.

El CPSP tiene como característica primordial ser el esquema básico de contratación de servicios, dado que los Organismos Operadores mantienen para sí toda la responsabilidad del servicio público frente a los usuarios, bajo este esquema, el prestador de servicios es sólo un coadyuvante en la ejecución e implementación del servicio Público.

La contratación de servicios se puede hacer buscando un mayor aprovechamiento, basado en la eficiencia con la que la empresa está obligada a responder en estas contrataciones. Para ello, es necesario que en la contratación se deje estipulado los niveles de servicio que las empresas deberán cumplir. Ante el objetivo de una mejora sustancial en el manejo del servicio, brindado por una empresa privada, el primer paso deberá ser generar una base de conocimiento detallado de la situación real del servicio, la detección de necesidades de mejora en infraestructura y de inversiones requeridas para ello, así como las posibilidades de



mejora que se pudieran conseguir con la inversión identificada y con la aplicación de medidas operativas eficientes.

#### **4.4.2. Contratos de Prestación de Servicios Integrales (CPSI)**

Esta modalidad de contratación generalmente deviene principalmente como consecuencia de una serie de CPSP y constituye una ampliación de los mismos, tomando en cuenta el éxito que el organismo ha experimentado al elevar eficiencias técnicas y administrativas con dichos instrumentos jurídicos, por lo que se opta por incluir la totalidad del servicio en el esquema, contratando a una o más empresas, pero de preferencia a una sola.

Con esto se logran mayores economías, agilidad en la supervisión y tener a un responsable integral; así, la empresa toma para sí diversas funciones que en un principio correspondían exclusivamente a los Organismos Operadores.

En estos instrumentos, se da una mayor relevancia a la responsabilidad que adquiere la empresa respecto a los niveles del servicio y metas de recaudación, para lo cual, se anexan al clausulado sanciones en caso de incumplimiento, y se deja establecido que las eficiencias a lograr también dependerán de la inversión que aplicará el organismo, ya que en este tipo de contratos la empresa no adquiere la responsabilidad de inversión en infraestructura, aunque bien pudieran establecerse algunas obras en ese sentido.

#### **4.4.3. Contratos BOT (build, operate and transfer)**

El consorcio privado construye y opera bajo su riesgo la infraestructura. Al final del contrato transfiere los activos al sector público. El Inversionista Proveedor cobra por el uso directo de la infraestructura. Una vez que ha cumplido el plazo para amortizar la inversión, el activo es transferido al Sector Público. Durante la vigencia del contrato, la propiedad de los Activos es del sector Público.

#### **4.4.4. Contratos BOOT**

Derivado del inglés, Build-Own-Operate-Transfer (BOOT), este contrato proporciona un esquema muy utilizado y que representa para algunos autores, un cierto tipo de concesión. Se compone de una incorporación de dos actos jurídicos: en primer lugar, un contrato de obra a precio alzado (la empresa privada construye con financiamiento propio) y en segundo lugar una concesión; el organismo gubernamental otorga la posesión de la infraestructura a la empresa privada para que la opere durante cierto tiempo, al finalizar el periodo, se transfiere al organismo.

Este tipo de contratos son adecuados para aquellos proyectos que requieren un financiamiento considerable y una recuperación de la inversión a largo plazo, y en la República Mexicana se ha utilizado para la construcción y operación de múltiples Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.



Conviene mencionar que al momento de la terminación del contrato y la consecuente transferencia de la infraestructura al organismo operador, éste recibe equipo en buen estado, tecnología actualizada y personal capacitado. En esta modalidad la empresa normalmente no adquiere responsabilidad comercial ni tiene contacto con los usuarios, la responsabilidad es de inversión y eficiencia operativa.

La forma de pago a estas concesionarias se establece desde el título y comúnmente se establece mediante la aplicación de tres tarifas, una tarifa que paga la inversión y que normalmente es fija, otra tarifa fija de operación y una tercera tarifa de operación que es variable, dependiendo esta última del producto generado (agua tratada, en el caso de una planta de tratamiento). Estas tarifas deberán ser actualizadas de acuerdo a fórmulas establecidas en el título de concesión, y que previamente están consideradas en la legislación aplicable.

#### **4.5. Resumen del análisis del marco legal y normativo**

- **Modalidades de participación privada**
  - Empresa Mixta: No aplica
  - Concesión o Arrendamiento: No aplica
  - Contrato BOT (build, operate and transfer) o BOOT (Build- Own- Operate- Transfer)
    - No aplica
  - Contrato de Prestación de Servicios Integral:
    - Sin riesgo comercial
      - No aplica
    - Con riesgo comercial
      - No aplica
  - Contrato de Prestación de Servicios Parcial
    - No aplica
- **Ley Federal de Asociaciones Público Privadas**
  - Es para plazo largo, por ejemplo 15 años
  - No aplica
- **Ley de Proyectos de Inversión Pública a Largo Plazo del Estado de Chihuahua**
  - Es también para plazo largo
  - No aplica
- **Ley Federal de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público**
  - Aplica si el financiamiento del programa contiene alguna componente de recursos federales
  - No aplica si el financiamiento del programa no contiene recursos federales
- **Ley Federal de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma**
  - Debe de contener al menos 30% de obra civil
  - No aplica si el financiamiento del programa no contiene recursos federales
- **Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua**
  - Aplica, si los trabajos incluyen al menos 30% de obra civil
- **Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público del Estado de Chihuahua**



- Aplica, con proporción en la evaluación de 50% y 50% de las propuestas técnica y económica.



## 5. ESCENARIOS DE LICITACIÓN

### 5.1. Un solo proyecto integral

- Ventajas
  - Una sola empresa se encarga de todo
  - Se hace una sola licitación
- Problemas
  - Los alcances en la licitación serían vagos
    - Dependen del diagnóstico
  - Riesgo de incumplimiento
    - Para la empresa y para la JMAS
  - La empresa querrá emplear tecnología propia
    - Dependencia tecnológica para la JMAS
    - No se aprovecharía el PEM
  - El costo será más alto
  - Complejidad de establecer el esquema de financiamiento y pago por resultados

En principio, el proyecto integral puede ser realizado en una de las siguientes dos formas:

#### 5.1.1. Esquema tradicional

- Proyecto “llave en mano”
- El contrato se asigna por evaluación técnico-económica
- El presupuesto del proyecto se define desde el principio
- Problemas (para este proyecto en Chihuahua, Chih.)
  - Las necesidades no están bien definidas
  - Incertidumbre en el presupuesto
  - Riesgos de incumplimiento

#### 5.1.2. Involucramiento temprano del contratista

- Se realiza en dos fases:
  - Diagnóstico y diseño
    - Se realiza de manera conjunta entre la JMAS y el contratista
    - Se definen las acciones, alcances y presupuesto
  - Ejecución del programa de recuperación de pérdidas
- El contrato se asigna por evaluación técnica solamente
- Ventajas:
  - Se reduce la incertidumbre y el riesgo
  - La JMAS tiene mayor control
  - La JMAS aprovecha mejor la capacidad del contratista y se capacita
  - Mayor responsabilidad del contratista



## 5.2. Dos proyectos separados relacionados

Sería un proyecto (o estudio) de diagnóstico, seguido por otro proyecto que incluyera la instrumentación y la recuperación de pérdidas. El proyecto o estudio de diagnóstico requerirá un presupuesto menor, por lo que la JCAS/JMAS pueden manejarlo en una invitación restringida a 3 contratistas, o incluso en una adjudicación directa.

- Ventajas
  - Alcances más claros
    - Se hace primero el diagnóstico
  - Esquema de financiamiento y pago por resultados más claros
- Inconvenientes
  - Se harían 2 licitaciones, o una invitación restringida a 3 contratistas (o una adjudicación directa) y una licitación.

## 5.3. Tres proyectos separados relacionados

Serían proyectos separados de diagnóstico, instrumentación, y recuperación de pérdidas

- Ventajas
  - Alcances más claros
    - Se hace primero el diagnóstico
  - Se puede aprovechar tecnología local
    - Por ejemplo DTE para suministro e instalación
  - Mayor involucramiento de la JMAS
  - Se aprovechará el PEM y medidores y VRPs existentes
  - Esquema de financiamiento y pago por resultados más claros
  - Menor costo total
- Inconvenientes
  - Se harían 3 licitaciones

## 5.4. Variantes de contratación

### 5.4.1. Variante de contratación 1

#### 5.4.1.1. Estructura y contenido

- Realizar el proyecto en 3 partes:
  - Diagnóstico de la situación actual, definición de necesidades y plan de mejora
    - Definición de áreas de influencia por fuente (macrosectores)
    - Proyección de crecimiento de la ciudad y demanda de agua
    - Definición de distritos hidrométricos
    - Definición de línea base (nivel de pérdidas actual) y metas de recuperación, con análisis de beneficio-costeo
    - Definición de necesidades de instrumentación
      - Macromedidores y VRPs que ya tiene la JMAS



- Macromedidores y VRPs que hay y que tiene que instalar el contratista
- Telemetría, coordinada con el PEM
- Suministro e instalación de Macromedidores , VRPs y Telemetría
- Trabajos de recuperación
  - Incluye capacitación de la JMAS, para operarlos con personal propio

#### **5.4.1.2. Contratistas y financiamiento**

- Cada una de las tres partes se licita por separado, con evaluación técnico-económica
- Diagnóstico, definición de necesidades y plan de mejora
  - Se contrata con el IMTA o con una empresa
  - Se financia por la JCAS/JMAS
- Suministro e instalación de Macromedidores , VRPs y Telemetría
  - Para bajar costos, se contrata con DTE Global
  - El volumen será relativamente pequeño, dado el PEM
  - DTE Global lo financia al 100%
  - DTE Global recupera su inversión cobrando el servicio de lecturas y monitoreo
- Trabajos de recuperación
  - Se contratan con una empresa
  - El IMTA puede participar en la supervisión
  - La empresa y el IMTA trabajan con la JMAS
  - La JMAS se capacita para seguir con los trabajos permanentemente

#### **5.4.2. Variante de contratación 2**

Involucramiento temprano del contratista, esquema híbrido con evaluación técnico-económica

- Se realiza en dos fases:
  - Diagnóstico y diseño
    - Se realiza de manera conjunta entre la JMAS y el contratista
    - Se definen las acciones, alcances, presupuesto y formas de pago
  - Ejecución del programa de recuperación de pérdidas
    - Se realiza de manera conjunta entre la JMAS y el contratista
- El contrato se asigna por evaluación técnico-económica
  - La evaluación económica es de la primera fase solamente
  - Se da más peso a la componente de capacidad técnica



### 5.4.3. Variante de contratación 3

#### 5.4.3.1. Estructura y contenido

- Realizar el proyecto en 2 partes:
  - Diagnóstico de la situación actual, definición de necesidades y plan de mejora
    - Definición de áreas de influencia por fuente (macrosectores)
    - Proyección de crecimiento de la ciudad y demanda de agua
    - Definición de distritos hidrométricos
    - Definición de línea base (nivel de pérdidas actual) y metas de recuperación, con análisis de beneficio-costeo
    - Definición de necesidades de instrumentación
      - Macromedidores y VRPs que ya tiene la JMAS
      - Macromedidores y VRPs que hay y que tiene que instalar el contratista
      - Telemetría, coordinada con el PEM
  - Trabajos de recuperación
    - Incluye suministro e instalación de Macromedidores, VRPs y Telemetría
    - Incluye capacitación de la JMAS, para operar los trabajos después con personal propio

#### 5.4.3.2. Contratistas y financiamiento

- Cada una de las dos partes se licita por separado, con evaluación técnico-económica. A criterio de la JCAS/JMAS, la primera parte podrá manejarse con invitación restringida o adjudicación directa
- Diagnóstico, definición de necesidades y plan de mejora
  - Se contrata con el IMTA o con una empresa
  - Se financia por la JCAS/JMAS
- Trabajos de recuperación, incluyendo suministro e instalación de Macromedidores, VRPs y Telemetría
  - Se contratan con una empresa
  - El IMTA puede participar en la supervisión
  - La empresa y el IMTA trabajan con la JMAS
  - La JMAS se capacita para seguir con los trabajos permanentemente

#### 5.4.4. Variante recomendada

Dada la indefinición, en este momento, de las acciones requeridas, el programa es viable en una de las variantes de contratación 2 y 3. Sin embargo, la Variante de contratación 2, es decir, con involucramiento temprano del contratista, tiene sentido solamente si se pudiera dar mucha más importancia a componente técnica en la evaluación. Dada la normatividad federal y estatal actual, esto es posible solamente con aplicación de la **Ley Federal de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, donde tal proporción puede ser de hasta 90%** en la componente técnica y 10% en la componente económica, que solamente aplica si el financiamiento del programa contiene alguna componente de



recursos federales. De este modo, si se van a emplear solamente recursos estatales y municipales, se recomienda la Variante de contratación 3.

Independientemente de la variante de contratación seleccionada, el IMTA podría participar en:

- apoyo al proceso de licitación y evaluación
- asesoría en la fase de diagnóstico y diseño
  - modelo matemático de la red, y otros
- supervisión en la fase de ejecución del programa de recuperación de pérdidas



## 6. DOCUMENTOS QUE DEBE INTEGRAR LA PROPUESTA TÉCNICA DE LOS CONCURSANTES

Lo siguiente es un ejemplo de la documentación para la evaluación de las propuestas de los licitantes del programa de recuperación de pérdidas de agua en la ciudad de Chihuahua, Chih., en la fase dos, después de la fase de diagnóstico, en el supuesto de la Ley Federal de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas o la Ley Federal de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, en la modalidad de contratación de servicios de consultorías, asesorías, estudios e investigaciones, C. Servicios Especializados:

De acuerdo con los lineamientos en materia de adquisiciones, arrendamientos y servicios, y de obras públicas y servicios emitidos por la Secretaría de la Función Pública Federal el 9 de septiembre de 2010, las proposiciones de los licitantes se evaluarán a través del mecanismo por puntos y porcentajes.

Se busca que el inversionista ganador sea un verdadero asociado que permita llevar a cabo el proyecto ambicioso de disminuir las pérdidas de agua al mínimo y mejorar el servicio al usuario, por lo que se valorarán mayoritariamente (90%) las propuestas técnicas donde se consideran aspectos de capacidad, experiencia y propuesta de trabajo de los licitantes de acuerdo con la Tabla 6.1, con puntuación por rubro.

Tabla 6.1 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo C. Servicios Especializados

<b>Rubro</b>	<b>Límite inferior de puntos</b>	<b>Límite superior de puntos</b>
Capacidad del licitante	31.5	45
Experiencia y especialidad del licitante	6.75	13.5
Propuesta de trabajo	27	36
Capacitación o transferencia de conocimientos	2.7	8.1
Cumplimiento de contratos	9	18
<b>Total de puntos que puede obtener un licitante</b>	<b>90</b>	
<b>Mínimo de puntos para no descalificar la propuesta técnica</b>	<b>67.5</b>	

Las propuestas de los licitantes cuya propuesta técnica no cumpla con la puntuación mínima de los 67.5 puntos que se muestran en la tabla anterior serán desechadas sin abrirse el sobre de la propuesta económica.

Todas aquellos licitantes que hayan obtenido 67.5 o más puntos en su propuesta técnica pasaran a la ronda de apertura de su propuesta económica y dicha propuesta tendrá un máximo de los 10 puntos restantes; es decir que la propuesta técnica tiene un peso del 90% en la decisión y la económica del 10%, de suerte tal que la comparación de las propuestas se llevará a cabo con una tabla donde se ordenen de mayor a menor las propuestas que hayan



pasado la propuesta técnica y sumándoles los puntos que le correspondan según el cálculo explicado más abajo en la sección 6.3.

Dado que este proyecto es de una tecnología moderna la mayor cantidad de puntos se otorgan al rubro de Capacidad del licitante. No menos importante es el aspecto de experiencia y su propuesta de trabajo donde nuevamente se privilegia la experiencia en recuperación de pérdidas de agua.

Se requiere de una persona responsable que funcione como gerente o director general para cubrir todo lo relativo al seguimiento de este contrato, con residencia en la ciudad de Chihuahua.

Los rubros descritos anteriormente, tienen a su vez sub-rubros cuyos puntos se muestran en la Tabla 6.2, y el método de evaluación de éstos se encuentra más adelante.

Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

<b>PROPUESTA TÉCNICA</b>		
<b>No.</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>Puntuación máxima a obtener</b>
<b>I</b>	<b>Capacidad del licitante.- Este rubro tendrá un valor máximo 40 puntos.</b>	<b>40</b>
a)	<b>Capacidad de los recursos humanos: Para evaluar este sub-rubro, se considerarán los Currículums Vitae del personal (con documentos oficiales probatorios) requerido, conforme a lo siguiente:</b>	<b>25</b>
a.1)	<p><b>Experiencia:</b></p> <p>El licitante deberá presentar la siguiente documentación para el personal requerido por la convocante:</p> <p><b>Director de Proyecto:</b> Curriculum que acredite al menos 5 años de experiencia en dirección y administración de proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada para un director de proyecto se le asignarán 2.20, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 2.50 puntos.</p> <p><b>Jefe de instrumentación y equipamiento en sectores y distritos hidrométricos:</b> Curriculum que acredite al menos 3 años de experiencia en la administración de proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p>	<b>10</b>



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	<p><b>Jefe de control activo de fugas en red:</b> Curriculum que acredite al menos 3 años de experiencia en proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Jefe de obra complementaria para la delimitación física del sector:</b> Curriculum que acredite al menos 3 años de experiencia en proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Modelador hidráulico de la red:</b> Curriculum que acredite al menos 3 años de experiencia en proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Analista de la información de presiones/volúmenes (operación):</b> Curriculum que acredite al menos 3 años de experiencia en proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Jefe de verificación de catastro y control de micromedición:</b> Curriculum que acredite al menos 3 años de experiencia en proyectos similares al servicio solicitado. Al licitante que acredite la experiencia mínima solicitada para diez supervisores se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor experiencia a la solicitada se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p>El licitante que no acredite la experiencia mínima solicitada para el total de las personas solicitadas para el perfil indicado no obtendrá puntuación.</p>	
a.2)	<p><b>Competencia o habilidad:</b> El licitante deberá presentar la siguiente documentación para el personal requerido por la convocante para la operación del sistema de monitoreo:</p>	<b>10</b>



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	<p><b>Director de Proyecto:</b> Título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil, Mecánica, en Sistemas, o en Telecomunicaciones. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 2.20 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 2.50 puntos.</p> <p><b>Jefe de instrumentación y equipamiento en sectores y distritos hidrométricos:</b> Carta de pasante, título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil, Mecánica, en Sistemas, o en Telecomunicaciones. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Jefe de control activo de fugas en red:</b> Carta de pasante, título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil o Mecánica. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Jefe de obra complementaria para la delimitación física del sector:</b> Carta de pasante, título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil o Mecánica. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Modelador hidráulico de la red:</b> Carta de pasante, título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil o Mecánica. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 1.10 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 1.25 puntos.</p> <p><b>Analista de la información de presiones/volúmenes (operación):</b> Título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil, Mecánica, en Sistemas, o en</p>	



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	<p>Telecomunicaciones. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 2.20 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 2.50 puntos.</p> <p><b>Jefe de verificación de catastro y control de micromedición:</b> Título o cédula profesional que acredite contar con alguna de las siguientes licenciaturas: Ingeniería Civil, Mecánica, en Sistemas, o en Telecomunicaciones. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 2.20 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 2.50 puntos.</p> <p>El licitante que no acredite la documentación mínima solicitada para el total de las personas solicitadas para el perfil indicado no obtendrá puntuación.</p>	
a.3)	<p><b>Dominio de herramientas necesarias para el cumplimiento del servicio</b></p> <p>El licitante deberá presentar la siguiente documentación para el personal requerido por la convocante:</p> <p><b>Director de Proyecto:</b> Una certificación en la aplicación de criterios del PMP (Project Management Professional). Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 1.00 puntos, si se acredita si se acredita un mayor número de certificados similares o relacionados con la función del Director de Proyecto al solicitado se le asignarán hasta 1.10 puntos.</p> <p><b>Jefe de instrumentación y equipamiento en sectores y distritos hidrométricos:</b> Al menos una constancia de curso o certificación en control de pérdidas de agua por gestión de presión. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 0.60 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 0.65 puntos.</p> <p><b>Jefe de control activo de fugas en red:</b> Al menos una constancia de curso o certificación en control de pérdidas de agua. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada</p>	5



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	<p>se le asignarán 0.60 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 0.65 puntos.</p> <p><b>Jefe de obra complementaria para la delimitación física del sector:</b> Al menos una constancia de curso o certificación en sectorización para el control de pérdidas de agua. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 0.60 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 0.65 puntos.</p> <p><b>Modelador hidráulico de la red:</b> Al menos una constancia de curso o certificación en Inforworks WS o similar. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 0.60 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 0.65 puntos.</p> <p><b>Analista de la información de presiones/volúmenes (operación):</b> Al menos una constancia de curso o certificación en control de pérdidas de agua. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 0.60 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 0.65 puntos.</p> <p><b>Jefe de verificación de catastro y control de micromedición:</b> Al menos una constancia de curso o certificación en control de pérdidas de agua. Al licitante que acredite la documentación mínima solicitada se le asignarán 0.60 puntos, si se acredita mayor grado académico al solicitado se le asignarán hasta 0.65 puntos.</p> <p>El licitante que no acredite la documentación mínima solicitada para el total de las personas solicitadas para el perfil indicado no obtendrá puntuación.</p>	
b)	<p><b>Capacidad de los recursos económicos:</b> Para evaluar este sub-rubro, El "Licitante" deberá presentar <b>la declaración fiscal anual del ejercicio 2018 y la última declaración fiscal provisional del Impuesto Sobre la Renta del ejercicio 2019, ambas con acuse (sello digital) expedido por la SHCP.</b> Los licitantes deberán cumplir con la documentación señalada</p>	4.30
b.1)	<p>Se asignarán <b>3.70 puntos</b> al licitante que acredite que sus ingresos son equivalentes al <b>10%</b> del monto de su propuesta.</p> <p>Se asignarán <b>4.00 puntos</b> al licitante que acredite que sus ingresos son equivalentes al <b>15%</b> del monto de su propuesta.</p>	4.30

Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	Se asignarán <b>4.30 puntos</b> al licitante que acredite que sus ingresos son equivalentes al <b>20%</b> del monto de su propuesta.	
b.2)	<b>Capacidad de equipamiento.-</b> Para evaluar este sub-rubro, se considera lo solicitado en los presentes requisitos técnicos en la sección b2) <b>EQUIPAMIENTO</b> de acuerdo a lo solicitado.	10
	<b>Puntaje mínimo 9 puntos.-</b> Si presenta el equipo solicitado con las características <b>mínimas</b> requeridas, con facturas de propiedad o arrendamiento.	
	<b>Puntaje máximo 10 puntos.-</b> Si presenta el equipo con características <b>mayores</b> a las requeridas, con facturas de propiedad o arrendamiento.	
c)	<b>Participación de discapacitados</b> Para sumar puntos en este rubro se requiere contar con un mínimo de 5% de la totalidad de su plantilla de empleados, cuya antigüedad no sea inferior a seis meses, misma que se comprobará con el aviso de alta al régimen obligatorio del Instituto Mexicano del Seguro Social. (Art. 14 de la Ley de Adquisiciones Arrendamientos y Servicios del Sector Público).	0.70
	Si acredita contar con un 5% o más de personas con discapacidad, de la totalidad de su plantilla de empleados, se otorgará <b>0.70</b> puntos.	
	Deberá presentar el listado de todo el personal registrado ante el IMSS señalando al personal con discapacidad, anexando la documentación que avale un mínimo de 5% de su plantilla de empleados. En caso de presentar manifiesto que no cuenta con dicho personal el puntaje será 0.	
<b>II</b>	<b>Experiencia y especialidad del licitante.</b> Este rubro tendrá un valor de 7 puntos.	<b>7</b>
a)	<b>Experiencia:</b> Para evaluar este sub-rubro, El "licitante" deberá presentar contratos completos o documentos contractuales tales como: <b>orden de inicio de servicio, carta de asignación de servicios (número de contrato, nombre del contratante y contratado, nombre del servicio, vigencia) debidamente firmados por persona facultada, de servicios iguales o similares</b> a los requeridos en los presentes requisitos técnicos, con entidades y dependencias municipales, estatales y de la Administración Pública Federal, así como con empresas de la iniciativa privada. Los documentos presentados deberán estar concluidos a la fecha de la presentación y apertura de proposiciones, relativos a los servicios de recuperación y control de pérdidas de agua, o similares.	3.5



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	<p>Para contabilizar el número de años de experiencia se sumarán los días, meses y/o años durante los cuales ha estado vigente cada contrato que se presente, sin que en ningún caso puedan sumarse contratos que abarquen los mismos períodos en un ejercicio fiscal, es decir, si se presenta un contrato con vigencia del 1 de enero al 30 de marzo de 2005 y otro contrato con vigencia del 1 de febrero al 30 de junio de 2005, únicamente se contabilizarán 6 meses o 0.5 años de experiencia. Los contratos con periodos de vigencia consecutiva o que abarquen distintos ejercicios fiscales sí serán sumados.</p> <p>Se asignará la mayor puntuación al licitante cuyos contratos presentados, acrediten un mayor número de años prestando los servicios materia de esta licitación, siendo 1 año como mínimo y 5 años como máximo, en el entendido de que, si algún licitante acredita más de 5 años de experiencia, únicamente podrá recibir la puntuación máxima asignada para este rubro (3.5 puntos). A partir de la puntuación máxima asignada a este rubro, se efectuará un reparto proporcional de puntos entre el resto de los licitantes, en razón de los años de experiencia acreditados.</p> <p>Al licitante que no acredite el mínimo de experiencia requerida, no se le asignará puntuación alguna.</p>	
b)	<p><b>Especialidades:</b> Para evaluar este sub-rubro se considerarán <b>contratos completos o documentos contractuales tales como: orden de servicio, carta de asignación de servicios (número de contrato, nombre del contratante y contratado, nombre del servicio, vigencia) debidamente firmada por persona facultada de servicios iguales o similares</b> a los requeridos en los presentes requisitos técnicos, con entidades y dependencias municipales, estatales y de la Administración Pública Federal, así como con empresas de la iniciativa privada.</p> <p>Los documentos presentados deberán estar concluidos a la fecha de la presentación y apertura de proposiciones, relativos a los servicios de recuperación y control de pérdidas de agua, o similares.</p> <p>Para hacerse acreedor de los puntos mínimos deberá presentarse al menos un contrato que incluya una o más de las especialidades descritas en el párrafo anterior. Se asignará un máximo de 3.5 puntos al licitante que presente la mayor cantidad de contratos hasta un máximo de 5 y que cumplan con lo mínimo solicitado.</p>	3.5



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

<b>PROPUESTA TÉCNICA</b>		
<b>No.</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>Puntuación máxima a obtener</b>
	<p>A partir de la puntuación máxima asignada a este rubro, se efectuará un reparto proporcional de puntos entre el resto de los licitantes, en razón de la cantidad de documentos presentados.</p> <p>Al licitante que no acredite el mínimo de contratos requeridos, no se le asignará puntuación alguna.</p>	
<b>III</b>	<b>Propuesta de trabajo.-</b> Este rubro tendrá un valor de 28 puntos de acuerdo a los siguientes sub-rubros:	<b>28</b>
a)	<p><b>Metodología para la prestación de servicio.-</b> Establecimiento de los pasos a seguir para el cumplimiento de los requisitos para la prestación del servicio. Para la evaluación del sub-rubro: El “prestador del servicio” deberá incluir en su proposición técnica procedimiento detallado para la ejecución del presente servicio: en el que incluya la metodología, equipo a utilizar, la descripción detallada de los procedimientos a seguir para recuperación y control de pérdidas de agua, las especificaciones de de los materiales y equipos a suministrar y utilizar, la descripción de la totalidad de las pruebas que se realizarán a cada uno de los componentes del servicio, las normas técnicas aplicables, asignación de personal, etc.</p>	11
b)	<p><b>Plan de trabajo propuesto.-</b> Definición del cuándo y cómo se llevarán a cabo las actividades o tareas que implica el servicio.</p> <p>El licitante deberá presentar carta original firmada por su representante legal en la cual presentarán un plan de trabajo calendarizado y susceptible de registrar avances porcentuales mensuales reales, en el que se acredite que es capaz de cumplir con los servicios solicitados, que sirva para seguimiento del propio licitante, y como mecanismo de verificación de la JMAS.</p> <p>Dentro del programa calendarizado de la etapa de transición, los licitantes deberán agregar un cronograma con fechas de cumplimiento de objetivos y metas.</p>	11
c)	<p><b>Esquema estructural de la organización de los recursos humanos.-</b> El licitante deberá presentar para la evaluación la estructura de la organización (organigrama) de los recursos humanos con asignación de funciones para el cumplimiento de las obligaciones previstas para el servicio. El licitante presentará carta firmada por su representante legal en la cual documente el plan de organización del proyecto, que contenga la estructura organizacional para el proyecto, indicando los niveles de atención de servicio y con los teléfonos fijos y móviles de los</p>	6



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

<b>PROPUESTA TÉCNICA</b>		
<b>No.</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>Puntuación máxima a obtener</b>
	<p>diferentes niveles jerárquicos que ofrecen para la atención de cualquier reporte.</p> <p>El programa de organización de los recursos humanos deberá señalar el orden jerárquico y las unidades de especialización que en su caso propone para ejecutar la prestación de los distintos servicios que oferte.</p> <p>Los licitantes agregarán a su proposición el organigrama del personal que dispondrán para la prestación de los servicios, y que éstos poseen el grado académico, experiencia y capacidad necesaria para un trabajo de la magnitud del que es objeto de esta licitación. Asimismo, se verificará el curriculum del personal propuesto.</p> <p>Se asignará la puntuación máxima si presenta en forma detallada la información completa y detallada conforme a lo solicitado en este apartado.</p>	
<b>IV</b>	<b>Capacitación o transferencia de conocimiento.-</b> Este rubro tendrá un <b>máximo de 6 puntos.</b>	<b>6</b>
	El plan de trabajo deberá contemplar capacitación al personal de la JMÁS a realizarse durante la vigencia del contrato que con motivo de la presente licitación se suscriba, para lo cual deberá tomar en cuenta que se debe especificar el cronograma, los tópicos y alcance de las capacitaciones, personal que impartirá la capacitación y el perfil necesario de las personas que recibirán la capacitación.	
a)	Metodología	2
b)	Programa de Capacitación	2
c)	Nivel Profesional de Conocimientos	2
	Se asignará la puntuación máxima si presenta en forma detallada la información completa y detallada conforme a lo solicitado en los incisos a), b) y c) de este apartado.	
<b>V</b>	<b>Cumplimiento de contratos.-</b> Este rubro tendrá un máximo de 9 puntos.	<b>9</b>
	Para evaluar este rubro, el "licitante" deberá presentar actas de entrega recepción, documento de liberación de garantía o carta de haber recibido los servicios de conformidad y en términos satisfactorios (número de contrato, nombre del contratante y contratado, nombre del servicio, vigencia). Todos los documentos presentados para acreditar este rubro deberán ser emitidos y firmados por parte del cliente del "licitante" participante facultada para tal efecto, mismas que deberán ser de servicios iguales o similares a los requeridos en los presentes requisitos técnicos, con entidades y dependencias municipales,	9



Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas.

PROPUESTA TÉCNICA		
No.	CONCEPTO	Puntuación máxima a obtener
	<p>estatales y de la Administración Pública Federal, así como con empresas de la iniciativa privada.</p> <p>Se asignarán la puntuación máxima considerada para este rubro al licitante que acredite con 5 (cinco) o más documentos el cumplimiento de contratos.</p> <p>A partir de la puntuación máxima asignada a este rubro, se efectuará un reparto proporcional de puntos entre el resto de los licitantes, en razón de la cantidad de documentos presentados.</p>	
<b>TOTAL</b>		90

**Notas:**

En casos intermedios se interpolará entre los puntajes mínimos y máximos establecidos para cada rubro o subrubro.

Para evaluar el subrubro I.a) Capacidad de los recursos humanos, el Currículum Vitae requerido deberá contar con la autorización expresa y firmada de la persona titular de los datos manifestando que otorga su consentimiento a “EL PRESTADOR DEL SERVICIO” para hacer público sus datos personales en la licitación pública de referencia, de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, lo anterior para cualquier consulta derivada de lo establecido en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Con respecto al rubro V Cumplimiento de contratos, podrán ser los correspondientes a los presentados por “EL PRESTADOR DE SERVICIO” para acreditar el rubro II. Sólo se evaluarán en los rubros anteriormente mencionados los proyectos de servicios con condiciones y características específicas iguales o similares a los requeridos en la presente licitación, por lo que **NO SE DEBEN INCLUIR SERVICIOS** que no estén relacionados.

A continuación, se establece la forma en que se evaluará cada sub-rubro; la puntuación final del rubro al que pertenece será la suma aritmética de sus sub-rubros.

**6.1. Integración de la proposición técnica**

Los licitantes deberán presentar su proposición técnica señalando la forma en que darán cumplimiento a los requisitos establecidos en esta convocatoria y sus anexos.

Se verificará que los licitantes cuentan con los recursos humanos, económicos, técnicos y de equipamiento que garanticen el cumplimiento de los objetivos de este procedimiento de contratación.



En virtud de que esta Licitación se evaluará por el método de puntos, a continuación, se listan los requisitos o aspectos que serán considerados como mínimos indispensables, dado que repercuten directamente en la obtención de mejores condiciones para el Estado, siendo con base en los mismos que se asignarán las puntuaciones en los diferentes rubros y sub-rubros considerados.

### 6.1.1. Capacidad del licitante

a) Recursos humanos

El licitante deberá proponer una plantilla para proporcionar los servicios materia de la presente licitación, en la que considere al menos los perfiles indicados en la Tabla 6.2, punto I, con su experiencia, competencia, y dominio de herramientas.

b) Recursos económicos y equipamiento

a. Recursos económicos

Es necesario que los licitantes acrediten que poseen capacidad económica suficiente para hacer frente a las obligaciones derivadas del contrato.

Para tal efecto, de conformidad con el artículo 40, fracción III del Reglamento de la LAASSP, la capacidad económica se deberá acreditar con la última declaración fiscal anual y la última declaración fiscal provisional del impuesto sobre la renta presentadas por el licitante ante la SHCP, en el entendido de que las mismas deben contar con sello de recibido o acuse respectivo. En este sentido, el licitante deberá acreditar como mínimo que sus ingresos son equivalentes al 10% del monto total de su oferta.

Agregar estados financieros auditados del ejercicio inmediato anterior anexando copia del contador público e identificación oficial vigente. Se revisará que la utilidad del ejercicio sea al menos 10% del monto total de la oferta.

Los licitantes de una nacionalidad distinta a la mexicana deberán agregar a su proposición, la declaración anual de impuestos que corresponda al ejercicio fiscal 2018 y la última declaración provisional que refleje su situación contable en el año 2019, con traducción simple al idioma español.

Tratándose de proposiciones en participación conjunta, podrán agregar las declaraciones fiscales de todos los participantes, dado que los puntos de este sub rubro se otorgarán considerando la suma de los ingresos de todos los integrantes del convenio de participación conjunta, de conformidad a lo dispuesto por el artículo 44 fracción IV, del Reglamento de la LAASSP.

**El no acreditar el mínimo de ingresos requeridos (10% del monto total de la oferta económica) en el presente numeral es causa de desechamiento, ya que afecta la solvencia de la proposición del licitante.**

b. Equipamiento



El licitante deberá presentar dentro de su propuesta técnica, la relación de las instalaciones y equipos necesarios para la prestación de los servicios. Para obtener los puntos mínimos en cada inciso, deberá presentarse una carta firmada por el apoderado legal de la empresa en la que manifieste que se obliga a poner a disposición los equipos e instalaciones señalados para la prestación de los servicios. El licitante deberá acreditar el cumplimiento de los requisitos del equipamiento mediante una relación de activos, identificando los recursos propios y los subcontratados, licencias de software, así como certificados de calidad y normas que procedan.

#### c) PARTICIPACIÓN DE DISCAPACITADOS

Tratándose de licitantes que deseen obtener la puntuación indicada para este rubro, conforme a lo señalado en el párrafo segundo del artículo 14 de la LAASSP, deberán presentar un escrito en el que el manifiesten bajo protesta de decir verdad, que el licitante es persona discapacitada o cuenta con trabajadores con discapacidad en una proporción de cuando menos el 5% de la totalidad de su planta de empleados, con una antigüedad mínima de 6 meses.

Para cumplir con este requisito, los licitantes deberán presentar una carta bajo protesta de decir verdad, señalando la totalidad de su planta de empleados. El porcentaje de personal con discapacidad se comprobará con copia de los avisos de alta al régimen obligatorio del Instituto Mexicano del Seguro Social, en términos de lo dispuesto por el artículo 14 de la LAASSP y 39 fracción IV inciso g) de su Reglamento.

#### **6.1.2. Experiencia y especialidad**

En esta licitación se evaluará la experiencia y especialidad de los licitantes en la prestación de servicios de la misma naturaleza que los requeridos en este procedimiento de contratación, lo cual se acreditará mediante la presentación de copias de contratos.

Para este propósito se requiere que el inversionista proveedor presente los currículos de al menos cinco personas directamente involucrados en programas de reducción de pérdidas de agua potable, sean empleados del licitante o expertos consultores con quien tengan relaciones de trabajo.

Se requiere que el inversionista proveedor por su mismo, o con alguno de sus asociados demuestre al menos cinco contratos de reducción de pérdidas de agua potable.

Se requiere que el inversionista proveedor por su mismo, o con alguno de sus asociados demuestren al menos tres contratos de servicios a Organismos operadores de agua.

Tanto experiencia, como especialidad se podrán acreditar con los mismos contratos, pudiendo presentarse contratos adicionales para alcanzar el máximo de años requerido, o bien, el máximo de contratos solicitado.



Cuando los contratos y/o documentos para acreditar este rubro se encuentren en un idioma distinto al español, los licitantes deberán agregar una traducción simple al idioma oficial de esta licitación.

Cuando por la naturaleza jurídica del o los contratos de que se trate, haya sido necesaria o exigida la constitución de una persona moral de objeto específico, los licitantes podrán agregar el contrato respectivo, acompañado de la documentación idónea (Acta Constitutiva) que lo acredite como socio de dicha persona moral de objeto específico.

a) Experiencia

El rubro de experiencia tiene por objeto verificar el tiempo durante el cual el licitante ha prestado los servicios objeto de esta licitación.

El licitante acreditará, mediante la presentación de contratos, que cuenta con al menos 1 (un) año de experiencia, en la prestación de servicios similares a los requeridos en esta licitación. Los años a acreditar podrá conformarse con un solo contrato cuya vigencia haya sido de doce o más meses, o bien, por varios contratos con distintas vigencias, de los cuales se irá sumando el tiempo de vigencia para obtener el total de experiencia acumulada.

Se tomará en cuenta para el cómputo del tiempo la fecha de inicio de vigencia y la fecha de conclusión del servicio contratado incluyendo los contratos plurianuales. Las vigencias empalmadas entre varios contratos no se suman. Los puntos se asignarán conforme la experiencia acreditada hasta un máximo de 5 (cinco) años.

Para hacerse acreedor a puntaje en este rubro deberá acreditar como mínimo 1 año de experiencia, de lo contrario no se otorgarán puntos.

Para la obtención de los puntos relativos a este rubro, en los contratos presentados se deberá identificar como mínimo lo siguiente: nombres de los contratantes, objeto del contrato, vigencia del contrato, actividades específicas del licitante relacionadas con el objeto de esta licitación.

b) Especialidad

En la especialidad, se evaluará que los servicios que ha venido prestando el proveedor, corresponden a las características específicas y condiciones similares a los requeridos en esta licitación.

Para demostrar que el proveedor es especialista en la prestación de los servicios objeto de la presente licitación, en los contratos que exhiba deberá acreditar que el licitante ha realizado actividades de recuperación y control de pérdidas de agua, en uno o más contratos.

Para la obtención de los puntos relativos a este rubro, en los contratos presentados se deberá identificar como mínimo lo siguiente: nombres de los contratantes, objeto del contrato, vigencia del contrato, actividades específicas del licitante relacionadas con el objeto de esta licitación

Cada una de las especialidades podrá ser acreditada individualmente o en conjunto con otra, siempre que el objeto del contrato cumpla con lo mínimo solicitado, de lo contrario no se otorgarán puntos para dicha especialidad. Para hacerse acreedor de los puntos mínimos en cada especialidad deberá presentarse al menos un contrato. El licitante se hará acreedor a puntaje adicional en cada especialidad en función de los contratos adicionales que presente hasta un máximo de 5 (cinco) y que cumplan con lo mínimo solicitado.



### 6.1.3. Propuesta de trabajo

Se verificará que los licitantes presenten la metodología, el plan de trabajo y la organización propuesta por el licitante de los recursos que garanticen el cumplimiento de los objetivos de este procedimiento de contratación.

A) Metodología para la prestación del servicio

La metodología se refiere al establecimiento de los pasos a seguir para el cumplimiento de los requisitos para la prestación del servicio. Para la evaluación de este sub-rubro, el inversionista proveedor deberá incluir en su proposición técnica un procedimiento detallado para la ejecución del presente servicio: en el que incluya la metodología, equipo y asignación de personal.

Los licitantes deberán acreditar que cuentan con una adecuada estrategia para llevar a cabo el proyecto de recuperación y control de pérdidas de agua, agregando como parte de la propuesta técnica una metodología de operación, que muestre la forma en que llevarán a cabo sus actividades y emplearán sus recursos para dar cumplimiento al contrato correspondiente.

b) Plan de trabajo propuesto

El Plan de trabajo para implementar este proyecto, es un documento indispensable y debe incluir un diagrama de tareas en forma de ruta crítica mostrando las tareas que están en la ruta crítica y las tareas que tienen una holgura de tiempo, aunque desde luego cumpliendo con el calendario de tiempos establecidos en el punto ocho de estas especificaciones. No presentar este documento es causa suficiente para desechar la oferta.

Un programa de trabajo calendarizado y susceptible de registrar avances porcentuales mensuales reales, en el que se acredite que es capaz de cumplir con los servicios solicitados, que sirva para seguimiento del propio licitante, y como mecanismo de verificación de la JMAS.

c) Esquema estructural de la organización de los recursos humanos

El esquema propuesto debe mostrar un organigrama que incluya a la estructura general, así como debe mostrar al mínimo a las personas que se solicitan en el sub-rubro l.a) relativo a capacidad de los recursos humanos del Inversionista proveedor. No incluir este documento es motivo suficiente para desechar la oferta.

Es un programa de organización de los recursos humanos de que dispondrá el licitante para la prestación de los servicios, señalando el orden jerárquico en que estarán organizados y las unidades de especialización que en su caso propone para ejecutar la prestación de los distintos servicios que oferte.

Los licitantes agregarán a su proposición el organigrama del personal que dispondrán para la prestación de los servicios, y que éstos poseen el grado académico, experiencia y capacidad necesaria para un trabajo de la magnitud del que es objeto de esta licitación.

Al organigrama agregarán el currículum del personal propuesto, con los datos de identificación de al menos dos personas que puedan ser contactadas para verificar la información que el documento contiene.



El personal propuesto deberá estar facultado para realizar actividades remuneradas en los Estados Unidos Mexicanos.

#### **6.1.4. Cumplimiento de contratos**

Será objeto de evaluación el desempeño o cumplimiento que el licitante haya tenido en la prestación de servicios de la misma naturaleza de los que son objeto de esta licitación, que hayan sido suministrados a alguna dependencia, entidad, o cualquier otra persona física o moral, en condiciones y magnitud similares a los señalados en este procedimiento de contratación.

A cada contrato que se exhiba para acreditar este rubro por cada una de las especialidades referidas, el licitante deberá agregar:

**Sector Público:** el documento en el que conste la cancelación de la garantía de cumplimiento de que se trate, o bien, una manifestación expresa y con firma autógrafa del responsable de administrar y verificar el cumplimiento o del titular del área requirente, en la que conste el cumplimiento total de las obligaciones contractuales a cargo del licitante.

**Sector Privado:** manifestación escrita del representante legal de la empresa contratante, con facultades de administración o de dominio sobre el cumplimiento total de las obligaciones contractuales. Las facultades de representación solicitadas, deberán ser descritas en el documento solicitado.

Para el caso de que el licitante requiera presentar contratos que, por ser plurianuales y con tiempos de vigencia de más de un año, aún se encuentren vigentes y en ejecución, el licitante deberá presentar una manifestación por escrito en documentación membretada, en la que de forma expresa y con firma autógrafa de su contratante, se señale si el licitante se encuentra al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones contractuales a su último período de cierre. El documento presentado deberá ser concordante con el contrato y el licitante, de lo contrario no será considerado.

Los contratos a que se refiere este sub rubro, deberán encontrarse entre los presentados para el sub rubro EXPERIENCIA Y ESPECIALIDAD.

Cuando los documentos para acreditar este rubro se encuentren en un idioma distinto al español, los licitantes deberán agregar una traducción simple al idioma oficial de esta licitación.

Cada una de las especialidades podrá ser acreditada individualmente o en conjunto con otra, siempre que el objeto del contrato cumpla con lo mínimo solicitado, de lo contrario no se otorgarán puntos para dicha especialidad. El licitante se hará acreedor a puntaje adicional en cada especialidad en función de los contratos adicionales que presente y que cumplan con lo mínimo solicitado.



## 6.2. Forma y términos en que se realizará la evaluación de las proposiciones

**Proposición técnica.** - Se podrán otorgar hasta 90 puntos, al licitante cuya proposición haya cumplido con cada uno de los incisos señalados en el punto “Proposición Técnica” de la Convocatoria, conforme a lo siguiente.

Las proposiciones que obtengan una calificación igual o mayor a los 67.5 puntos de los 90 máximos que se pueden obtener, serán consideradas como solventes técnicamente y se procederá a la evaluación de su propuesta económica.

En cualquiera de los sub-rubros, los requisitos o aspectos solicitados al licitante serán considerados como mínimos indispensables, dado que repercuten directamente en la obtención de mejores condiciones para el organismo. Por tanto, en caso de no presentarse el correspondiente documento solicitado como acreditación del mínimo requerido o se presenta erróneamente, no se asignará puntuación.

El prestador del Servicio ganador deberá presentar documentos originales a la JMAS dentro de los 5 días posteriores al fallo para su cotejo.

La proposición solvente más conveniente para la JMAS, será aquella que reúna la mayor puntuación o unidades porcentuales conforme a lo solicitado en los presentes Requisitos Técnicos.

- A. Para efectos de proceder a la evaluación de la propuesta económica, se excluirá del precio ofertado por el licitante el impuesto al valor agregado y sólo se considerará el precio neto propuesto.
- B. Para determinar la puntuación que corresponda a la propuesta económica de cada participante, se aplicará la siguiente fórmula:

$$PPE = 10 \frac{MPEMB}{MP_i} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

donde:

*PPE* = Puntuación o unidades porcentuales que corresponden a la propuesta económica;

*MPEMB* = Monto de la propuesta económica más baja, y

*MP<sub>i</sub>* = Monto de la *i*-ésima propuesta económica;

*10* = Puntuación máxima

**Resultado final.**- Para calcular el resultado final de la puntuación o unidades porcentuales que obtuvo cada proposición, se aplicará la siguiente fórmula:

$$PT_j = TPT + PPE, \text{ para toda } J = 1, 2, \dots, N \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Donde:

*PT<sub>j</sub>* = Puntuación o unidades porcentuales totales de la proposición;

*TPT* = Total de puntuación o unidades porcentuales asignados a la propuesta técnica;



*PPE* = Puntuación o unidades porcentuales asignados a la propuesta económica, y  
El subíndice “J” representa a las demás proposiciones determinadas como solventes como resultado de la evaluación.

La proposición solvente más conveniente para el estado, será aquella que reúna la mayor puntuación.

En caso de empate entre dos o más proposiciones, se procederá conforme a lo dispuesto por el artículo 36 bis segundo y tercer párrafos de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

La evaluación de las proposiciones se efectuará, verificando que las mismas cumplan con los requerimientos establecidos en esta convocatoria y sus anexos, observando para ello lo previsto en el artículo 36 y 36 Bis de la LAASSP.

**6.3. Forma de evaluar las propuestas económicas de los licitantes y algoritmo para otorgarles los puntos que corresponden a la propuesta económica**

Por lo que corresponde a la evaluación de la propuesta económica, para obtener los 10 puntos que marca la ley la forma será otorgándolos al licitante con el precio más bajo, y ello le otorgará los 10 puntos de esta evaluación; el resto de los licitantes obtendrán los puntos que resulten de una regla de tres simple.

Una vez valuadas todas las propuestas económicas por el Valor de Propuesta Económica de Licitante (VPEL) y ordenadas de la más baja a la más alta, variaran los puntos a otorgar en la evaluación de 10 puntos a la más baja, a cero puntos para la propuesta más alta, como se muestra en la siguiente tabla descriptiva del algoritmo de cálculo:

VPEL más baja de todas	Se le otorgarán como máximo	10 puntos
La VPEL siguiente más alta		Proporcional a la baja
.....		.....
La VPEL siguiente más alta		Proporcional a la baja
La VPEL más alta de todas		0 puntos



Ejemplificando con algunos valores buscando más clarificación al método de valuación veamos como ejemplo cinco propuestas competidoras con los siguientes valores y cálculo de puntos:

Propuesta número	Monto del Valor de propuesta económica de licitante en este ejemplo	Diferencia entre la más alta menos la propuesta bajo calculo, base de la regla de tres simple	Puntos que se le otorgaran en la evaluación por regla de tres simple
1	\$1,000	4000	10
2	\$2,000	3000	7.5
3	\$3,000	2000	5
4	\$4,000	1000	2.5
5	\$5,000	0	0

## 7. ARREGLO PARA INSTRUMENTACIÓN DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS

### 7.1. Diseño de la losa tapa de caja para instrumentación de distritos hidrométricos

Se efectuó el diseño estructural de la caja para instrumentación de distritos hidrométricos (DH); la cual es un cajón de muros de mampostería, fabricada y destinada a alojar medidores de flujo, válvulas de seccionamiento, válvula reductora de presión y piezas especiales a la entrada de distritos hidrométricos (DHs) para facilitar la operación de dichos DHs, y tiene las dimensiones y propiedades mostradas en la Ilustración 7.1.

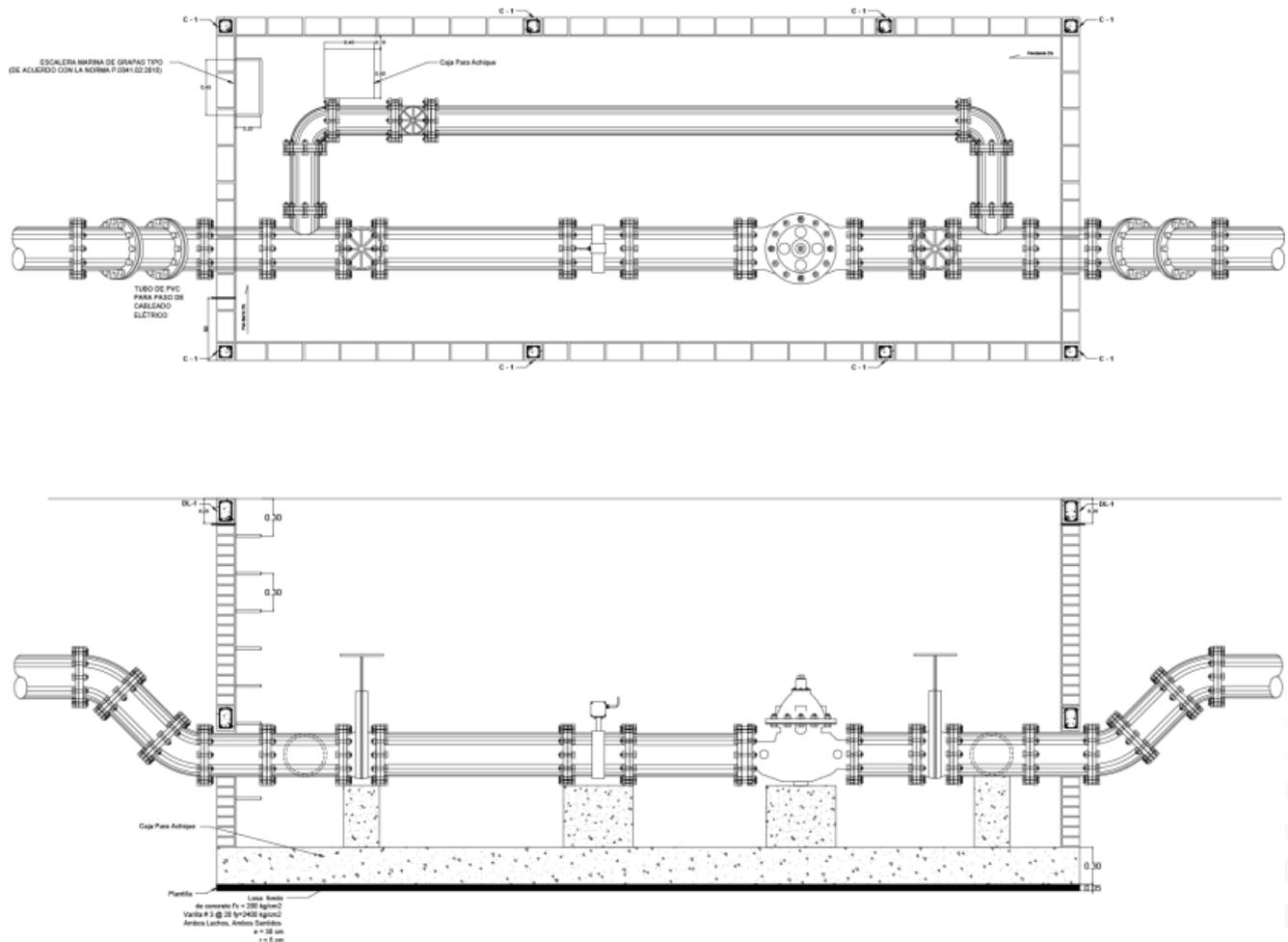


Ilustración 7.1 Características de la caja de instrumentación



### 7.1.1. Reglamentos o código aplicable

El diseño se realizará de acuerdo a:

- Reglamento de Construcciones y Normas Técnicas para el Municipio de Chihuahua. Octubre de 2013
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Diciembre de 2017
- Manual de Construcción en Acero, IMCA 2008

### 7.1.2. Definición de acciones de diseño

#### 7.1.2.1. Carga muerta

Se consideran los efectos del peso propio de acuerdo a lo siguiente:

- El peso volumétrico del concreto reforzado es  $2,500 \text{ kg/m}^3$
- El peso volumétrico del acero de refuerzo es  $7,856 \text{ kg/m}^3$

#### 7.1.2.2. Carga Viva

Los efectos de carga viva se estimarán a partir de lo siguiente:

Banquetas, entradas y patios donde pueden circular camiones,  $1,250 \text{ kg/m}^2$

Carga concentrada más desfavorable de vehículo Clasificación HS-20 (AASHTO),  $W_{H20}=0.4$  (14,500 kg) = 5,800 kg

### 7.1.3. Combinaciones de carga

Como se trata de una estructura del grupo II, el factor de carga considerado será:

$$1.2M + 1.6C_V + W \qquad \text{Ecuación 7.1}$$

donde:

- $M$  = Carga Muerta, en kg
- $C_V$  = Carga viva distribuida, en  $\text{kg/m}^2$
- $W$  = Carga viva instantánea, en kg

### 7.1.4. Ecuaciones para dimensionamiento de elementos estructurales

A continuación se presentan las propiedades y ecuaciones a utilizar en el dimensionamiento de los elementos estructurales.

#### 7.1.4.1. Propiedades del concreto

Se propone utilizar concreto clase 1 con resistencia a la compresión (28 días).

$$f_c' = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c^* = 0.8f_c'$$

$$f_c'' = 0.85f_c^*$$

donde:

$f_c^*$  = Resistencia nominal del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_c''$  = Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_c'$  = Resistencia especificada del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

#### 7.1.4.2. Acero de refuerzo

Se considera una resistencia del esfuerzo de fluencia de 4,200 kg/cm<sup>2</sup>

#### 7.1.4.3. Diseño por flexión

La cuantía necesaria para elementos por flexión resulta:

$$q = \frac{\rho f_y}{f_c''} \quad \text{Ecuación 7.2}$$

Despejando  $\rho$  resulta:

$$\rho = \frac{q f_c''}{f_y} \quad \text{Ecuación 7.3}$$

De la fórmula para calcular el momento resistente:

$$M_R = F_R b d^2 f_c'' q (1 - 0.5q) \quad \text{Ecuación 7.4}$$

El valor de  $q$  resulta:

$$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_R(100\,000)}{F_R d^2 f_c'' b}} \quad \text{Ecuación 7.5}$$

donde:

$\rho$  = Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión

$f_y$  = Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_R$  = 0.9 factor de diseño para flexión

- $f_c''$  = Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- $d$  = Peralte efectivo en la dirección de flexión; es decir, distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra extrema de compresión (cm)
- $b$  = Ancho de una sección rectangular (cm)
- $M_R$  = Momento flexionante resistente de diseño (kg-cm)

#### 7.1.4.4. Refuerzo máximo

En el diseño, el refuerzo no debe de exceder de:

$$\rho_{max} = 0.75\rho_{bal} \quad \text{Ecuación 7.6}$$

Para lo cual, la  $\rho_{max}$  se calcula con la ecuación:

$$\rho_{bal} = \frac{f_c''}{f_y} \frac{6000\beta_1}{f_y + 6000} \quad \text{Ecuación 7.7}$$

donde:

- $\rho_{bal}$  = Cuantía balanceada
- $f_c''$  = Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\beta_1$  = Factor que especifica la profundidad del bloque equivalente de esfuerzos a compresión, como una fracción de la profundidad del eje neutro,  $c$
- $f_y$  = Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_c^*$  = Resistencia nominal del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\rho_{max}$  = Cuantía máxima
- 0.75 = El área máxima de acero de tensión será 75 por ciento de la correspondiente a falla balanceada



#### 7.1.4.5. Refuerzo mínimo

El refuerzo debe de ser cuando menos:

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{f_c'}}{f_y} \quad \text{Ecuación 7.8}$$

donde:

- $\rho_{min}$  = Cuantía mínima
- $f_c'$  = Resistencia especificada del concreto a compresión(kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_y$  = Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)

Área de acero necesario, para resistir los esfuerzos de flexión se calcula como:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad \text{Ecuación 7.9}$$

Por tanto  $A_s$  resulta:

$$A_s = \rho bd \quad \text{Ecuación 7.10}$$

donde:

- $\rho$  = Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión
- $A_s$  = Área del refuerzo de tensión (cm<sup>2</sup>)
- $d$  = Peralte efectivo en la dirección de flexión; es decir, distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra extrema de compresión (cm)
- $b$  = Ancho de una sección rectangular (cm)

#### 7.1.4.6. Diseño por esfuerzo cortante

Como una primera consideración se debe de revisar como elemento ancho. En elementos anchos como losas, zapatas y muros, en los que el ancho,  $b$ , no sea menor que cuatro veces el peralte efectivo,  $d$ , el espesor no sea mayor de 600 mm y la relación  $M/Vd$  no exceda de 2.0, la fuerza resistente,  $V_{CR}$  puede tomarse igual a:

$$V_{CR} = 0.5F_Rbd\sqrt{f_c'} \quad \text{Ecuación 7.11}$$

En caso que no cumpla con esta consideración, el reglamento recomienda: si el espesor es mayor de 600 mm, o la relación  $M/Vd$  excede de 2.0, la resistencia a fuerza cortante se valorará con el criterio que se aplica a vigas:

si  $\rho < 0.015$

$$V_{CR} = F_R b d (0.2 + 20\rho) \sqrt{f_c^*}$$

Ecuación 7.12

si  $\rho \geq 0.015$  (nota: revisar reglamento para mayor especificación)

$$V_{CR} = 0.5 F_R b d \sqrt{f_c^*}$$

Ecuación 7.13

donde:

- $\rho$  = Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión
- $F_R$  = 0.8, factor de diseño para cortante y torsión
- $f_c^*$  = Resistencia nominal del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- $b$  = Ancho de una sección rectangular (cm)
- $d$  = Peralte efectivo en la dirección de flexión; es decir, distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra extrema de compresión (cm)

#### 7.1.4.7. Separación del refuerzo transversal

Cuando  $V_{CR} < V_u$ , la separación del acero transversal se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{F_R A_v f_y d}{V_{CR}}$$

Ecuación 7.14

donde:

- $F_R$  = 0.8, factor de diseño para cortante y torsión
- $A_v$  = Área transversal del refuerzo por tensión diagonal comprendido en una distancia  $s$ ; (cm<sup>2</sup>)
- $d$  = Peralte efectivo en la dirección de flexión; es decir, distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra extrema de compresión (cm)
- $V_{SR}$  = Fuerza cortante de diseño que toma el acero transversal ( $V_{SR} = V_u - V_{CR}$ )

#### 7.1.4.8. Refuerzo por cambios volumétricos

En toda dirección en que la dimensión de un elemento estructural sea mayor que 1.5 m, el área de refuerzo que se suministre no será menor que:

$$a_{s1} = \frac{660x_1}{f_y(x_1 + 100)}$$

Ecuación 7.15

donde:

- $a_{s1}$  = Área transversal del refuerzo colocado en la dirección que se considera, por unidad de ancho de la pieza, (cm<sup>2</sup>/cm). El ancho mencionado se mide perpendicularmente a dicha dirección y a  $x_1$

$x_1$  = Dimensión mínima del miembro medida perpendicularmente al refuerzo (cm)

### 7.1.5. Diseño de la losa tapa Sección 1

El método de diseño por el cual se va a realizar la losa de la caja por diseño de losas perimetralmente apoyadas (NTCDC-17), en virtud de que le relación largo-ancho es mayor a 0.5.

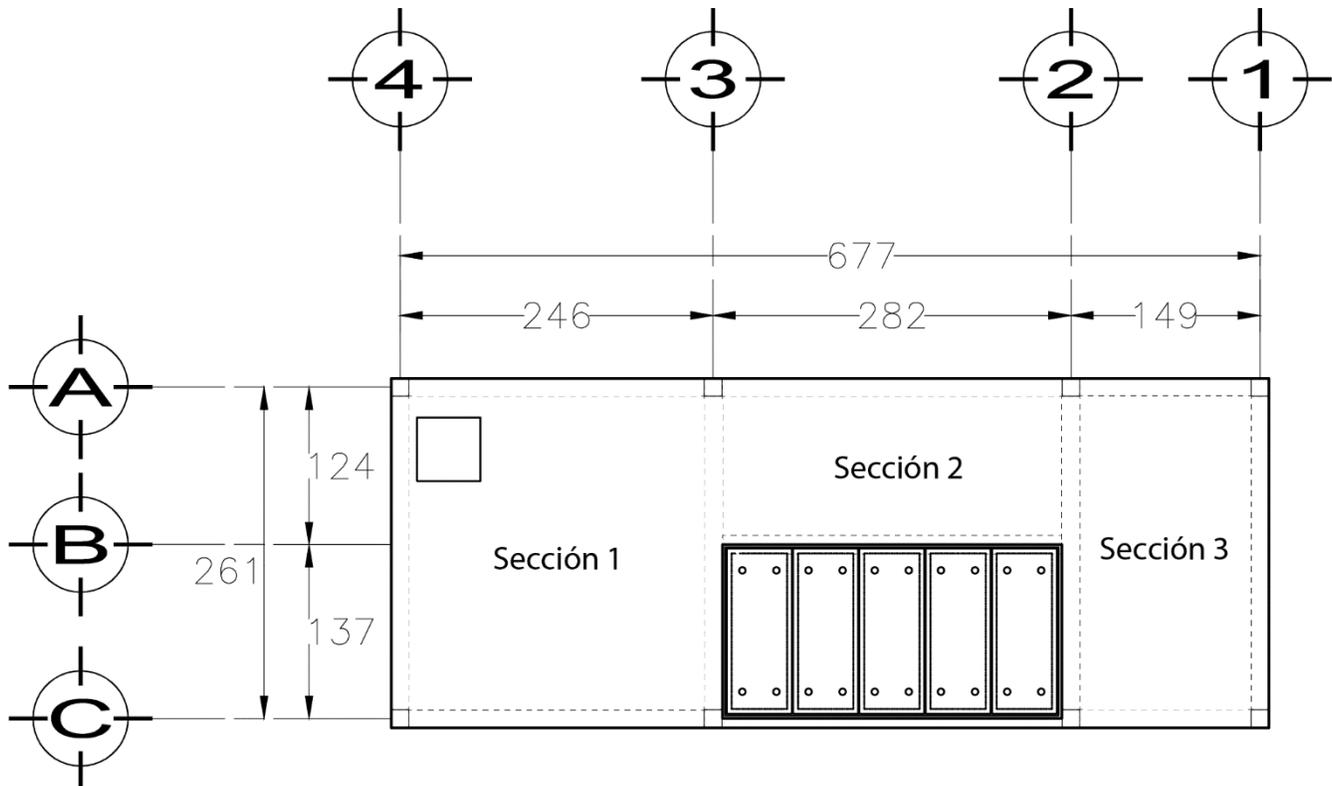


Ilustración 7.2 Características de la caja de instrumentación

#### 7.1.5.1. Peralte efectivo

El diseño se inicia con la determinación del peralte mínimo, el cual debe ser por lo menos igual al perímetro del tablero dividido entre 250 para concreto clase I. Para calcular este perímetro, los lados discontinuos deben incrementarse en 50 por ciento si las traveses o muros en que se apoya la losa no son monolíticos con ella, y 25 por ciento si lo son.

Estas disposiciones son aplicables a losas en que  $f_s < 2\ 520\ \text{kg/cm}^2$  y  $w < 380\ \text{kg/m}^2$ ; para otras combinaciones de  $f_s$  y  $w$ , el peralte efectivo se obtendrá multiplicando por:

$$0.032^4 \sqrt{f_s w} \qquad \text{Ecuación 7.16}$$

$$d_{min} = \frac{Per}{250} \qquad \text{Ecuación 7.17}$$



donde:

- $d_{min}$  = Peralte mínimo de losa (cm)
- $Per$  = Perímetro ajustado de la losa (cm)
- $f_s$  = Esfuerzo permisible del acero de refuerzo ( $0.6f_y$ ), (kg/cm<sup>2</sup>)
- $w$  = Carga aplicada en la losa

### 7.1.5.2. Cargas y momentos

Para dimensionar losas por este método, se obtienen los momentos flexionantes utilizando los coeficientes que se presentan en la Tabla 7.1. Los momentos así obtenidos son momentos por unidad de ancho (kg m/m). Después se calculan el peralte y el porcentaje de refuerzo utilizando las fórmulas de flexión, como si se tratase de vigas de ancho unitario. Es decir, si los momentos están en unidades kg m/m, se considera que la losa está formada por vigas de 1 metro de ancho sujetas a los momentos flexionantes determinados a partir de los coeficientes de la tabla.

Para este análisis calculan los claros libres  $a_1$  y  $a_2$  que, como se indica al pie de la tabla y con estos se estiman los momentos.

Existe la posibilidad de que los momentos en un borde común a dos tableros adyacentes resulten distintos en cada tablero. En estos casos, se deben distribuir las dos terceras partes del momento de desequilibrio entre los tableros adyacentes, si éstos son monolíticos con sus muros, o la totalidad si no lo son. Para la distribución debe suponerse que la rigidez del tablero es proporcional a  $d_s/a_1$ .

Para el caso de cargas concentradas, se debe incrementar por unidad de ancho el momento aplicado en la cantidad:

$$\frac{P}{2\pi} \left( 1 - \frac{2r}{3R} \right) \quad \text{Ecuación 7.18}$$

donde:

- $P$  = Carga aplicada (kg)
- $r$  = Radio del círculo de igual área a la de aplicación de la carga (cm)
- $R$  = Distancia del centro de la carga al borde más próximo (cm)

### 7.1.5.3. Acero de refuerzo

La cuantía de acero requerida para soportar los momentos calculados, se estima a través de la Ecuación 7.3 y Ecuación 7.5, siempre que genere cuando menos el área de acero mínimo.



#### 7.1.5.4. Acero mínimo

Respecto al acero mínimo, se utiliza la misma ecuación que para losas en una dirección donde  $A_s$  es el área mínima por metro de ancho de la losa. Esta área debe multiplicarse por 1.5 si la losa está expuesta a la intemperie.

$$A_s = \frac{66\,000\,h}{f_y(h + 100)} \quad \text{Ecuación 7.19}$$

donde:

- $A_s$  = Área de acero (cm<sup>2</sup>)
- $h$  = Espesor de la losa (cm)
- $f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>)

La separación entre barras no debe exceder de 50 cm ni de 3.5  $h$ , excepto en la proximidad de cargas concentradas superiores a una tonelada en donde la separación máxima será de 2.5  $d$ .

#### 7.1.5.5. Refuerzo máximo

En el diseño, el refuerzo no debe de exceder de lo estipulado en la Ecuación 7.6 y la Ecuación 7.7.

Tabla 7.1 Coeficientes de momentos flexionantes para tableros rectangulares, franjas centrales (NTC-DC-17)

Tablero	Momento	Claro	Relación de lados corto a largo, $m = a_1/a_2$													
			0		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
			I <sup>2</sup>	II <sup>3</sup>	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Interior Todos los bordes continuos	Negativos en bordes interiores	corto	998	1018	553	565	489	498	432	438	381	387	333	338	288	292
		largo	516	544	409	431	391	412	371	388	347	361	320	330	288	292
	Positivo	corto	630	668	312	322	268	276	228	236	192	199	158	164	126	130
		largo	175	181	139	144	134	139	130	135	128	133	127	131	126	130
De borde Un lado corto discontinuo	Negativos en bordes interiores	corto	998	1018	568	594	506	533	451	478	403	431	357	388	315	346
		largo	516	544	409	431	391	412	372	392	350	369	326	341	297	311
	Negativos en bordes discontinuo	largo	326	0	258	0	248	0	236	0	222	0	206	0	190	0
		Positivo	corto	630	668	329	356	292	306	240	261	202	219	167	181	133
De borde Un lado largo discontinuo	Negativos en bordes interiores	corto	1060	1143	583	624	514	548	453	481	397	420	346	364	297	311
		largo	587	687	465	545	442	513	411	470	379	426	347	384	315	346
	Negativos en bordes discontinuos	corto	651	0	362	0	321	0	283	0	250	0	219	0	190	0
		Positivo	corto	751	912	334	366	285	312	241	263	202	218	164	175	129
De esquina Dos lados adyacentes discontinuos	Negativos en bordes interiores	corto	1060	1143	598	653	530	582	471	520	419	464	371	412	324	364
		largo	600	713	475	564	455	541	429	506	394	457	360	410	324	364
	Negativo en borde discontinuos	corto	651	0	362	0	321	0	277	0	250	0	219	0	190	0
		largo	326	0	258	0	248	0	236	0	222	0	206	0	190	0
Extremo Tres bordes discontinuos un lado largo continuo	Negativo en borde continuo	corto	1060	1143	970	1070	890	1010	810	940	730	870	650	790	570	710
		largo	651	0	370	0	340	0	310	0	280	0	250	0	220	0
	Negativo en bordes discontinuo.	largo	220	0	220	0	220	0	220	0	220	0	220	0	220	0
		Positivo	corto	751	912	730	800	670	760	610	710	550	650	490	600	430
Extremo Tres bordes discontinuos un lado corto continuo	Neg. en borde cont.	largo	570	710	570	710	570	710	570	710	570	710	570	710	570	710
		Negativo en borde discontinuo	corto	570	0	480	0	420	0	370	0	310	0	270	0	220
	Positivo	largo	330	0	220	0	220	0	220	0	220	0	220	0	220	0
		corto	1100	1670	960	1060	840	950	730	850	620	740	540	660	430	520
Aislado Cuatro lados discontinuos	Negativo en bordes discontinuos	largo	200	250	430	540	430	540	430	540	430	540	430	540	430	540
		corto	570	0	550	0	530	0	470	0	430	0	380	0	330	0
	Positivo	largo	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0
		corto	1100	1670	830	1380	800	1330	720	1190	640	1070	570	950	500	830
largo	200	250	500	830	500	830	500	830	500	830	500	830	500	830		

1 Para las franjas extremas multiplíquense los coeficientes por 0.60

2 Caso I. Losa colada monolíticamente con sus apoyos

3 Caso II. Losa no colada monolíticamente con sus apoyos.

Los coeficientes multiplicados por  $10^{-4}wa^2$ , dan momentos flexionantes por unidad de ancho; si  $w$  está en  $\text{kN/m}^2$  (en  $\text{kg/m}^2$ ) y  $a$  en m, el momento da en  $\text{kN-m/m}$  (en  $\text{kg-m/m}$ ).

Para el caso I,  $a_1$  y  $a_2$  pueden tomarse como los claros libres entre paños de vigas; para el caso II se tomarán como los claros entre ejes, pero sin exceder del claro libre más dos veces el espesor de la losa.

### 7.1.5.6. Fuerza cortante

El dimensionamiento de losas apoyadas perimetralmente queda regido por flexión. Sin embargo, es necesario revisar la seguridad contra fuerza cortante.

Para estos fines, la fuerza cortante que actúa en un ancho unitario puede calcularse con la ecuación:

$$V = \left(\frac{a1}{2} - d\right) w \left[0.95 - 0.5 \frac{a1}{a2}\right] \quad \text{Ecuación 7.20}$$

donde:

- $V$  = Fuerza cortante que actúa en un ancho unitario (kg)
- $a1$  = Lado más corto del tablero (cm)
- $a2$  = Lado más largo del tablero (cm)
- $w$  = Carga aplicada (kg)
- $d$  = Peralte de la losa (cm)

Cuando en un tablero existan bordes continuos y bordes discontinuos, el valor de  $V$  obtenido de la Ecuación 7.20 debe incrementarse en 15 por ciento. La resistencia de la losa a fuerza cortante se supondrá igual a:

$$V_R = 0.5F_R b d \sqrt{f_c^*} \quad \text{Ecuación 7.21}$$

donde:

- $V_R$  = Fuerza cortante resistente en un ancho unitario (kg)
- $F_R$  = Factor de resistencia = 0.8
- $f_c^*$  = Resistencia nominal del concreto a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- $b$  = Carga aplicada (kg)
- $d$  = Peralte de la losa (cm)

Es decir, igual a la de una viga sin refuerzo en el alma.

### 7.1.5.7. Diseño de la sección 1 de la losa

La carga viva considerada resulta:

$$W_{CV} = 1.6(1250) = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

El peralte mínimo, para este caso se considera tratar a la losa como un tablero aislado, para esto se incrementa en un 25 por ciento la longitud de los lados discontinuos de la losa:

$$Per = (261 + 246) + [1.25(261 + 246)] = 1,140 \text{ cm}$$

Revisión de condiciones para la corrección del perímetro:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_s \leq 2520 \\ w \leq 380 \frac{kg}{cm^2} \end{array} \right.$$

$$f_s = 0.6(4200) = 2520 \frac{kg}{cm^2}$$

$$2\,000 > 380 \frac{kg}{cm^2}$$

Es necesario corregir el perímetro a través de la Ecuación 7.16.

$$0.032 \sqrt[4]{2\,520(2\,000)} = 1.52$$

El peralte mínimo, calculado con la Ecuación 7.17, resulta:

$$d_{min} = \frac{1.52(1140.75)}{250} = 6.92 \text{ cm}$$

Se propone el peralte de 10 cm, para garantizar la resistencia por esfuerzo por cortante. Con ello, el peralte efectivo (considerando 5 cm de recubrimiento).

$$d = 15 - 5 = 10 \text{ cm}$$

Bajo esta condición y considerando los factores correspondientes, la carga total resulta:

$$w_{total} = [2\,000 + 0.1(1.2)(2\,400)] = 2,432 \frac{kg}{m^2}$$

#### 7.1.5.8. Cálculo de momentos aplicados

La relación de lados del tablero (corto a largo), resulta:

$$m = \frac{a1}{a2} = \frac{246}{261} = 0.94$$

De la Tabla 7.1

Tabla 7.1, se tiene que es caso I (monolítica), tablero extremo (tres lados discontinuos):

$$\alpha(\text{negativo}) = 618$$

$$\alpha(\text{positivo}) = 430$$

Los momentos flexionantes, por unidad de ancho, resultan de multiplicar los coeficientes multiplicados por el factor  $10^{-4}wa^2$  igual a:

$$10^{-4}(2432)(2.46)^2 = 1.472 \text{ kg m}$$

Con este factor, los momentos en la franja central del tablero resultan:

$$M- = 618(1.472) = 909.5 \text{ kg m}$$

$$M+ = 430(1.472) = 632.9 \text{ kg m}$$

Considerando la carga concentrada, se aplica la Ecuación 7.18.

$$M- = 909.5 + \frac{5800}{2\pi} = 1,832.6 \text{ kg m}$$

$$M+ = 632.9 + \frac{5800}{2\pi} = 1,556 \text{ kg m}$$

### 7.1.5.9. Determinación del refuerzo

De acuerdo con la Ecuación 7.19, el refuerzo mínimo resulta:

$$A_s = \frac{66\,000 (15)}{4\,200(15 + 100)} (1.5) = 3.0745 \text{ cm}^2$$

Considerando los momentos calculados (Columna 1 de la Tabla 7.2), a través de la Ecuación 7.3 y Ecuación 7.5 se obtiene la cuantía y el área de acero de las columnas 3 y 4, respectivamente.

Para este caso se elige varilla del número 4 y los resultados se muestran en las columnas 8 y 9, respectivamente.

Tabla 7.2 Determinación del refuerzo en losa fondo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_i$	$Q$	$\omega$	$\rho$	$A_s$	Varilla	Área	Num	sep	sep efec
kg m				cm <sup>2</sup>	#	cm <sup>2</sup>		cm	cm
1 832.6	0.1198	0.145	0.0059	5.88	4	1.27	5	20.00	18.73
1 556.0	0.1017	0.122	0.0049	4.93	4	1.27	4	25.00	23.73

### 7.1.5.10. Revisión de la resistencia a fuerza cortante

Aplicando la Ecuación 7.20, el esfuerzo cortante aplicado resulta:

$$V = \left(\frac{246}{2} - 10\right) \left(\frac{2\,432}{100}\right) \left[0.95 - 0.5 \frac{246}{261}\right] + \left(\frac{5\,800}{2}\right) = 4,215.64 \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante resistente a sección se calcula con la Ecuación 7.21 y resulta:

$$V_{CR} = 0.5(0.8)(100)(10)\sqrt{200} = 5,656.85 \text{ kg}$$

Se comprueba que el  $V < V_{CR}$ , por lo que se acepta esta sección y armado para la losa fondo, los cuales se presentan en la Ilustración 7.3.

### 7.1.5.11. Refuerzo por cambios volumétricos

Aplicando la Ecuación 7.19, se tiene:

$$a_{s1} = \left(\frac{660(246)}{4\,200(246 + 100)}\right) 2.46 = 0.27 \text{ cm}^2$$

## 7.1.6. Diseño de la losa tapa sección 2

De la asignación de la combinación de cargas, indicadas en el apartado Combinaciones de carga, aplicadas en el modelo matemático, por medio de un análisis estructural, se obtuvieron los esfuerzos de diseño mostrados en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3 Cargas aplicadas a la losa tapa

M-	0.84	ton m
V	1.41	ton

### 7.1.6.1. Diseño por flexión

Aplicando la Ecuación 7.5, para los momentos especificados en la Tabla 7.3, se tiene:

$$q(-) = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1.41)(100\,000)}{0.9(11)^2(170)(100)}} = 0.079$$

Utilizando la Ecuación 7.3 se tiene que la cuantía necesaria en cada lecho resulta:

$$\rho = \frac{0.079(170)}{4200} = 0.0032$$

El refuerzo máximo, calculado con la Ecuación 7.7 y Ecuación 7.6 resulta:

$$\rho_{bal} = \frac{170}{4200} \frac{6000(0.85)}{4200 + 6000} = 0.0202$$

$$\rho_{max} = 0.75(0.0202) = 0.0151$$

De la Ecuación 7.8, se tiene que el refuerzo mínimo es:

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{250}}{4200} = 0.0026$$

Por tanto, la cuantía que rige es la cuantía calculada y el área de acero necesario para resistir la flexión se calcula con la Ecuación 7.10:

$$A_s = 0.0032(100)(11) = 3.53 \text{ cm}^2$$

En la Tabla 7.4 se presenta la propuesta del acero para resistir el momento. Se concluye que el armado será de var#4 @ 30 cm en ambos sentidos, ver Ilustración 7.3.

Tabla 7.4 Acero propuesto en losa tapa

varilla #	Área	Varillas necesarias		Diámetro cm	Separación cm	Sep. Efectiva cm
	cm <sup>2</sup>	Cálculo	Redondeo			
4	1.267	2.79	3.00	1.27	33.00	31.73

### 7.1.6.2. Diseño por esfuerzo cortante

Se realiza la revisión como elemento ancho, considerando la expresión:

$$\frac{M}{Vd} = \frac{1.41(100\ 000)}{4.4(11)(1\ 000)} = 2.91$$

Se observa que la relación  $(M/Vd) > 2$ , por lo que se opta por utilizar la Ecuación 7.12, por lo tanto se tiene:

$$V_{CR} = 0.8(100)(11)(0.2 + 20(0.005))\sqrt{200} = 3348.9 \text{ kg} = 3.34 \text{ t}$$

Como puede observarse, el  $V_u < V_{CR}$ ,  $1.4 < 3.34$ , por lo que no es necesario el acero de refuerzo.

La longitud de desarrollo y los anclajes deberán realizarse de acuerdo a las NTC-17 (Concreto).

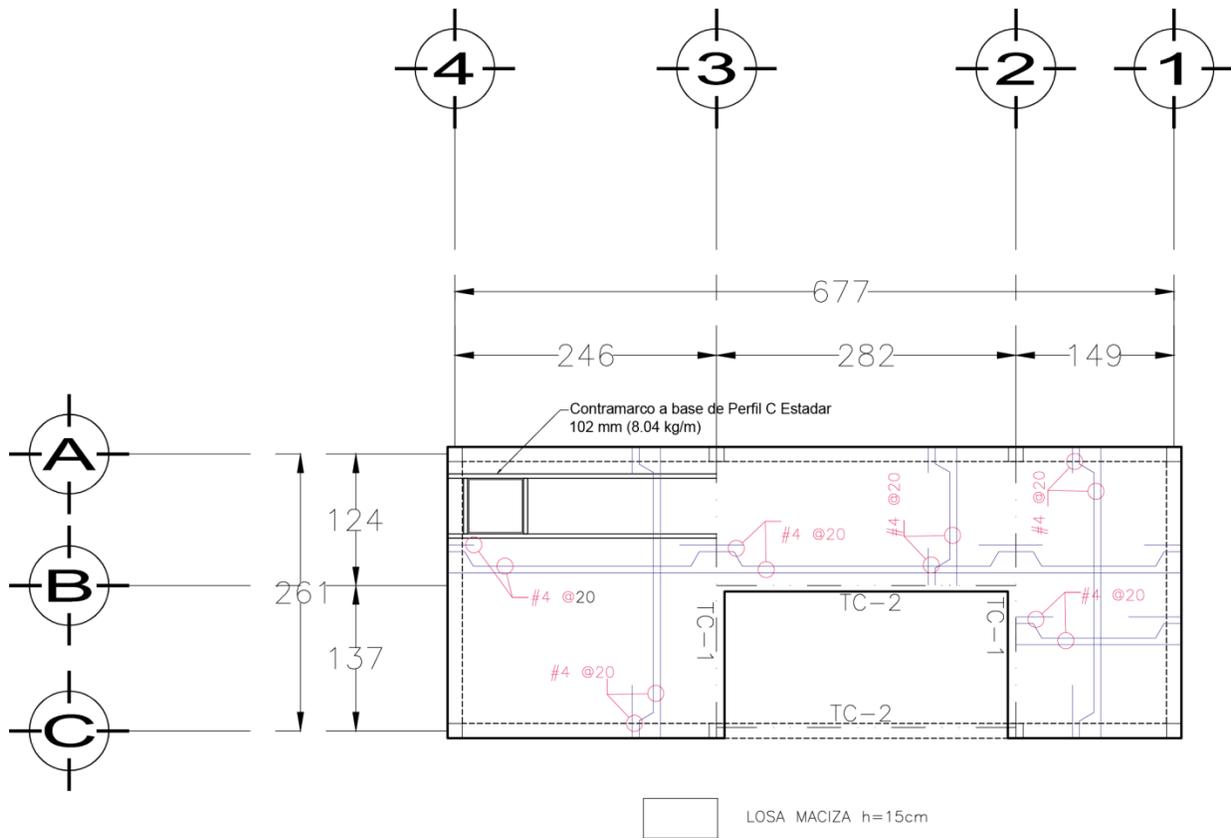


Ilustración 7.3 Armado propuesto losa tapa

### 7.1.7. Diseño de los módulos de la losa tapa

Se propone una tapa removible de concreto reforzado, conformada de cinco módulos de 52 centímetros de ancho por 132 centímetros de largo, tal como se muestra en la Ilustración 7.4.

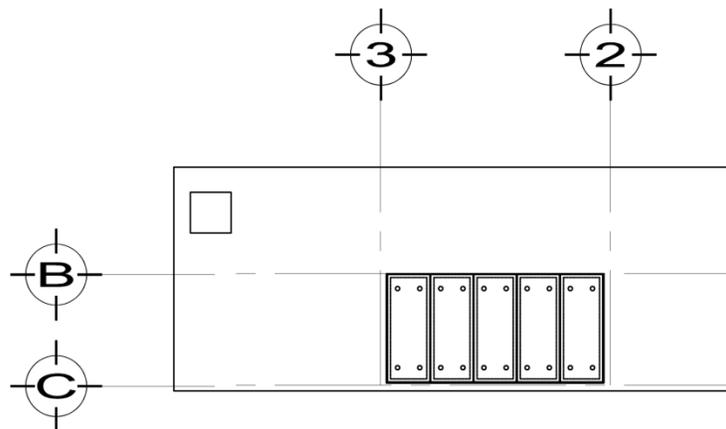


Ilustración 7.4 Configuración de los módulos

De la asignación de la combinación de cargas, indicadas en el apartado Combinaciones de carga, aplicadas en el modelo matemático, por medio de un análisis estructural, se obtuvieron los esfuerzos de diseño mostrados en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5 Cargas aplicadas a la losa tapa

M-	2.41	ton m
V	4.36	ton

### 7.1.7.1. Diseño por flexión

Aplicando la Ecuación 7.5, para los momentos especificados en la Tabla 7.3, se tiene:

$$q(-) = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(2.41)(100\,000)}{0.9(10)^2(170)(52)}} = 0.372$$

Utilizando la Ecuación 7.3 se tiene que la cuantía necesaria en cada lecho resulta:

$$\rho = \frac{0.359(170)}{4200} = 0.0151$$

El refuerzo máximo, calculado con la Ecuación 7.7 y Ecuación 7.6 resulta:

$$\rho_{bal} = \frac{170}{4200} \frac{6000(0.85)}{4200 + 6000} = 0.0202$$

$$\rho_{max} = 0.75(0.0202) = 0.0151$$

De la Ecuación 7.8, se tiene que el refuerzo mínimo es:

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{250}}{4200} = 0.0026$$

Por tanto, la cuantía que rige es la cuantía calculada y el área de acero necesario para resistir la flexión se calcula con la Ecuación 7.10:

$$A_s = 0.0151(52)(10) = 7.83 \text{ cm}^2$$

En la

Tabla 7.6 se presenta la propuesta del acero para resistir el momento. Se concluye que el armado será de var#4 en combinación con los ángulos de protección garantizan la integridad del elemento, ver Ilustración 7.5.

Tabla 7.6 Acero propuesto en losa tapa

varilla #	Área cm <sup>2</sup>	Cantidad	Diámetro cm	Separación cm	Sep. Efectiva cm	Área total cm <sup>2</sup>
4	1.267	4.00	1.270	13.00	11.73	5.067
Ángulo		Cantidad				

1 1/2" x 1/8"	2.34	2.00				4.68
						9.747

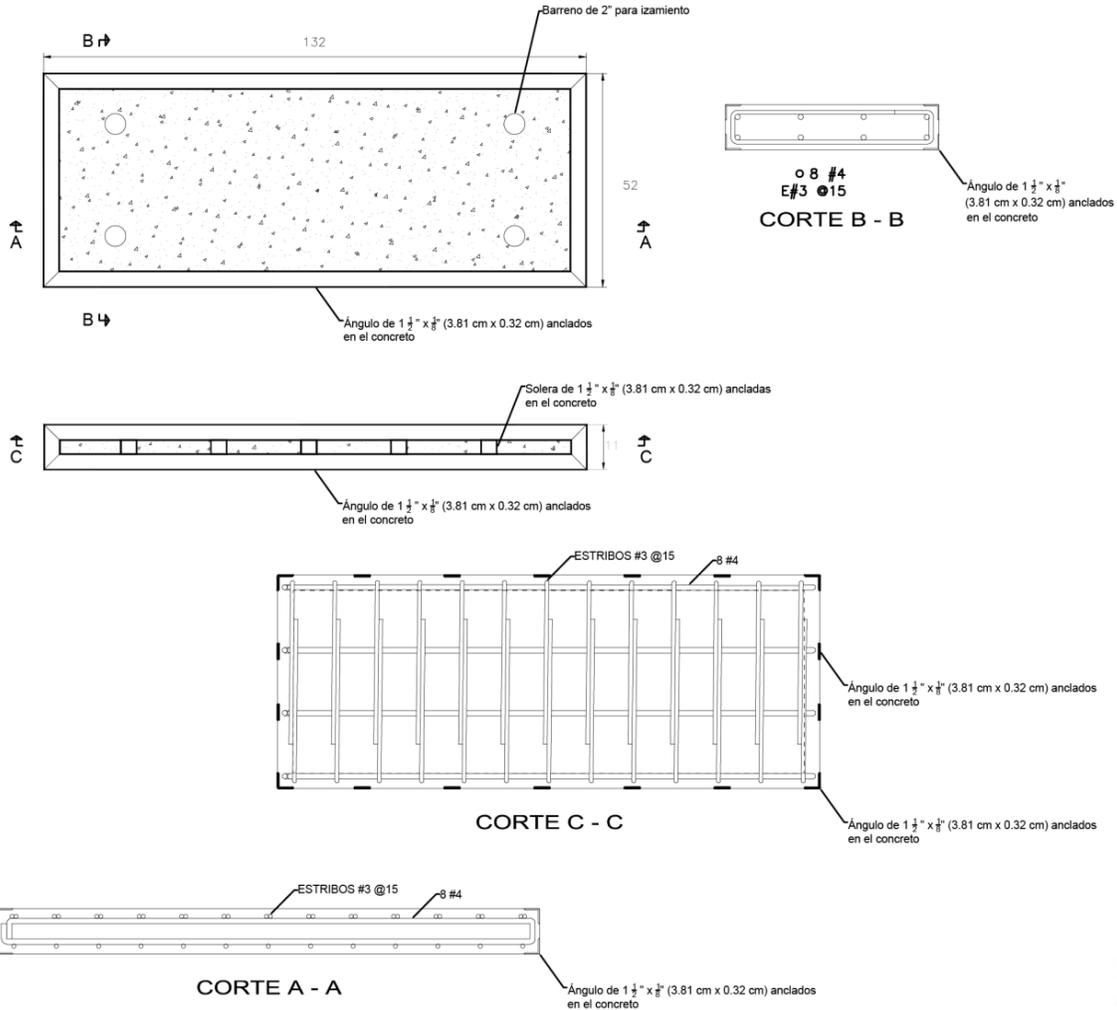
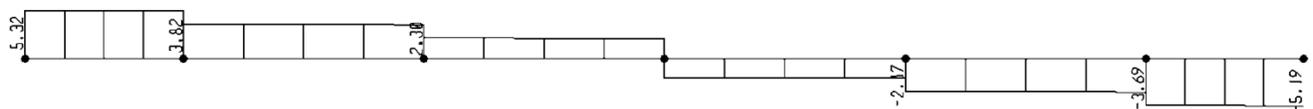


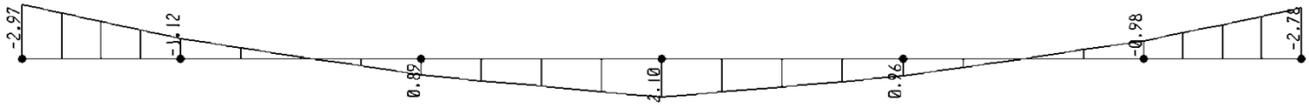
Ilustración 7.5 Armado de los módulos

### 7.1.8. Diseño de traves de losa superior TC2

Para la trabe TC2, se propone un peralte de 25 cm. La bajada de cargas sobre la trabe, así como la distribución de cargas considerando el peso propio del elemento, la carga de la losa y carga viva, y la contribución de los módulos permiten calcular los diagramas de momento y cortante que se muestran en la Ilustración 7.6.



a) Diagrama de fuerza cortante



b) Diagrama de Momento flexionante

Ilustración 7.6 Diagramas de esfuerzos TC2

Los datos de diseño, a utilizar en el diseño estructural de la trabe, se presentan en la Tabla 7.7.

Tabla 7.7 Elementos mecánicos y datos de diseño para el dimensionamiento de trabe TC2

Cargas aplicadas			Dimensiones de la viga		
$M_{max}^-$	2.97	t m	h	25	cm
$M_{max}^+$	2.10	t m	r	4	cm
$V_u$	5.32	t	d	21	cm
			b	20	cm

**7.1.8.1. Diseño por flexión**

Aplicando la **Ecuación 7.5**, para los momentos especificados en la Tabla 7.7, se tiene:

$$q(-) = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(2.97)(100\ 000)}{0.9(21)^2(170)(20)}} = 0.252$$

$$q(+) = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(2.10)(100\ 000)}{0.9(21)^2(170)(20)}} = 0.170$$

Utilizando la **Ecuación 7.3** se tiene que la cuantía necesaria en cada lecho resulta:

$$\rho(-) = \frac{0.252(170)}{4200} = 0.0102$$

$$\rho(+) = \frac{0.170(170)}{4200} = 0.0069$$

El refuerzo máximo, calculado con la **Ecuación 7.7** y **Ecuación 7.6** resulta:

$$\rho_{bal} = \frac{170}{4200} \frac{6000(0.85)}{4200 + 6000} = 0.0202$$

$$\rho_{max} = 0.75(0.0202) = 0.0151$$

De la **Ecuación 7.8**, se tiene que el refuerzo mínimo es:

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{250}}{4200} = 0.0026$$

Por tanto, la cuantía que rige es la cuantía calculada y el área de acero necesario para resistir la flexión se calcula con la **Ecuación 7.10**:

$$A_s(-) = 0.0102(21)(20) = 4.28 \text{ cm}^2$$

$$A_s(+) = 0.0069(21)(20) = 2.89 \text{ cm}^2$$

### 7.1.8.2. Diseño por esfuerzo cortante

Se realiza la revisión como elemento ancho, considerando la expresión:

$$\frac{M}{Vd} = \frac{2.97(100\ 000)}{5.32(21)(1\ 000)} = 2.66$$

Se observa que la relación  $(M/Vd) > 2$ , por lo que se opta por utilizar la **Ecuación 7.12**, considerando la cuantía exacta por el uso de varilla comercial, con lo cual se tiene:

$$V_{cR} = 0.8(21)(20)(0.2 + 20(0.0014))\sqrt{200} = 2240.2 \text{ kg} = 2.24 \text{ t}$$

Como el  $V_u > V_{cR}$ ,  $5.32 > 2.24$ , se requiere acero de refuerzo transversal en las trabes.

Se propone colocar estribos del #3, con lo cual, aplicando la **Ecuación 7.14**, la separación resulta:

$$s = \frac{0.8(2)(0.71)(4\ 200)(21)}{(5.32 - 2.24)(1\ 000)} = 32.65 \text{ cm}$$

La separación de estribos se obtiene considerando los siguientes parámetros:

$$s \leq \begin{cases} \frac{d_{viga}}{2} \\ 8d_b \text{ (} d_b = \text{diámetro de la barra más gruesa)} \\ 24d_e \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$

**Ecuación 7.22**

donde:

$d_b$  = diámetro de la barra más gruesa

$d_e$  = diámetro del estribo

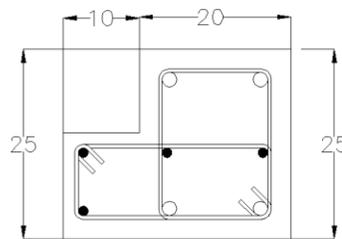
$$s \leq \begin{cases} \frac{21}{2} = 10.5 \text{ cm} \\ 8(1.905) = 15.24 \text{ cm} \\ 24(0.95) = 22.08 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

De lo anterior se establece colocar los estribos a cada 10 cm.

En la Tabla 7.8 se presenta la propuesta del acero para resistir el momento positivo y negativo. Por su parte, el armado final se muestra la Ilustración 7.7.

Tabla 7.8 Acero propuesto en trabe TC2

	varilla #	Área cm <sup>2</sup>	necesarias	Ajuste	Diámetro cm	Separación cm	Sep. Efectiva cm
-	6	2.85	1.5	2.00	1.905	10.00	8.10
+	6	2.85	1.01	2.00	1.905	10.00	8.10

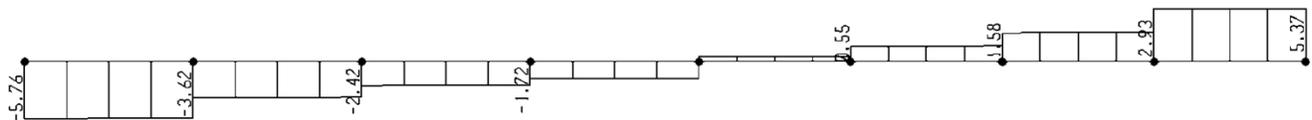


- 4 #4
- 4 #6
- 2 E#3 @10

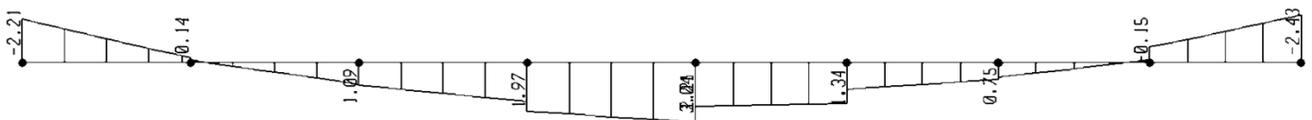
Ilustración 7.7 Armado propuesto para trabe TC2

### 7.1.9. Diseño de traves de losa superior TC1

Para la trabe TC1, se propone un peralte de 25 cm. La bajada de cargas sobre la trabe, así como la distribución de cargas considerando el peso propio del elemento, la carga de la losa y carga viva, y la contribución de TC2, permiten calcular los diagramas de momento y cortante que se muestran en la Ilustración 7.8.



a) Diagrama de fuerza cortante



b) Diagrama de Momento flexionante

Ilustración 7.8 Diagramas de esfuerzos TC1

Los datos de diseño, a utilizar en el diseño estructural de la trabe se presentan en la Tabla 7.9.

Tabla 7.9 Elementos mecánicos y datos de diseño para el dimensionamiento de trabe TC1

Cargas aplicadas			Dimensiones de la viga		
$M_{max}^-$	2.21	t m	h	25	cm
$M_{max}^+$	3.04	t m	r	4	cm
$Vu$	5.76	t	d	21	cm
			b	20	cm

### 7.1.9.1. Diseño por flexión

Aplicando la **Ecuación 7.5**, para los momentos especificados en la Tabla 7.9, se tiene:

$$q(-) = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(2.21)(100\,000)}{0.9(21)^2(170)(20)}} = 0.180$$

$$q(+) = 1 - \sqrt{1 - \frac{2(3.04)(100\,000)}{0.9(21)^2(170)(20)}} = 0.259$$

Utilizando la **Ecuación 7.3** se tiene que la cuantía necesaria en cada lecho resulta:

$$\rho(-) = \frac{0.180(170)}{4200} = 0.0073$$

$$\rho(+) = \frac{0.259(170)}{4200} = 0.0105$$

El refuerzo máximo, calculado con la **Ecuación 7.7** y **Ecuación 7.6** resulta:

$$\rho_{bal} = \frac{170}{4200} \frac{6000(0.85)}{4200 + 6000} = 0.0202$$

$$\rho_{max} = 0.75(0.0202) = 0.0151$$

De la **Ecuación 7.8**, se tiene que el refuerzo mínimo es:

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{250}}{4200} = 0.0026$$

Por tanto, la cuantía que rige es la cuantía calculada y el área de acero necesario para resistir la flexión se calcula con la **Ecuación 7.10**:

$$A_s(-) = 0.0073(21)(20) = 3.06 \text{ cm}^2$$

$$A_s(+) = 0.0105(21)(20) = 4.40 \text{ cm}^2$$

### 7.1.9.2. Diseño por esfuerzo cortante

Se realiza la revisión como elemento ancho, considerando la expresión:

$$\frac{M}{Vd} = \frac{2.97(100\ 000)}{5.32(21)(1\ 000)} = 1.83$$

Se observa que la relación  $(M/Vd) < 2$ , por lo que se opta por utilizar la Ecuación 7.11, por lo tanto se tiene:

$$V_{cR} = 0.5(0.8)(20)(21)\sqrt{200} = 2375\ kg = 2.37\ t$$

Como el  $V_u > V_{cR}$ ,  $5.76 > 2.37$ , se requiere acero de refuerzo transversal en las trabes.

Se propone colocar estribos del #3, con lo cual, aplicando la **Ecuación 7.14**, la separación resulta:

$$S = \frac{0.8(2)(0.71)(4\ 200)(21)}{(5.76 - 2.37)(1\ 000)} = 29.7\ cm$$

La separación de estribos se obtiene considerando los siguientes parámetros:

$$s \leq \begin{cases} \frac{d_{viga}}{2} \\ 8d_b \text{ (} d_b = \text{diámetro de la barra más gruesa)} \\ 24d_e \\ 300\ mm \end{cases}$$

**Ecuación 7.23**

donde:

$d_b$  = diámetro de la barra más gruesa

$d_e$  = diámetro del estribo

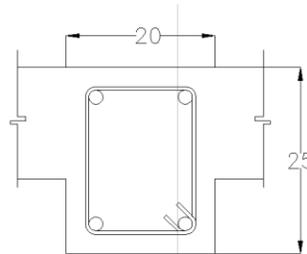
$$s \leq \begin{cases} \frac{21}{2} = 10.5\ cm \\ 8(1.27) = 10.16\ cm \\ 24(0.95) = 22.08\ cm \\ 30\ cm \end{cases}$$

De lo cual se establece colocar los estribos a cada 10 cm.

En la Tabla 7.10 se presenta la propuesta del acero para resistir el momento positivo y negativo. Por su parte, el armado final se muestra en la Ilustración 7.9.

Tabla 7.10 Acero propuesto en trabe TC1

	varilla #	Área	necesarias	Ajuste	Diámetro	Separación	Sep. Efectiva
		cm <sup>2</sup>			cm	cm	cm
-	6	2.85	1.07	2.00	1.905	10.00	8.10
+	6	2.85	1.54	2.00	1.905	10.00	8.10



○ 4 #6  
2 E#3 @10

Ilustración 7.9 Armado propuesto para trabe TC1

## 7.2. Especificaciones para la instrumentación de Distritos Hidrométricos

### 7.2.1. Cajas de Operación

#### 7.2.1.1. Definición y ejecución

Por cajas de operación se entenderán a las estructuras de mampostería y/o concreto, fabricadas y destinadas a alojar medidores de flujo, válvulas de seccionamiento, válvula reductora de presión y piezas especiales a la entrada de sectores hidrométricos (DH) para facilitar la operación de dichos DH.

Las cajas de operación serán construidas en los lugares señalados por el proyecto y/u ordenadas por el Residente a medida que vayan siendo instrumentados los correspondientes DH.

Las cajas de operación se construirán según el plano aprobado por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS), y salvo estipulación u órdenes del Residente, serán de tabique junteado con mortero cemento-arena en proporción de 1:3.

##### 7.2.1.1.1. Cimentación

La construcción de la cimentación de las cajas de operación deberá hacerse previamente a la colocación de las válvulas, piezas especiales y extremidades que formaran el arreglo correspondiente, quedando la parte superior de dicha cimentación al nivel correspondiente para que queden asentadas correctamente y a sus niveles de proyecto las diversas piezas.

Cuando así lo señale el proyecto y/o lo ordene el Residente, bien sea por la poca resistencia del terreno u otra causa cualquiera, la cimentación de las cajas de operación quedará



formada por una losa de concreto armado, de las dimensiones y características señaladas por aquellos y sobre la cual apoyarán los cuatro muros perimetrales de la caja; debiendo existir una correcta liga entre la losa y los citados muros.

#### **7.2.1.1.2. Muros**

Los muros de tabique recocido es la obra de albañilería formada por tabiques unidos entre sí por medio de mortero cemento-arena en proporción 1:5, para formar lienzos, mochetas, repisas, etc. Los tabiques podrán ser recosidos, prensado, o cualquier otro tipo ordenado por el proyecto y/o por el Residente.

El material empleado en los muros de tabique común deberá ser nuevo, con bordes rectos y paralelos, con esquinas rectangulares, y afectando la forma de un prisma rectangular. Su estructura será compacta y homogénea. No presentará en su acabado imperfecciones que disminuyan su resistencia, duración o aspecto; a la percusión producirá un sonido metálico. Será de buena calidad, resistente, homogéneo, durable, capaz de resistir a la acción del intemperismo y de grano fino. Todos los tabiques deberán ser aproximadamente del mismo color, sin chipotes, rotos, grietas y otros defectos.

En general, el tabique rojo común tendrá un ancho igual al doble de su peralte y un largo igual al cuádruplo de dicho peralte. Todos los tabiques serán sensiblemente de las mismas dimensiones.

En el momento de ser colocados los tabiques deberán estar libres de polvo, aceite, grasa y cualquier otra sustancia extraña que impida una adherencia efectiva del mortero que se emplee en el junteo.

El mortero con que se unan y asienten los tabiques se compondrá de cemento y arena fina, de acuerdo con lo estipulado en el proyecto y/o las órdenes del Residente, agregándose el agua que sea necesaria para obtener la consistencia y plasticidad debidas.

Todos los tabiques se asentarán y unirán con mortero fresco una vez limpiados perfectamente y saturados con agua, y se acomodarán sin dar tiempo a que el mortero endurezca.

El mortero que se vaya requiriendo para la construcción de los muros de tabique deberá de ser fabricado de tal forma que sea utilizado de inmediato dentro de los treinta minutos posteriores a su fabricación, desechándose el material que sobrepase el lapso estipulado.

El espesor del mortero de cemento entre los tabiques deberá de ser de medio a uno y medio centímetros, según lo indicado en el proyecto y/o las órdenes del Residente. Las juntas de asiento de los tabiques deberán de formar hiladas horizontales y las juntas verticales quedarán cuatrapeadas y a plomo. Las juntas se llenarán y entallarán correctamente con mortero en toda su longitud conforme progrese la construcción. Las juntas visibles en los paramentos se conformarán y entallarán con juntas de intemperie, a menos que el proyecto ordene otra cosa. Cuando las juntas sean visibles y se empleen como motivo de ornato, se



entallarán con una entrante o una saliente de mortero de cemento, las que tendrán forma achaflanada o semicircular y su ancho estará comprendido entre 1 (uno) y 1 1/2 (uno y medio) centímetros, con las modificaciones señaladas en el proyecto.

Las juntas que por cualquier motivo no se hubieran entallado al asentar el tabique, se mojarán perfectamente con agua limpia y se llenarán con mortero hasta el reborde de las mismas. Mientras se realiza el entallado de estas juntas, la parte de muro en general se conservará mojada.

No se permitirá que el peralte de una hilada sea mayor que el de la inferior, excepción hecha de cuando se trate de hiladas que se ligen al "lecho bajo" de una trabe o estructura, o bien que ello sea requerido por el aparejo empleado en los muros, de acuerdo con el proyecto y/o las órdenes del Residente. Se evitará el uso de lajas, calzas o cualquier otro material de relleno, salvo cuando este sea indispensable para llenar huecos irregulares o cuando forzosamente se requiera una pieza especial para completar la hilada.

En general, el espesor de los muros de tabique rojo recocido será de 7 (siete), 14 (catorce), 28 (veintiocho) o 42 (cuarenta y dos) centímetros, de acuerdo con lo señalado en el proyecto y/o por las órdenes del Residente.

En la construcción de muros se deberán humedecer bien los tabiques antes de colocarse, se nivelará la superficie del desplante, se trazarán los ejes o paños de los muros utilizando hilos y crucetas de madera. Es conveniente al iniciar el muro levantar primero las esquinas, pues éstas sirven de amarre a los hilos de guía, rectificándose las hiladas con el plomo y el nivel conforme se va avanzando el muro o muros.

El paramento interior de los muros perimetrales de las cajas se recubrirá con un aplanado de mortero cemento-arena en proporción de 1:3 y con un espesor mínimo de 1.0 (un) centímetro, el que será terminado con llana o regla y pulido fino. Los aplanados deberán ser curados durante 10 (diez) días con agua. Cuando sea necesario se usarán cerchas para la construcción de las cajas y posteriormente comprobar su sección. Si el proyecto o el Residente así lo ordenen, las inserciones de tubería o extremidades de piezas especiales en las paredes de las cajas se emboquillarán en la forma indicada en los planos u ordenada por el Residente.

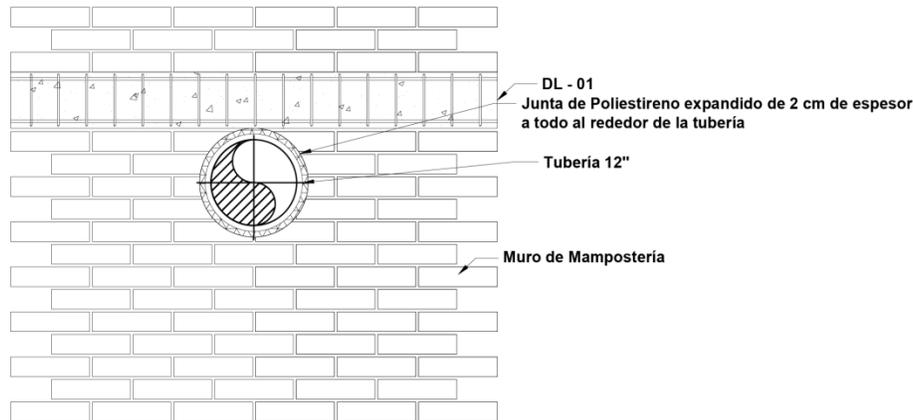


Ilustración 7.10 Detalle de muro e interacción con la tubería

### **7.2.1.1.3. Tapa para la caja de operación**

Las tapas de las cajas de operación serán construidas de concreto reforzado, siguiendo los lineamientos señalados por los planos del proyecto y de acuerdo con los siguientes requisitos:

- Los muros de la caja de operación serán rematados por medio de un contramarco, formado de fierro ángulo de las mismas características señaladas por el proyecto para formar el marco de la losa superior o tapa de la caja. En cada ángulo de esquina del contramarco se le soldará un ancla formada de solera de fierro de las dimensiones señaladas por el proyecto, las que se fijarán en los muros de las cajas empleando mortero de cemento, para dejar anclado el contramarco. Los bordes superiores del contramarco deberán quedar al nivel de la losa y del terreno natural o pavimento, según sea el caso.
- Por medio de fierro ángulo de las dimensiones y características señaladas por el proyecto se formará un marco de dimensiones adecuadas para que ajusten en el contramarco instalado en la parte superior de los muros de la caja correspondiente.
- Dentro del vano del marco citado en el párrafo anterior, se armará una retícula rectangular u octagonal formada de alambión o acero de refuerzo, según sea lo señalado por el proyecto; retícula que será justamente de acuerdo con lo ordenado por el Residente y nunca tendrá material menor del necesario para absorber los esfuerzos por temperatura del concreto, y en general los esfuerzos para que según el proyecto se deba de calcular. Los extremos del alambión o acero de refuerzo deberán quedar sujetos y soldados al marco metálico de la losa.
- Ya terminado el armado del refuerzo de la losa dentro del marco, se colocará concreto de la resistencia señalada por el proyecto y/u ordenada por el Residente.
- La cara aparente de la tapa o losa de las cajas de operación deberá tener el acabado que señale el proyecto y/o lo ordenado por el Residente, y deberán llevar empotrados dispositivos adecuados para poder levantarla, o se proveerá de un dispositivo que permita introducir una llave o varilla con la cual se levantará la tapa.
- Durante el colado de la losa se instalarán los dispositivos adecuados señalados por el proyecto para hacer posible introducir sin levantar ésta, las llaves y su varillaje destinados a operar los elementos que quedarán alojadas en la caja respectiva.



- g. Tanto la cara aparente de la losa como los dispositivos empotrados en la misma deberán quedar en su parte superior al nivel del pavimento o terreno natural.

#### **7.2.1.2. Medición y Pago**

La construcción de cajas de operación, será medida para fines de pago en unidades completas, considerándose como unidad una caja totalmente construida e incluyendo la construcción y/o colocación de su respectiva tapa prefabricada de fierro fundido y fabricada y colocada cuando sea de concreto. Al efecto se determinará en la obra el número de cada uno de los tipos de cajas de operación efectivamente construidas de acuerdo con lo señalado por el proyecto y/o por las órdenes del Residente.

De manera enunciativa se indican a continuación las principales actividades implícitas en estos conceptos:

Suministro en el lugar de la obra de todos los materiales puestos en el lugar de su utilización, considerando fletes, maniobras y movimientos totales; mermas y desperdicios; así como la mano de obra y el equipo necesario. Para su pago deberá evaluarse el tipo de caja de acuerdo con el proyecto correspondiente y/o lo ordenado por el Residente.

#### **7.2.2. Suministro e Instalación de Contramarcos**

##### **7.2.2.1. Definición y ejecución**

Se entenderá por suministro e instalación de contramarcos, a la suma de actividades que deba realizar el Contratista para suministrar y colocar los contramarcos, que de acuerdo con las características del proyecto y/o lo ordenado por el Residente se requieran para ser colocados en las cajas de operación. Según el tipo seleccionado de cajas llevarán una o varias tapas de fierro fundido, que se apoyarán sobre contramarcos sencillos o dobles, y marcos de fierro fundido.

El Contratista deberá tomar en cuenta las consideraciones para la correcta instalación de los contramarcos, debiendo prever durante el proceso constructivo de las cajas las adecuaciones para fijar correctamente estos elementos. Si las cajas ya se encuentran construidas también deberá contemplar las adecuaciones para la correcta instalación.

##### **7.2.2.2. Medición y pago**

El suministro e instalación de contramarcos se cuantificará por pieza, en función de sus características; se incluyen en este concepto todos los cargos para adquirir, transportar y colocar los contramarcos, incluyendo maniobras y movimientos totales, mano de obra y equipo necesario, así como limpieza general conforme a lo indicado en el proyecto y/o lo ordenado por el Residente.



### **7.2.3. Suministro y Colocación de Marcos con Tapa de Hierro Fundido**

#### **7.2.3.1. Definición y ejecución**

Se entenderá por suministro e instalación de marcos, a la serie de actividades que deba realizar el Contratista para adquirir, transportar y colocar los marcos con tapa de hierro fundido en los lugares que indica el proyecto y/o lo ordenado por el Residente; entendiéndose esta actividad por unidad de obra terminada.

#### **7.2.3.2. Medición y pago**

El suministro e instalación de marcos se cuantificará por pieza, en función de las características y el peso de las piezas por instalar. Incluye los materiales necesarios puestos en el lugar de su utilización considerando fletes, maniobras y movimientos totales, la mano de obra y el equipo, así como su limpieza.

### **7.2.4. Suministro e instalación de marco con tapa de polietileno de alta resistencia, para caja de operación**

#### **7.2.4.1. Definición y ejecución**

Se entenderá por suministro e instalación de marco con tapa, en polietileno de alta resistencia, para caja de operación, a las erogaciones que se requieran y deba realizar el contratista conforme al proyecto ejecutivo y/o las órdenes del Residente.

Todos los marcos con tapa que suministre el contratista de acuerdo a las dimensiones fijadas en el proyecto y/o las órdenes del Residente deberán satisfacer la Norma AASHTO clase H-25, complementándose con las siguientes normas vigentes o las que las sustituyan, conforme se indica a continuación:

- AASHTO M306-05.- Standard Specification for Drainage, Sewer, Utility, and Related Castings.
- ASTM D4364-16.- Standard Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics Prelozit
- ASTM D2734.- Standard Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics.
- ASTM D543-06.- Evaluating the Resistance of Plastics to chemical Reagents.
- ASTM D2584-02.- Ignition or Burnout method
- NMX-H-004-SCFI-2008.- Industria Siderúrgica – Productos de hierro y acero recubiertos con CINC (galvanizados por inmersión en caliente) – Especificaciones y métodos de prueba.
- NOM- 008-SCFI-2002.- Sistema General de Unidades de Medida General.

Los marcos con tapa para caja de operación deben de ser cónicos para evitar adhesión de los elementos por dilatación térmica y un sistema de cierre y apertura a base de chapa retráctil visible, de fácil operación.

El conjunto de Marco con Tapa para caja de operación deberá cumplir con lo siguiente:



- Resistencia a la carga puntual por 36,000 kg
- AASHTO M 306-05.- Standard Specification for Drainage, Sewer, utility, and Related Castings.
- Cedencia bajo carga puntual: a partir de 2,500 kg.
- Flecha residual 95%: al momento de liberar la carga.
- Fatiga con base en carga puntual: 6,000 kg.

El marcado de los marcos con tapa para caja de operación debe hacerse con caracteres legibles e indelebles conforme a la norma correspondiente y debe incluir como mínimo lo siguiente:

- Nombre del fabricante y/o marca o símbolo del fabricante.
- Leyenda "HECHO EN MÉXICO" o "hecho en...", y
- Nombre de la Dependencia u organismo.
- Norma correspondiente.

Todos los marcos con tapa para cajas de operación que suministre el contratista deberán ser acompañados con la documentación del proveedor que acredite el cumplimiento de las normas indicadas en la presente especificación.

El Residente deberá inspeccionar los marcos y tapas para cajas de operación. Dicha inspección no exime al Contratista de la responsabilidad de que los marcos y tapas. Así mismo el Residente deberá verificar en campo que se realicen los ensayos necesarios con la finalidad de que cumplan con las normas indicadas en la presente especificación.

El contratista nivelará la parte superior de la caja de operación con mortero cemento-arena en relación 1:3. En caso de no estar en esta condición se deberá realizar dicha nivelación.

Se colocarán los marcos y tapas para cajas de operación debidamente nivelados y orientados, considerando la apertura de la tapa en sentido contrario al tráfico vehicular.

El marco se anclará mediante acero de refuerzo  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , y se conformará el área de la transición de la superficie de rodamiento y el accesorio colocando acero de refuerzo y concreto  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

Dentro del precio unitario estará incluido el suministro de todos los materiales puestos en el sitio de su instalación, todas las maniobras para su instalación, la instalación propiamente dicha, fabricación y colocación de concreto, la limpieza final, así como todos los cargos inherentes para su correcta ejecución.

#### **7.2.4.2. Medición y pago**

El suministro e instalación de marcos con tapas para cajas de operación de polietileno de alta densidad, será medido para fines de pago por pieza. Al efecto se determinarán directamente el número de piezas suministradas e instaladas, conforme al proyecto y/o las órdenes del Residente.

No se estimarán para fines de pago los marcos con tapas para cajas de operación instaladas por el Contratista que no cumplan con los requisitos señalados en las especificaciones que correspondan, así como los excedentes, conforme al proyecto y/o las órdenes del Residente.

## 7.2.5. Instrumentación para Distrito Hidrométrico

### 7.2.5.1. Definición y ejecución

Se entenderá por instrumentación para distrito hidrométrico, al conjunto de operaciones que deberá realizar el Contratista para colocar los distintos dispositivos, válvulas, medidores y piezas especiales, según el proyecto y/o las órdenes del Residente.

Las juntas, válvulas, medidores y demás piezas especiales serán manejadas cuidadosamente por el Contratista a fin de que no se deterioren. Previamente a su instalación el Residente inspeccionará cada unidad para eliminar las que presenten algún defecto en su manufactura. Las piezas defectuosas se retirarán de la obra y no podrán emplearse en ningún lugar de la misma.

Antes de su instalación las piezas especiales deberán ser limpiadas de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquiera otro material que se encuentre en su interior o en las juntas.

Los elementos que conforman el arreglo, se colocarán en posición horizontal, con los vástagos de las válvulas perfectamente verticales, y estarán formados por dos codos 45°, una válvula de seccionamiento, un medidor de flujo, una válvula de control (presión o caudal) y dos codos 45°, así como demás piezas especiales que señale el proyecto y/u ordene el Residente (Ilustración 7.1).

Las válvulas y medidores, si son mayores de 12 (doce) pulgadas de diámetro, deberán anclarse con concreto.

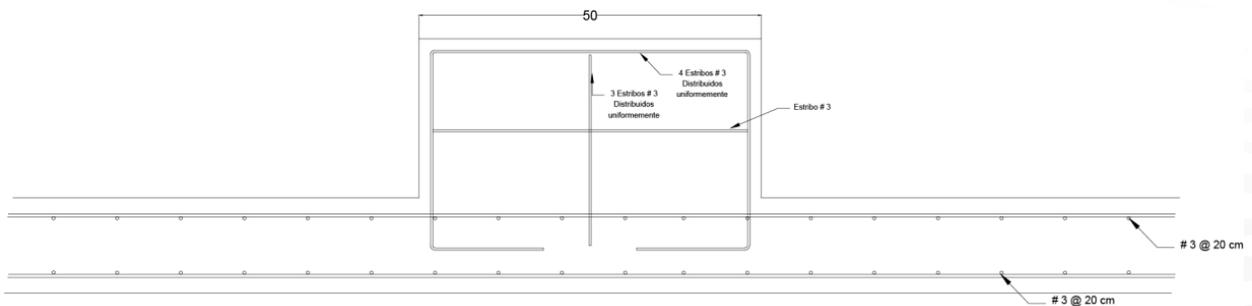


Ilustración 7.11 Detalle de atraque

Previamente a su instalación y a la prueba a que se sujetarán junto con las tuberías ya instaladas, todas las piezas especiales de fierro fundido que no tengan piezas móviles se sujetarán a pruebas hidrostáticas individuales con una presión de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las válvulas y piezas especiales que tengan piezas móviles se sujetaran a pruebas de presión hidrostática



individuales del doble de la presión de trabajo de la tubería a que se conectaran, la cual en todo caso no deberá ser menor de 10 (diez) kg/cm<sup>2</sup>.

Durante la instalación de válvulas o piezas especiales dotadas de bridas, se comprobará que el empaque de plomo o neopreno o de hule, sea del diámetro adecuado a las bridas, sin que sobresalga invadiendo el espacio del diámetro interior de las piezas.

La unión de las bridas de piezas especiales deberá de efectuarse cuidadosamente apretando los tornillos y tuercas en forma de aplicar una presión uniforme que impida fugas de agua. Si durante la prueba de presión hidrostática a que serán sometidas las piezas especiales conjuntamente con la tubería a que se encuentren conectadas, se observaran fugas, deberá de desarmarse la junta para volverla a unir de nuevo, empleando un empaque que no se encuentre previamente deformado por haber sido utilizado con anterioridad.

#### **7.2.5.2. Medición y pago**

La colocación de medidores y válvulas se medirá en piezas y al efecto se medirá directamente en la obra, según el diámetro, de acuerdo al proyecto y/o las órdenes del Residente.

La colocación de piezas especiales se medirá en kilogramos con aproximación a dos decimales. Al efecto se determinará directamente en la obra, previamente a su colocación, el peso de cada una de las piezas que deberá instalar el Contratista según el proyecto y/o las órdenes del Residente, incluyendo la presentación, colocación y prueba; y todos los acarreo hasta los sitios donde se vayan a instalar.

#### **7.2.6. Instalación de Junta Dresser**

##### **7.2.6.1. Definición y ejecución**

Se entenderá por instalación de junta Dresser a todas las maniobras y trabajos que deba ejecutar el contratista para la correcta instalación y prueba de la junta de cualquier diámetro y tipo.

Las juntas deberán instalarse de acuerdo a lo señalado en el proyecto y/o las órdenes del Residente. Las juntas deberán ser manejadas con equipo adecuado, empleando sogas de ixtle o plástico, para prevenir daños en el recubrimiento de la misma. Sus superficies no deberán ponerse en contacto con barras gancho, cadenas y cables de acero. Para prevenir deformaciones de los coples deberán de ser transportados y almacenados horizontalmente.

Para su instalación la junta deberá desarmarse estando en posición horizontal, limpios los extremos de los tubos de aceite, lodo y óxido en los sitios donde asientan los empaques, con el fin de lograr una buena unión.

Para ensamblarla se introducen los anillos laterales en las puntas de los tubos y se deslizan en el área anteriormente limpiada; se humedecerán los empaques en agua jabonosa para facilitar el deslizamiento o sobre las terminales de los tubos, empujándolos hacia atrás sobre los extremos del tubo, se juntarán los empaques al anillo central asegurándose que llene



uniformemente alrededor de los alojamientos cónicos del mismo, y ajustados con los tornillos que se deben colocar en forma alterna.

El apretado debe ser hecho progresivamente avanzando sobre los tornillos opuestos, un poco cada vez y regresando a apretar, hasta que todos los tornillos tengan un ajuste uniforme (el uso del torque en el ajuste de los tornillos facilita la uniformidad en la tensión de cada uno) durante el apretado es conveniente dar pequeños golpes a los anillos laterales con un martillo, para asegurar que asienten adecuadamente.

La prueba hidrostática se llevará a cabo conjuntamente con las piezas especiales y tuberías.

### **7.2.6.2. Medición y pago**

La instalación de junta Dresser será medida para fines de pago por pieza incluyendo: los manejos, maniobras y movimientos totales; mano de obra y equipo adecuado; verificando que se hayan instalado de acuerdo al proyecto y/o lo ordenado por el Residente.

### **7.2.7. Instrumentación**

#### **7.2.7.1. Medición de caudal**

El caudal se medirá con equipos denominados caudalímetros o macromedidores. El tipo de medidor que se deberá instalar será de tipo ultrasónico o electromagnético. El contratista deberá instalar medidores fijos en cada punto de suministro de agua del sector hidrométrico, que registren el caudal y volumen de manera continua en el tiempo, mediante el uso de Data Logger y emisión remota de señales al sistema de control con el que cuenta la JMAS. Será necesario que el Contratista elabore un diseño previamente a la construcción de cada estación de medición, con el fin de asegurar la confiabilidad de los registros y para proteger el equipo del vandalismo y de los agentes físicos externos.

El Contratista seleccionará los medidores tomando en cuenta las condiciones físicas del sitio donde se instalará, la capacidad hidráulica del medidor requerido, los registros deseados, los costos y la disponibilidad en el mercado. Los factores más relevantes que deberá tomar en cuenta son los siguientes:

- a) Factores hidráulicos: el medidor deberá garantizar una exactitud del 100% (cien por ciento) con un error máximo de +/- 0.25% (punto veinticinco por ciento). El medidor debe cubrir el 100% (cien por ciento) del registro del rango de los caudales que se suministran al sector. La pérdida de carga piezométrica hidráulica debe ser minimizada;
- b) Factores funcionales de instalación, operación y mantenimiento: el medidor debe registrar caudal instantáneo y volumen, además de disponer de un sistema de adquisición de datos continuos, para intervalos de 1 minuto como mínimo. Los registros deberán tener un transmisor para enviar los datos al sistema de control con el que cuenta la JMAS. Es deseable que disponga de un registrador simultáneo de presión.

- c) Factores físicos, sociales y ambientales: el medidor debe protegerse de los agentes climáticos y del vandalismo. No debe deteriorar la calidad del agua. Debe ser comercial y con respaldo técnico en el mercado nacional, tanto en refacciones como en mantenimiento y reparación.

### **7.2.7.2. Medición de presión**

El Contratista deberá diseñar e implementar un esquema de medición de presiones en la Red Secundaria de cada sector hidrométrico, para utilizar los registros en la evaluación del nivel de continuidad y de Eficiencia Física alcanzada. Este esquema deberá cumplir con los requerimientos para la evaluación de la continuidad y de la Eficiencia Física del sector, en cuanto a variables hidráulicas, tiempos de medición, frecuencia de datos, entre otros.

La presión hidráulica se medirá con manómetros o sensores electrónicos, que registren valores en  $\text{kg/cm}^2$  y la carga piezométrica en metros, con un registrador y almacenador de datos a tiempo real, en rangos de 10 minutos y con transmisión remota para enviar la señales al sistema de control con el que cuenta la JMAS.

Los equipos seleccionados deberán cumplir con las especificaciones siguientes:

- a) Los sensores de presión deberán ser fijos y permanentes, con la capacidad para almacenar datos continuos, cada 10 minutos durante 7 días, con descarga cíclica de datos en este período y envío de señal a tiempo real al sistema de control
- b) El nivel de exactitud en la medición de presión debe ser  $0.01 \text{ Kg/cm}^2$ ;

Cada sector hidrométrico deberá contener cuatro puntos de presión hidráulica permanente, uno a la entrada, previo a la válvula de control, el segundo a la entrada, posterior a la válvula de control, uno más en el punto denominado máximo crítico, en función de cuál sea el valor de presión máximo esperado en el sector y el último punto corresponde al Punto Crítico mínimo de presión del sector. La ubicación de los puntos de presión hidráulica será acordada entre el Contratista y el Departamento de Sectorización de la JMAS. Dependiendo de las características topográficas, geométricas e hidráulicas, en algunos sectores podrán ubicarse solo uno o dos sensores;

- a) Los sensores de presión en los sectores serán instalados en las tuberías secundarias de la Red de distribución, dentro de cajas de válvulas normalizadas de acuerdo con el libro 12 del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS);
- b) El equipamiento de los sensores, software de procesamiento de datos y la medición continua subsecuente estarán a cargo del Contratista.

### **7.2.7.3. Válvula de control automático**

El equipamiento de sectores hidrométricos incluye la instalación de válvulas de control automático de flujo y presión. Los equipos que se podrán instalar en las tuberías de la Red de los sectores hidrométricos son para mantener un caudal constante a través de la válvula, para sostener la presión aguas abajo de la válvula.



El Contratista deberá instalar válvulas de control automático que cumplan con las especificaciones técnicas señaladas en las Normas Oficiales Mexicanas e internacionales vigentes. Las válvulas serán instaladas dentro de cajas del medidor, de acuerdo con la Ilustración 7.1. Se deberán utilizar válvulas con existencia en el mercado nacional, que dispongan de apoyo técnico en mantenimiento, reparación y refacciones. El Contratista deberá seleccionar y asegurar que las válvulas no presenten problemas de cavitación durante su funcionamiento regular.

#### **7.2.7.4. Transmisión de información**

La instalación del macro medidor de caudal, la válvula de control y los sensores de presión deberán considerar todas las adecuaciones que sean necesarias y de acuerdo a las especificaciones técnicas recomendadas por los fabricantes, para que todos y cada uno de los elementos y dispositivos funcionen correctamente.

El Contratista deberá de realizar los suministros e instalaciones, así como las obras requeridas para la instrumentación de la medición y control de los parámetros hidráulicos del sector.

El Equipamiento e instrumentación del sistema de almacenamiento de información y transmisión de datos así como para captar y concentrar la información. Incluye: Suministro e instalación de los equipos, instrumentos y accesorios, la adecuación a las instalaciones.

El contratista deberá proporcionar el equipo, dispositivos, accesorios y el software y hardware necesario para la lectura y procesamiento de la información proveniente de los puntos de control hacia el centro de mando en el que se podrá visualizar la información en el equipo que la JMAS indique. Así como la capacidad de conectarse al sistema de telecomunicaciones o telemetría sin necesidad de tener que cambiar o adaptar ningún elemento.

El software debe ser amigable al usuario y ofrecer cuando menos:

1. Comunicación y configuración en línea, que permita configurar objetos sin interrumpir el funcionamiento del sistema.
2. Debe contener un amplio catálogo de objetos de clases: continuo, secuencial, control discreto, SPC, recolección histórica, etc.
3. El sistema deberá ofrecer la posibilidad de acceder a la información por medio de una página web a la cual se podrá acceder por una clave de seguridad (password); esta página deberá tener la capacidad de generar información estadística.
4. Debe ser capaz de programar acciones con base en eventos y una capacidad amplia de modificar los parámetros del sistema.
5. Registro de la información captada por todos los dispositivos señalados en los presentes términos de referencia, durante un período mínimo de 5 años.
6. Debe ser capaz de generar reportes diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales o anuales, de forma automática, por uno, varios o la totalidad de los puntos de control.
7. Una descripción exacta de operaciones de puntos de medición y control en tiempo real.



8. Recuperación de datos instantáneos e históricos del sistema a cualquier base de datos u hoja de cálculo. En resumen, nula pérdida de información.
9. Capaz de programar alarmas y registros en base de datos de todos los eventos registrados.
10. El software deberá tener establecidas las herramientas para generar reportes diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales o anuales, del funcionamiento de cada uno o de todos los puntos de control.

#### **7.2.7.5. Medición y pago**

La instalación de equipos se medirá por pieza; incluyendo manejos, maniobras, movimientos así como acarreo totales y la instalación propiamente dicha; todos los materiales que para tal finalidad se requiera conforme al proyecto y/o lo ordenado por el Residente.



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El control de presiones puede ser una medida eficaz para reducir las pérdidas físicas de agua en la Ciudad de Chihuahua, Chih. Esto fue demostrado en los trabajos de recuperación de pérdidas de agua por medio de instrumentación con válvulas reductoras de presión, macromedidores y monitoreo del gasto de ingreso, en 26 distritos hidrométricos piloto en la ciudad, realizados por la JCAS y la JMAS en 2018 con el apoyo de 3 compañías especializadas. Aparte de la disminución de volumen suministrado, el programa de control de presiones ha permitido en algunos sectores mejorar la operación en los mismos. La recuperación de pérdidas esperada sin embargo no se logró en todos los 26 distritos piloto, y en los distritos donde se logró su efecto fue local y no se reflejó a nivel ciudad, principalmente por (mas no limitándose a) las siguientes causas:

1. Áreas no sectorizadas adecuadamente, es decir con un área de influencia mayor a la estimada o redes que son abastecidas por dos o más fuentes.
2. Al desconocer los límites físicos reales del sector no es posible establecer la cantidad de usuarios servidos, el volumen necesario para satisfacer las necesidades del sector, los puntos críticos representativos, por tanto, si no es posible medir no es posible mejorar.
3. Sectores con tiempos de suministro muy cortos, menores a 5 horas continuas por periodo. Esta situación se presentó, por ejemplo, en un sector en el cual el suministro está condicionado a sectores aguas arriba, por lo que no es posible aumentar el tiempo de suministro. Al disminuir la presión de entrada se disminuye el caudal y al no tener más tiempo para dar el servicio, el volumen suministrado será insuficiente.
4. No es posible que un programa de recuperación de pérdidas físicas por medio de control de presiones genere resultados satisfactorios en sistemas con tandeos muy cortos, debido a que al inicio del suministro se requiere un periodo de tiempo para el llenado y presurización de la red, una vez que la red se encuentre presurizada y estable se llega a los usuarios más lejanos y una vez que el suministro se suspende, estos últimos usuarios aprovecharán el agua presente en la red para alimentar sus cisternas hasta que la presión disminuya.
5. Sectores cuyo tanque de alimentación suministra también a otros sectores, por lo que su operación depende de factores ajenos al propio sector.
6. La presión de ingreso a cada sector dependerá del nivel de agua en el tanque, sin embargo, este nivel está en función del caudal de ingreso y del caudal que se suministra cada sector. A manera de ejemplo, en una zona, cuatro sectores estuvieron a cargo de una empresa y dos más a cargo de otra y el trabajo que no estaba coordinado, adicionalmente existen otros sectores que también dependen del mismo tanque, por lo que no es posible establecer cambios en la operación sin afectar a los sectores asociados.
7. Sectores donde la disminución de caudal generaría desabasto a los usuarios ya que el volumen suministrado al inicio del estudio está por debajo de una dotación recomendada por habitante.



En algunos de los 26 distritos se observan diferencias significativas entre el volumen leído en los micromedidores y el volumen suministrado, situación que evidencia inconsistencias en la medición del consumo doméstico, el cual está a cargo del área comercial, por lo que también se debe actualizar el padrón de usuarios, principalmente en los sectores instrumentados. Se recomienda incluir como parte de las actividades a desarrollar por la empresa contratada la actualización del padrón de usuarios y la integración (o actualización) de la base de datos, así como su vinculación en el sistema de monitoreo que la propia empresa suministre.

Es importante para el proceso la participación del área comercial, principalmente de los lecturistas ya que en sus recorridos y a través de su conocimiento de la red y los usuarios pueden apoyar en la identificación de tomas clandestinas y fugas.

El control de presión puede lograr su objetivo en los distritos en que se tuvieran presiones excesivas y suministro continuo de agua, pero no se contempló ningún análisis previo de las presiones con que ahora operan los distritos. La reducción de la presión en un distrito que opera con presiones normales no solo que no tendrá efecto en la recuperación de pérdidas, sino que también puede empeorar el servicio a los usuarios por presión insuficiente. En algunos sectores la disminución de volumen suministrado se logró no sólo por la instrumentación y control de presión. El éxito en estos sectores fue producto del trabajo conjunto entre las empresas y los departamentos de Sectorización y Red Hidráulica de la JMAS que de forma paralela realizaron la medición de presiones dentro de los sectores e identificación de tomas clandestinas y reparación de fugas, con lo cual fue posible la disminución del caudal a la entrada.

Para lograr el éxito de un proyecto de reducción de pérdidas físicas por medio de control de presiones, a nivel ciudad, se requiere también de otras diversas condiciones y actividades, entre las cuales están:

- Cuantificación de la extracción en las fuentes de suministro, total y por cada fuente
- Identificación de las áreas de influencia por fuente de suministro
- Medición del caudal al ingreso de cada sector o área de influencia
- Balance de la distribución de agua a los distintos sectores
- Adecuada sectorización de la red de distribución
- Analizar si la reducción de presión en un distrito puede afectar la presión de otros distritos aguas abajo, que reciben el agua del mismo.
- Para apreciar el efecto de recuperación de pérdidas de agua es indispensable hacer balances del agua que ingresa a cada distrito y la que se consume y factura.

El problema de recuperación de pérdidas de agua es multifacético por lo que requiere un enfoque integral. La disminución de caudal al ingreso de los sectores no implica que se deje de producir dicho gasto en las fuentes, este volumen de agua se debe distribuir en los sectores aguas abajo, lo cual permitiría mejorar el servicio en esas zonas.



De forma paralela a los trabajos de instrumentación y control de presiones en los sectores de la red se debe instrumentar medición de caudales en las fuentes de suministro y la entrada a tanques, cárcamos de rebombéo y derivaciones a la red de distribución. De la información recopilada en este proyecto se identificaron nueve puntos de medición en las conducciones principales, esto para cuantificar el volumen producido por las cinco fuentes principales. Determinando el volumen y tiempo de entrega en cada zona, será posible determinar qué partes de la red de distribución son susceptibles de disminuir caudal por medio del procedimiento de control de presiones que se debe tener para garantizar un suministro equitativo de distribución en el sector.

Una vez cuantificadas las fuentes de suministro se establecen las zonas donde es prioritario hacer la gestión de presiones. Como criterio de selección se establece, en primera instancia, la incidencia de fugas en relación con la longitud total de tubería. Como parámetro de selección complementario se considera la presión en la red, considerando ante todo las zonas de influencia con presiones mayores a los 4 kg/m<sup>2</sup> (40 m) y por tanto susceptibles de reducción de presión. Un análisis de este tipo se realizó en el presente proyecto, por medio de la georeferenciación de los reportes de fugas y las presiones medidas. De éstos deberán priorizarse aquellos que tengan tandeos mayores a cinco horas, puesto que como se ha expresado, con un periodo de servicio corto no es posible realizar una adecuada gestión de presiones. Correlacionando zonas con alta incidencia de fugas, zonas con presiones altas y los mayores horarios de servicio, en este informe se recomiendan por área de influencia cuáles son las zonas en que potencialmente se podrían reducir sus pérdidas al controlar la presión. Al lograr recuperar caudal en las principales zonas de influencia podrá aumentarse el servicio en sectores contiguos y continuar con el proceso de gestión en ellos.

Al inicio del proceso se deben establecer metas de eficiencia a alcanzar, por sector, calcular los indicadores de desempeño y después de estabilizar la gestión se debe verificar si realmente disminuyeron las estadísticas de fugas reparadas después de la instrumentación, para lo cual se deben llevar estadísticas de fugas de forma continua y permanente. Debe considerarse que la gestión de presiones es una actividad continua y tomará tiempo definir el efecto y los resultados.

De los resultados obtenidos en los distritos piloto, se realizó un análisis de la eventual recuperación de la inversión, con base en el valor monetario de la venta de los volúmenes de agua recuperados considerando la tarifa de 27.386 \$/m<sup>3</sup>, que es el promedio que paga un usuario que consume de 11 a 15 m<sup>3</sup>/mes. Al dividir la inversión entre el monto en dinero recuperado, resultan tiempos de recuperación de la inversión del orden de desde 7 días en algunos distritos a 660 días en otros. Estos resultados son alentadores, ya que se confirma que se puede instrumentar la red de distribución con el fin de controlar la presión y monitorear los caudales y que la inversión de estas acciones es recuperable en periodo de tiempo corto. Cabe señalar no obstante que tal recuperación económica de la inversión no se realizaría en los distritos donde se redujeran las pérdidas de agua, sino en otras partes de



la ciudad (por ejemplo en nuevos desarrollos habitacionales) donde la JMAS vendería los volúmenes de agua recuperados, sin tener que incrementar la producción en las fuentes de agua existentes o buscar nuevas fuentes de agua. De esta forma, la recuperación económica de la inversión no será inmediata, y los efectos del programa se verán a mediano y largo plazo.

Se recomienda que la empresa contratista realizara la actualización del modelo de simulación de la red de distribución del distrito hidrométrico en estudio; a partir del modelo generado en la plataforma Epanet, Infoworks WS u otro, para esto se realizaran reuniones de trabajo con el personal que opera la red de distribución para determinar las zonas de la ciudad en que se realizaron cambios a la red. El modelo incluirá la apertura y cierre de válvulas, llenado y vaciado de tanques, horarios de rebombes, y actualización de las zonas de la ciudad en las que la JMAS realizó trabajos de sectorización. Con base en el modelo de simulación actualizado se plantearán escenarios de simulación para identificar los puntos en que es factible instalar Válvulas Reductoras de Presión, esto con la finalidad de reducir presiones en la red que garanticen un buen servicio de agua a los usuarios, pero que permitan reducir, con base en el control de presiones, las fugas en la red. Una vez identificadas las zonas de la red en que la reducción de presiones proporcionará el mejor efecto, y su potencial de recuperación, con el apoyo del modelo matemático actualizado, se definirán distritos hidrométricos que instrumentar.

Se estudiaron las recomendaciones de instituciones y compañías brasileñas (itron Brasil y COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAAN)), francesas (Water Management International) y alemanas (Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) y el fabricante alemán de válvulas VAG-Armaturen, que realizan programas de recuperación de pérdidas de agua en diferentes países del mundo. Para el caso del Programa de Recuperación Integral de Caudales por Medio de Distritos Hidrométricos Instrumentados en la Ciudad de Chihuahua, Chih. estas recomendaciones pueden resumirse en lo siguiente:

- Realizar primero un estudio de factibilidad con establecimiento de un primer balance hídrico indicativo y niveles económicos de pérdidas. Este estudio debe evaluar también la calidad de los datos disponibles
- Buscar un financiamiento para permitir un arranque de actividades en condiciones sanas (si el riego financiero está totalmente sobre el contratista se puede encarecer mucho el proyecto)
- Prever un contrato equilibrado, o sea una parte por remuneración fija y/o precios unitarios, y otra variable. Más de 30%-50% por remuneración variable puede ser irrealista en organismos operadores de baja eficiencia o con pocos datos iniciales confiables
- Si no hay sectorización se recomienda fijar precios de obra para materializar la sectorización, luego el componente variable se aplicará a las acciones de control de pérdidas ulteriores



- En sistemas intermitentes no se recomienda inicialmente dar enfoque a indicadores de reducción de pérdidas y pago por resultados
- Prever la posibilidad de reevaluar la línea base si la confiabilidad de los datos es baja. Por ejemplo, a los 6 meses iniciales del contrato.
- Prever un contrato suficientemente largo, con base en sostenibilidad, por ejemplo 3+2 años, 4+1 año, etc.
- Es factible orientar el contrato hacia reducción de pérdidas comerciales, si se estima más rentable. Se deben definir las metas en este sentido.
- No usar Índice de Agua no Contabilizada (IANC) en porcentajes para definir los objetivos. Se recomienda usar el volumen de Agua no Contabilizada (ANC) en m<sup>3</sup>/día o mejor en L/toma.día
- Se enfatiza la necesidad de una fase inicial de Preparación y Fijación de metas, seguida por Adquisiciones, Ejecución de proyectos, y Monitoreo y Mantenimiento.

La sectorización de la red de agua potable deberá estar basada en un proyecto ejecutivo que será realizado por el licitante ganador, fundamentado en una simulación hidráulica dinámica de la red e infraestructura existente, incluyendo los pozos, tanques de regulación y rebombes. Dicha simulación se realizará con el software con que cuenta actualmente la JMAS, por lo que deberá adquirir las licencias respectivas, en caso de no contar con ellas.

El proyecto de sectorización se regirá por el principio de que la red sea fraccionada en distritos por zonas de influencia de los tanques existentes y determinando la necesidad de nuevos reservorios donde se requieran, y a su vez agrupados en función de los pozos que los abastezcan, de forma tal que al ejecutar los proyectos, las acciones para incrementar las eficiencias en ellos, sean realizadas por grupos de distritos que pertenezcan a una misma fuente y en la misma puedan notarse y medirse sus efectos con la disminución de la producción.

En cada distrito se deben incluir, como mínimo, los siguientes trabajos:

- Actualización del padrón de usuarios
- Adquisición e instalación y/o reposición de válvulas para aislamiento del distrito y construcción de sus cajas
- Comprobación de cierre de los distritos
- Instalación de macromedidores y construcción de sus cajas
- Construcción de nuevas líneas donde sea necesario para mantener la presión en los rangos adecuados
- Adquisición e instalación de válvulas reguladoras de presión y construcción de sus cajas
- Balance del agua mensual para determinar pérdidas y avances en la recuperación
- Detección de fugas en tomas y red, reparación de fugas detectadas y comprobación de resultados con los balances mensuales.
- Rehabilitación y/o reposición de tomas



Se realizó un análisis del Marco Legal y Normativo aplicable a la realización del Programa de Recuperación Integral de Caudales por Medio de Distritos Hidrométricos Instrumentados en la Ciudad de Chihuahua, Chih., llegándose a la conclusión que resulta aplicable la Ley Federal de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, si el financiamiento del programa contiene recursos federales; la Ley Federal de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma, si contiene al menos 30% de obra civil y recursos federales; la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma del Estado de Chihuahua, si no hay participación de recursos federales y los trabajos incluyen al menos 30% de obra civil; o la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público del Estado de Chihuahua.

Después de plantear varios escenarios de contratación, se recomienda realizar el programa en proyectos separados, un primer proyecto (o estudio) de diagnóstico, seguido por otro proyecto que incluyera la instrumentación y la recuperación de pérdidas.

A manera de ejemplo se indica la documentación para la evaluación de las propuestas de los licitantes del programa en la fase dos, después de la fase de diagnóstico, en el supuesto de la Ley Federal de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas o la Ley Federal de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, en la modalidad de contratación de servicios de consultorías, asesorías, estudios e investigaciones C. Servicios Especializados.

Se realizó también el proyecto de un arreglo que incluye el diseño estructural de la caja de operación y especificaciones para la instrumentación de los Distritos Hidrométricos.



## 9. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Organigrama General de la JMAS Chihuahua.....	11
Ilustración 2.2 Departamentos de la JMAS Chihuahua asociados al proceso de funcionamiento de la red de distribución de agua potable.....	12
Ilustración 2.3 Procedimiento de mejora del funcionamiento de la red de distribución.....	13
Ilustración 2.4 Esquema de contratación del programa de reducción de pérdidas con control de presiones .....	14
Ilustración 2.5 Mecanismo de operación del programa de reducción de pérdidas con control de presiones .....	15
Ilustración 2.6 Sectores asignados por empresa.....	17
Ilustración 2.7 Esquema de gestión de presiones.....	21
Ilustración 2.8 Comparación del funcionamiento del sector 1 (PCP) con gestión de presiones.....	23
Ilustración 2.9 Sector 6 (VJ) .....	24
Ilustración 2.10 Mediciones de presión y caudal del sector 13 .....	25
Ilustración 2.11 Sectores suministrados por el tanque Colina .....	26
Ilustración 2.12 Esquema de sectores alimentados desde la misma fuente .....	28
Ilustración 2.13 Maneras de funcionamiento .....	29
Ilustración 2.14. Rango del número de usuarios por zona de influencia .....	31
Ilustración 2.15. Rango de consumos obtenido de los registros del padrón de usuarios por zona de influencia.....	32
Ilustración 2.16. Rango de consumo per cápita por mes (m <sup>3</sup> /usuarios-mes), a partir de los registros de consumo del padrón de usuarios .....	33
Ilustración 2.17. Rango de monto cobrado por mes (\$), por sector.....	34
Ilustración 2.18. Rango de porcentaje de usuarios del total en la zona que pagan por el servicio de agua potable.....	35
Ilustración 2.19. Variación de gasto y presión del Sector 01, empresa PCP .....	36
Ilustración 2.20. Variación de gasto y presión del Sector 02, empresa PCP .....	37
Ilustración 2.21. Variación de gasto y presión del Sector 03, empresa PCP .....	37
Ilustración 2.22. Variación de gasto y presión del Sector 04, empresa PCP .....	38
Ilustración 2.23. Variación de gasto y presión del Sector 05, empresa PCP .....	38
Ilustración 2.24. Variación de gasto y presión del Sector 06, empresa PCP .....	39
Ilustración 2.25. Variación de gasto y presión del Sector 08, empresa PCP .....	39
Ilustración 2.26. Variación de gasto y presión del Sector 12, empresa PCP .....	40



Ilustración 2.27. Variación de gasto y presión del Sector 19, empresa PCP .....	40
Ilustración 2.28. Variación de gasto y presión del Sector 13, empresa INCOTEX.....	41
Ilustración 2.29. Variación de gasto y presión del Sector 15, empresa INCOTEX.....	41
Ilustración 2.30. Variación de gasto y presión del Sector 26, empresa INCOTEX.....	42
Ilustración 2.31. Variación de gasto y presión del Sector 29, empresa INCOTEX.....	42
Ilustración 2.32. Variación de gasto y presión del Sector 30, empresa INCOTEX.....	43
Ilustración 2.33. Variación de gasto y presión del Sector 31, empresa INCOTEX.....	43
Ilustración 2.34. Variación de gasto y presión del Sector 32, empresa INCOTEX.....	44
Ilustración 2.35. Variación de gasto y presión del Sector 33, empresa INCOTEX.....	44
Ilustración 2.36. Variación de gasto y presión del Sector 34, empresa INCOTEX.....	45
Ilustración 2.37. Variación de gasto y presión del Sector Tiburón, empresa INCOTEX.....	45
Ilustración 2.38. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, Nodo 1, SH1 VJ, empresa DTE .....	46
Ilustración 2.39. Variación de gasto y presión del Sector 05 Socialista y Che Guevara, SH5 TC, empresa DTE.....	46
Ilustración 2.40. Variación de gasto y presión del Sector 06 Socialista y 15 de enero, SH6 TC, empresa DTE.....	47
Ilustración 2.41. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, nodo 6, SH6 VJ, empresa DTE47	
Ilustración 2.42. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, nodo 7, SH7 VJ, empresa DTE48	
Ilustración 2.43. Variación de gasto y presión del Sector Villa Juárez, nodo 9, SH9 VJ, empresa DTE48	
Ilustración 2.44 Sitios de medición de caudal recomendados en las captaciones (parte 1).....	57
Ilustración 2.45 Sitios de medición de caudal recomendados en las captaciones (parte 2).....	57
Ilustración 2.46 Zonas de influencia de la red de distribución .....	58
Ilustración 2.47 Índice de incidencia de fugas.....	63
Ilustración 2.48 Presiones en la red .....	68
Ilustración 3.1. Distritos Hidrométricos Piloto .....	71
Ilustración 3.2. Porcentajes de remuneración por resultados para IPT mayor o igual a 500 L/Toma.día (tomado de la documentación del concurso en Brasil, letreros en portugués).....	81
Ilustración 3.3 Porcentajes de remuneración por resultados para IPT entre 300 y 500 L/Toma.día (tomado de la documentación del concurso en Brasil, letreros en portugués) .....	81
Ilustración 3.4 Porcentajes de remuneración por resultados para IPT menor de 300 L/Toma.día (tomado de la documentación del concurso en Brasil, letreros en portugués) .....	82
Ilustración 3.5 Porcentajes de remuneración por resultados para el Índice de volumen facturado unitario (tomado de la documentación del concurso en Brasil) .....	82



Ilustración 3.6 Esquema de pagos propuesta por itron Brasil (tomado de la presentación de itron Brasil en Chihuahua, Chih., letreros en portugués).....	83
Ilustración 3.7 Extracto del libro “Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión”, publicada por la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional y el fabricante alemán de válvulas VAG-Armaturen.....	85
Ilustración 7.1 Características de la caja de instrumentación .....	127
Ilustración 7.2 Características de la caja de instrumentación .....	133
Ilustración 7.3 Armado propuesto losa tapa.....	142
Ilustración 7.4 Configuración de los módulos .....	142
Ilustración 7.5 Armado de los módulos .....	144
Ilustración 7.6 Diagramas de esfuerzos TC2 .....	145
Ilustración 7.7 Armado propuesto para trabe TC2.....	147
Ilustración 7.8 Diagramas de esfuerzos TC1 .....	147
Ilustración 7.9 Armado propuesto para trabe TC1.....	150
Ilustración 7.10 Detalle de muro e interacción con la tubería .....	153
Ilustración 7.11 Detalle de atraque .....	157



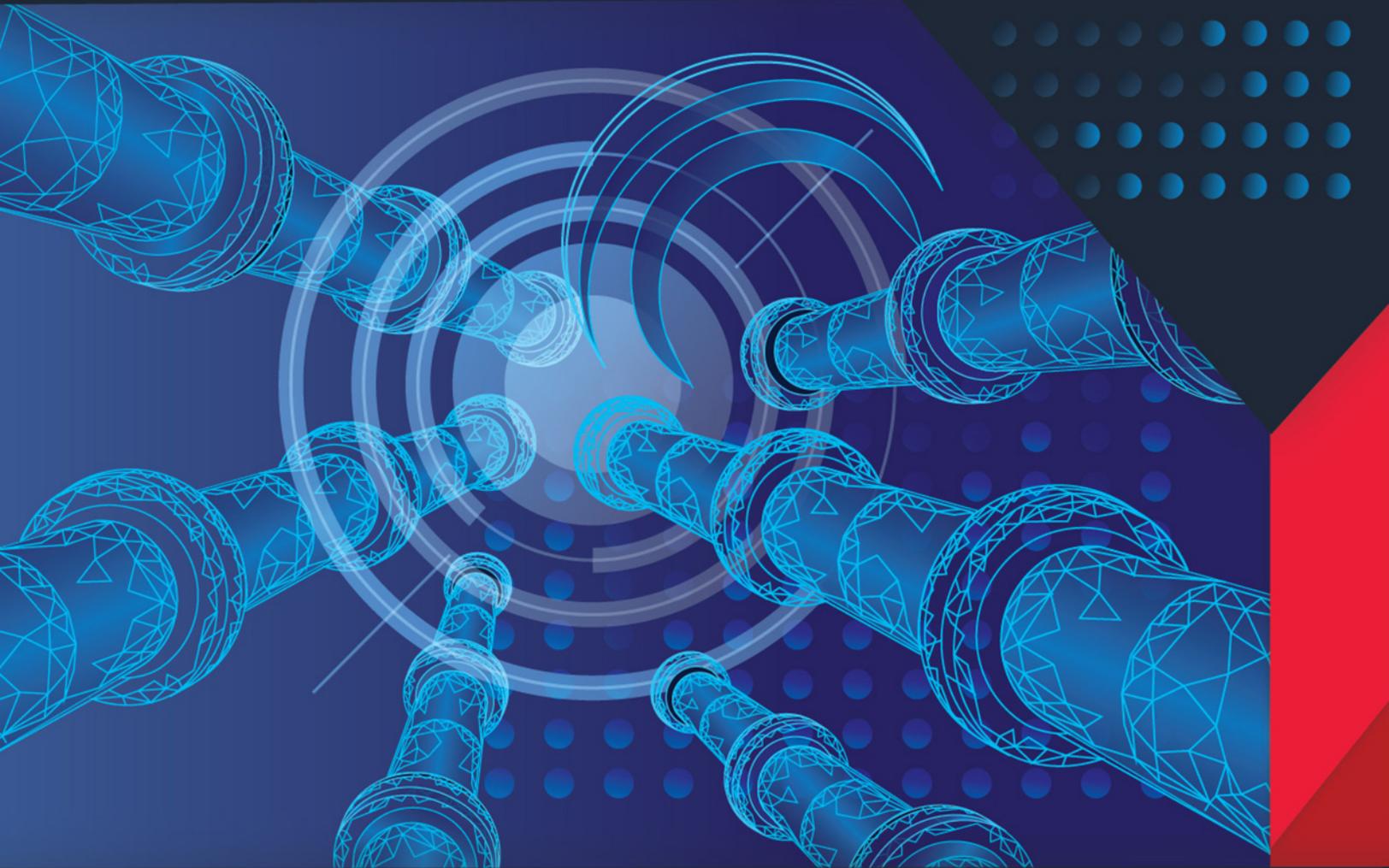


## 10. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Sectores asignados por empresa.....	15
Tabla 2.2 Datos de inicio por sector .....	18
Tabla 2.3 Mediciones iniciales.....	20
Tabla 2.4 Resultados de la gestión de presiones en 13 sectores .....	22
Tabla 2.5. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa INCOTEX.....	49
Tabla 2.6. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa DTE .....	50
Tabla 2.7. Distritos hidrométricos piloto instrumentados por la empresa PCP .....	51
Tabla 2.8. Volumen per cápita por distrito hidrométrico piloto .....	54
Tabla 2.9. Agua no contabilizada por distrito hidrométrico piloto .....	55
Tabla 2.10 Sitios recomendados para medición de caudal .....	56
Tabla 2.11 Áreas de influencia de la red de distribución.....	59
Tabla 2.12 Índice de fugas por área de influencia .....	64
Tabla 2.13 Zonas potenciales para la gestión de presiones.....	68
Tabla 2.14 Procedimiento para la gestión de presiones .....	69
Tabla 3.1. Volumen recuperado en los distritos hidrométricos piloto .....	72
Tabla 3.2 Acciones para incrementar y controlar la eficiencia física .....	76
Tabla 3.3 Acciones para incrementar y controlar la eficiencia comercial .....	76
Tabla 4.1 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo A. Servicios estandarizados .....	91
Tabla 4.2 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo B. Servicios personalizados o a la medida .....	91
Tabla 4.3 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo C. Servicios Especializados .....	92
Tabla 4.4 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas según el Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua ...	98
Tabla 6.1 Rubros y puntajes que sirven de base para evaluar las propuestas técnicas de tipo C. Servicios Especializados .....	108
Tabla 6.2 Sub-rubros que servirán de base para evaluar las propuestas técnicas. ....	109
Tabla 7.1 Coeficientes de momentos flexionantes para tableros rectangulares, franjas centrales (NTC-DC-17) .....	136
Tabla 7.2 Determinación del refuerzo en losa fondo .....	139
Tabla 7.3 Cargas aplicadas a la losa tapa.....	140



Tabla 7.4 Acero propuesto en losa tapa .....	141
Tabla 7.5 Cargas aplicadas a la losa tapa.....	143
Tabla 7.6 Acero propuesto en losa tapa .....	143
Tabla 7.7 Elementos mecánicos y datos de diseño para el dimensionamiento de trabe TC2 .....	145
Tabla 7.8 Acero propuesto en trabe TC2 .....	147
Tabla 7.9 Elementos mecánicos y datos de diseño para el dimensionamiento de trabe TC1 .....	148
Tabla 7.10 Acero propuesto en trabe TC1 .....	149



**SUBCOORDINACIÓN DE HIDRÁULICA URBANA  
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA**

<https://www.gob.mx/imta>



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



**JUNTA CENTRAL**  
DE AGUA Y SANEAMIENTO  
DE CHIHUAHUA



**JUNTA MUNICIPAL**  
DE AGUA Y SANEAMIENTO  
DE CHIHUAHUA