
PROYECTO DE POTABILIZACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO DE LOS POZOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE JARAL DEL PROGRESO, GUANAJUATO

CONVENIO DE COLABORACIÓN No. CEA-IMTA-2016-153



INFORME FINAL

COORDINACIÓN DE TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

SUBCOORDINACIÓN DE POTABILIZACIÓN

MÉXICO 2017

JEFE DE PROYECTO:

DRA. ALEJANDRA MARTÍN DOMÍNGUEZ

PARTICIPANTES:

M.I. LEONEL CONTRERAS GÓMEZ
M.I. WENDOLY FLORES ALARCÓN
ING. LILIA MARGARITA HERRERA IBARRA
ING. CÁNDIDO RAMÍREZ RUIZ

1	OBTENCIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN	1
1.1	ZONA DE ESTUDIO	1
1.2	PROBLEMÁTICA	3
1.3	INFORMACIÓN RECOPIADA	4
1.3.1	<i>Proyecto de ahorro de energía de ENTEC</i>	4
1.3.2	<i>Diagnóstico energético del 2016</i>	8
1.3.3	<i>Diagnóstico de macro medición 2016</i>	16
1.3.4	<i>Sistema de conducción y zonas de influencia</i>	17
1.3.5	<i>Calidad del agua</i>	19
1.3.6	<i>Consumo de cloro</i>	22
1.3.7	<i>Consumo de polímero</i>	23
1.3.8	<i>Tanques de almacenamiento</i>	27
1.3.9	<i>Padrón de usuarios</i>	27
1.3.10	<i>Facturación</i>	28
1.3.11	<i>Datos técnicos de los pozos</i>	28
1.3.12	<i>Plan Municipal de Desarrollo 2007-2032</i>	29
1.4	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECABADA	31
1.5	EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA	33
1.5.1	<i>Pozo 1 (Melchor Ocampo)</i>	35
1.5.2	<i>Pozo 2 (Santa Elena)</i>	37
1.5.3	<i>Pozo 3 (Josefa Ortiz de Domínguez)</i>	39
1.5.4	<i>Pozo 4 (cetis)</i>	41
2	CALIDAD DEL AGUA.....	45
3	PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y GASTO.....	46
3.1	POBLACIÓN Y COBERTURA	46
3.1.1	<i>Método aritmético</i>	47
3.1.2	<i>Método geométrico</i>	48
3.1.3	<i>Métodos estadísticos de ajuste</i>	49
3.2	CONSUMO.....	51
3.3	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	54
4	ANÁLISIS PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	59
4.1	SISTEMA DE REMOCIÓN DE MANGANESO	59
4.1.1	<i>Justificación</i>	59
4.1.2	<i>Química del manganeso</i>	60
4.1.3	<i>Situación actual</i>	61
4.1.4	<i>Adsorción en zeolita recubierta de manganeso</i>	61
4.1.5	<i>Criterios de diseño</i>	63
4.2	OPCIONES SEGÚN LA LOCALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE POTABILIZACIÓN	64
4.3	COSTOS PRELIMINARES DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN	69
4.4	COSTOS PRELIMINARES PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	70

5	TOPOGRAFÍA.....	74
5.1	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	74
5.2	EQUIPO UTILIZADO.....	77
5.3	MÉTODO UTILIZADO PARA LA GEORREFERENCIACIÓN.....	77
5.4	RESULTADOS.....	77
6	MECÁNICA DE SUELOS	90
6.1	ENCUADRE GEOLÓGICO E HIDROLOGÍA	90
6.1.1	<i>Encuadre geológico general.....</i>	<i>90</i>
6.1.2	<i>Encuadre geológico local.....</i>	<i>94</i>
6.1.3	<i>Hidrología.....</i>	<i>97</i>
6.2	SISMICIDAD	99
6.3	INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA	102
6.3.1	<i>Tipología de cimentación</i>	<i>102</i>
6.3.2	<i>Profundidad de cimentación</i>	<i>103</i>
6.3.3	<i>Clasificación de los suelos.....</i>	<i>103</i>
6.4	METODOLOGÍA	104
6.4.1	<i>Toma de muestras.....</i>	<i>104</i>
6.4.2	<i>Equipo utilizado.....</i>	<i>105</i>
6.4.3	<i>Normas utilizadas.....</i>	<i>107</i>
6.4.4	<i>Pruebas de laboratorio.....</i>	<i>107</i>
6.5	RESULTADOS.....	109
6.5.1	<i>Pozo 1.....</i>	<i>109</i>
6.5.2	<i>Pozo 2.....</i>	<i>122</i>
7	INGENIERÍA DE DETALLE.....	133
7.1	PROCESO IMPARTIDO AL AGUA	133
7.1.1	<i>Memoria fotográfica del sitio donde se construirá la planta.....</i>	<i>133</i>
7.1.2	<i>Descripción general.....</i>	<i>138</i>
7.1.3	<i>Filtración.....</i>	<i>139</i>
7.1.4	<i>Precloración y desinfección</i>	<i>141</i>
7.1.5	<i>Procesamiento de los lodos y aguas de desecho.....</i>	<i>142</i>
7.1.6	<i>Recuperación de agua de lavado de filtros</i>	<i>142</i>
7.2	DISEÑO FUNCIONAL Y DE PROCESO.....	143
7.2.1	<i>Diagrama de flujo del proceso</i>	<i>144</i>
7.2.2	<i>Filtros de canasta</i>	<i>147</i>
7.2.3	<i>Datos generales.....</i>	<i>149</i>
7.2.4	<i>Selección del número y diámetro de filtros.....</i>	<i>153</i>
7.2.5	<i>Dimensionamiento de filtros</i>	<i>155</i>
7.2.6	<i>Retrolavado, lodos y filtro prensa</i>	<i>160</i>
7.2.7	<i>Tuberías de distribución</i>	<i>170</i>
7.2.8	<i>Espesor de cuerpo y tapas de filtros.....</i>	<i>175</i>
7.2.9	<i>Pérdidas en toberas.....</i>	<i>178</i>
7.2.10	<i>Pérdidas durante la filtración</i>	<i>186</i>
7.2.11	<i>Pérdidas durante el retrolavado.....</i>	<i>193</i>

7.2.12	Reactivos	198
7.2.13	Cálculo del cárcamo de agua tratada.....	202
7.2.14	Cálculo del tanque espesador.....	207
7.2.15	Cálculo del equipo de bombeo.....	223
7.2.16	Balance de flujos y materia	230
7.2.17	Cálculo del costo de operación	235
7.3	PROYECTO DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL.....	240
7.3.1	Pluvial.....	240
7.3.2	Sanitario.....	257
7.4	PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.....	259
7.4.1	Descripción general.....	259
7.4.2	Alcance del proyecto.	259
7.4.3	Criterios.....	261
7.4.4	Características de la instrumentación.....	263
7.4.5	Operación en limpieza de filtros.....	265
7.4.6	Arquitectura del sistema.....	266
7.4.7	Cuarto de control.....	267
7.4.8	Controlador.....	267
7.4.9	Equipo de control.....	267
7.4.10	Software SCADA.....	268
7.4.11	Capacitación.....	269
7.4.12	Documentación y planos a entregar.....	270
7.4.13	Condiciones para la recepción.....	270
7.4.14	Conteo de puntos de entrada y salida para el sistema de control y automatización.....	271
7.4.15	Memoria de cálculo.....	277
7.4.16	Consumo de energía por los actuadores eléctricos de las válvulas de filtros.....	280
7.4.17	Diagramas de Sistemas.....	282
7.5	PROYECTO ELÉCTRICO.....	287
7.5.1	Abreviaturas.....	287
7.5.2	Lista de cargas y equipos de alimentados.....	288
7.5.3	Cálculo de circuito derivado bomba del pozo.....	288
7.5.4	Cálculo de circuito derivado bomba de retrolavado.....	291
7.5.5	Cálculo de circuito derivado bomba de agua tratada.....	294
7.5.6	Cálculo de circuito derivado del compresor.....	297
7.5.7	Cálculo de circuito derivado de la bomba de recirculación.....	300
7.5.8	Cálculo de circuito derivado de la bomba de cloración o de polímero.....	303
7.5.9	Cálculo del circuito derivado 460.....	306
7.5.10	Cálculo del circuito derivado 230.....	308
7.5.11	Cálculo del transformador.....	310
7.5.12	Cálculo del circuito principal.....	311
7.5.13	Cálculo del circuito alimentador.....	313
7.5.14	Cálculo del corto circuito.....	314
7.5.15	Cálculo del factor de potencia.....	317
7.5.16	Cálculo del sistema de tierras.....	318
7.6	PROYECTO CIVIL.....	321

7.6.1	<i>Introducción</i>	321
7.6.2	<i>Diseño del cárcamo de agua tratada</i>	324
7.6.3	<i>Diseño del cárcamo de lodos</i>	361
7.6.4	<i>Diseño de la cimentación para los filtros</i>	382
7.6.5	<i>Diseño de la cimentación para tanque sedimentador</i>	399
7.6.6	<i>Diseño del cobertizo para lodos</i>	415
7.6.7	<i>Diseño de la trabe metálica T-1</i>	428
7.6.8	<i>Diseño de la trabe metálica T-2</i>	430
7.6.9	<i>Diseño de la columna de concreto c-1</i>	431
7.6.10	<i>Diseño de la zapata z-1</i>	436
7.6.11	<i>Diseño de la zapata z-2</i>	442
7.6.12	<i>Diseño del pozo de absorción</i>	443
7.6.13	<i>Diseño del tanque de acero</i>	455
7.6.14	<i>Diseño del baño</i>	472

1 OBTENCIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN

1.1 ZONA DE ESTUDIO

El municipio de Jaral del Progreso pertenece al estado de Guanajuato (Figura 1), su cabecera municipal de mismo nombre se encuentra en las coordenadas: latitud 20°22'24"N, longitud 101°03'59"O.



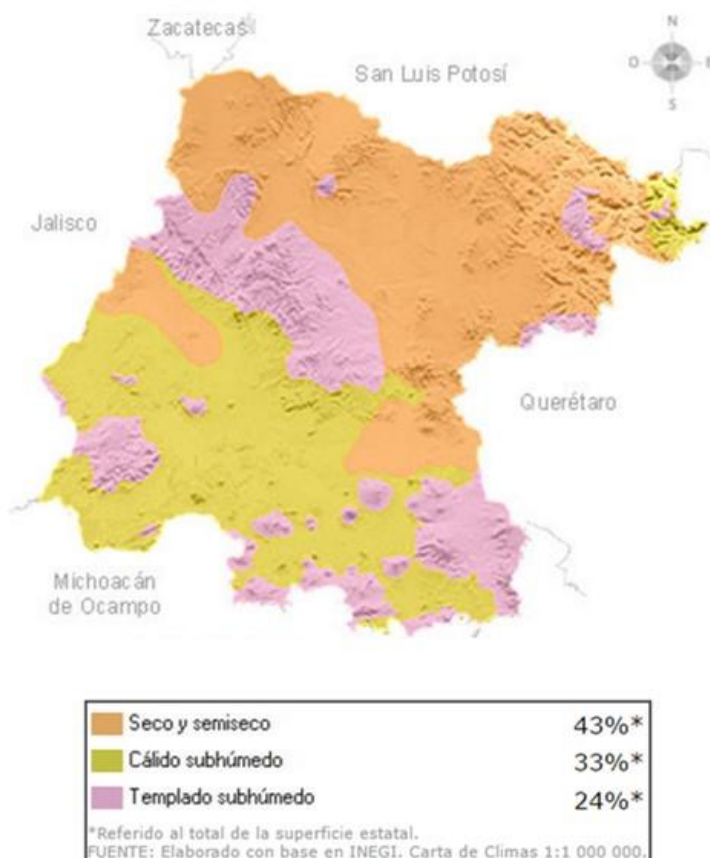
Figura 1 Zona geográfica del proyecto

El 43% de la superficie del estado está representado por clima seco y semiseco, localizado principalmente en la región norte (Figura 2); en el 33% de la superficie, hacia la parte suroeste y este, se presenta el clima cálido subhúmedo y 24% restante presenta clima templado subhúmedo.

La temperatura media anual es de 18°C, la promedio más alta es alrededor de 30°C y se presenta en los meses de mayo y junio, mientras que la más baja alrededor de 5.2°C, en el mes de enero.

Las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de aproximadamente 650 mm anuales.

Gracias al tipo de suelo y clima, Guanajuato es un estado que se caracteriza por su producción agrícola de cultivos tales como maíz, frijol, cebada, trigo, linaza, garbanzo, además de durazno, manzana ajo, alfalfa, avena, cebada, centeno, jitomate, remolacha, sorgo y chabacano entre otros.



Nota: La temática presentada en esta sección retoma la clasificación propuesta por la SER. Para conocer la información más específica de climas consulta en el Sitio INEGI.

Figura 2 Climas en el estado de Guanajuato

La precipitación pluvial total anual es de 647.9 mm en promedio, y la dirección de los vientos es generalmente de noroeste a suroeste (Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México).

1.2 PROBLEMÁTICA

La cabecera Municipal del Jaral del Progreso, Guanajuato, cuenta con cuatro pozos profundos para el abastecimiento de agua, de los cuales tres presentan concentraciones de manganeso fuera de los límites establecidos en la MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Dichas fuentes con problemas se observan en la Figura 3.

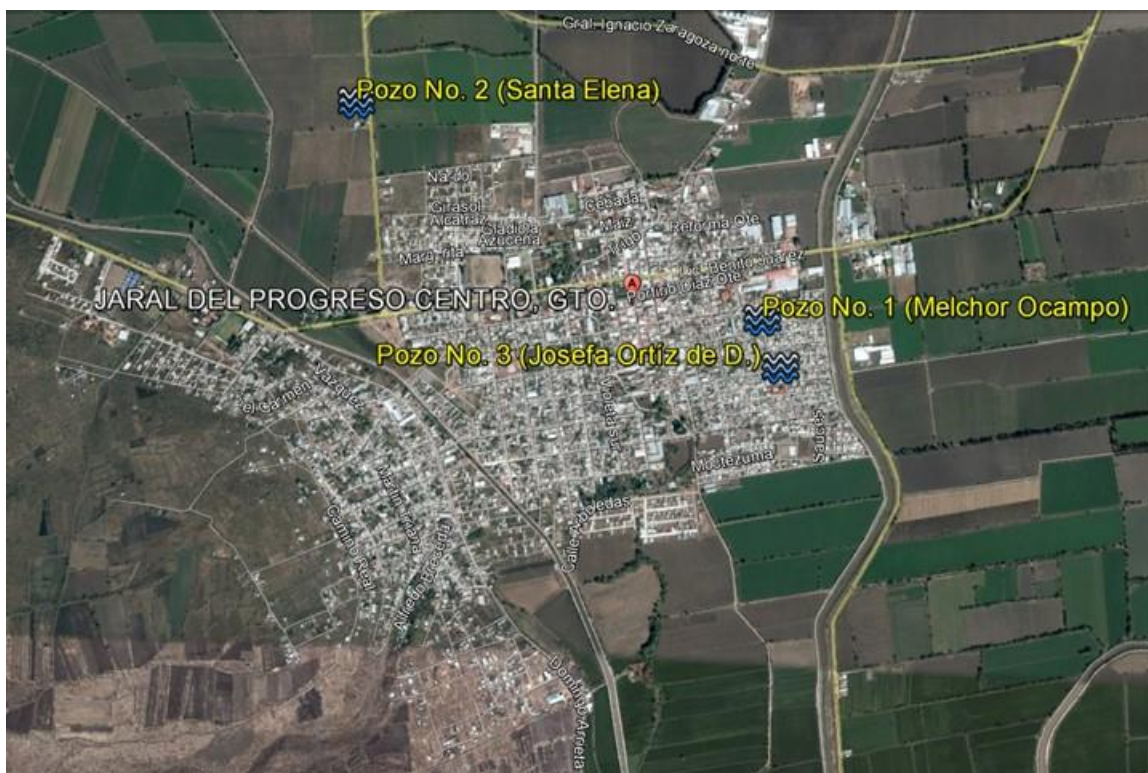


Figura 3. Localización de fuentes de abastecimiento con problemas de manganeso.

1.3 INFORMACIÓN RECOPIADA

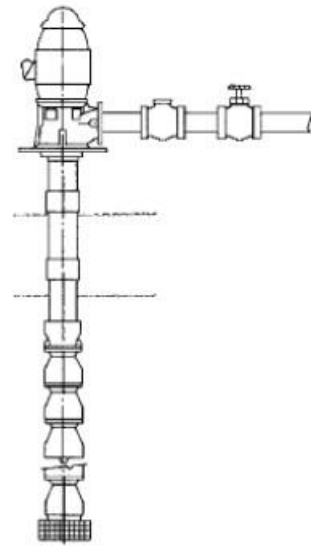
Se recopiló información proporcionada por el SMAPAJ y la CEAG, mediante el Proyecto de Ahorro de Energía realizado en el 2010 por ENTEC, el estudio de eficiencias electromecánicas y el diagnóstico de macro medición del 2016 llevado a cabo por la CEAG, así como datos de operación enviados directamente por el organismo operador.

1.3.1 PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA DE ENTEC

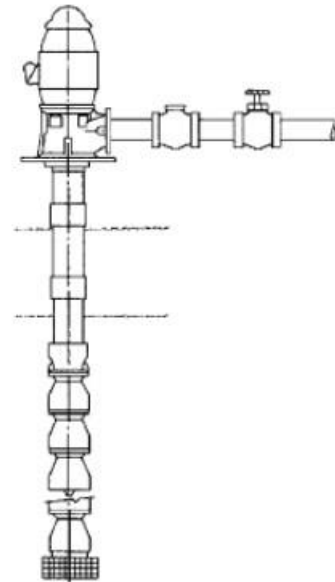
Instalación	Gasto (lps)		Horas de operación al día	
	Anterior	Actual	Anterior	Actual
Pozo 1 Ocampo	20.53	22.81	13.50	13.50
Pozo 2 Santa Elena	40.00	38.91	10.00	10.00
Pozo 3 Josefa O. de Domínguez	29.75	17.85	5.00	10.00
Pozo 2 Victoria de Cortazar	11.55	12.20	12.50	12.50
Pozo 1 Santiago Capitiro	7.46	7.54	14.00	14.00
Total	109.28	99.31		

Instalación	Eficiencia electromecánica (pu)	
	Anterior	Actual
Pozo 1 Ocampo	0.23	0.77
Pozo 2 Santa Elena	0.62	0.79
Pozo 3 Josefa O. de Domínguez	0.41	0.63
Pozo 2 Victoria de Cortazar	0.45	0.66
Pozo 1 Santiago Capitiro	0.38	0.64

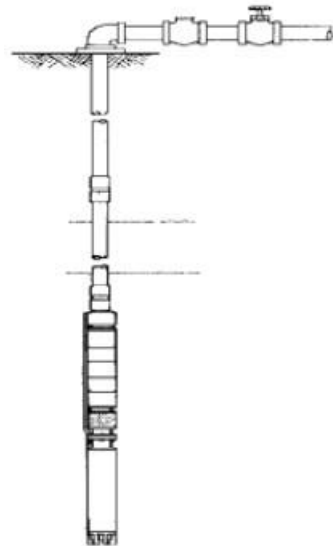
Nombre de la instalación: Pozo 1 Ocampo		
Fecha	26 de Abril de 2010	
Bomba		
Marca	Goulds	
Modelo	10WAHC-3	
Tipo	Turbina Vertical	
Serie No.	W 396-10	
Gasto	325	gpm
CDT	157	pies
Motor		
Motor marca	Siemens	
Modelo	HSRGZVESD	
No. de serie	M09TESP.252	
Potencia Nominal	20	HP
Voltaje de alimentación	460	Volts
Corriente de línea	26	Amps
RPM	1755	rpm
Instalación		
Profundidad	109	mts
Diámetro de ademe	12	plg
Diámetro de columna	6	plg
Longitud de columna	51	mts
Ducto para sonda	1	Plg
Nivel estático	16	Mts
Nivel dinámico	29	Mts



Nombre de la instalación: Pozo 2 Santa Elena		
Fecha	30 de Abril de 2010	
Bomba		
Marca	Goulds	
Modelo	9RCHC-10	
Tipo	Turbina Vertical	
Serie No.	W 396-10	
Gasto	600	gpm
CDT	411	pies
Motor		
Motor marca	Siemens	
Modelo	HSRGZVESD	
No. de serie	B10TESP.711	
Potencia Nominal	100	HP
Voltaje de alimentación	460	Volts
Corriente de línea	114	Amps
RPM	1780	rpm
Instalación		
Profundidad	106	mts
Diámetro de ademe	10.5	plg
Diámetro de columna	6	plg
Longitud de columna	48.8	mts
Ducto para sonda	1	Plg
Nivel estático	28	Mts
Nivel dinámico	35	Mts



Nombre de la instalación: Pozo 3 Josefa O. de Dominguez		
Fecha	21 de Abril de 2010	
Bomba		
Marca	Red Jacket	
Modelo	RJ 6CHC-2	
Tipo	Sumergible	
Serie No.	W 395 - 10	
Gasto	236	Gpm
CDT	140	Pies
Motor		
Motor marca	Hitachi Centipro	
Modelo	6M154-3PH	
No. de serie	G26255E	
Diámetro	6	Plg
Potencia Nominal	15	HP
Voltaje de alimentación	460	Volts
Corriente de línea	21	Amps
Instalación		
Profundidad	141	Mts
Diámetro de ademe	12	Plg
Diámetro de columna	6	Plg
Longitud de columna	45.75	Mts
Ducto para sonda	3/4	Plg
Nivel estático	14	Mts
Nivel dinámico	21	Mts



1.3.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL 2016

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO																					
Lugar : Jaral de Progreso		Fecha: 9 de diciembre de 2016																			
Coordenadas UTM: _____		Fuente o Rebombeo (F/RB): F																			
ORGANISMO: sist.mpal a p. y alcant Jaral del progreso																					
SISTEMA: pozo Ocampo		EQUIPO: Vertical																			
OPERACIÓN: 12hrs		Evaluación #: 1																			
1.1. SISTEMA ELÉCTRICO																					
SUMINISTRO ELÉCTRICO: Suministrador: cfe No. de Servicio: 63DP10H016380190 Tarifa contratada: 6 Equipo de Medición Antes o Después de TR: D		DIAGRAMA UNIFILAR																			
TRANSFORMADOR: Tipo: POSTE Capacidad: 75 kVA Rel. de transf.: 13200/440 V. Tipo Conexión Baja (Delta (D) Estrella (Y)): Y Numero de equipos que alimenta: 1 Temperatura MAX en termometro: 55 °C																					
INTERRUPTOR GENERAL Marca: SIEMENS Capacidad: _____ A Ajuste: _____ A		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES PRINCIPAL</th> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES A MOTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transformador - Int. Gen</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 1</td> </tr> <tr> <td>Calibre: 1/0 Awg/kcm</td> <td>Calibre: 4 Awg/kcm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 24.00 m.</td> <td>Longitud: 110.00 m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase: 1</td> </tr> <tr> <td>Int. General - Int. Secundario</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 2</td> </tr> <tr> <td>Calibre: 4.0 Awg/kcm</td> <td>Calibre: _____ Awg/kcm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 27.0 m.</td> <td>Longitud: _____ m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase: _____</td> </tr> </tbody> </table>		CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR	Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1	Calibre: 1/0 Awg/kcm	Calibre: 4 Awg/kcm	Longitud: 24.00 m.	Longitud: 110.00 m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1	Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2	Calibre: 4.0 Awg/kcm	Calibre: _____ Awg/kcm	Longitud: 27.0 m.	Longitud: _____ m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: _____
CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR																				
Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1																				
Calibre: 1/0 Awg/kcm	Calibre: 4 Awg/kcm																				
Longitud: 24.00 m.	Longitud: 110.00 m.																				
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1																				
Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2																				
Calibre: 4.0 Awg/kcm	Calibre: _____ Awg/kcm																				
Longitud: 27.0 m.	Longitud: _____ m.																				
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: _____																				
INTERRUPTOR INDIVIDUAL DEL EQUIPO Marca: _____ Capacidad: _____ A Ajuste: _____ A																					
ARRANCADOR Y PROTECCIÓN Marca: SIEMENS Tipo: AVR Capacidad: 20 HP Capacidad: 40 A Ajuste: 28-40 A																					
CAPACITORES Marca: WEG Capacidad Total Boo.: 10 kVAr Calibre conductor: 8 awg Número de Capacitores: 1																					
OBSERVACIONES: _____																					
1.2 MOTOR ELÉCTRICO																					
DATOS DE PLACA o NOMINALES: Marca: SIEMENS Capacidad: 20 HP Velocidad: 1750 RPM Tensión: 440 V Corriente: 28.0 A Eficiencia: 75.0% Tipo: _____ Frame: _____ F.S.: _____																					
HISTORIAL: Antigüedad: 6 años Operación: 4380 hrs/año # de rebobinados: 3																					
OBSERVACIONES: _____																					
1.3 BOMBA																					
CUERPO Marca: GOULDS Tipo: SUMERGIBLE Modelo: 10WAHC-3 Antigüedad: 6 años Velocidad: 1750 RPM		IMPULSOR Tipo: _____ Material: _____ Diámetro: _____ m Antigüedad: _____ años																			
FLECHA: _____ Diámetro: _____ pulg. Carga: 48 m.c.a.		Longitud: 51 m Gasto: 7.58 lps																			
OBSERVACIONES: _____																					
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO																					
Fluido: _____ Temp.: _____ °C Peso Especifico: _____ kg/m³																					
OBSERVACIONES: _____																					

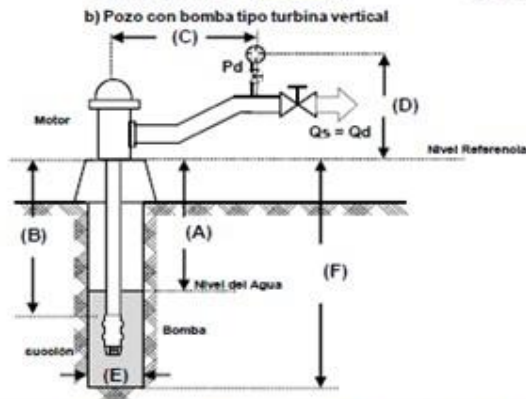
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO

Lugar: Jaral de Progreso Fecha: 9 de diciembre de 2016
 Coordenadas UTM: Fuente o Rebombio (F/RB): F
 ORGANISMO: sist.mpal a p. y alcant Jaral del progreso EQUIPO: Vertical
 SISTEMA: pozo Ocampo Evaluación #: 1
 OPERACIÓN: 12hrs

2.1 MEDICIONES HIDRÁULICAS

NIVELES:	TIPO DE ESTACION DE BOMBEO: b	Pozo con bomba tipo Turbina Vertical	
Nivel del depósito de succión (A):	15.0 m.	Longitud de tubería en succión (B):	51.00 m.
Distancia descarga a manómetro (C):	m.	Altura manómetro de descarga (D):	0.5 m.
N. Estático:	11 m.	Coefficiente de Utilización:	2.00 lps/m
Abatimiento:	4.00 m.	Diámetro del Ademe (E):	0.3048 m.
Submersión (B-A):	36.00 m.	Profundidad del pozo/tanque (F):	109 m.

ESQUEMA DE EQUIPO:



Tubería	Diámetro (m)	Pulg.	Material	Pres. (kg/cm ²)	Flujo (lps)	Velocidad (m/s)
Succión	0.152	6.0	Acero al Carbón	8.0	0.439	
Descarga	0.152	6.0	Acero al Carbón	1.70	8.0	0.439

TOPOGRAFÍA: Elevación en sitio de equipo: m.s.n.m. Elevación sitio de entrega: m.s.n.m.

OBSERVACIONES:

2.2 MEDICIONES ELÉCTRICAS

TENSIÓN "Y" Fase a Neutro	Vp:	Va-n:	Vb-n:	Vc-n:
"Δ" Fase a Fase	Vp:	Va-b: 457.0	Vb-c: 457.0	Vc-a: 457.0
CORRIENTE POR FASE:	Ip:	Ia: 19.9	Ib: 12.6	Ic: 14.6
POTENCIA ACTIVA:	Pt:	Pa: 15.5	Pb: 9.9	Pc: 9.8
FACTOR DE POTENCIA	FPT:	Fpa: 0.98	FPb: 1.00	FPc: 0.85
DISTORSIÓN ARMÓNICA:		THD-V	THD-I	

Punto de Medición:

CORRIENTE DEL CAPACITOR: Ia: Ib: Ic:

LUGAR DE CONEXIÓN DEL CAPACITOR AL SISTEMA:

OBSERVACIONES:

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO	
Lugar: Jaral de Progreso	Fecha: 9 de diciembre de 2016
Coordenadas UTM:	Fuente o Rebombio (FRB): F
ORGANISMO: sist.mpai a p. y alcant Jaral del progreso	
SISTEMA: Pozo SANTA ELENA	EQUIPO: 1
OPERACIÓN: 12hrs	Evaluación #: 1

1.1. SISTEMA ELECTRICO																			
<p>SUMINISTRO ELÉCTRICO: Suministrador: cfe No. de Servicio: 63DP10H016380100 Tarifa contratada: 6 Equipo de Medición Antes o Después de TR: D</p> <p>TRANSFORMADOR: Tipo: POSTE Capacidad: 112.5 kVA Rel. de transf.: 13200/440 V. Tipo Conexión Baja (Delta (D) Estrella (Y)): Y Numero de equipos que alimenta: 1 Temperatura MAX en termometro: 55 °C</p> <p>INTERRUPTOR GENERAL Marca: SIEMENS Capacidad: A Ajuste: A</p> <p>INTERRUPTOR INDIVIDUAL DEL EQUIPO Marca: A Capacidad: A Ajuste: A</p> <p>ARRANCADOR Y PROTECCIÓN Marca: SIEMENS Tipo: AVR Capacidad: 100 HP Capacidad: 200 A Ajuste: 50-200 A</p> <p>CAPACITORES Marca: INELAP Capacidad Total Boo.: 10+10 kVAr Calibre conductor: 8 awg Número de Capacitores: 2</p> <p>OBSERVACIONES:</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">DIAGRAMA UNIFILAR</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES PRINCIPAL</th> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES A MOTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transformador - Int. Gen</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 1</td> </tr> <tr> <td>Calibre: 2/0 Awg/ftcm</td> <td>Calibre: 1/0 Awg/ftcm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 48.00 m.</td> <td>Longitud: 118.00 m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase: 1</td> </tr> <tr> <td>Int. General - Int. Secundario</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 2</td> </tr> <tr> <td>Calibre: Awg/ftcm</td> <td>Calibre: Awg/ftcm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: m.</td> <td>Longitud: m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase:</td> </tr> </tbody> </table>	CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR	Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1	Calibre: 2/0 Awg/ftcm	Calibre: 1/0 Awg/ftcm	Longitud: 48.00 m.	Longitud: 118.00 m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1	Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2	Calibre: Awg/ftcm	Calibre: Awg/ftcm	Longitud: m.	Longitud: m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase:
CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR																		
Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1																		
Calibre: 2/0 Awg/ftcm	Calibre: 1/0 Awg/ftcm																		
Longitud: 48.00 m.	Longitud: 118.00 m.																		
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1																		
Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2																		
Calibre: Awg/ftcm	Calibre: Awg/ftcm																		
Longitud: m.	Longitud: m.																		
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase:																		

1.2 MOTOR ELECTRICO			
DATOS DE PLACA o NOMINALES:			
Marca: SIEMENS	Tensión: 480 V	Tipo: VERTICAL	
Capacidad: 100 HP	Corriente: A	Frame:	
Velocidad: 1750 RPM	Eficiencia:	F.S.:	
HISTORIAL:	Antigüedad: 6 años	Operación: 4380 hrs/año	# de rebobinados: 2
OBSERVACIONES:			

1.3 BOMBA	
<p>CUERPO Marca: GOULDS Tipo: SUMERGIBLE Modelo: 9RCHC-10 Antigüedad: 6 años Velocidad: 1750 RPM</p> <p>FLECHA: Diámetro: pulg. Carga: 125 m.c.a.</p> <p>OBSERVACIONES:</p>	<p>IMPULSOR Tipo: Material: Diámetro: m Antigüedad: años</p> <p>Longitud: m Gasto: 30 lps</p>

1.4 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO		
Fluido: AGUA	Temp.: 28 °C	Peso Específico: 1000 kg/m³
OBSERVACIONES:		

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO

Lugar : Jaral de Progreso
 Coordenadas UTM: _____ Fecha: 9 de diciembre de 2016
 Fuente o Rebombéo (F/RB): F

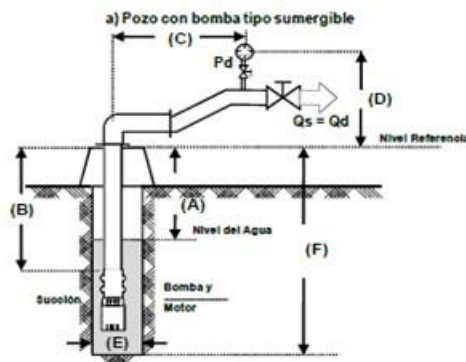
ORGANISMO: sist.mpal a p. y alcant Jaral del progreso
 SISTEMA: Pozo SANTA ELENA EQUIPO: 1
 OPERACIÓN: 12hrs Evaluación #: 1

2.1 MEDICIONES HIDRÁULICAS

NIVELES: TIPO DE ESTACIÓN DE BOMBEO: a Pozo con bomba tipo Sumergible

Nivel del depósito de succión (A):	35.0 m.	Longitud de tubería en succión (B):	51.00 m.
Distancia descarga a manómetro (C):	m.	Altura manómetro de descarga (D):	0.5 m.
N. Estático:	28 m.	Coefficiente de Utilización:	1.14 lps/m
Abatimiento:	7.00 m.	Diámetro del Ademe (E):	0.3048 m.
Submersión (B-A):	16.00 m.	Profundidad del pozo/tanque (F):	106 m.

ESQUEMA DE EQUIPO:



Tubería	Diámetro (m)	Pulg.	Material	Pres. (kg/cm ²)	Flujo (lps)	Velocidad (m/s)
Succión	0.152	6.0	Acero al Carbón		8.0	0.439
Descarga	0.152	6.0	Acero al Carbón	1.70	8.0	0.439

TOPOGRAFÍA: Elevación en sitio de equipo: _____ m.s.n.m. Elevación sitio de entrega: _____ m.s.n.m.

OBSERVACIONES: _____

2.2 MEDICIONES ELÉCTRICAS

TENSIÓN	"Y" Fase a Neutro	Va-n:	Vb-n:	Vc-n:
	"Δ" Fase a Fase	Va-b: 452.0	Vb-c: 453.0	Vc-a: 449.0
CORRIENTE POR FASE:	Ip:	Ia: 78.5	Ib: 79.0	Ic: 78.5
POTENCIA ACTIVA:	Pt:	Pa: 61.4	Pb: 61.0	Pc: 60.2
FACTOR DE POTENCIA	FPT:	Fpa: 1.00	FPb: 1.00	FPc: 1.00
DISTORSIÓN ARMÓNICA:	THD-V		THD-I	

Punto de Medición: _____

CORRIENTE DEL CAPACITOR: Ia: 12 Ib: 12.8 Ic: 12.9

LUGAR DE CONEXIÓN DEL CAPACITOR AL SISTEMA: _____

OBSERVACIONES: _____

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO																			
Lugar : Jaral de Progreso	Fecha: 9 de diciembre de 2016																		
Coordenadas UTM: _____	Fuente o Rebombio (F/RB): <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> F																		
ORGANISMO: sist.mpal a p. y alcant Jaral del progreso																			
SISTEMA: Pozo JOSEFA ORTIZ	EQUIPO: 1																		
OPERACIÓN: 12hrs	Evaluación #: 1																		
1.1. SISTEMA ELÉCTRICO																			
<p>SUMINISTRO ELÉCTRICO: Suministrador: cfe No. de Servicio: 63DP10H016380180 Tarifa contratada: 6 Equipo de Medición Antes o Después de TR: <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> D</p> <p>TRANSFORMADOR: Tipo: POSTE Capacidad: 75 kVA Rel. de transf.: 13200/440 V. Tipo Conexión Baja (Delta (D) Estrella (Y)): <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> Y Numero de equipos que alimenta: 1 Temperatura MAX en termometro: 55 °C</p> <p>INTERRUPTOR GENERAL Marca: SIEMENS Capacidad: _____ A Ajuste: _____ A</p> <p>INTERRUPTOR INDIVIDUAL DEL EQUIPO Marca: _____ Capacidad: _____ A Ajuste: _____ A</p> <p>ARRANCADOR Y PROTECCIÓN Marca: SIEMENS Tipo: AVR Capacidad: 15 HP Capacidad: 30 A Ajuste: 22-32 A</p> <p>CAPACITORES Marca: WEG Capacidad Total Boo.: 5 kVAr Calibre conductor: 8 awg Número de Capacitores: 1</p> <p>OBSERVACIONES:</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">DIAGRAMA UNIFILAR</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES PRINCIPAL</th> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES A MOTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transformador - Int. Gen</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 1</td> </tr> <tr> <td>Calibre: 2 Awg/1cm</td> <td>Calibre: 4 Awg/1cm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 24.00 m.</td> <td>Longitud: 55.00 m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase: 1</td> </tr> <tr> <td>Int. General - Int. Secundario</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 2</td> </tr> <tr> <td>Calibre: 4.0 Awg/1cm</td> <td>Calibre: _____ Awg/1cm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 27.0 m.</td> <td>Longitud: _____ m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase: _____</td> </tr> </tbody> </table>	CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR	Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1	Calibre: 2 Awg/1cm	Calibre: 4 Awg/1cm	Longitud: 24.00 m.	Longitud: 55.00 m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1	Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2	Calibre: 4.0 Awg/1cm	Calibre: _____ Awg/1cm	Longitud: 27.0 m.	Longitud: _____ m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: _____
CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR																		
Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1																		
Calibre: 2 Awg/1cm	Calibre: 4 Awg/1cm																		
Longitud: 24.00 m.	Longitud: 55.00 m.																		
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1																		
Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2																		
Calibre: 4.0 Awg/1cm	Calibre: _____ Awg/1cm																		
Longitud: 27.0 m.	Longitud: _____ m.																		
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: _____																		
1.2 MOTOR ELÉCTRICO																			
<p>DATOS DE PLACA o NOMINALES:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Marca: HITACHI CENTRIPRO</td> <td>Tensión: 460 V</td> <td>Tipo: SUMERGIBLE</td> </tr> <tr> <td>Capacidad: 15 HP</td> <td>Corriente: _____ A</td> <td>Frame: _____</td> </tr> <tr> <td>Velocidad: 3450 RPM</td> <td>Eficiencia: _____</td> <td>F.S.: _____</td> </tr> </table> <p>HISTORIAL:</p> <p>Antigüedad: 6 años Operación: 4380 hrs/año # de rebobinados: 2</p> <p>OBSERVACIONES:</p>		Marca: HITACHI CENTRIPRO	Tensión: 460 V	Tipo: SUMERGIBLE	Capacidad: 15 HP	Corriente: _____ A	Frame: _____	Velocidad: 3450 RPM	Eficiencia: _____	F.S.: _____									
Marca: HITACHI CENTRIPRO	Tensión: 460 V	Tipo: SUMERGIBLE																	
Capacidad: 15 HP	Corriente: _____ A	Frame: _____																	
Velocidad: 3450 RPM	Eficiencia: _____	F.S.: _____																	
1.3 BOMBA																			
<p>CUERPO</p> <p>Marca: GOULDS Tipo: SUMERGIBLE Modelo: RJ6CHC-2 Antigüedad: 6 años Velocidad: 1750 RPM</p> <p>FLECHA: Diámetro: _____ pulg. Carga: 43 m.c.a.</p> <p>OBSERVACIONES:</p>	<p>IMPULSOR</p> <p>Tipo: _____ Material: _____ Diámetro: _____ m Antigüedad: _____ años</p> <p>Longitud: _____ m Gasto: _____ lps</p>																		
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO																			
<p>Fluido: AGUA Temp.: 28 °C Peso Especifico: 1000 kg/m³</p> <p>OBSERVACIONES:</p>																			

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO	
Lugar : Jaral de Progreso	Fecha: 9 de diciembre de 2016
Coordenadas UTM:	Fuente o Rebombéo (F/RB): F
ORGANISMO: sist.mpal a p. y alcant Jaral del progreso	EQUIPO: 1
SISTEMA: Pozo JOSEFA ORTIZ	Evaluación #: 1
OPERACIÓN: 12hrs	

2.1 MEDICIONES HIDRÁULICAS						
NIVELES:	TIPO DE ESTACIÓN DE BOMBEO: a	Pozo con bomba tipo Sumergible				
	Nivel del depósito de succión (A):	21.0 m.	Longitud de tubería en succión (B):	51.00 m.		
	Distancia descarga a manómetro (C):	_____ m.	Altura manómetro de descarga (D):	0.5 m.		
	N. Estático:	14 m.	Coefficiente de Utilización:	1.14 lps/m		
	Abatimiento:	7.00 m.	Diámetro del Ademe (E):	0.3048 m.		
	Submersión (B-A):	30.00 m.	Profundidad del pozo/tanque (F):	141 m.		
ESQUEMA DE EQUIPO:	<p style="text-align: center;">a) Pozo con bomba tipo sumergible</p>					
	Tubería	Diámetro (m)	Pulg.	Material	Pres. (kg/cm²)	Flujo (lps)
	Succión	0.152	6.0	Acero al Carbón	1.70	8.0
	Descarga	0.152	6.0	Acero al Carbón	1.70	8.0
						Velocidad (m/s)
						0.439
						0.439
TOPOGRAFÍA:	Elevación en sitio de equipo: _____ m.s.n.m.		Elevación sitio de entrega: _____ m.s.n.m.			
OBSERVACIONES:	_____					
2.2 MEDICIONES ELÉCTRICAS						
TENSIÓN	~Y~ Fase a Neutro	Vp: _____	Va-n: _____	Vb-n: _____	Vc-n: _____	
	~Δ~ Fase a Fase	Vp: _____	Va-b: 452.0	Vb-c: 452.0	Vc-a: 452.0	
CORRIENTE POR FASE:		Ip: _____	Ia: 12.7	Ib: 12.4	Ic: 12.2	
POTENCIA ACTIVA:		Pt: _____	Pa: 9.3	Pb: 9.2	Pc: 9.1	
FACTOR DE POTENCIA		Fp: _____	Fpa: 0.94	Fpb: 0.94	Fpc: 0.94	
DISTORSIÓN ARMÓNICA:			THD-V: _____	THD-I: _____		
Punto de Medición:	CORRIENTE DEL CAPACITOR:		Ia: 5.49	Ib: 5.51	Ic: 5.65	
	LUGAR DE CONEXIÓN DEL CAPACITOR AL SISTEMA: _____					
OBSERVACIONES:	_____					

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO		
Lugar : Jaral del Progreso	Fecha: 09 de diciembre de 2018	
Coordenadas UTM: 14Q0282951	Fuente o Rebombio (F/RB):	
ORGANISMO: Pozo No. 4 CETYS		
SISTEMA: UTM 2254192	EQUIPO: Pozo 4	
OPERACIÓN:	Evaluación #:	

1.1. SISTEMA ELÉCTRICO																			
<p>SUMINISTRO ELÉCTRICO: Suministrador: CFE No. de Servicio: 63DP10H016380130 Tarifa contratada: 6 Equipo de Medición Antes o Después de TR:</p> <p>TRANSFORMADOR: Tipo: H Capacidad: 112.5 kVA Rel. de transf.: 13200 / 440 V. Tipo Conexión Baja (Delta (D) Estrella (Y)): Número de equipos que alimenta: 1 Temperatura MAX en termometro: °C</p> <p>INTERRUPTOR GENERAL Marca: A Capacidad: A Ajuste: A</p> <p>INTERRUPTOR INDIVIDUAL DEL EQUIPO Marca: A Capacidad: A Ajuste: A</p> <p>ARRANCADOR Y PROTECCIÓN Marca: A Tipo: HP Capacidad: A Ajuste: A</p> <p>CAPACITORES Marca: A Capacidad Total Boo.: kVar Calibre conductor: awg Número de Capacitores:</p> <p>OBSERVACIONES:</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">DIAGRAMA UNIFILAR</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES PRINCIPAL</th> <th style="width: 50%;">CONDUCTORES A MOTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transformador - Int. Gen</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 1</td> </tr> <tr> <td>Calibre: 2 Awg/1cm</td> <td>Calibre: 2 Awg/1cm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 22.00 m.</td> <td>Longitud: 101.00 m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase: 1</td> <td>Hilos por Fase: 1</td> </tr> <tr> <td>Int. General - Int. Secundario</td> <td>Arrancador - Motor Tramo 2</td> </tr> <tr> <td>Calibre: Awg/1cm</td> <td>Calibre: Awg/1cm</td> </tr> <tr> <td>Longitud: m.</td> <td>Longitud: m.</td> </tr> <tr> <td>Hilos x Fase:</td> <td>Hilos por Fase:</td> </tr> </tbody> </table>	CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR	Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1	Calibre: 2 Awg/1cm	Calibre: 2 Awg/1cm	Longitud: 22.00 m.	Longitud: 101.00 m.	Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1	Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2	Calibre: Awg/1cm	Calibre: Awg/1cm	Longitud: m.	Longitud: m.	Hilos x Fase:	Hilos por Fase:
CONDUCTORES PRINCIPAL	CONDUCTORES A MOTOR																		
Transformador - Int. Gen	Arrancador - Motor Tramo 1																		
Calibre: 2 Awg/1cm	Calibre: 2 Awg/1cm																		
Longitud: 22.00 m.	Longitud: 101.00 m.																		
Hilos x Fase: 1	Hilos por Fase: 1																		
Int. General - Int. Secundario	Arrancador - Motor Tramo 2																		
Calibre: Awg/1cm	Calibre: Awg/1cm																		
Longitud: m.	Longitud: m.																		
Hilos x Fase:	Hilos por Fase:																		

1.2 MOTOR ELÉCTRICO			
DATOS DE PLACA o NOMINALES:			
Marca:	Tensión: 436 V	Tipo: sumergible	
Capacidad: 40 HP	Corriente: 54.2 A	Frame:	
Velocidad: RPM	Eficiencia: 68.0%	F.S.:	
HISTORIAL:			
Antigüedad: 6 años	Operación: 4380 hrs/año	# de rebobinados: 2	
OBSERVACIONES:			

1.3 BOMBA			
CUERPO		IMPULSOR	
Marca:	Tipo:	Tipo:	
Tipo:	Material:	Material:	
Modelo:	Diámetro: m	Diámetro:	
Antigüedad: años	Velocidad: RPM	Antigüedad: años	
FLECHA:	Diámetro: pulg.	Longitud: 120 m	
DATOS DE DISEÑO:	Carga: m.c.a.	Gasto: 12.0	
OBSERVACIONES:			

1.4 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO			
Fluido: Agua	Temp.: 32 °C	Peso Específico: 1000 kg/m³	
OBSERVACIONES:			

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A EQUIPOS DE BOMBEO

Lugar : Jaral del Progreso Fecha: 09 de diciembre de 2016

Coordenadas UTM: 14Q0282951 Fuente o Rebombéo (F/RB):

ORGANISMO: Pozo No. 4 CETYS EQUIPO: Pozo 4

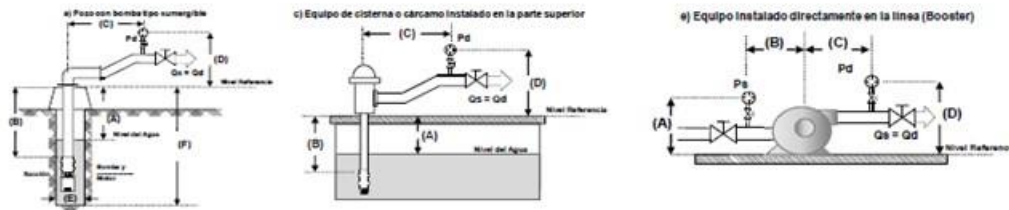
SISTEMA: UTM 2254192 Evaluación #:

OPERACIÓN:

2.1 MEDICIONES HIDRÁULICAS

NIVELES:	TIPO DE ESTACIÓN DE BOMBEO: a	Pozo con bomba tipo Sumergible
	Nivel del depósito de succión (A):	73.0 m.
	Distancia descarga a manómetro (C):	0.66 m.
	N. Estático:	55 m.
	Abatimiento:	18.00 m.
	Submergencia (B-A):	47.00 m.
	Longitud de tubería en succión (B):	120.00 m.
	Altura manómetro de descarga (D):	0.7 m.
	Coefficiente de Utilización:	0.67 lps/m
	Diámetro del Ademe (E):	m.
	Profundidad del pozo/tanque (F):	m.

ESQUEMA DE EQUIPO:



Tubería	Diámetro (m)	Pulg.	Material	Pres. (kg/cm ²)	Flujo (lps)	Velocidad (m/s)
Succión	0.102	4.0	Acero al carbón		12.0	1.480
Descarga	0.102	4.0	Acero al carbón	7.76	12.0	1.480

TOPOGRAFÍA: Elevación en sitio de equipo: 1736 m.s.n.m. Elevación sitio de entrega: m.s.n.m.

OBSERVACIONES:

2.2 MEDICIONES ELÉCTRICAS

TENSIÓN	"Y" Fase a Neutro	Va-n:	253.6	Vb-n:	253.2	Vc-n:	253.1	
	"Δ" Fase a Fase	Vp:	437.6	Va-b:	439.0	Vb-c:	436.0	
				Vc-a:	438.0			
CORRIENTE POR FASE:	Ip:	53	Ia:	55.4	Ib:	54.8	Ic:	53.4
POTENCIA ACTIVA:	Pt:	31.5	Pa:	31.5	Pb:	34.1	Pc:	28.9
FACTOR DE POTENCIA	Fp:	33.24	Fpa:	33.60	FPb:	33.43	FPc:	32.71
DISTORSIÓN ARMÓNICA:			THD-V	4.00	THD-I	5.00		

Punto de Medición:

CORRIENTE DEL CAPACITOR: Ia: 39.55 Ib: 42 Ic: 21.6

LUGAR DE CONEXIÓN DEL CAPACITOR AL SISTEMA:

OBSERVACIONES:

1.3.3 DIAGNÓSTICO DE MACRO MEDICIÓN 2016



Comisión Estatal del Agua de Guanajuato
Dirección General de Desarrollo Hidráulico
Dirección de Desarrollo y Fortalecimiento de Organismos Operadores
Departamento de Eficiencia Física

Municipio: Jaral del Progreso
Localidad: Cabecera Municipal
Entidad o área que solicita: Organismo Operador

Diagnóstico de macromedición:

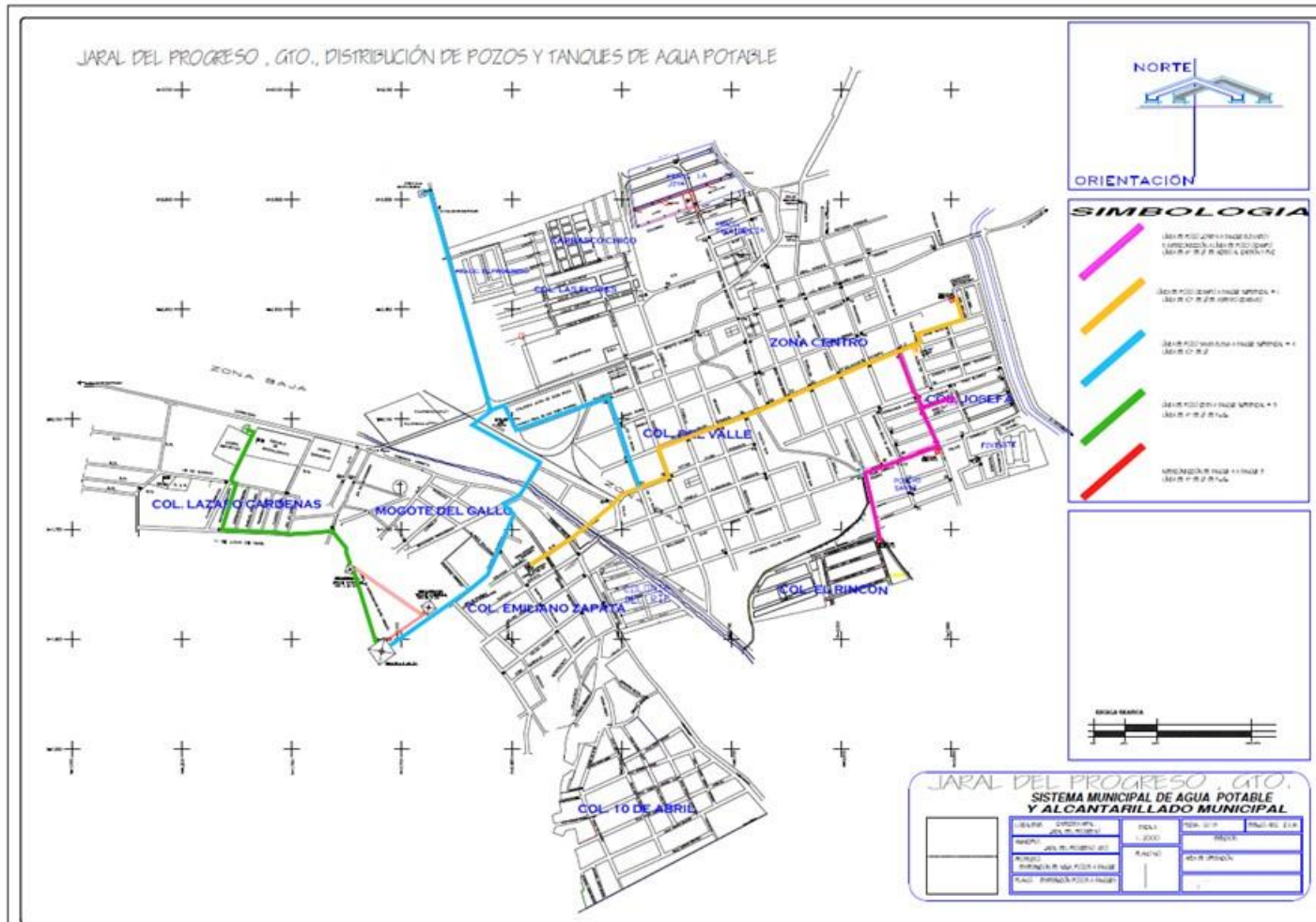
Obra de Captación	Qinst (lps)	Periodo de Operación	Tiempo (hrs.)	Fecha (D/M/A)	Nivel Dinámico metros	Nivel Estático metros	% e Macro	Presión (kg/cm ²)	Observaciones
Pozo Josefa Ortiz	15.12	Automatizado (5 Horas diario)	5	09/12/2016	13.45	11.10	3.34%	1.80	Bombeo a tanque elevado
Pozo Ocampo	7.58	5:00 am a 10:30 pm	17.5	09/12/2016	15.10	N/A	78.54%	1.70	Bombeo a tanque elevado
Pozo Santa Elena	30.57	5:30 am a 9:30 pm	16	09/12/2016	37.40	N/A	6.57%	9.20	Bombeo a tanque superficial
Pozo CETIS	8.25	Dos periodos de 2 hrs y dos de 1. inicio 6 am fin 7 pm	6	16/12/2016	77.00	N/A	0.01%	8.00	Bombeo a tanque superficial

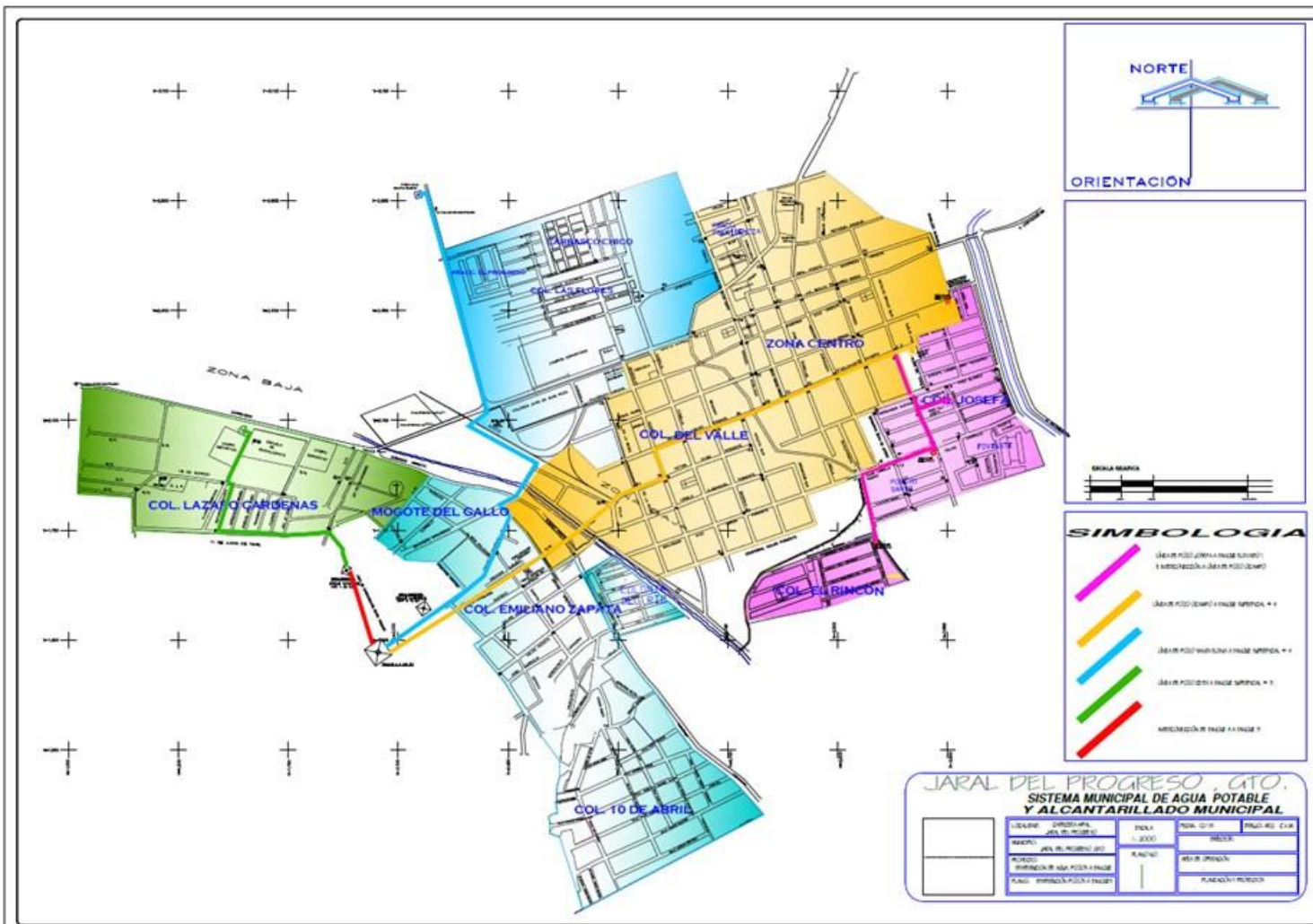
NOTA 1: Los datos de caudal obtenidos fueron de manera puntual y sólo reflejan las condiciones de operación y del estado de los equipos de bombeo en el momento de las evaluaciones, por lo que sólo se deberán tomar como valores de referencia y no considerarse para diseño. Para conocer la capacidad real de las obras de captación (pozos), es necesario estudios de aforo con equipo especialmente para ello, es conveniente se considere evaluar el estado de conservación de los ademes y demás infraestructura ligada a las obras de captación.

NOTA 2: Sólo el medidor del pozo 4 (CETIS) funciona de manera correcta, los de los otros pozos es necesario su mantenimiento o sustitución por tamaño de acorde al caudal que aportan.

NOTA 3: Para los equipos que operan directo a red, el caudal y la presión a la descarga varían durante el día, ésta en función de la demanda o maniobras al interior de la red de distribución.

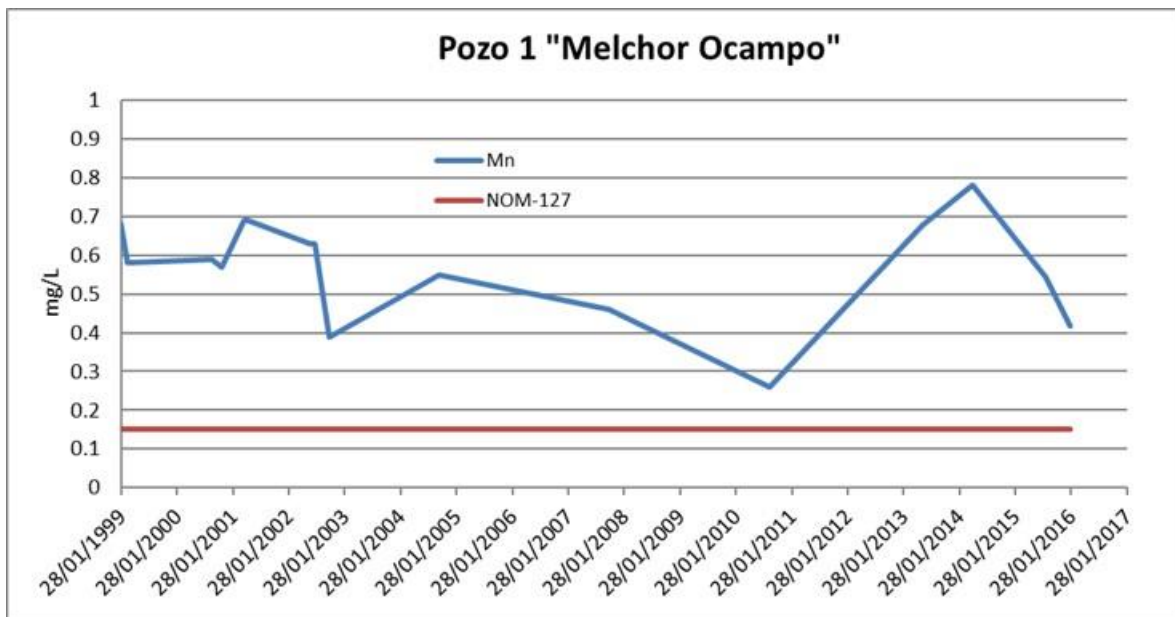
1.3.4 SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y ZONAS DE INFLUENCIA





1.3.5 CALIDAD DEL AGUA

 SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.			
Pozo No. 1 Melchor Ocampo			
Gasto: 20 lps Longitud: 101.00° 3.00' 37.0" Latitud: 20.00° 22.00' 22.00"			
Historial de comportamiento de Manganeso de los años 1999 a 2016			
Fecha de Muestreo	Parámetro	Resultado	Laboratorio
28/01/1999	Manganeso (mg/L)	0.68	SECRETARÍA DE SALUD
08/03/1999	Manganeso (mg/L)	0.58	ECOLABORATORIOS
12/09/2000	Manganeso (mg/L)	0.59	SECRETARÍA DE SALUD
14/11/2000	Manganeso (mg/L)	0.57	ECOLABORATORIOS
05/04/2001	Manganeso (mg/L)	0.69	SECRETARÍA DE SALUD
10/05/2001	Manganeso (mg/L)	0.69	SECRETARÍA DE SALUD
16/07/2002	Manganeso (mg/L)	0.63	SECRETARÍA DE SALUD
19/10/2002	Manganeso (mg/L)	0.39	SECRETARÍA DE SALUD
20/06/2002	Manganeso (mg/L)	0.63	SECRETARÍA DE SALUD
07/10/2004	Manganeso (mg/L)	0.55	SECRETARÍA DE SALUD
16/10/2007	Manganeso (mg/L)	0.46	LACC
04/09/2010	Manganeso (mg/L)	0.26	SECRETARÍA DE SALUD
31/05/2013	Manganeso (mg/L)	0.6783	CCEYTI
24/04/2014	Manganeso (mg/L)	0.78	SECRETARÍA DE SALUD
17/08/2015	Manganeso (mg/L)	0.5444	LAQUIMIA
18/01/2016	Manganeso (mg/L)	0.4163	LAQUIMIA



Agua por siempre
SMAPAJ
Para tus hijos

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Pozo No. 2 Santa Elena

Gasto: 30 Ips Longitud: 101.00° 4.00' 23.6" Latitud: 20.00° 22.00' 48.8"

Historial de comportamiento de Manganeseo de los años 2000 a 2016

Fecha de Muestreo	Parámetro	Resultado	Laboratorio
10/08/2000	Manganeseo (mg/L)	0.46	SECRETARÍA DE SALUD
07/012/2000	Manganeseo (mg/L)	0.36	SECRETARÍA DE SALUD
27/05/2003	Manganeseo (mg/L)	0.80	SECRETARÍA DE SALUD
26/06/2003	Manganeseo (mg/L)	0.80	SECRETARÍA DE SALUD
07/10/2004	Manganeseo (mg/L)	0.68	SECRETARÍA DE SALUD
24/02/2011	Manganeseo (mg/L)	0.80	SECRETARÍA DE SALUD
31/05/2013	Manganeseo (mg/L)	0.9814	CCEYTI
24/03/2014	Manganeseo (mg/L)	0.75	SECRETARÍA DE SALUD
17/08/2015	Manganeseo (mg/L)	0.8018	LAQUIMIA
18/01/2016	Manganeseo (mg/L)	0.7459	LAQUIMIA



Agua por siempre
SMAPAJ
Para tus hijos

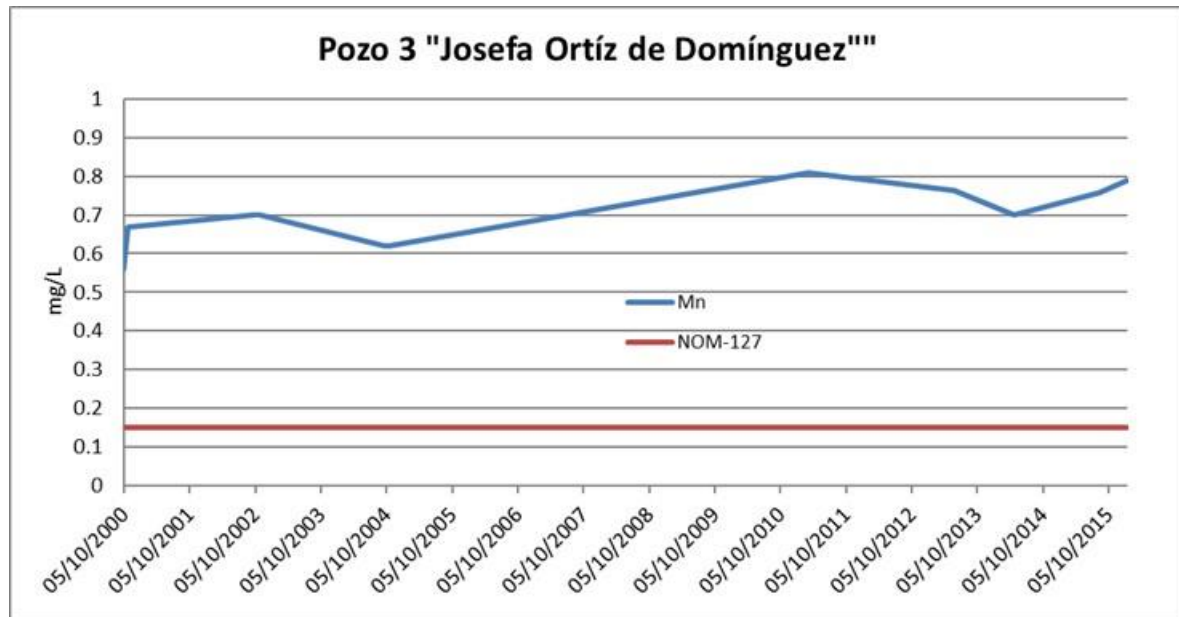
SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Pozo No. 3 Josefa Ortiz de Dominguez

Gasto: 15 Ips Longitud: 101.00° 3.00' 41.5" Latitud: 20.00° 22.00' 16.5"

Historial de comportamiento de Manganeso de los años 2000 a 2016

Fecha de Muestreo	Parámetro	Resultado	Laboratorio
05/10/2000	Manganeso (mg/L)	0.56	SECRETARÍA DE SALUD
24/10/2000	Manganeso (mg/L)	0.67	SECRETARÍA DE SALUD
26/09/2002	Manganeso (mg/L)	0.70	SECRETARÍA DE SALUD
28/10/2002	Manganeso (mg/L)	0.70	SECRETARÍA DE SALUD
21/09/2004	Manganeso (mg/L)	0.62	SECRETARÍA DE SALUD
20/10/2004	Manganeso (mg/L)	0.62	SECRETARÍA DE SALUD
10/03/2011	Manganeso (mg/L)	0.81	SECRETARÍA DE SALUD
31/05/2013	Manganeso (mg/L)	0.76	CCEYTI
27/04/2014	Manganeso (mg/L)	0.70	SECRETARÍA DE SALUD
17/08/2015	Manganeso (mg/L)	0.7588	LAQUIMIA
18/01/2016	Manganeso (mg/L)	0.7883	LAQUIMIA



Agua por siempre
SMAPA
Reservando tus sonrisas

**SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
JARAL DEL PROGRESO, GTO**

Analisis general de acuerdo a la NORMA 127-SSA-1994 Reporte Enero 2015

PARÁMETRO	pozo # 1 Ocampo	pozo # 2 Sta.Elena	pozo # 3 Josefa Ortiz	Laboratorio	Fecha de Realización
Temperatura de la muestra C.	22	23	21	CEAG	19/01/2015
Cloro residual (ppm)	1	*	*	CEAG	19/01/2015
PH	7.49	7.89	7.86	CEAG	19/01/2015
conductividad (microsiemens / cm)	874	627	725	CEAG	19/01/2015
Turbidez UNT	2.98	0.52	0.47	CEAG	19/01/2015
Cloruros (mg/Lt)	57.85	50.86	38.33	CEAG	19/01/2015
Fluoruros (ppm)	0.5	0.59	0.52	CEAG	19/01/2015
Sulfatos	92.02	11.51	68.96	CEAG	19/01/2015
Alcalinidad Total Como CaCO3 (mg/Lt)	373.7	300.48	320.68	CEAG	19/01/2015
Dureza total CaCo3 (ppm)	359.23	228.16	332.05	CEAG	19/01/2015
Dureza por Calcio (mg/Lt) Como CaCO3	227.19	154.37	192.19	CEAG	19/01/2015
Dureza por Magnesio (mg/Lt) Como Ca CO3	132.04	73.79	139.86	CEAG	19/01/2015
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	5	0	0	CEAG	19/01/2015
Sólidos totales (mg/l)	652	476	544	CEAG	19/01/2015
Sólidos disueltos totales (mg/l)	647	476	544	CEAG	19/01/2015
Nitratos (ppm)	7.29	0.06	0.05	CEAG	19/01/2015
Nitritos (ppm)	N.D.	N.D.	N.D.	CEAG	19/01/2015
SAAM (mg / Lt)	0.07	N.D.	N.D.	CEAG	19/01/2015
Nitrógeno amoniacal (ppm)	N.D.	N.D.	N.D.	CEAG	19/01/2015
Hierro(Fe)	0.09	0.24	0.28	CEAG	19/01/2015
Coliformes totales (No.col./100ml)	0	0	0	CEAG	19/01/2015
coliformes fecales (No.col./100ml)	0	0	0	CEAG	19/01/2015
Hierro(Fe) (mg/L)	<0.050	0.201	0.2306	LAQUIMIA	17/08/2015
Manganeso (mg/L)	0.5444	0.8018	0.7588	LAQUIMIA	17/08/2015

1.3.6 CONSUMO DE CLORO

Consumo de productos químicos para desinfección del agua

Fuente de abastecimiento	Producto químico utilizado	Gasto mensual	Precio unitario
Pozo No.1 Ocampo	Cloro gas	68 kg	\$ 20.00
Pozo No.2 Santa Elena	Cloro gas	68kg	\$ 20.00
Pozo No.3 Josefa Ortiz de Domínguez	Hipoclorito de Sodio	560 kg	\$ 4.60

1.3.7 CONSUMO DE POLÍMERO

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AYUNTAMIENTO 2015-2018

Dosis de Polímero inicial: Noviembre de 2008
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 1, Ocampo.
13 hrs de operación (3600 seg)

Gasto: l/s * (46,800 s/día)
1,310.40 m³/día

Dosis de MSP-150: mg/l

Flujo másico:

- l/s * 35 mg/l
- mg/s * (1g/1000 mg)
- g/s * (60 s/1 min)
- g/min * (1 kg/1000 g)
- kg/min * (60 min/1 hr)
- kg/hr * (24 hr/1 día)
- kg/día * (30 días/1 mes)
- kg/mes

Flujo volumétrico:

- kg/min * (1 l / 1.4 kg)
- l/min * (1000 ml / 1 l)
- ml/min

Precio del Producto: \$ 9.80 / kg

Felipe Carrillo Puerto # 204 Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AYUNTAMIENTO 2015-2018

Dosis de Polímero: periodo Marzo- Mayo 2016
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 1, Ocampo.
20 hrs de operación (3600 seg)

Gasto: l/s * (72,000 s/día)
1,440.00 m³/día

Dosis de MSP-150: mg/l

Flujo másico:

- l/s * 42 mg/l
- mg/s * (1g/1000 mg)
- g/s * (60 s/1 min)
- g/min * (1 kg/1000 g)
- kg/min * (60 min/1 hr)
- kg/hr * (24 hr/1 día)
- kg/día * (30 días/1 mes)
- kg/mes

Flujo volumétrico:

- kg/min * (1 l / 1.4 kg)
- l/min * (1000 ml / 1 l)
- ml/min

Precio del Producto: \$ 12.30 / kg

Felipe Carrillo Puerto # 204 Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AYUNTAMIENTO 2016-2018

Dosis de Polímero: periodo Junio 2016- Febrero 2017
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 1, Ocampo.
20 hrs de operación (3600 seg)

Gasto: l/s * (72,000 s/día)
1,440.00 m³/día

Dosis de MSP-150: mg/l

Flujo másico:

- l/s * 35 mg/l
- mg/s * (1g/1000 mg)
- g/s * (60 s/1 min)
- g/min * (1 kg/1000 g)
- kg/min * (60 min/1 hr)
- kg/hr * (24 hr/1 día)
- kg/día * (30 días/1 mes)
- kg/mes

Flujo volumétrico:

- kg/min * (1 l / 1.4 kg)
- l/min * (1000 ml / 1 l)
- ml/min

Precio del Producto: \$ 12.30 / kg

Felipe Carrillo Puerto # 204 Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AYUNTAMIENTO 2015-2018

Dosis de Polímero: Inicial Noviembre 2008
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 2, Santa Elena.
Tiempo de operación: 10 Horas al día
Gasto: 48 l/s * (36000 s/día)
1,728,00 m³/día

Dosis de MSP-150: 35 mg/l

Flujo másico: 48 l/s * 35 mg/l
1680 mg/s * (1g/1000 mg)
1,68 g/s * (60 s/1 min)
100,8 g/min * (1 kg/1000 g)
0,1008 kg/min * (60 min/1 hr)
6,048 kg/hr * (24 hr/1 día)
60,48 kg/día * (30 días/1 mes)
1814,4 kg/mes

Flujo volumétrico: 0,1008 kg/min * (1 l / 1.4 kg)
0,072 l/min * (1000 ml / 1 l)
72 ml/min

Precio del Producto: \$ 9,80 / kg

Felipe Carrillo Puerto # 204
Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AYUNTAMIENTO 2015-2018

Dosis de Polímero: Marzo 2016 - Mayo 2016
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 2, Santa Elena.
Tiempo de operación: 15 Horas al día
Gasto: 30 l/s * (54000 s/día)
1,620,00 m³/día

Dosis de MSP-150: 42 mg/l

Flujo másico: 30 l/s * 42 mg/l
1260 mg/s * (1g/1000 mg)
1,26 g/s * (60 s/1 min)
75,6 g/min * (1 kg/1000 g)
0,0756 kg/min * (60 min/1 hr)
4,536 kg/hr * (24 hr/1 día)
68,04 kg/día * (30 días/1 mes)
2041,2 kg/mes

Flujo volumétrico: 0,0756 kg/min * (1 l / 1.4 kg)
0,054 l/min * (1000 ml / 1 l)
54 ml/min

Precio del Producto: \$ 12,30 / kg

Felipe Carrillo Puerto # 204
Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AYUNTAMIENTO 2015-2018

Dosis de Polímero: Junio 2016-Febrero 2017
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 2, Santa Elena.
Tiempo de operación: 15 Horas al día
Gasto: 30 l/s * (54000 s/día)
1,620,00 m³/día

Dosis de MSP-150: 35 mg/l

Flujo másico: 30 l/s * 35 mg/l
1050 mg/s * (1g/1000 mg)
1,05 g/s * (60 s/1 min)
63 g/min * (1 kg/1000 g)
0,063 kg/min * (60 min/1 hr)
3,78 kg/hr * (24 hr/1 día)
56,7 kg/día * (30 días/1 mes)
1701 kg/mes

Flujo volumétrico: 0,063 kg/min * (1 l / 1.4 kg)
0,045 l/min * (1000 ml / 1 l)
45 ml/min

Precio del Producto: \$ 12,30 / kg

Felipe Carrillo Puerto # 204
Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AJUNTAMIENTO 2015-2016

Dosis de Polímero: Inicial, Noviembre 2008
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 3, Josefa Ortiz.

Tiempo de operación: 5 horas al día
Gasto: 28 l/s * (18000 s/día)
504.00 m³/día

Dosis de MSP-150: 33 mg/l

Flujo másico: 28 l/s * 33 mg/l
924 mg/s * (1g/1000 mg)
0.924 g/s * (60 s/1 min)
55.44 g/min * (1 kg/1000 g)
0.05544 kg/min * (60 min/1 hr)
3.3264 kg/hr * (24 hr/1 día)

Consumo: 16,632 kg/día * (30 días/1 mes)
498.96 kg/mes

Flujo volumétrico: 0.05544 kg/min * (1 l / 1.4 kg)
0.0396 l/min * (1000 ml/ 1 l)
39.6 ml/min

Precio del Producto: \$ 9.80

Felipe Carrillo Puerto # 204
Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AJUNTAMIENTO 2015-2016

Dosis de Polímero: Marzo - Mayo 2016
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 3, Josefa Ortiz.

Tiempo de operación: 7.5 horas al día
Gasto: 15 l/s * (27000 s/día)
405.00 m³/día

Dosis de MSP-150: 42 mg/l

Flujo másico: 15 l/s * 42 mg/l
630 mg/s * (1g/1000 mg)
0.63 g/s * (60 s/1 min)
37.8 g/min * (1 kg/1000 g)
0.0378 kg/min * (60 min/1 hr)
2.268 kg/hr * (24 hr/1 día)

Consumo: 17,01 kg/día * (30 días/1 mes)
510.3 kg/mes

Flujo volumétrico: 0.0378 kg/min * (1 l / 1.4 kg)
0.027 l/min * (1000 ml/ 1 l)
27 ml/min

Precio del Producto: \$ 12.30

Felipe Carrillo Puerto # 204
Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE JARAL DEL PROGRESO, GTO.

Jaral del Progreso
TRABAJANDO PARA TI
AJUNTAMIENTO 2015-2016

Dosis de Polímero: Junio 2016 - Febrero 2017
Localidad: Jaral del Progreso, Guanajuato, México.
Ubicación: Pozo # 3, Josefa Ortiz.

Tiempo de operación: 7.5 horas al día
Gasto: 15 l/s * (27000 s/día)
405.00 m³/día

Dosis de MSP-150: 33 mg/l

Flujo másico: 15 l/s * 33 mg/l
495 mg/s * (1g/1000 mg)
0.495 g/s * (60 s/1 min)
29.7 g/min * (1 kg/1000 g)
0.0297 kg/min * (60 min/1 hr)
1.782 kg/hr * (24 hr/1 día)

Consumo: 13,365 kg/día * (30 días/1 mes)
400.95 kg/mes

Flujo volumétrico: 0.0297 kg/min * (1 l / 1.4 kg)
0.021214286 l/min * (1000 ml/ 1 l)
21.21428571 ml/min

Precio del Producto: \$ 12.30

Felipe Carrillo Puerto # 204
Col. Pocito Santo
Tel. (01 411) 661 1426 y 661 0582
Email: jaralaguapotable@yahoo.com.mx

En resumen, de las fichas de dosificación de polímero se tiene lo siguiente:

Concepto	Pozo 1 "Ocampo"		
	Noviembre del 2008	Marzo a Mayo 2016	Junio 2016 a Febrero 2017
Gasto (L/s)	28	20	20
Horas de operación	13	20	20
Volumen generado (m3)	1310.4	1440	1440
Dosis de MSP-150 (mg/L)	35	42	35
Gasto de MSP-150 (kg/mes)	1375.92	1814.4	1512
Precio del MSP-150 (\$/kg)	9.8	12.3	12.3
Dosis de Cloro Gas (mg/L)	0.94	1.31	1.31
Gasto Cloro Gas (kg/mes)	68	68.00	68.00
Precio del Cloro Gas (\$/kg)	20	20	20
Concepto	Pozo 2 "Santa Elena"		
	Noviembre del 2008	Marzo a Mayo 2016	Junio 2016 a Febrero 2017
Gasto (L/s)	48	30	30
Horas de operación	10	15	15
Volumen generado (m3)	1728	1620	1620
Dosis de MSP-150 (mg/L)	35	42	35
Gasto de MSP-150 (kg/mes)	1814.4	2041.2	1701
Precio del MSP-150 (\$/kg)	9.8	12.3	12.3
Dosis de Cloro Gas (mg/L)	0.55	0.87	0.87
Gasto Cloro Gas (kg/mes)	68.00	68.00	68.00
Precio del Cloro Gas (\$/kg)	20	20	20
Concepto	Pozo 3 "Josefa Ortíz"		
	Noviembre del 2008	Marzo a Mayo 2016	Junio 2016 a Febrero 2017
Gasto (L/s)	28	15	15
Horas de operación	5	7.5	7.5
Volumen generado (m3)	504	405	405
Dosis de MSP-150 (mg/L)	33	42	33
Gasto de MSP-150 (kg/mes)	498.96	510.3	400.95
Precio del MSP-150 (\$/kg)	9.8	12.3	12.3
Dosis del Hipoclorito de Sodio (mg/L)	1.00	1.87	1.87
Gasto Hipoclorito de Sodio (kg/mes)	560	560	560
Precio del Hipoclorito de Sodio (\$/kg)	4.6	4.6	4.6

1.3.8 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tanques de almacenamiento ubicados en la Cabecera Mpal. De Jaral del Progreso.

No. De tanque	Nombre del tanque	Ubicación	Material de fabricación	Tipo	Capacidad
1	Guillermo rubio (Rebombero)	Col. Emiliano Zapata	Mampostería	Superficial	150 m3
2	Calixto Contreras	Col. Emiliano Zapata	Mampostería	Superficial	75 m3
3	Mogote del gallo	Col. Mogote del Gallo	Mampostería	Superficial	45 m3
4	Solidaridad	Col. Emiliano Zapata	Mampostería	Superficial	240 m3
5	Niño artillero	Col. Josefa Ortiz de Domínguez	Metal	Elevado	350 m3
6	Pocito Santo	Col. Pocito Santo	Metal	Elevado	150 m3
7	Los pedregales	Col. Los pedregales	Metal	Elevado	40 m3
8	Haciendas del rincón	Col. Haciendas del rincón	Metal	Elevado	50 m3
9	Carrasco chico	Col. Carrasco chico	Metal	Elevado	150 m3
10	Presidentes	Col. Ampliación Emiliano Zapata	Metal	Elevado	50 m3

1.3.9 PADRÓN DE USUARIOS

TARIFA	AÑO				
	2006	2007	2008	2009	2010
DOMESTICA				4900	4879
COMERCIAL				276	248
INDUSTRIAL				185	189
MIXTA				1	1
PUBLICA				30	35
TOTAL (tomas)	5,233	5,294	5,406	5,392	5,352

TARIFA	AÑO					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DOMESTICA	5,012	5,192	5,268	5,380	5,526	5,612
COMERCIAL	253	263	274	280	294	298
INDUSTRIAL	197	196	197	989	202	203
MIXTA	1	1	1	1	1	1
PUBLICA	66	68	66	69	65	69
TOTAL (tomas)	5,529	5,720	5,806	6,719	6,088	6,183

* LA INFORMACION DEL AÑO 2016 ES HASTA EL MES DE NOVIEMBRE.

1.3.10 FACTURACIÓN

TARIFA	AÑO				
	2006	2007	2008	2009	2010
DOMESTICA				628663	618921
COMERCIAL				26294	26406
INDUSTRIAL				22741	22000
MIXTA				98	178
PUBLICA				10728	8629
TOTAL (m³)	697,636	686,273	737,954	688,524	676,134

TARIFA	AÑO					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DOMESTICA	620,590	613,733	617,665	620,409	623,254	592,667
COMERCIAL	24,565	26,668	27,325	74,382	27,519	25,547
INDUSTRIAL	23,388	22,627	22,195	22,671	22,491	21,200
MIXTA	178	113	116	132	123	96
PUBLICA	41,666	36,128	32,521	38,917	33,109	31,158
TOTAL (m³)	710,387	699,269	699,822	756,511	706,496	670,668

* LA INFORMACION DEL AÑO 2016 ES HASTA EL MES DE NOVIEMBRE.

1.3.11 DATOS TÉCNICOS DE LOS POZOS

	Pozo No. 1 "Ocampo"	Pozo No. 2 "Santa Elena"	Pozo No. 3 "Josefa Ortiz"
Nivel estático	13 m	27 m	11 m
Nivel dinámico	16 m	36 m	14 m
Voltaje	445 453 454	447 448 447	454 452 452
Amperaje	13.2 15.7 21.7	81.2 81.4 81.5	8.2 8.3 8.1

	Pozo 1 Ocampo		Pozo 2 Santa Elena				Pozo 3 Josefa Ortiz			Pozo 4 CETIS		
	2005	2016	2005	2007	2013	2016	2005	2007	2016	2007	2011	2016
Q (L/s)	36.55	7.58	35.10	39.04	30.59	30.57	13.10	32.38	15.12	15.92	16.35	8.25
ND (m)	19.80	15.10	35.00	35.10		37.40	19.00		13.45			77.00
Presión (Kg/cm ²)	5.00	1.70	10.00	9.00	9.00	9.20	1.50	1.80	1.80		2.80	8.00

1.3.12 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2007-2032

Del Plan Municipal de Desarrollo, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, el 1 de abril del 2008, se recopiló la siguiente información de los pozos que suministran a la cabecera municipal:

Pozo	Gasto (L/s)	Operación (h/día)	Extracción anual (m ³ /s)
No. 1 "Ocampo"	31.4	6	247,557.6
No. 2 "Santa Elena"	34.6	15	685,119.0
No. 3 "Josefa"	13.9	12	219,175.2
No. 4 "CETIS"	9.33	17	208,413.5

Algunos datos del Plan de Desarrollo que son útiles para el proyecto son los siguientes:

- La Comisión Nacional del Agua tiene permitido extraer 96 L/s para todo el municipio del Jaral.
- Población en la cabecera municipal 17,795 habitantes
- 5.2 habitantes/vivienda (aunque en otro párrafo del mismo documento se indica 4.39 hab/vivienda)
- Cobertura de red hidráulica del 90% en la cabecera.
- No. de tomas en la cabecera municipal 4,796
- El 70% de los usuarios del Municipio se concentran en la cabecera municipal.
- Los usuarios domésticos representan el 97% del padrón a nivel municipal.
- Población de 1995 (31,070 hab), 2000 (31,803 hab) y 2005 (31,780 hab).
- Grado de intensidad migratoria del 36.1%
- Viviendas con agua en la cabecera municipal 3,761
- Viviendas con energía eléctrica 3,811

En el capítulo de planeación del Plan de Desarrollo del Municipio, Prioridad 1.2 "GARANTIZAR EL SUMINISTRO Y LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS ÁREAS DE COMPETENCIA", comprende los siguientes, objetivos, estrategias y acciones:

Objetivo 1.4, “Lograr un manejo eficiente del agua para garantizar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio”, Estrategia 1.4.1 “Utilizar tecnologías modernas que permitan aprovechar en su totalidad el agua extraída tanto en la ciudad como en el campo”, una de las acciones se refiere a “Realizar proyectos ejecutivos apoyados con tecnología de vanguardia que den solución a corto y largo plazo en el suministro de agua potable”.

Objetivo 1.7 “Regeneración de las redes hidráulicas y sanitarias del municipio”, Estrategia 1.7.1 “Analizar las zonas del municipio con más problemática en cuanto a red hidráulica y sanitaria y proponer medidas correctivas”, Acciones:

- Gestionar recursos para la regeneración de las redes con problemática.
- Rehabilitar las redes en mal estado.
- Implementar un programa permanente de mantenimiento preventivo de las redes en cabecera municipal y comunidades

Objetivo 1.9 “Cobertura de micro medición en tomas de agua potable”, Estrategia 1.9.1 “Lograr una cobertura del 100% de micro medición en las tomas de agua potable en las tres localidades que administra el Sistema”, Acciones:

- Instalación de micro medidores en las tomas de agua que no cuenten con este.
- Rehabilitar micro medidores en mal estado.
- Reponer micro medidores en las tomas de agua potable donde se encuentren en condiciones inservibles.

Objetivo 1.10. “Mejorar en cantidad y calidad el suministro de agua potable a los usuarios”, Estrategia 1.10.1 “Establecer planes y programas que garanticen que la calidad del agua se encuentre dentro de la normatividad establecida para su óptimo aprovechamiento”, Acciones:

- Construcción de tanques elevados.
- Construcción de tanques superficiales de mamposteo.
- Construcción e instalación de válvulas desarenadoras en lugares estratégicas de la red.
- Rehabilitar los tanques elevados y superficiales existentes.
- Instalación de filtros desarenadores en los equipos de bombeo.

-
- Elaboración de un catastro de agua potable y drenaje.
 - Realizar una sectorización de redes de agua potable.

1.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECABADA

De la información recabada se puede observar que las condiciones de operación han cambiado con el tiempo y que los datos varían entre las diferentes fuentes consultadas. Como punto de referencia se tomaron los datos del diagnóstico de macro medición, el estudio realizado por ENTEC y el diagnóstico de eficiencias

En el pozo 1 (Tabla 1) las horas de operación varían de 12 a 17.5 horas, el caudal de 7.5 a 22.81 L/s y la bomba es vertical o sumergible, dependiendo de la fuente consultada. En este pozo, si se considera la información del 2010 con respecto al 2016, el nivel estático bajo de 16 a 11, lo que equivaldría a un descenso de 5 m en el acuífero; y el nivel dinámico aumentó de 29 a 15, lo que sugiere una menor extracción, que efectivamente se comprueba con los datos de caudal.

En el pozo 2, la operación varía de 10 a 16 horas por día, el caudal entre 8 y 38.9 L/s, el nivel dinámico de 35 a 37.4, y la bomba es vertical o sumergible, dependiendo de la fuente consultada.

En el pozo 3 la operación varía de 5 a 12 horas por día, el caudal entre 8 y 17.85 L/s, el nivel dinámico entre 13 y 21 m, dependiendo de la fuente consultada.

Del pozo 4 no se tiene suficiente información, porque en el estudio del 2010 no se identifica este pozo.

Tabla 1 Comparación de datos de pozos

PROYECTO: INGENIERÍA DE LA PLANTA POTABILIZADORA PARA REMOVER MANGANESO EN JARAL DEL PROGRESO, GUANAJUATO*					
INFORMACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIAS DEL 2016 (EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO)					
	Unidad	POZO			
		(1) Melchor Ocampo	(2) Santa Elena	(3) Josefa Orfíz de Domínguez	(4) CETI'S
DATOS DEL SMAJ					
Ubicación		Calle Melchor Ocampo	Carretera hacia Valle de Santiago	Calle Adolfo López Mateos	-
Altitud	m	1719.15	1718.73	1719.04	-
Latitud		20° 22' 23.69"	20° 22' 46.43"	20° 22' 17.73"	-
Longitud		101° 03' 32.02"	101° 04' 23.24"	101° 03' 29.18"	-
Tiempo de operación					
(ENTE C 2010)	hrs	13.5	10.0	10.0	14
(Diagnóstico de eficiencias 2016)	hrs	12	12	12	-
(Diagnóstico de Macromedición 2016)	hrs	17.5	16.0	5.0	6
(Encargado de operación)	hrs	19.0	16.0	6.0	-
Calidad del Agua (Mg)	mg/L	0.780	0.981	0.810	-
MOTOR					
Tipo		VERTICAL	VERTICAL	SUMERGIBLE	SUMERGIBLE
Marca		SIEMENS	SIEMENS	HITACHI CENTRIPRO	-
Modelo		-	-	-	-
Eficiencia	%	75.00	-	-	68
Tensión	volts	440.00	460.00	460.00	436
Potencia nominal	HP	20.00	100.00	15.00	40
Velocidad	rpm	1750	1750	3450	-
No. de fases		3	3	3	2
Corriente de línea	amp	28.00	-	-	54.2
BOMBA					
Marca		GOULDS	GOULDS	GOULDS	-
Tipo		SUMERGIBLE	SUMERGIBLE	SUMERGIBLE	-
Modelo		10WAHC-3	9RCHC-10	RJ6CHC-2	-
Lubricación		AGUA	AGUA	AGUA	-
Velocidad	rpm	1750	1750	1750	-
Flecha	plg	-	-	-	-
MEDIDAS HIDRÁULICAS					
Caudal					
(ENTE C 2010)	L/s	22.81	38.91	17.85	7.54
(Diagnóstico de eficiencias 2016)	L/s	8.00	8.00	8.00	12
(Diagnóstico de Macromedición 2016)	L/s	7.58	30.57	15.12	8.25
ADEME					
Longitud o Profundidad de pozo	m	109	106	141	-
Diámetro	plg	12	12	12	-
COLUMNA					
Material de tubería		Acero al Carbón	Acero al Carbón	Acero al Carbón	Acero al Carbón
Rugosidad del material (e)	m	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
Longitud	m	51.0	51.0	51.0	120
Diámetro	plg	6	6	6	4
Nivel Dinámico (ND) (ENTE C 2010)	m	29.00	35.00	21.00	-
Nivel Dinámico (ND) (Diagnóstico de eficiencias)	m	15.00	35.00	21.00	73
Nivel Dinámico (ND) (Diag. Macromedición 2016)	m	15.10	37.40	13.45	77
Nivel Estático (NE) (ENTE C 2010)	m	16.00	28.00	14.00	-
Nivel Estático (NE) (Diagnóstico de eficiencias)	m	11.00	28.00	14.00	55
Nivel Estático (NE) (Diag. Macromedición 2016)	m	N/A	N/A	11.10	N/A
Diámetro de tubería de descarga	plg	6	6	6	4
Presión de descarga (Diagnóstico de eficiencias)	Kg/cm ²	1.70	1.70	1.70	7.76
Presión de descarga (Diag. Macromedición 2016)	Kg/cm ²	1.70	9.20	1.80	8.00
MEDICIONES ELÉCTRICAS					
Tensión (vp)	volts	457	451.33	452	437.6
Corriente por fase (lp)	amp	15.7	78.67	12.43	53
Factor de Eficiencia (F.P.t.)		0.94	1.00	0.94	33.24

1.5 EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA

Para evaluar la eficiencia electromecánica actual de los pozos en estudio, se requiere realizar el procedimiento establecido en la NORMA Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015, “Eficiencia Energética Electromecánica en Sistemas de Bombeo para Pozo Profundo en Operación. Límites y Métodos De Prueba”.

Los parámetros hidráulicos y los datos de referencia que se deben obtener son:

- Medición del caudal a la descarga en la bomba (Q_d)
- Medición de la carga de presión de operación, en la succión (p_s) y descarga (p_d)
- Definición del nivel de referencia (N_r)
- Medición del nivel dinámico de succión (ND_s)
- Medición de niveles a centros de manómetros (D_{r-m}), tanto en la succión como en la descarga

Para los casos de estudio, dichos parámetros fueron proporcionados por el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Jaral del Progreso (SMAPAJ), de acuerdo al estudio realizado en diciembre de 2016 (gasto y horas de operación del estudio de macro medición y los demás parámetros del diagnóstico energético, 2016).

Los indicadores que proporcionan la eficiencia electromecánica de los equipos de bombeo que se encuentran operando actualmente, se calculan como se muestra a continuación.

Coefficiente de fricción (adim):

Dónde:

r = radio de la columna (cm).

e = rugosidad (cm).

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Carga de velocidad (m):

Dónde:

v = velocidad en la tubería (m/s).

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

g = aceleración de la gravedad (9.80665 m/s²).

Pérdida por fricción en la columna (mca): $h_{fc} = f \frac{L v^2}{d 2g}$

Dónde:

f = coeficiente de fricción (adim).

L = longitud de la tubería (m).

d = diámetro de la tubería (m).

Carga total de bombeo (m): $H = P_m + ND + h_{fc} + h_v$

Dónde:

P_m = presión manométrica (mca).

ND = nivel dinámico (m).

h_{fc} = pérdidas por fricción en la columna (mca).

h_v = carga de velocidad (m)

Potencia eléctrica de entrada al motor trifásico (watts): $P_e = \sqrt{3} * V * I * FP$

Dónde:

V = tensión entre fases (volts).

I = corriente de fase (amp).

FP = factor de potencia del motor (potencia activa/potencia aparente) (adim).

Potencia de salida de la bomba (watts): $P_h = Q * \rho * g * H$

Dónde:

Q = caudal extraído del pozo (m³/s).

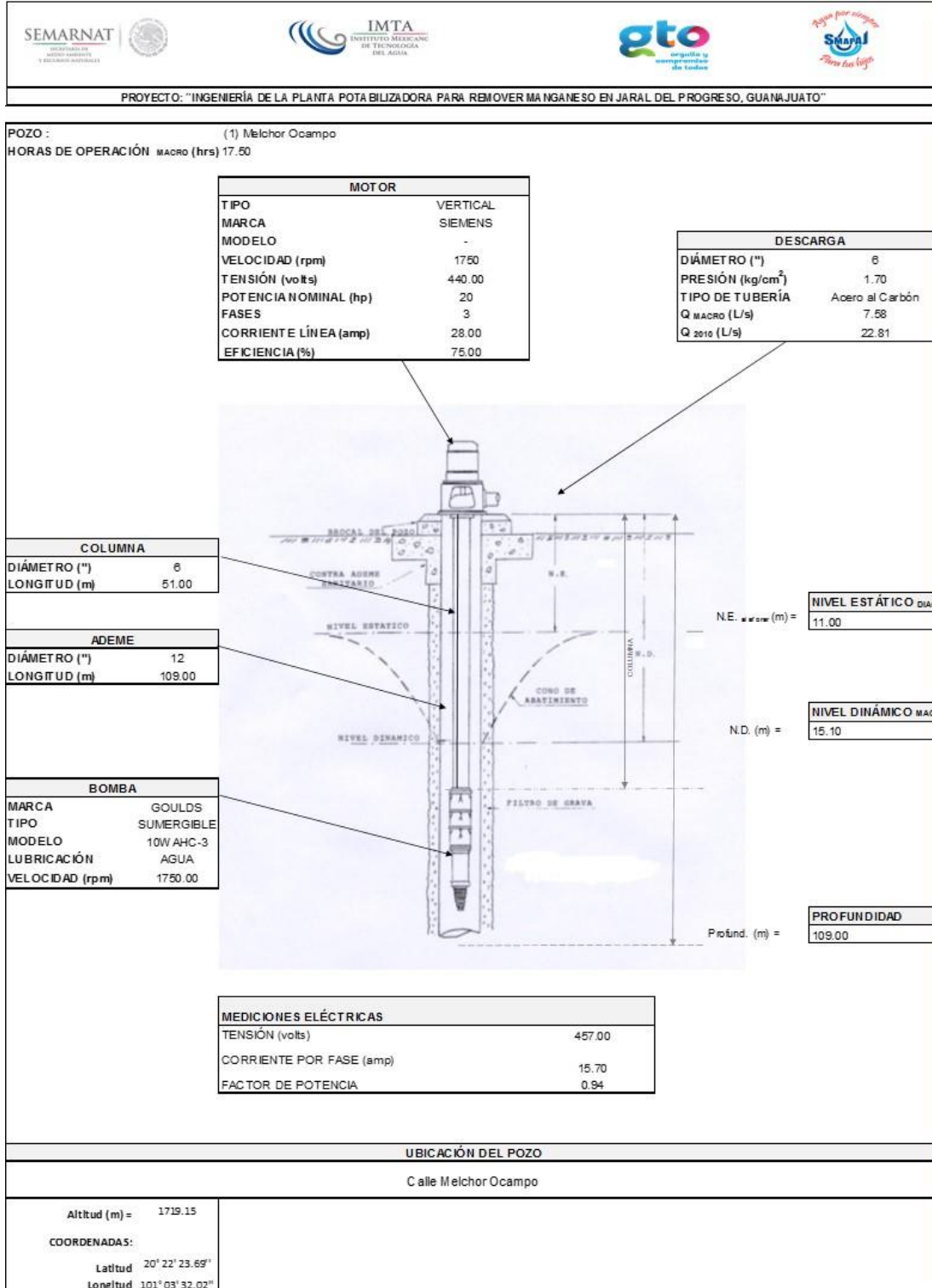
ρ = densidad del agua bombeada (kg/m³)

746= factor de conversión a hp.

Eficiencia electromecánica (%): $\eta_t = \frac{P_h}{P_e} * 100$

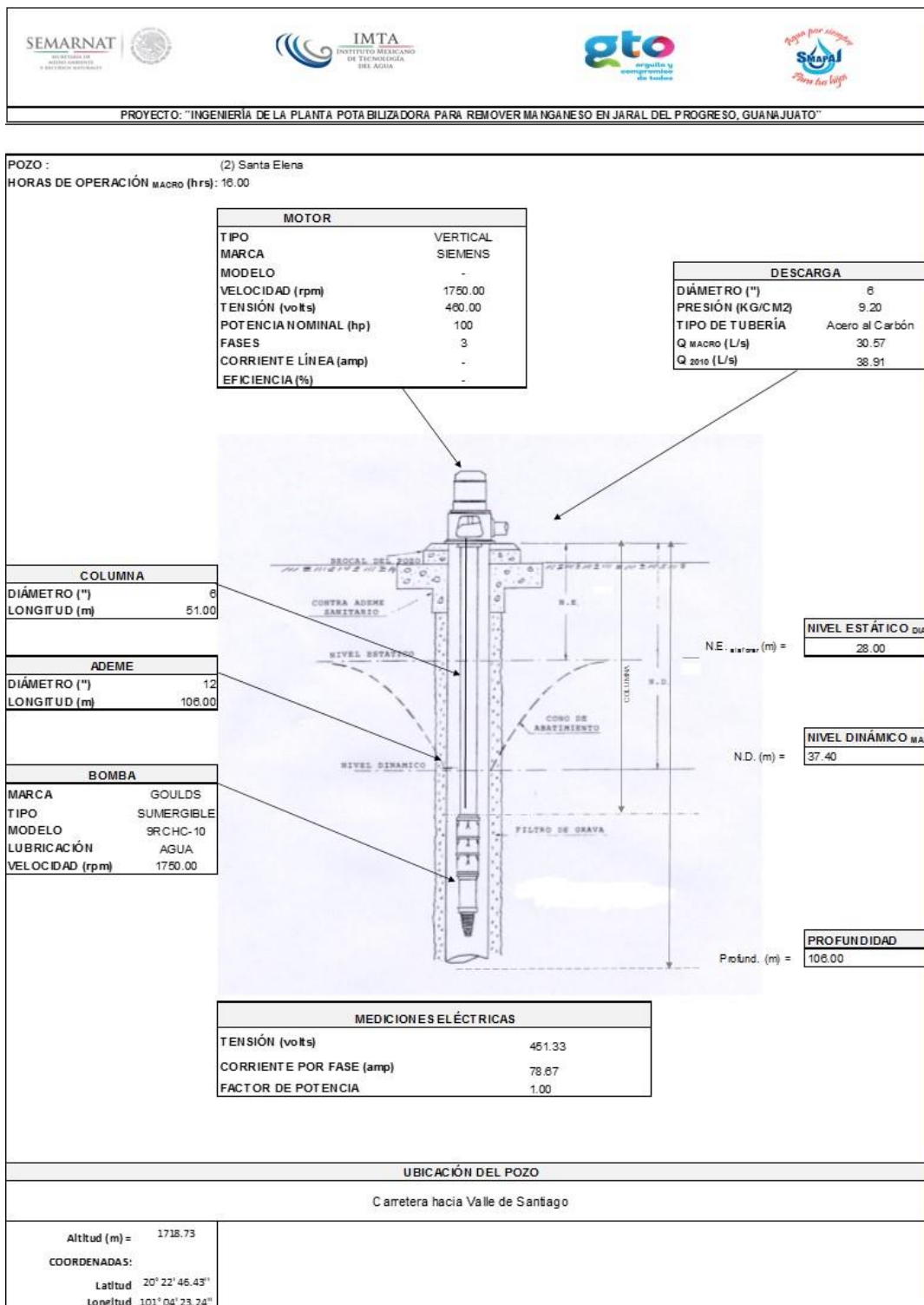
Los resultados para cada pozo se muestran a continuación.

1.5.1 POZO 1 (MELCHOR OCAMPO)



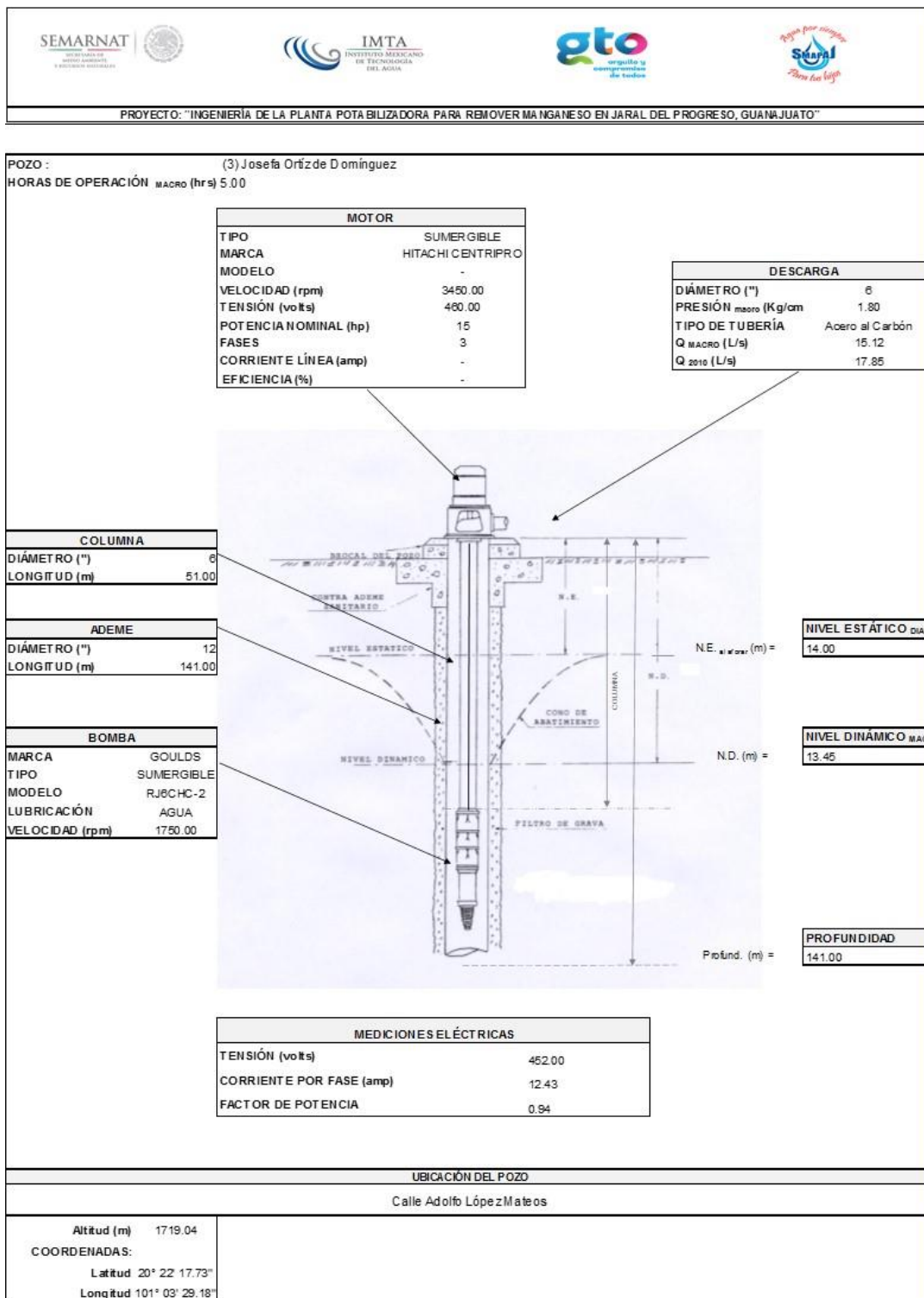
PROYECTO: "INGENIERÍA DE LA PLANTA POTABILIZADORA PARA REMOVER MANGANESO EN JARAL DEL PROGRESO, GUANAJUATO"			
POZO	(1) Melchor Ocampo		
VELOCIDAD (v)=		0.42	m/s
	$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}D^2}$		
REYNOLDS (Re)=		62,887.58	
	$Re = \frac{v * D}{\nu}$		
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (f)=		0.020	
	$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$		
CARGA DE VELOCIDAD (h _v)=		0.01	m
	$h_v = \frac{v^2}{2g}$		
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA (h _{fc}) =		0.058	m
	$h_{fc} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$		
CARGA TOTAL DE BOMBEO (H)=		32.17	m
	$H = P_m + ND + h_{fc} + h_v$		
POTENCIA ELÉCTRICA DE ENTRADA AL MOTOR (Pe) =		15.66	HP
	$Pe = \frac{\sqrt{3} * V * I * F.P.}{746}$		
POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA (P _h) =		3.20	HP
	$P_h = \frac{Q * \rho * g * H}{746}$		
EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA (n _t) =		20.43	%
	$n_t = \frac{P_h}{P_e} * 100$		
CONCLUSIONES:			
DE ACUERDO CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-ENER-2015 "EFICIENCIA ENERGETICA ELECTROMECANICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO EN OPERACION. LIMITES Y METODO DE PRUEBA", Y POR LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO EL VALOR MÍNIMO DE LA EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA ES:			
			52 %
POR LO TANTO SE CONCLUYE QUE:			
SE DEBERA EFECTUAR ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECÁNICO			
NOTA:			
LAS ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN PUEDEN ESTAR DIRIGIDAS AL MOTOR ELÉCTRICO, A LA BOMBA, A LA ESTRUCTURA DEL POZO PROFUNDO, O A UNA COMBINACIÓN DE ÉSTOS, SEGÚN SEA EL CASO, DE TAL FORMA QUE EL CONJUNTO DE ÉSTAS DEN COMO RESULTADO LOS VALORES DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA ESTABLECIDOS POR LA NOM-006-ENER-2015 .			

1.5.2 POZO 2 (SANTA ELENA)



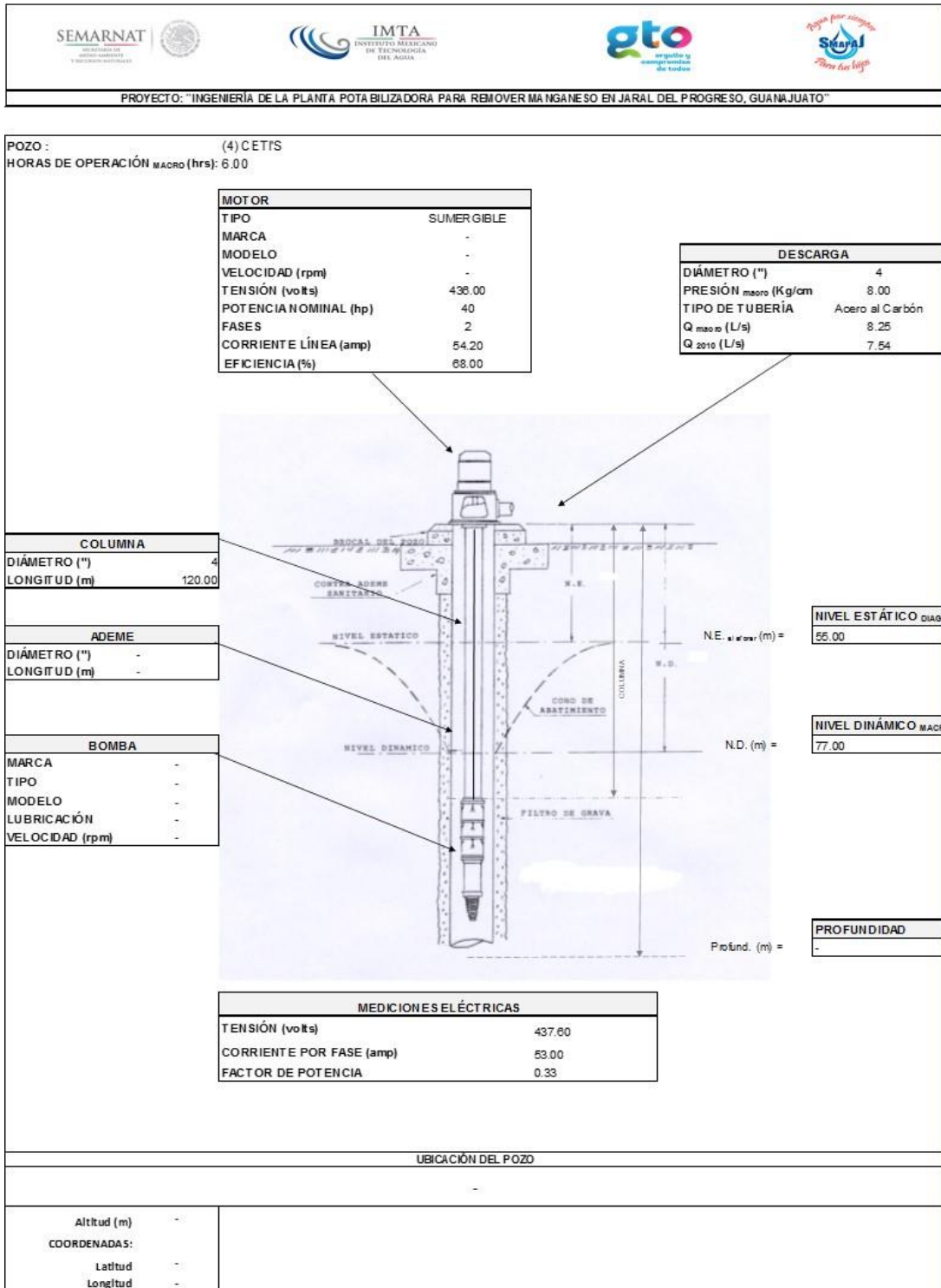
PROYECTO: "INGENIERÍA DE LA PLANTA POTABILIZADORA PARA REMOVER MANGANESO EN JARAL DEL PROGRESO, GUANAJUATO"		
POZO	(2) Santa Elena	
VELOCIDAD (v)=	1.68	m/s
$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2}$		
REYNOLDS (Re)=	253,624.45	
$Re = \frac{v * D}{\nu}$		
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (f)=	0.015	
$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$		
CARGA DE VELOCIDAD (h _v)=	0.14	m
$h_v = \frac{v^2}{2g}$		
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA (h _{fc}) =	0.71	m
$h_{fc} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$		
CARGA TOTAL DE BOMBEO (H)=	130.25	m
$H = P_m + ND + h_{fc} + h_v$		
POTENCIA ELÉCTRICA DE ENTRADA AL MOTOR (P _e) =	82.4	HP
$P_e = \frac{\sqrt{3} * V * I * F.P.}{746}$		
POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA (P _h) =	52.2	HP
$P_h = \frac{Q * \rho * g * H}{746}$		
EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA (n _i) =	63.38	%
$n_i = \frac{P_h}{P_e} * 100$		
CONCLUSIONES:		
DE ACUERDO CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-ENER-2015 "EFICIENCIA ENERGETICA ELECTROMECANICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO EN OPERACION. LIMITES Y METODO DE PRUEBA", Y POR LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO EL VALOR MÍNIMO DE LA EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA ES:		
		60 %
POR LO TANTO SE CONCLUYE QUE:		
NO SE NECESITA REALIZAR ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECÁNICO		
NOTA:		
LAS ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN PUEDEN ESTAR DIRIGIDAS AL MOTOR ELÉCTRICO, A LA BOMBA, A LA ESTRUCTURA DEL POZO PROFUNDO, O A UNA COMBINACIÓN DE ÉSTOS, SEGÚN SEA EL CASO, DE TAL FORMA QUE EL CONJUNTO DE ÉSTAS DEN COMO RESULTADO LOS VALORES DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA ESTABLECIDOS POR LA NOM-006-ENER-2015 .		





1.5.3 POZO 3 (JOSEFA ORTIZ DE DOMÍNGUEZ)



PROYECTO: "INGENIERÍA DE LA PLANTA POTABILIZADORA PARA REMOVER MANGANESO EN JARAL DEL PROGRESO, GUANAJUATO"		
POZO	(3) Josefa Ortíz de Domínguez	
VELOCIDAD (v)=	0.83	m/s
$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2}$		
REYNOLDS (Re)=	125,443.30	
$Re = \frac{v * D}{\nu}$		
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (f)=	0.017	
$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.53}} \right) \right]^2}$		
CARGA DE VELOCIDAD (h _v)=	0.04	m
$h_v = \frac{v^2}{2g}$		
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA (h _{fc}) =	0.20	m
$h_{fc} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$		
CARGA TOTAL DE BOMBEO (H)=	31.68	m
$H = P_m + ND + h_{fc} + h_v$		
POTENCIA ELÉCTRICA DE ENTRADA AL MOTOR (P _e) =	12.26	HP
$P_e = \frac{\sqrt{3} * V * I * F * P}{746}$		
POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA (P _h) =	6.29	HP
$P_h = \frac{Q * \rho * g * H}{746}$		
EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA (n _i) =	51.27	%
$n_i = \frac{P_h}{P_e} * 100$		
CONCLUSIONES:		
DE ACUERDO CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-ENER-2015 "EFICIENCIA ENERGETICA ELECTROMECAÁNICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO EN OPERACION. LIMITES Y METODO DE PRUEBA", Y POR LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO EL VALOR MÍNIMO DE LA EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA ES:		
		35 %
POR LO TANTO SE CONCLUYE QUE:		
NO SE NECESITA REALIZAR ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO		
NOTA:		
LAS ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN PUEDEN ESTAR DIRIGIDAS AL MOTOR ELÉCTRICO, A LA BOMBA, A LA ESTRUCTURA DEL POZO PROFUNDO, O A UNA COMBINACIÓN DE ÉSTOS, SEGÚN SEA EL CASO, DE TAL FORMA QUE EL CONJUNTO DE ÉSTAS DEN COMO RESULTADO LOS VALORES DE EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA ESTABLECIDOS POR LA NOM-006-ENER-2015 .		

1.5.4 POZO 4 (CETIS)



   		
PROYECTO: "INGENIERÍA DE LA PLANTA POTABILIZADORA PARA REMOVER MANGANESO EN JARAL DEL PROGRESO, GUANAJUATO"		
POZO (4) CETTS		
VELOCIDAD (v)=	1.02	m/s
$v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$		
REYNOLDS (Re)=	102.669.37	
$Re = \frac{v * D}{\nu}$		
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (f)=	0.018	
$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$		
CARGA DE VELOCIDAD (h _v)=	0.05	m
$h_v = \frac{v^2}{2g}$		
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA (h _{fc}) =	1.11	m
$h_{fc} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$		
CARGA TOTAL DE BOMBEO (H)=	158.16	m
$H = P_m + ND + h_{fc} + h_v$		
POTENCIA ELÉCTRICA DE ENTRADA AL MOTOR (P _e) =	17.90	HP
$P_e = \frac{\sqrt{3} * V * I * F.P.}{746}$		
POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA (P _h) =	17.12	HP
$P_h = \frac{Q * \rho * g * H}{76}$		
EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA (n _t) =	95.66	%
$n_t = \frac{P_h}{P_e} * 100$		
CONCLUSIONES:		
DE ACUERDO CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-ENER-2015 "EFICIENCIA ENERGETICA ELECTROMECANICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO EN OPERACION. LIMITES Y METODO DE PRUEBA", Y POR LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO EL VALOR MÍNIMO DE LA EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA ES:		
		47 %
POR LO TANTO SE CONCLUYE QUE:		
NO SE NECESITA REALIZAR ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECÁNICO		
NOTA:		
LAS ACCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN PUEDEN ESTAR DIRIGIDAS AL MOTOR ELÉCTRICO, A LA BOMBA, A LA ESTRUCTURA DEL POZO PROFUNDO, O A UNA COMBINACIÓN DE ÉSTOS, SEGÚN SEA EL CASO, DE TAL FORMA QUE EL CONJUNTO DE ÉSTAS DEN COMO RESULTADO LOS VALORES DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA ESTABLECIDOS POR LA NOM-006-ENER-2015.		

Según la NORMA Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015, los valores mínimos de eficiencia para sistemas de bombeo para pozo profundo en operación, son los presentados en Tabla 2.

Tabla 2. Eficiencias mínimas por norma.

Intervalos de potencia		Eficiencia electromecánica (conjunto motor bomba) (%)	
kW	Hp	Bomba con motor sumergible	Bomba con motor externo
5.6-14.9	7.5-20	35	52
15.7-37.3	21-50	47	56
38.0-93.3	51-125	57	60
94.0-261	126-350	59	64

Con base en los cálculos realizados a los tres pozos, se concluye que:

- Pozo 1.- cuenta con una eficiencia electromecánica de 20.43 %. La eficiencia mínima que le corresponde por norma para sus características (20 hp, bomba con motor externo) es de 52 %, por lo que este equipo de bombeo, requiere rehabilitación o sustitución de sus elementos. Esto indica que el pozo requiere mantenimiento mayor.
- Pozo 2.- cuenta con una eficiencia electromecánica de 63.38% si se considera el valor del reporte de macro medición. La eficiencia mínima que le corresponde por norma por sus características (100 hp, bomba con motor externo) es de 60 %, por lo que este equipo está en el límite de rehabilitación.
- Pozo 3.- cuenta con una eficiencia electromecánica de 51.27 %. La eficiencia mínima que le corresponde por norma por sus características (15 hp, bomba con motor sumergible) es de 35 %, por lo que este equipo de bombeo, aparentemente, no requiere rehabilitación o sustitución de ninguno de sus elementos.

-
- Pozo 4.- cuenta con una eficiencia electromecánica de 95.66 %. La eficiencia mínima que le corresponde por norma por sus características (40 hp, bomba con motor sumergible) es de 47 %, por lo que este equipo de bombeo, aparentemente, no requiere rehabilitación o sustitución de ninguno de sus elementos.

2 CALIDAD DEL AGUA

Se realizó un monitoreo a los tres pozos problema y en la Tabla 3 se muestran los resultados con respecto a la MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, la cual es la norma aplicable.

Tabla 3 Datos de calidad del agua de los pozos de estudio

Característica		Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3
Aluminio	mg/L	0.20	0.009	0.015	0.098
Arsénico (Nota 2)	mg/L	0.05	0.006	<0.0010	0.0052
Bario	mg/L	0.70	<0.50	<0.50	<0.50
Cadmio	mg/L	0.01	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Cianuros (como CN ⁻)	mg/L	0.07	-	-	-
Cloro residual libre	mg/L	0.2-1.50	-	-	-
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	250.00	31.1	32.6	18.7
Cobre	mg/L	2.00	<0.05	<0.05	<0.05
Cromo total	mg/L	0.05	<0.005	<0.005	<0.005
Dureza total (como CaCO ₃)	mg/L	500.00	203	209	281
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/L	0.30	<0.0100	<0.0100	<0.0100
Hierro	mg/L	0.30	<0.10	0.22	0.27
Fluoruros (como F ⁻)	mg/L	1.50	0.364	0.400	0.539
Hidrocarburos aromáticos	µg/L				
Benceno	µg/L	10.00	<LMD	<LMD	<LMD
Etilbenceno	µg/L	300.00	<LMD	<LMD	<LMD
Tolueno	µg/L	700.00	<LMD	<LMD	<LMD
Xileno (tres isómeros)	µg/L	500.00	<LMD	<LMD	<LMD
Manganeso	mg/L	0.15	0.47	0.76	0.77
Mercurio	mg/L	0.001	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Nitratos (como N)	mg/L	10.00	7.42	0.305	<0.100
Nitritos (como N)	mg/L	1.00	0.022	<0.0200	<0.0200
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0.50	<0.200	0.373	<0.200
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	mg/L	6.5-8.5	7.4	7.71	7.86
Plaguicidas	mg/L				
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	mg/L	0.03	<LMD	<LMD	<LMD
Clordano (total de isómeros)	mg/L	0.20	<LMD	<LMD	<LMD
DDT (total de isómeros)	mg/L	1.00	<LMD	<LMD	<LMD
Gamma-HCH (lindano)	mg/L	2.00	<LMD	<LMD	<LMD
Hexaclorobenceno	mg/L	1.00	<LMD	<LMD	<LMD
Heptacloro y epóxido de heptacloro	mg/L	0.03	<LMD	<LMD	<LMD
Metaxiloro	mg/L	20.00	<LMD	<LMD	<LMD
2, 4-D	mg/L	30.00	<LMD	<LMD	<LMD
Plomo	mg/L	0.01	<0.005	<0.005	<0.005
Sodio	mg/L	200.00	77.64	66.61	62.39
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000.00	809	515	611
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/L	400.00	86.6	14.3	70.1
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0.50	<0.100	<0.100	<0.100
Trihalometanos totales	mg/L	0.20	<LMD	<LMD	0.00958
Yodo residual libre	mg/L	0.2-0.5	-	-	-
Zinc	mg/L	5.00	<0.10	<0.10	<0.10
Color	Upt-Co	20.00	2.5	2.5	60
Olor y sabor	-	Agradable	-	-	-
Turbiedad	UTN	5.00	<0.05	0.30	0.90

Los tres pozos presentan valores de manganeso por arriba de la norma, y el pozo 1 ligeramente arriba en dureza, pero no es significativo y no es necesario proponer su reducción.

3 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y GASTO

3.1 POBLACIÓN Y COBERTURA

Según el libro Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015), la *población de proyecto* es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del periodo de diseño del sistema de agua potable o alcantarillado.

La población actual se refiere a los datos censales que proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el año en que se hizo el levantamiento de la información. Para los años posteriores al censo, se deberán utilizar los datos de las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), que es la única dependencia facultada para hacer las proyecciones de la Población en México.

La tasa de crecimiento por lo general es variable en el tiempo, ya que en cuestiones de población es altamente improbable que se mantenga constante esa tasa.

Para el presente estudio se utilizará la proyección de la población estimada por la CONAPO y la proyección al 2036 (20 años de vida de proyecto), se calculó como una ampliación de la proyección de CONAPO utilizando la metodología NT-011-CNA-2001.

De acuerdo a esta norma, la mayoría de los procedimientos de proyección de población se basan en la fórmula:

$$P_{i+n} = P_i(1 + Tc)^n$$

Donde:

P_i = Población que existe al iniciar el periodo de tiempo "i"

P_{i+n} = Población que habrá "n" periodos después del tiempo "i", es decir para el año 1+n

Tc = Tasa de crecimiento promedio entre cada par de periodos consecutivos, expresada en valor real.

N = Número de periodos que hay entre P_i y P_{i+n} , es decir, el tiempo transcurrido entre la condición inicial y final.

Esta fórmula sólo debe usarse para un número muy corto de periodos, ya que en cuestiones de población es altamente improbable que se mantengan constantes las tasas de crecimiento y solo cubre el caso de tasa constante durante todo el periodo.

El ritmo de crecimiento (tasa) actual se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$TC(\%) = \left[\left(\frac{P_{i+1}}{P_i} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

Para esta ecuación se deben emplear los datos de población más recientes de que se disponga. Preferentemente se deben analizar los cambios ocurridos los dos o tres últimos años. No deben emplearse tendencias deducidas de censos de más de 15 años de antigüedad.

Cuando se esperan diferentes tasas de crecimiento, se puede utilizar la misma fórmula anterior para el cálculo de la población, pero de manera gradual, para periodos menores, es decir:

$$P_2 = P_1(1 + Tc_1)$$

$$P_3 = P_2(1 + Tc_2) \dots \dots$$

$$P_n = P_{n-1}(1 + Tc_{n-1})$$

En nuestro estudio, el último censo del INEGI fue en el 2010 y se tiene una proyección de CONAPO hasta el 2030, por lo tanto, se utilizó este método para complementar los seis años faltantes

Con fines de comparación; a continuación, se presentan cálculos de la población con otros modelos matemáticos.

3.1.1 MÉTODO ARITMÉTICO

Se calculan los aumentos absolutos que ha tenido la población y se determina el crecimiento anual promedio para un periodo fijo y se aplica en años futuros.

Este tipo de crecimiento sólo es válido para cortos espacios de tiempo y rara vez se da el caso de una población que presenta este tipo de crecimiento.

Primeramente, se determina el crecimiento anual promedio por medio de la expresión:

$$ka = \frac{Pf - Pb}{tf - tb}$$

Dónde:

Ka = constante de crecimiento de población aritmética.

Pf = Población proyectada o del último censo

Pb = Población base o inicial

tf y tb = Fechas correspondientes a las poblaciones.

Se puede tomar un valor ka promedio entre los censos o un ka entre períodos censales disponibles. La población futura se calcula con:

$$Pf = Pb + ka(tf - tb)$$

3.1.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

Consiste en considerar que a iguales periodos de tiempo se tiene el mismo porcentaje de incremento de la población, es decir, un incremento de la población de tipo exponencial. Para este cálculo se utiliza la fórmula de interés compuesto.

$$rg = \left(\frac{Pf}{Po}\right)^{1/n} - 1$$

Dónde:

rg = Tasa de crecimiento

n = número de años entre Po y Pf

Po = Población inicial

Pf = Población final

El valor de rg se estima como un promedio entre los censos o se estima entre dos períodos censales. La fórmula para determinar la población de proyecto es:

$$Pf = Po (1 + rg)^{(tf - tb)}$$

Este cálculo del incremento de crecimiento requiere el conocimiento de al menos tres censos en espacios de tiempo relativamente cortos, a fin de obtener un valor promedio de esta tasa.

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija.

3.1.3 MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE AJUSTE

Las ecuaciones de regresión (lineal, exponencial, potencial o logarítmica) se utilizan para conocer la población futura, solamente cuando se dispone de muchos valores históricos de población.

Línea recta $y = a + bx$

Curva exponencial ($a > 0$) $y = ae^{bx}$

Curva logarítmica $y = a + b \ln(x)$

Curva potencial $y = ax^b$

Por lo general los ajustes lineal y logarítmico rara vez representan la tendencia de crecimiento de una comunidad y el ajuste exponencial generalmente da mayores coeficientes de correlación.

Tabla 4 Proyección de la población, Jaral del Progreso, Gto.

Año	CONAPO/NT-011-CNA-2001			MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO		CURVA EXPONENCIAL
	Fuente	Tc	Población	Ka	Población	0.025 <rg <0.04	Población	Población
1990	INEGI		14,545.00					
1995		0.01998	16,057.00	302.4		0.020		
2000		0.00868	16,766.00	141.8		0.009		
2005		0.01149	17,752.00	197.2		0.011		
2010		0.03146	20,725.90	594.8		0.031		
2011	CONAPO	0.01375	21,010.92		21,035		21,097	20,243
2012		0.01159	21,254.42		21,344		21,475	20,563
2013		0.00994	21,465.77		21,653		21,859	20,889
2014		0.00865	21,651.43		21,962		22,250	21,219
2015		0.00759	21,815.74		22,271		22,649	21,555
2016		0.00672	21,962.26		22,580		23,054	21,896
2017		0.00600	22,094.02		22,889		23,467	22,242
2018		0.00539	22,213.01		23,198		23,887	22,594
2019		0.00485	22,320.73		23,507		24,315	22,951
2020		0.00436	22,417.96		23,816		24,750	23,314
2021		0.00397	22,507.05		24,125		25,193	23,683
2022		0.00369	22,590.06		24,434		25,644	24,058
2023		0.00340	22,666.76		24,743		26,103	24,438
2024		0.00313	22,737.72		25,053		26,571	24,825
2025		0.00289	22,803.46		25,362		27,046	25,218
2026		0.00265	22,863.84		25,671		27,531	25,617
2027		0.00239	22,918.52		25,980		28,023	26,022
2028		0.00214	22,967.59		26,289		28,525	26,433
2029		0.00190	23,011.21		26,598		29,036	26,852
2030		0.00165	23,049.15		26,907		29,556	27,276
2031	NT-011- CNA-2001	0.00165	23,087.15		27,216		30,085	27,708
2032		0.00165	23,125.21		27,525		30,623	28,146
2033		0.00165	23,163.34		27,834		31,172	28,591
2034		0.00165	23,201.53		28,143		31,730	29,044
2035		0.00165	23,239.78		28,452		32,298	29,503
2036		0.00165	23,278.09		28,761		32,876	29,970

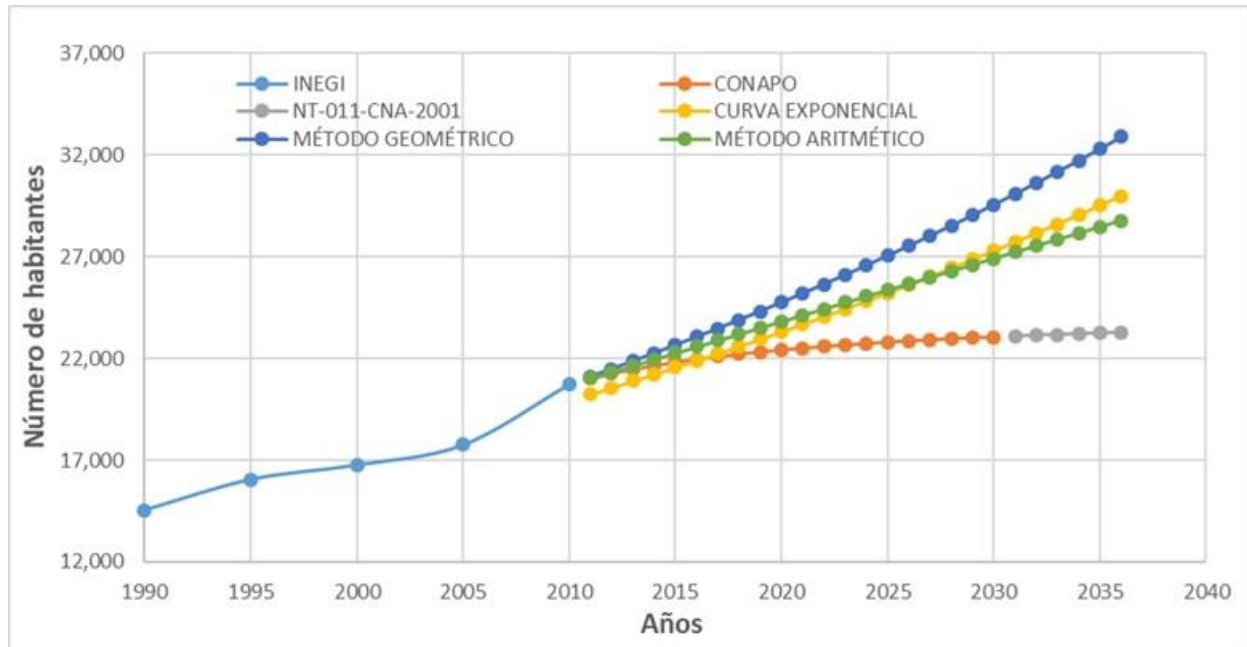


Figura 4. Proyección de población al 2036

3.2 CONSUMO

El consumo es la parte del suministro de agua potable que utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema.

La estimación del consumo se hizo con los datos históricos de facturación proporcionados por el SMAPAJ (Figura 5), un índice de ocupación de 4.29, que es el reportado por el INEGI para el 2010 en la localidad del Jaral del Progreso y se comparó con lo indicado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado- MAPAS).

Los valores obtenidos de consumo (Figura 5 y Tabla 5) son muy bajos, excepto para el servicio Público, el cual está muy alto si se compara con el MAPAS (Tabla 6 y Tabla 7), lo que indica que la facturación no representa el consumo real.

Dado que no se puede considerar como un consumo real un valor tan bajo (el mínimo considerado por la OMS es de 100 L/hab/día), la demanda de proyecto se hará con un consumo de 140 L/hab/d.

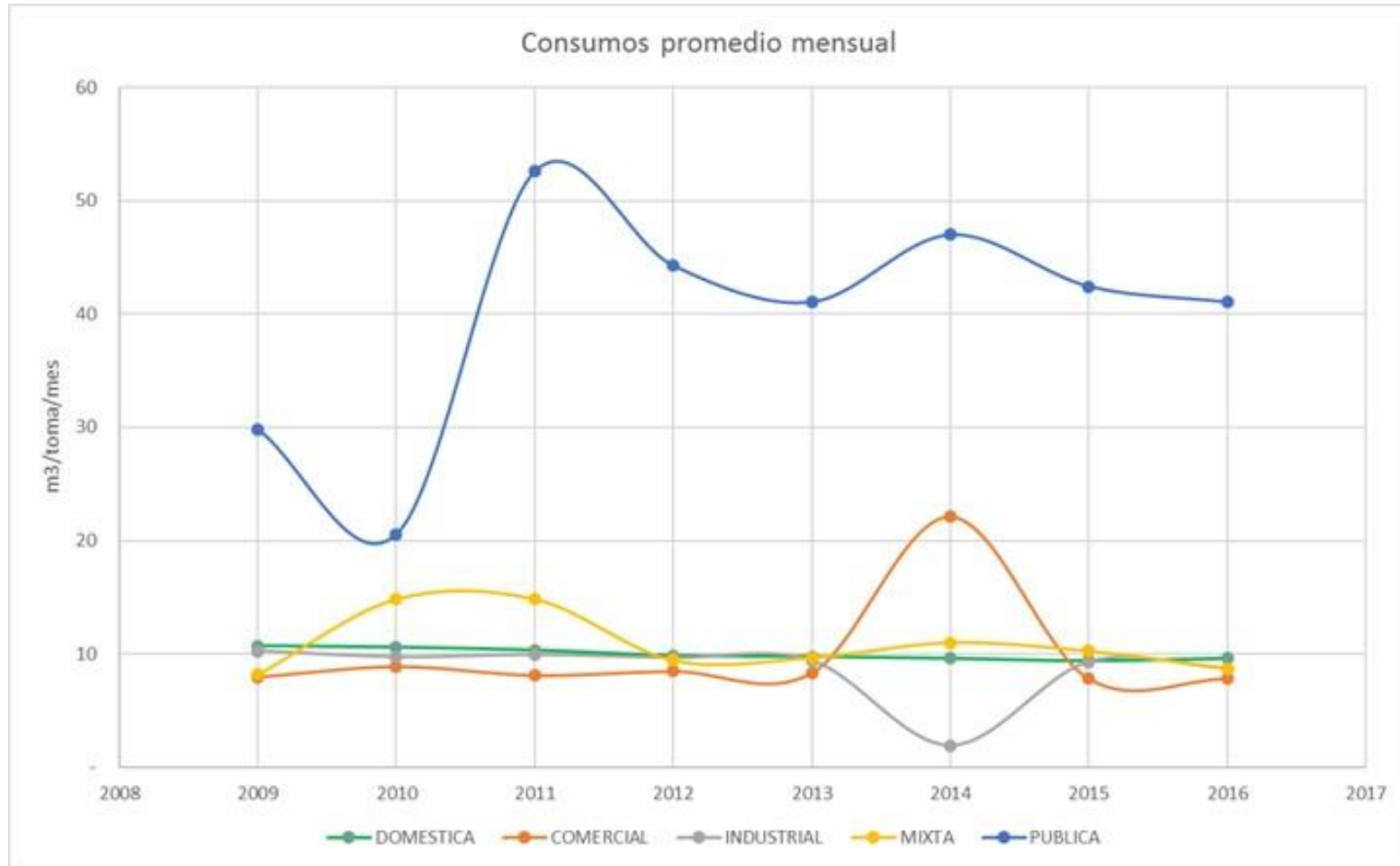


Figura 5 Consumos promedio mensuales de Jalal del Progreso, Gto.

Tabla 5 Consumos por tipo de usuario

TIPO DE TARIFA		AÑO							
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DOMESTICA	No. tomas	4,900	4,879	5,012	5,192	5,268	5,380	5,526	5,612
	Habitantes (4.29 hab/c asa)	21,021	20,931	21,501	22,274	22,600	23,080	23,707	24,075
	m ³ facturados	628,663	618,921	620,590	613,733	617,665	620,409	623,254	592,667
	Consumo (m ³ /toma/mes)	10.69	10.57	10.32	9.85	9.77	9.61	9.40	9.60
	Consumo (l/hab/d)	81.94	81.01	79.08	75.49	74.88	73.65	72.03	73.57
COMERCIAL	No. tomas	276	248	253	263	274	280	294	298
	m ³ facturados	26,294	26,406	24,565	26,668	27,325	74,382	27,519	25,547
	Consumo (m ³ /toma/mes)	7.94	8.87	8.09	8.45	8.31	22.14	7.80	7.79
INDUSTRIAL	No. tomas	185	189	197	196	197	989	202	203
	m ³ facturados	22,741	22,000	23,388	22,627	22,195	22,671	22,491	21,200
	Consumo (m ³ /toma/mes)	10.24	9.70	9.89	9.62	9.39	1.91	9.28	9.49
MIXTA	No. tomas	1	1	1	1	1	1	1	1
	m ³ facturados	98.0	178.0	178.0	113.0	116.0	132.0	123.0	96.00
	Consumo (m ³ /toma/mes)	8.17	14.83	14.83	9.42	9.67	11.00	10.25	8.73
PUBLICA	No. tomas	30	35	66	68	66	69	65	69
	m ³ facturados	10,728	8,629	41,666	36,128	32,521	38,917	33,109	31,158
	Consumo (m ³ /toma/mes)	29.80	20.55	52.61	44.27	41.06	47.00	42.45	41.05
Consumo total (m³)		688,524	676,134	710,387	699,269	699,822	756,511	706,496	670,668
L/s		22.14	21.74	22.84	22.48	22.50	24.32	22.71	21.56
% que representa el doméstico		91.31	91.54	87.36	87.77	88.26	82.01	88.22	88.37

Nota: la información del año 2016 es hasta el mes de noviembre.

Tabla 6 Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante (MAPAS)

Clima	Consumo l/hab/d			Subtotal por Clima
	Bajo	Medio	Alto	
Cálido Húmedo	198	206	243	201
Cálido Subhúmedo	175	203	217	191
Seco o Muy Seco	184	191	202	190
Templado o Frío	140	142	145	142

Tabla 7 Promedio del consumo de agua potable estimado según nivel socioeconómico y clima (MAPAS)

Clima	Nivel Socioeconómico		
	Bajo	Medio	Alto
	m ³ /toma/mes		
Cálido Húmedo	24	25	28
Cálido Subhúmedo	20	23	26
Seco o Muy Seco	22	22	22
Templado o Frío	15	16	14

3.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La demanda actual es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas y la dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual.

La proyección del volumen doméstico total se realiza multiplicando los valores de las proyecciones de población, por el consumo por habitante por año, para el periodo de proyecto.

De acuerdo al MAPAS, en los casos cuando las demandas comercial, industrial y turística sean poco significativas con relación a la demanda doméstica, y no existan proyectos de desarrollo para estos sectores, las primeras podrían incluirse en el análisis como parte de la demanda doméstica.

En este caso se observa (Tabla 5) que el consumo por tomas domiciliarias, los tres últimos años, representó casi el 90%. En el 2016 disminuyó, pero los datos de análisis corresponden solamente hasta noviembre, por lo que puede haber un sesgo que necesita corregirse cuando se tenga la información total del año.

Con la finalidad de tener una idea de los consumos no contabilizados o pérdidas, se obtuvo la diferencia entre el volumen producido y el facturado. Estos cálculos se hicieron con base en la información proporcionada por el SMAPAJ, el proyecto de ahorro de energía del 2010 y el diagnóstico de macro medición del 2016. Los resultados muestran que hay entre un 25 y un 47 por ciento de volumen no contabilizado o perdido en la red de distribución (Tabla 8), sin embargo, es claro que el gasto medido en el pozo 1 no es el que realmente puede dar, por lo tanto se consideran más realistas las pérdidas obtenidas en el 2010.

Con estos datos, pero considerando el gasto obtenido en el 2010 para el pozo 1 (se espera recuperar el gasto al rehabilitar el pozo), se obtuvo la proyección de la dotación requerida para Jaral del Progreso (Tabla 9 a Tabla 12) al calcular la población obtenida con los diferentes métodos descritos anteriormente. Se tomó en cuenta un 10% aproximadamente adicional para las tomas no domésticas y un 47% aproximadamente de agua no contabilizada o pérdidas. La Tabla 11 indica que, en el peor de los escenarios, es decir con la población calculada con el método Geométrico, se van a necesitar 89.2 L/s al completar la vida útil del proyecto. Esto significa que, si la oferta continua como la del 2016 en los pozos 2, 3 y 4, pero se logra recuperar el pozo 1 (76.8 L/s), se tendría un déficit de casi 12.47 L/s.

Tabla 8 Análisis de pérdidas en el sistema de agua del SMAPAJ

Pozo	Producción 2010				Consumo 2010			
	L/s	hr/día	m3/año	Dotación (l/h/d)	Facturado (m3/año)	No contabilizado (m3/año)	No contabilizado (L/s)	No contabilizado (%)
1	22.8	13.5	404,626.6					
2	38.9	10.0	511,277.4					
3	17.9	10.0	234,549.0					
4	7.5	14.0	138,705.8					
Total	87.1		1,289,158.8	168.7	676,134.0	613,024.8	19.4	47.55
Pozo	Producción 2016				Consumo 2016			
	L/s	hr/día	m3/año	Dotación (l/h/d)	Facturado (m3/año)	No contabilizado (m3)	No contabilizado (L/s)	No contabilizado (%)
1	7.5	17.5	158,287.5					
2	30.6	16.0	589,878.7					
3	15.1	5.0	91,173.6					
4	8.3	6.0	59,697.0					
Total	61.4		899,036.8	111.5	670,668.0	228,368.8	7.9	25.40

Tabla 9 Proyección de la dotación con datos poblacionales de INEGI/CONAPO

INEGI/CONAPO						
Año	Población	Demanda doméstica para 140 l/h/d (L/s)	Demanda total (Doméstica + 10%) (L/s)	Oferta con 4 pozos las 24 horas/día (L/s)	Dotación (Demanda más pérdidas) (L/s)	Balance (Oferta - Dotación) (L/s)
2016	21,962	35.6	40.4	76.75	59.6	17.15
2017	22,094	35.8	40.6	76.75	60.0	16.79
2018	22,213	36.0	40.9	76.75	60.3	16.47
2019	22,321	36.2	41.1	76.75	60.6	16.18
2020	22,418	36.3	41.2	76.75	60.8	15.91
2021	22,507	36.5	41.4	76.75	61.1	15.67
2022	22,590	36.6	41.5	76.75	61.3	15.45
2023	22,667	36.7	41.7	76.75	61.5	15.24
2024	22,738	36.8	41.8	76.75	61.7	15.05
2025	22,803	37.0	41.9	76.75	61.9	14.87
2026	22,864	37.0	42.1	76.75	62.0	14.70
2027	22,919	37.1	42.2	76.75	62.2	14.56
2028	22,968	37.2	42.2	76.75	62.3	14.42
2029	23,011	37.3	42.3	76.75	62.4	14.30
2030	23,049	37.3	42.4	76.75	62.5	14.20
2031	23,087	37.4	42.5	76.75	62.7	14.10
2032	23,125	37.5	42.5	76.75	62.8	13.99
2033	23,163	37.5	42.6	76.75	62.9	13.89
2034	23,202	37.6	42.7	76.75	63.0	13.79
2035	23,240	37.7	42.7	76.75	63.1	13.68
2036	23,278	37.7	42.8	76.75	63.2	13.58

Tabla 10 Proyección de la dotación con datos poblacionales calculados con el método aritmético

MÉTODO ARITMÉTICO						
Año	Población	Demanda doméstica para 140 l/h/d (L/s)	Demanda total (Doméstica + 10%) (L/s)	Oferta con 4 pozos las 24 horas/día (L/s)	Dotación (Demanda más pérdidas) (L/s)	Balance (Oferta - Dotación) (L/s)
2016	22,580	36.6	41.5	76.75	61.3	15.47
2017	22,889	37.1	42.1	76.75	62.1	14.63
2018	23,198	37.6	42.7	76.75	63.0	13.80
2019	23,507	38.1	43.2	76.75	63.8	12.96
2020	23,816	38.6	43.8	76.75	64.6	12.12
2021	24,125	39.1	44.4	76.75	65.5	11.28
2022	24,434	39.6	44.9	76.75	66.3	10.44
2023	24,743	40.1	45.5	76.75	67.1	9.60
2024	25,053	40.6	46.1	76.75	68.0	8.76
2025	25,362	41.1	46.6	76.75	68.8	7.93
2026	25,671	41.6	47.2	76.75	69.7	7.09
2027	25,980	42.1	47.8	76.75	70.5	6.25
2028	26,289	42.6	48.3	76.75	71.3	5.41
2029	26,598	43.1	48.9	76.75	72.2	4.57
2030	26,907	43.6	49.5	76.75	73.0	3.73
2031	27,216	44.1	50.1	76.75	73.9	2.89
2032	27,525	44.6	50.6	76.75	74.7	2.05
2033	27,834	45.1	51.2	76.75	75.5	1.22
2034	28,143	45.6	51.8	76.75	76.4	0.38
2035	28,452	46.1	52.3	76.75	77.2	-0.46
2036	28,761	46.6	52.9	76.75	78.0	-1.30

Tabla 11 Proyección de la dotación con datos poblacionales calculados con el método geométrico

MÉTODO GEOMÉTRICO						
Año	Población	Demanda doméstica para 140 l/h/d (L/s)	Demanda total (Doméstica + 10%) (L/s)	Oferta con 4 pozos las 24 horas/día (L/s)	Dotación (Demanda más pérdidas) (L/s)	Balance (Oferta - Dotación) (L/s)
2016	23,054	37.4	42.4	76.75	62.6	14.19
2017	23,467	38.0	43.2	76.75	63.7	13.07
2018	23,887	38.7	43.9	76.75	64.8	11.93
2019	24,315	39.4	44.7	76.75	66.0	10.77
2020	24,750	40.1	45.5	76.75	67.2	9.58
2021	25,193	40.8	46.3	76.75	68.4	8.38
2022	25,644	41.6	47.2	76.75	69.6	7.16
2023	26,103	42.3	48.0	76.75	70.8	5.91
2024	26,571	43.1	48.9	76.75	72.1	4.64
2025	27,046	43.8	49.7	76.75	73.4	3.35
2026	27,531	44.6	50.6	76.75	74.7	2.04
2027	28,023	45.4	51.5	76.75	76.0	0.70
2028	28,525	46.2	52.5	76.75	77.4	-0.66
2029	29,036	47.0	53.4	76.75	78.8	-2.05
2030	29,566	47.9	54.4	76.75	80.2	-3.46
2031	30,085	48.7	55.3	76.75	81.6	-4.89
2032	30,623	49.6	56.3	76.75	83.1	-6.35
2033	31,172	50.5	57.3	76.75	84.6	-7.84
2034	31,730	51.4	58.4	76.75	86.1	-9.36
2035	32,298	52.3	59.4	76.75	87.6	-10.90
2036	32,876	53.3	60.5	76.75	89.2	-12.47

Tabla 12 Proyección de la dotación con datos poblacionales calculados con curva exponencial

CURVA EXPONENCIAL						
Año	Población	Demanda doméstica para 140 l/h/d (L/s)	Demanda total (Doméstica + 10%) (L/s)	Oferta con 4 pozos las 24 horas/día (L/s)	Dotación (Demanda más pérdidas) (L/s)	Balance (Oferta - Dotación) (L/s)
2016	21,896	35.5	40.3	76.75	59.4	17.33
2017	22,242	36.0	40.9	76.75	60.4	16.39
2018	22,594	36.6	41.6	76.75	61.3	15.44
2019	22,951	37.2	42.2	76.75	62.3	14.47
2020	23,314	37.8	42.9	76.75	63.3	13.48
2021	23,683	38.4	43.6	76.75	64.3	12.48
2022	24,058	39.0	44.2	76.75	65.3	11.46
2023	24,438	39.6	44.9	76.75	66.3	10.43
2024	24,825	40.2	45.7	76.75	67.4	9.38
2025	25,218	40.9	46.4	76.75	68.4	8.32
2026	25,617	41.5	47.1	76.75	69.5	7.23
2027	26,022	42.2	47.9	76.75	70.6	6.13
2028	26,433	42.8	48.6	76.75	71.7	5.02
2029	26,852	43.5	49.4	76.75	72.9	3.88
2030	27,276	44.2	50.2	76.75	74.0	2.73
2031	27,708	44.9	51.0	76.75	75.2	1.56
2032	28,146	45.6	51.8	76.75	76.4	0.37
2033	28,591	46.3	52.6	76.75	77.6	-0.84
2034	29,044	47.1	53.4	76.75	78.8	-2.07
2035	29,503	47.8	54.3	76.75	80.1	-3.31
2036	29,970	48.6	55.1	76.75	81.3	-4.58

4 ANÁLISIS PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1 SISTEMA DE REMOCIÓN DE MANGANESO

4.1.1 JUSTIFICACIÓN

El manganeso (Mn) es el decimoséptimo elemento más abundantes en el planeta, se presentan en rocas y minerales de la corteza terrestre y constituye 0.1% de la litosfera. Los compuestos de manganeso se encuentran más frecuentemente en rocas sedimentarias y metamórficas, como carbonatos, óxidos, silicatos y sulfuros. También se encuentra en arcillas, suelos y sedimentos.

El manganeso puede encontrarse en aguas subterráneas y superficiales, aunque el problema es más agudo y común en fuentes subterráneas. El agua subterránea, la cual tiene frecuentemente una concentración alta de dióxido de carbono y baja en oxígeno disuelto, disuelve los minerales de manganeso del subsuelo, transformándolo a ion manganeso Mn^{2+} .

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), la presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0.1 mg/l en sistemas de abastecimiento de agua produce un sabor no deseable en bebidas, mancha la ropa lavada y causan obstrucción en los sistemas de distribución de agua

Al igual que sucede con el hierro, la presencia de manganeso en el agua de consumo puede dar lugar a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones menores que 0.1 mg/l suelen ser aceptables para los consumidores e incluso en una concentración de 0.2 mg/l, el manganeso formará con frecuencia una capa en las tuberías, que puede desprenderse en forma de precipitado negro. El valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el manganeso es cuatro veces mayor que el mencionado umbral de aceptabilidad de 0.1 mg/l. El agua natural que contiene manganeso, al ser bebida no produce efectos a la salud.

La oxidación del manganeso no es rápida y así las formas reducidas pueden persistir por algún tiempo en aguas aireadas, esto es especialmente cierto cuando el pH es 9. El manganeso puede formar complejos estables con sustancias húmicas en agua que pueden ser aún más resistentes a la oxidación que las especies inorgánicas. Las razones antes expuestas son la base para que la normatividad mexicana a través de la MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud

ambiental. Agua para uso y consumo (Diario Oficial de la Federación, 22 de noviembre de 2000), haya limitado la concentración del manganeso a 0.15 mg/l.

La contaminación de las fuentes de agua potable con manganeso es un problema frecuente a lo largo del territorio mexicano, al que tienen que hacer frente tanto los técnicos encargados de la potabilización y acondicionamiento del agua, como los consumidores de la misma. Las concentraciones características en dichas fuentes van de 0.15 a 2 mg/l.

4.1.2 QUÍMICA DEL MANGANESO

El manganeso tiene ocho estados de oxidación (0): Mn, (II): Mn^{2+} , (2.67): $Mn_3O_4(s)$, (III): $Mn_2O_3(s)$, (IV): $MnO_2(s)$, (V): MnO_4^{3-} , (VI): MnO_4^{2-} , y (VII): MnO^+ . No todos son relevantes en el campo del tratamiento de agua (O'Connor, 1971). El Mn(II) ocupa una gran porción del régimen Eh-pH asociado con aguas naturales. En la Figura 6 se muestran las condiciones de estabilidad de las especies de manganeso, presentes en agua.

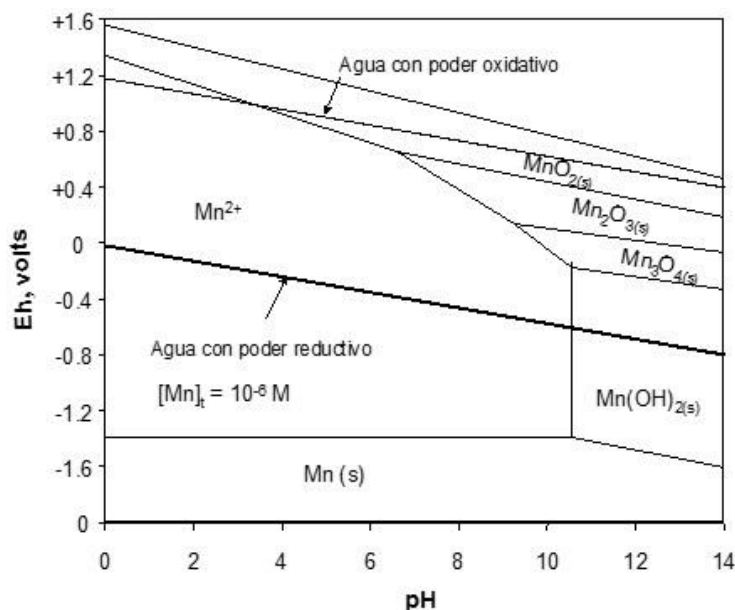


Figura 6 Diagrama Eh-pH de especies de manganeso en medio acuoso

4.1.3 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente el SIMPAJ utiliza secuestrantes para evitar el problema que ocasiona la presencia de manganeso en el agua de abastecimiento. Los agentes secuestrantes son productos químicos, normalmente polifosfatos, que atrapan el Mn e impiden que precipite. Muchos polifosfatos modernos tienen una larga cadena lineal de fosfatos; el arreglo de las moléculas a lo largo de la cadena protege de ataques al material secuestrado y los sujetan durante cierto periodo de tiempo o hasta que algún otro factor rompa los enlaces.

Los agentes secuestrantes no remueven al Mn, solo evitan que precipiten, requieren de poca inversión ya que se utilizan pequeños sistemas de dosificación, similares a los que se utilizan para dosificar el hipoclorito, son de fácil operación y mantenimiento. Se recomienda su aplicación sólo para sistemas pequeños.

4.1.4 ADSORCIÓN EN ZEOLITA RECUBIERTA DE MANGANESO

Cuando el manganeso se encuentra en el agua en estado oxidado y precipitado, se elimina usando tratamientos clásicos de separación como sedimentación y filtración. Los problemas se agudizan cuando se encuentra en forma soluble, ya que las plantas de tratamiento generalmente lo remueven reducido, usando un proceso de oxidación seguido por coagulación, sedimentación y/o filtración de los precipitados resultantes. Existen otros procesos de remoción que incluyen: oxidación y adsorción sobre óxidos de manganeso, intercambio iónico, procesos biológicos y tratamiento en la fuente de abastecimiento. A continuación, se describe el proceso que se basa en la remoción de Mn mediante zeolita natural tipo clinoptilolita recubierta con óxidos de manganeso (tecnología IMTA)

La técnica consiste en la combinación de tres procesos que se llevan a cabo en un simple sistema de filtración: 1) intercambio iónico como fase inicial, donde el manganeso disuelto se fija en la superficie de la zeolita, 2) la posterior oxidación del manganeso sobre la superficie del medio, la cual permite la formación de una película de óxidos ($MnOx(s)$) sobre el grano del material y 3) la remoción del manganeso disuelto en el agua, por adsorción sobre la película de óxidos formada sobre el grano del material. La Figura 7 ilustra este proceso.

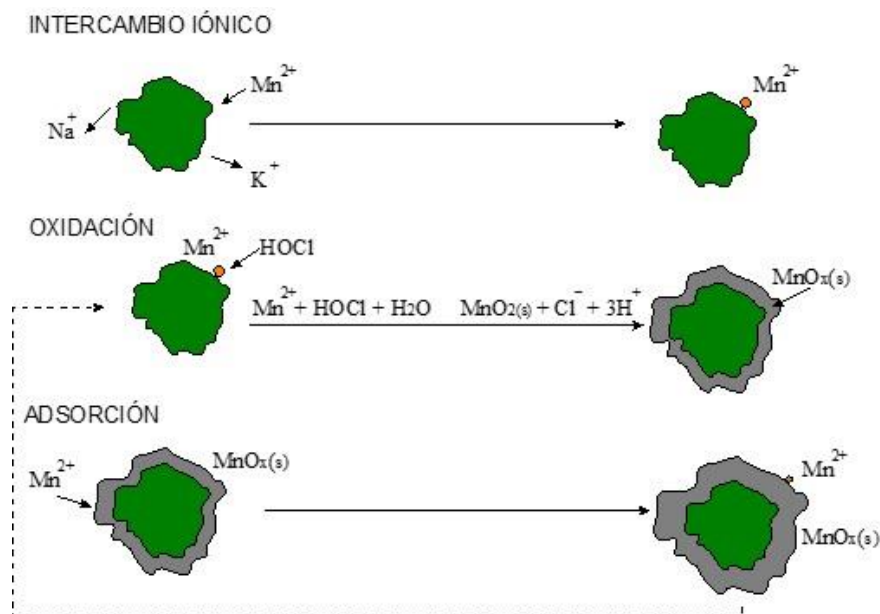


Figura 7 Etapas del proceso de formación de la capa de óxidos de manganeso.

Esta película es altamente selectiva de los iones de manganeso, $\text{Mn}(\text{II})$. Oxidando el manganeso adsorbido en la superficie del grano se regenera la capacidad de adsorción del medio asegurando una continua remoción del manganeso durante la filtración.

La aplicación del oxidante en línea, en el influente del filtro, garantiza la remoción del contaminante, la regeneración del medio y largas carreras de filtración sin mermar la calidad del filtrado.

Dicha tecnología presenta diversos aspectos positivos tales como: largas carreras de operación debido a que la adsorción genera pocas pérdidas de carga; el proceso se regenera en continuo con la aplicación de cloro, permitiendo que siempre se mantenga una alta capacidad de adsorción del manganeso disuelto, el material adsorbente se acondiciona en el lugar (in-situ) sin la necesidad de adicionar otras sustancias químicas, además de la alta disponibilidad de la zeolita en México.

4.1.5 CRITERIOS DE DISEÑO

- Tiempo de contacto: 2 a 3 minutos
- Tasa de filtración: 10 a 15 m³/m²h
- Aplicación de cloro: entrada de filtros
- Dosis de cloro: demanda + 0.5 a 1.5 mg/L
- Retención en el sedimentador: 1 a 2 horas
- Tasa de retrolavado: 60 m³/m²h
- Tamaño de grano: Ver Tabla 13

Tabla 13 Granulometría recomendada para la zeolita

GRANULOMETRÍA RECOMENDADA DE ZEOLITA													
$C.U. = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ $D_{eq}(mm) = \frac{1}{\sum \frac{x}{d^*}}$ $Re = \frac{\phi v_{MF} d^*}{V_{AGUA}}$ $f = \frac{150(1-n)}{Re} + 1.75$													
Nº. Malla	Tara de la malla (g)	Peso retenido (g)	Abertura malla superior (m)	Abertura malla inferior (m)	Diámetro d* (m)	Peso Malla+Material (g)	% Retenido parcial (x)	% peso que pasa	Re	f	x/d* (m-1)	f x/d* (m-1)	
12	14	457.41	26.64	0.001679	0.001410	0.001538	484.05	13.33	86.67	3.50	18.88	86.65	1635.57
14	16	443.44	45.41	0.001410	0.001191	0.001296	488.85	22.72	63.95	2.95	22.08	175.35	3871.86
16	18	428.53	55.89	0.001191	0.001001	0.001092	484.42	27.97	35.98	2.49	25.88	256.14	6628.96
18	20	425.96	38.99	0.001001	0.000841	0.000917	464.95	19.51	16.47	2.09	30.47	212.70	6481.69
20	25	415.7	14.35	0.000841	0.000706	0.000770	430.05	7.18	9.29	1.75	35.94	93.20	3349.88
25	35	388.95	9.64	0.000706	0.000500	0.000594	398.59	4.82	4.46	1.35	46.07	81.15	3739.01
35	40	387.22	2.06	0.000500	0.000419	0.000458	389.28	1.03	3.43	1.04	59.28	22.51	1334.45
40	-	460.17	6.86	0.000419	-	0.000210	467.03	3.43	0.00	0.48	127.48	163.82	20883.00
Σ					199.84		100.00				1,091.52	47,924.41	
Diámetro equivalente D_{eq} (mm) =					0.92								
Tamaño efectivo d_{10} (mm) =					0.77								
d_{60} (mm) =					1.30								
Coeficiente de Uniformidad C.U. =					1.7								

4.2 OPCIONES SEGÚN LA LOCALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE POTABILIZACIÓN

Considerando que la mejor opción de tratamiento para el sistema de abastecimiento del Jaral del Progreso, es la tecnología de adsorción en zeolita recubierta de manganeso, el análisis se tiene que enfocar en dónde se debe localizar la o las plantas de tratamiento.

Con este objetivo se proponen tres posibilidades:

- 1) Una planta potabilizadora para tratar el caudal de los tres pozos. - Esta opción consiste en llevar el agua de los tres pozos, hasta un terreno disponible cerca de las vías del tren. Para lograr esto se tendría que construir una línea de conducción nueva desde los pozos 1 y 3 (la existente es de asbesto cemento y muy vieja), hacia el terreno en cuestión, así como otra de regreso del agua tratada para alimentar los tanques que alimentan dichos pozos. También se necesita una línea de retorno del agua tratada hacia el tanque que actualmente alimenta el pozo 2.
- 2) Dos plantas potabilizadoras. - En esta condición se propone la construcción de una planta para el pozo 2 y otra, en el terreno del pozo 1, para tratar el caudal de los pozos 1 y 3 juntos. Esto implica cambiar el equipo de extracción del pozo 2, ya que está muy sobrado para las necesidades de la potabilizadora.
- 3) Tres plantas potabilizadoras, una por pozo. - Esto implica utilizar la infraestructura de conducción y distribución que existe actualmente, construyendo las plantas a pie de pozo de acuerdo a la capacidad máxima de extracción que tengan los mismos. Esta opción se descarta, porque el terreno del pozo 3 es muy chico y está inmerso en una escuela. Este último factor es muy importante, porque implica un riesgo para los niños el tener una planta potabilizadora tan cerca.

Por lo tanto, las dos alternativas viables son las siguientes:

No. Alternativa	Sistema de Potabilización	N° de plantas	Caudal (L/s)	No. Filtros	Área/filtro (m ²)
Alternativa 1	Pozo1-Pozo2-Pozo3-CAC-PP-CAT-TD-Red	1	68.50	6	3.58
Alternativa 2	Pozo1-Pozo3-CAC-PP1-CAT-TD-Red	2	37.93	4	3.08
	Pozo2-PP2-CAT-TD-Red		30.57	4	2.63

A continuación, se describe la diferencia entre las dos opciones viables de localización de las plantas potabilizadoras, así como los costos de operación de las dos alternativas.

No. Alternativa	Sistema de Potabilización	Caudal de retrolavado (L/s)	Caudal de recirculación (L/s)	Diámetro tubería de alimentación (m)	Diámetro tubería de retrolavado (m)
Alternativa 1	Pozo1-Pozo2-Pozo3-CAC-PP-CAT-TD-Red	59.6	3.3	0.254	0.2032
Alternativa 2	Pozo1-Pozo3-CAC-PP1-CAT-TD-Red	51.4	2.85	0.2032	0.2032
	Pozo2-PP2-CAT-TD-Red	43.8	2.41	0.1524	0.1524

No. Alternativa	Sistema de Potabilización	Costo de material filtrante (\$)	Costos de Inversión aproximados (\$)	Costo de operación (\$/m3)	Observaciones
Alternativa 1	Pozo1-Pozo2-Pozo3-CAC-PP-CAT-TD-Red	69,000.00	14,227,224.53	0.49	Sin incluir costo de extracción ni distribución
Alternativa 2	Pozo1-Pozo3-CAC-PP1-CAT-TD-Red	40,000.00	10,516,703.73	0.48	Sin incluir costo de extracción ni distribución
	Pozo2-PP2-CAT-TD-Red	33,633.18	9,003,528.04	0.63	Sin incluir costo de distribución

Dónde:

CAC = Cárcamo de agua cruda
 CAT = Cárcamo de agua tratada
 PP = Planta potabilizadora
 TD = Tanque de distribución
 Red = Red de distribución

La opción 1 se muestra en la Figura 8, incluye cuatro equipos de rebombeo para llevar y las líneas nuevas a construir para llevar el agua hacia los diferentes tanques de distribución. La opción 2 (Figura 9) sólo necesita tres equipos de rebombeo y una línea de unión entre el pozo 1 y el 3.

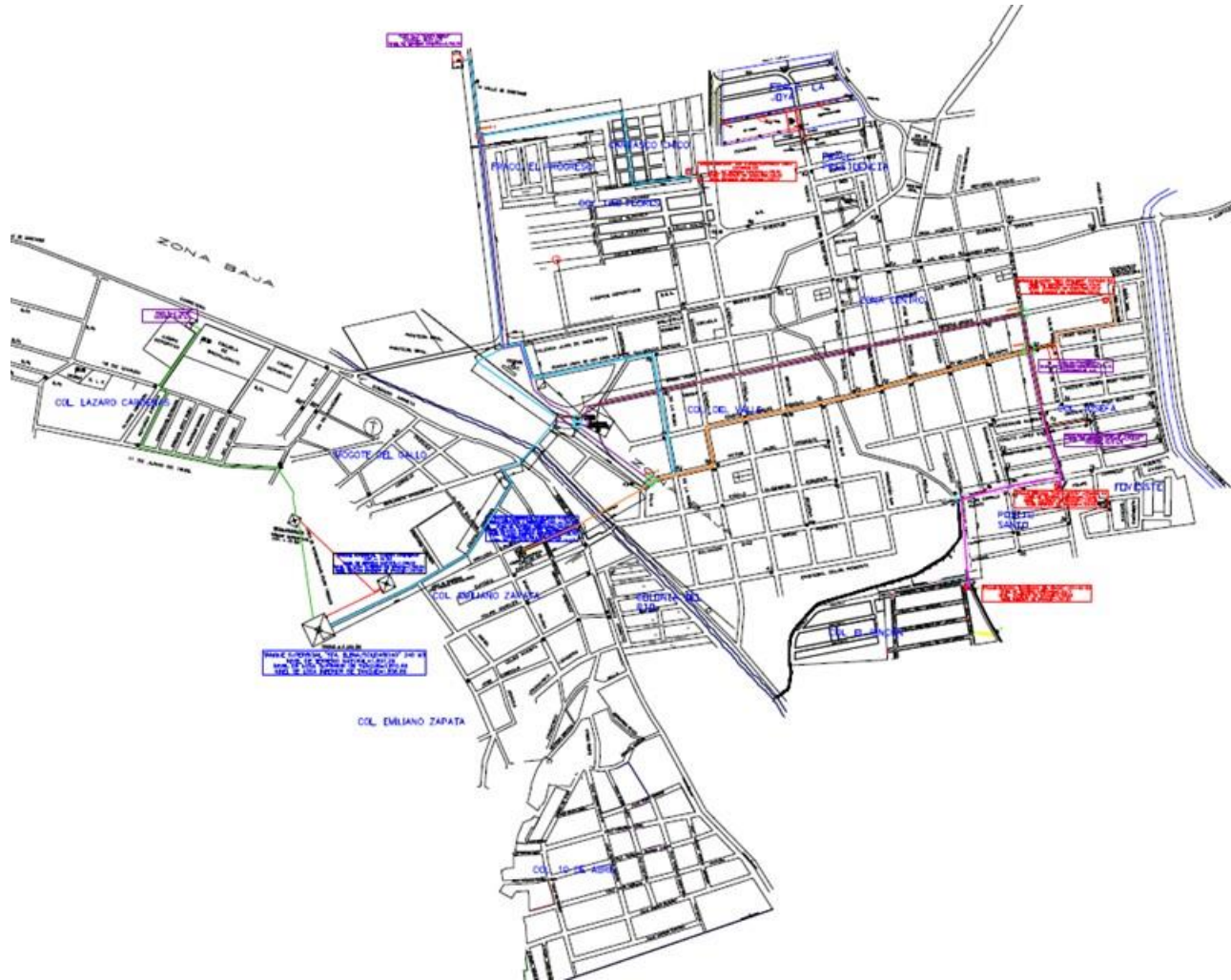


Figura 8 Alternativa 1, una planta potabilizadora

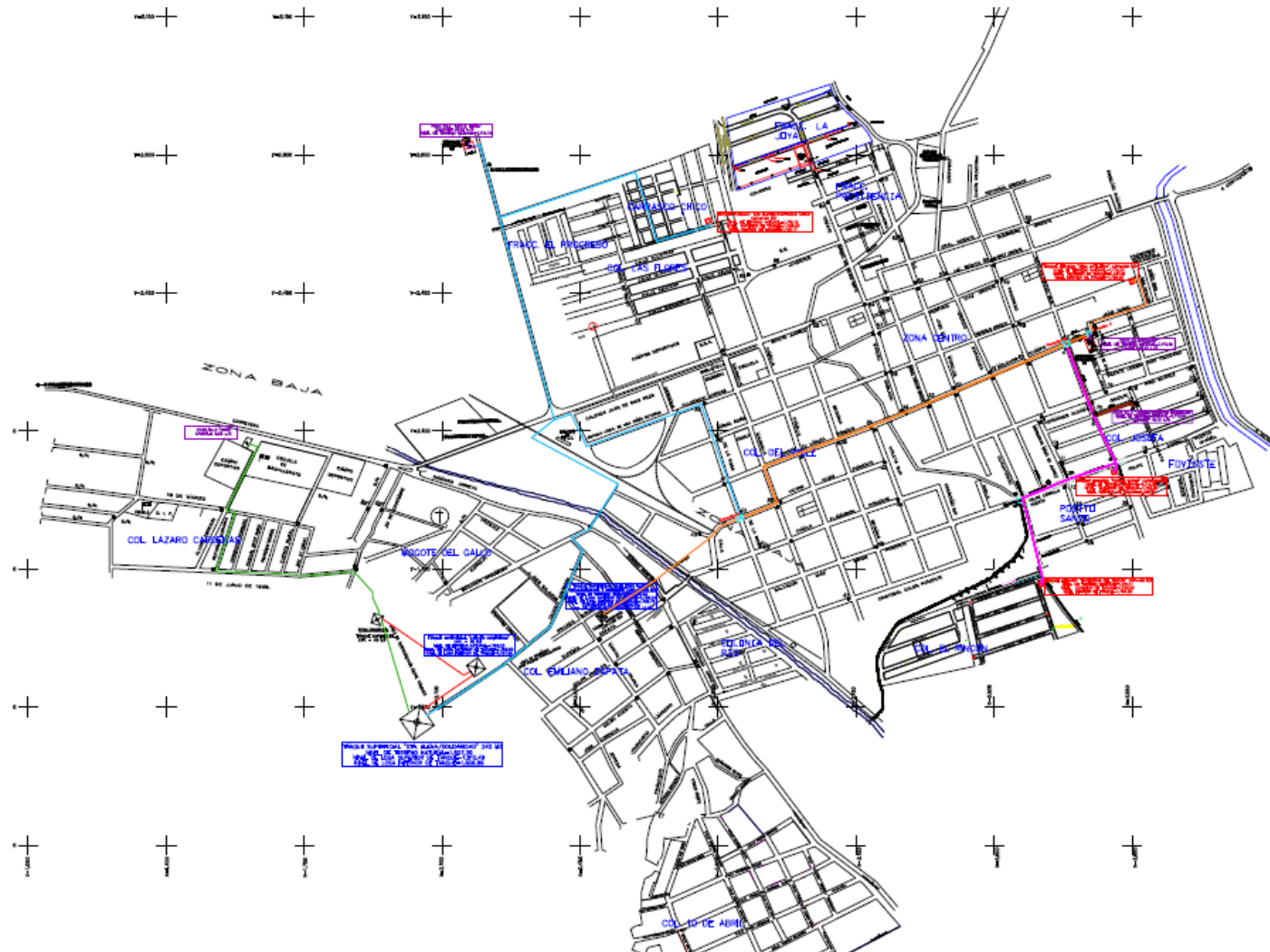


Figura 9 Alternativa 2 (2 potabilizadoras)

4.3 COSTOS PRELIMINARES DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

El costo preliminar de las líneas de conducción requeridas para las opciones 1 y 2, se calculó con base al catálogo de precios de la CONAGUA, obteniendo previamente el diámetro económico.

Dependiendo de la opción analizada se consideran los tramos de tubería y se calculan los volúmenes de obra. Para cada alternativa se obtienen los siguientes generadores y costos.

Tabla 14 Análisis del diámetro económico, tubería desde Pozo 3 hasta planta potabilizadora en Alternativa 1

RESUMEN DE COSTOS				
Material	Diámetro (plg)	Costo de construcción	Costo de energía (\$)	Total a valor presente
Acero	4	1,947,721.13	32,210,329.44	34,158,050.57
Acero	6	1,593,618.33	3,664,832.38	5,258,450.71
Acero	8	2,472,472.81	1,516,616.54	3,989,089.35
Acero	10	3,290,227.35	1,016,298.60	4,306,525.95
Acero	12	4,263,460.51	882,858.73	5,146,319.24
Acero	14	5,111,830.90	833,726.85	5,945,557.75

Tabla 15 Análisis del diámetro económico, tubería desde Pozo 3 hasta planta potabilizadora en Alternativa 2

RESUMEN DE COSTOS				
Material	Diámetro (plg)	Costo de construcción	Costo de energía	Total a valor presente
Acero	4	472,735.86	788,953.98	1,261,689.85
Acero	6	386,790.76	326,540.79	713,331.55
Acero	8	600,099.55	290,521.33	890,620.88
Acero	10	798,578.63	281,929.13	1,080,507.76
Acero	12	1,034,794.28	279,592.61	1,314,386.89
Acero	14	1,240,704.20	278,719.88	1,519,424.08

El desglose de cálculos para determinar el diámetro económico, se anexan al presente informe en una base de Excel. La opción 3 no incluye construcción de tubería de conducción.

4.4 COSTOS PRELIMINARES PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Los costos de inversión preliminares se calcularon con base en los precios de plantas potabilizadoras del mismo tipo, construidas en la Comarca Lagunera para la remoción de arsénico desde el 2014 a la fecha. Los costos al 2016 se calcularon con una inflación del 4% anual dependiendo del año para el que se contaba con el dato.

La infraestructura de las potabilizadoras para remover arsénico es básicamente similar con la requerida para remover manganeso, a excepción del material filtrante y el tipo de reactivos a utilizar. El material filtrante de las potabilizadoras para remover arsénico es arena y antracita, mientras que para remover manganeso es zeolita natural tipo clinoptilolita. Para remover arsénico se requiere añadir cloruro férrico además de hipoclorito de sodio, y para remover manganeso solamente se requiere el oxidante.

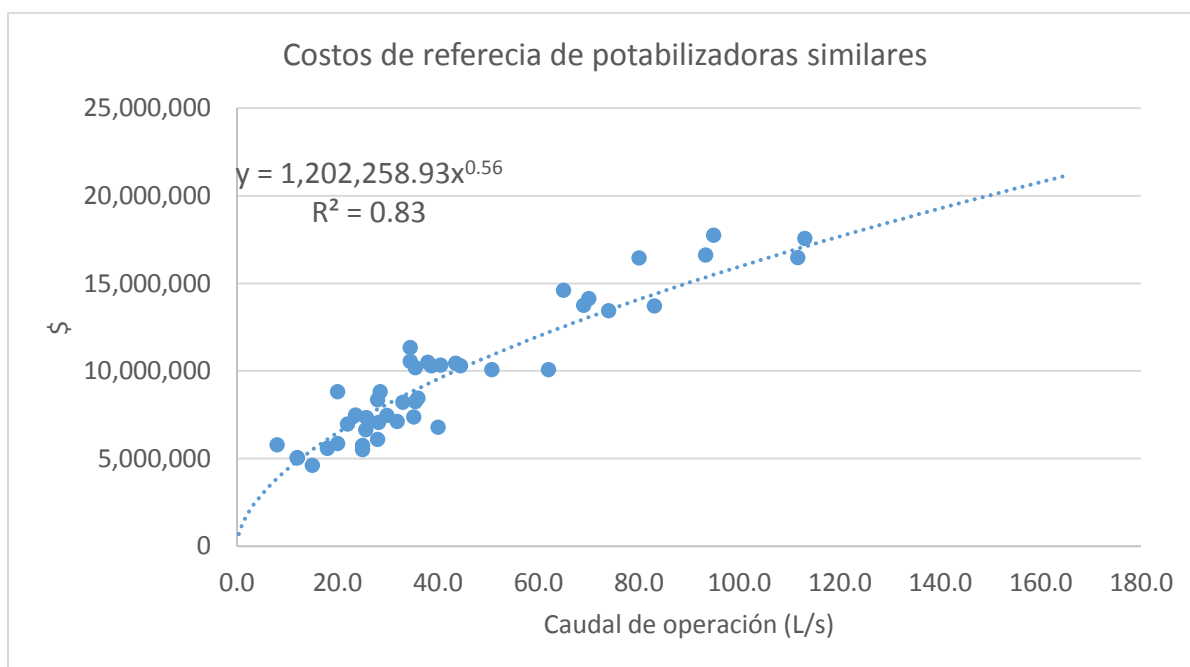


Figura 10 Curva de tendencia de costos de potabilizadoras para remover arsénico en la Comarca Lagunera.

Con los precios de las plantas de la Comarca Lagunera se obtuvo una curva de tendencia en función del gasto (Figura 10), la cual se aplicó a los gastos de los pozos de estudio. Debido a que los costos de construcción de las potabilizadoras de la Laguna incluyen un material diferente, se añadió al costo de construcción de las plantas, el del material filtrante. En la Tabla 17 se muestra un resumen de los costos aproximados de inversión (tomados preliminarmente para tomar una decisión), los costos de operación y del material filtrante.

El análisis de costos a valor presente, se puede ver en la Tabla 16.

Tabla 16 Costos totales a valor presente

ALTERNATIVA 1					
Año	Año de operación	Costo de inversión	Costo de Operación	Valor Presente	Total
2017	0	20,858,312.81			40,741,960.51
2018	1		2,268,415.83	2,062,196.21	
2019	2		2,268,415.83	1,874,723.83	
2020	3		2,268,415.83	1,704,294.39	
2021	4		2,268,415.83	1,549,358.53	
2022	5		2,268,415.83	1,408,507.76	
2023	6		2,268,415.83	1,280,461.60	
2024	7		2,268,415.83	1,164,056.00	
2025	8		2,268,415.83	1,058,232.73	
2026	9		2,268,415.83	962,029.75	
2027	10	1,481,921.78	2,268,415.83	1,445,917.50	
2028	11		2,268,415.83	795,065.91	
2029	12		2,268,415.83	722,787.19	
2030	13		2,268,415.83	657,079.26	
2031	14		2,268,415.83	597,344.79	
2032	15		2,268,415.83	543,040.71	
2033	16		2,268,415.83	493,673.38	
2034	17		2,268,415.83	448,793.98	
2035	18		2,268,415.83	407,994.53	
2036	19		2,268,415.83	370,904.11	
2037	20		2,268,415.83	337,185.56	
			Total	19,883,647.70	

ALTERNATIVA 2					
Año	Año de operación	Costo de inversión	Costo de Operación	Valor Presente	Total
2017	0	21,120,102.33			39,479,161.84
2018	1		2,100,239.13	1,909,308.30	
2019	2		2,100,239.13	1,735,734.82	
2020	3		2,100,239.13	1,577,940.74	
2021	4		2,100,239.13	1,434,491.58	
2022	5		2,100,239.13	1,304,083.26	
2023	6		2,100,239.13	1,185,530.23	
2024	7		2,100,239.13	1,077,754.76	
2025	8		2,100,239.13	979,777.05	
2026	9		2,100,239.13	890,706.41	
2027	10	1,241,209.17	2,100,239.13	1,288,272.97	
2028	11		2,100,239.13	736,121.00	
2029	12		2,100,239.13	669,200.91	
2030	13		2,100,239.13	608,364.46	
2031	14		2,100,239.13	553,058.60	
2032	15		2,100,239.13	502,780.55	
2033	16		2,100,239.13	457,073.23	
2034	17		2,100,239.13	415,521.11	
2035	18		2,100,239.13	377,746.47	
2036	19		2,100,239.13	343,405.88	
2037	20		2,100,239.13	312,187.16	
Total				18,359,059.51	

Con base en este análisis decidió por la alternativa 2.

Tabla 17 Costo total por alternativa

No. Alternativa	N° de PP	Caudal (L/s)	(\$ PP al 2017 con base en PP similares SIN IVA)	(\$ Zeolita SIN IVA)	(\$ Línea de conducción SIN IVA)	(\$ Equipo de bombeo externo a la PP SIN IVA)
1	1	68.5	14,227,224.53	69,000.00	5,373,236.34	1,188,851.94
2	1	37.9	10,516,703.73	40,000.00	684,094.76	842,142.62
	2	30.6	9,003,528.04	33,633.18		
No. Alternativa	N° de PP	(\$ Total de inversión)	(\$/año) Operación PP	(\$/año) energía de extracción y conducción	(\$/año) Operación total	(\$ Total)
1	1	20,858,312.81	1,058,505.84	1,209,909.99	2,268,415.83	23,126,728.64
2	1	21,120,102.33	574,157.03	918,727.12	2,100,239.13	23,220,341.45
	2		607,354.98			

PP = Planta Potabilizadora

5 TOPOGRAFÍA

5.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Se realizó la topografía de los sitios en donde se plantea la construcción de las plantas potabilizadoras, es decir, en los terrenos de los pozos 1 y 2, y de la línea de conducción desde el Pozo 3 hasta el Pozo 1.

Primero se llevó a cabo el reconocimiento del lugar y la identificación visual de los pozos 1 y 2, así como de los tanques de almacenamiento.

Una vez definidos los trabajos con personal del SMAPAJ, se procedió a definir un área estratégica (punto alto) para fijar la base con el equipo topográfico, la cual se estableció en el tanque de almacenamiento superficial Santa Elena (

Figura 11).



Estación total colocada en el tanque
tanque



Bajando nivel del

Figura 11 Tanque superficial Santa Elena

Se realizaron los trabajos de topografía en los pozos 1 y 2 desde la base anteriormente mencionada, para definir su localización geográfica y alturas referenciadas al elipsoide actualmente utilizadas por el INEGI. De igual manera se

establecieron las ubicaciones y niveles de los tanques: Carrasco, Niño Artillero, el de las oficinas del SMAPAJ y del tanque de la Colonia del Rincón. En cada caso se dejaron líneas base como referencia para la colocación de puntos de liga con el equipo topográfico.



Tanque Carrasco



Tanque Niño artillero



Tanque Carrillo Puerto



Tanque superficial Santa Elena



Tanque superficial Guillermo Rubio



Tanque Rincón

Figura 12 Tanques de almacenamiento del sistema de agua potable del Jaral del Progreso.



Pozo 1

Pozo 2



Pozo 3

Figura 13 Pozos con problemas de Manganeso en Jaral del Progreso.

5.2 EQUIPO UTILIZADO

Los equipos utilizados para el levantamiento fueron los siguientes:

1. Estación total MCA SOKKIA, modelo 630 RK3, con alcance de 2500 m y precisión de 5”.
2. Prisma de largo alcance MCA GEOSURV.
3. Baliza de aluminio MCA SOKKIA, de 3.15 m de altura.
4. Equipo de radiocomunicación MCA MIDLAND GXT 860

5.3 MÉTODO UTILIZADO PARA LA GEORREFERENCIACIÓN

Se utilizó un punto GPS ubicado en el punto base (Tanque No. 4) cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

X	Y	Z
283327.4981	2253448.994	1810.480

Con dichas coordenadas se realizó una línea base a la esquina del predio del Pozo 2.

5.4 RESULTADOS

Los resultados del levantamiento de la infraestructura, se muestran de la Figura 14 a la Figura 23

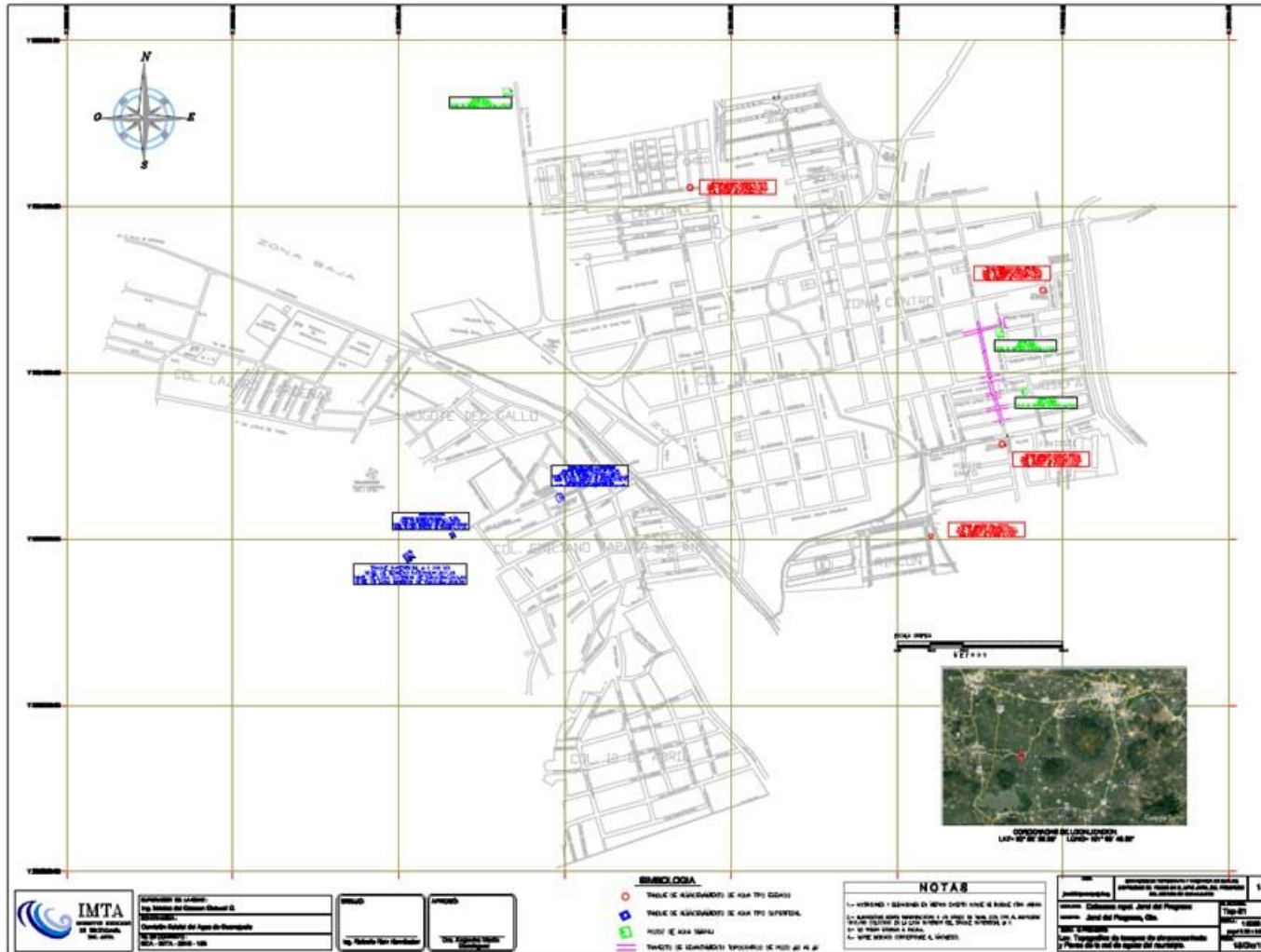


Figura 14 Plano general de localización (Ver anexo de planos para más detalle)

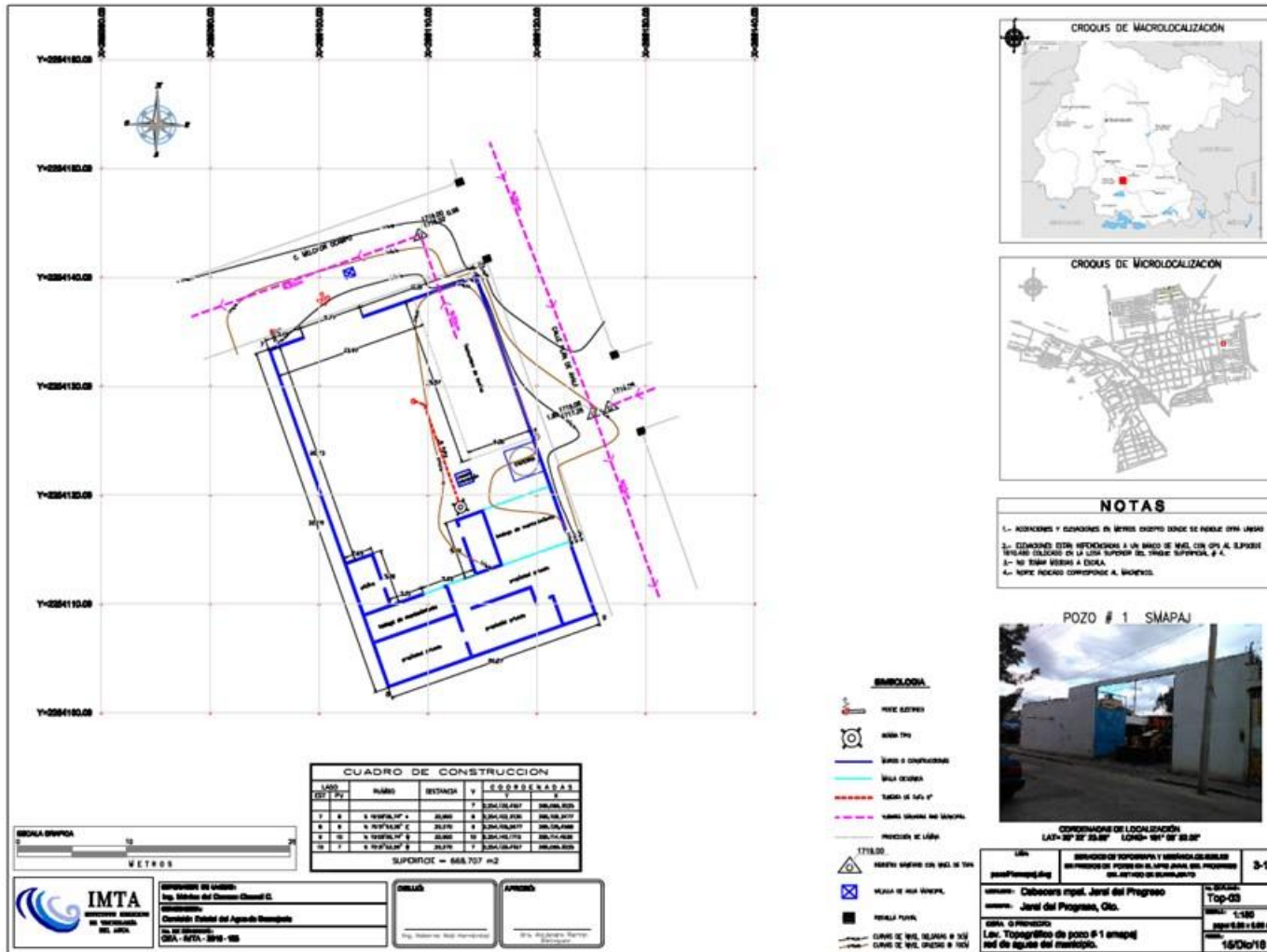


Figura 15 Levantamiento Pozo 1 (Ver anexo de planos para más detalle)

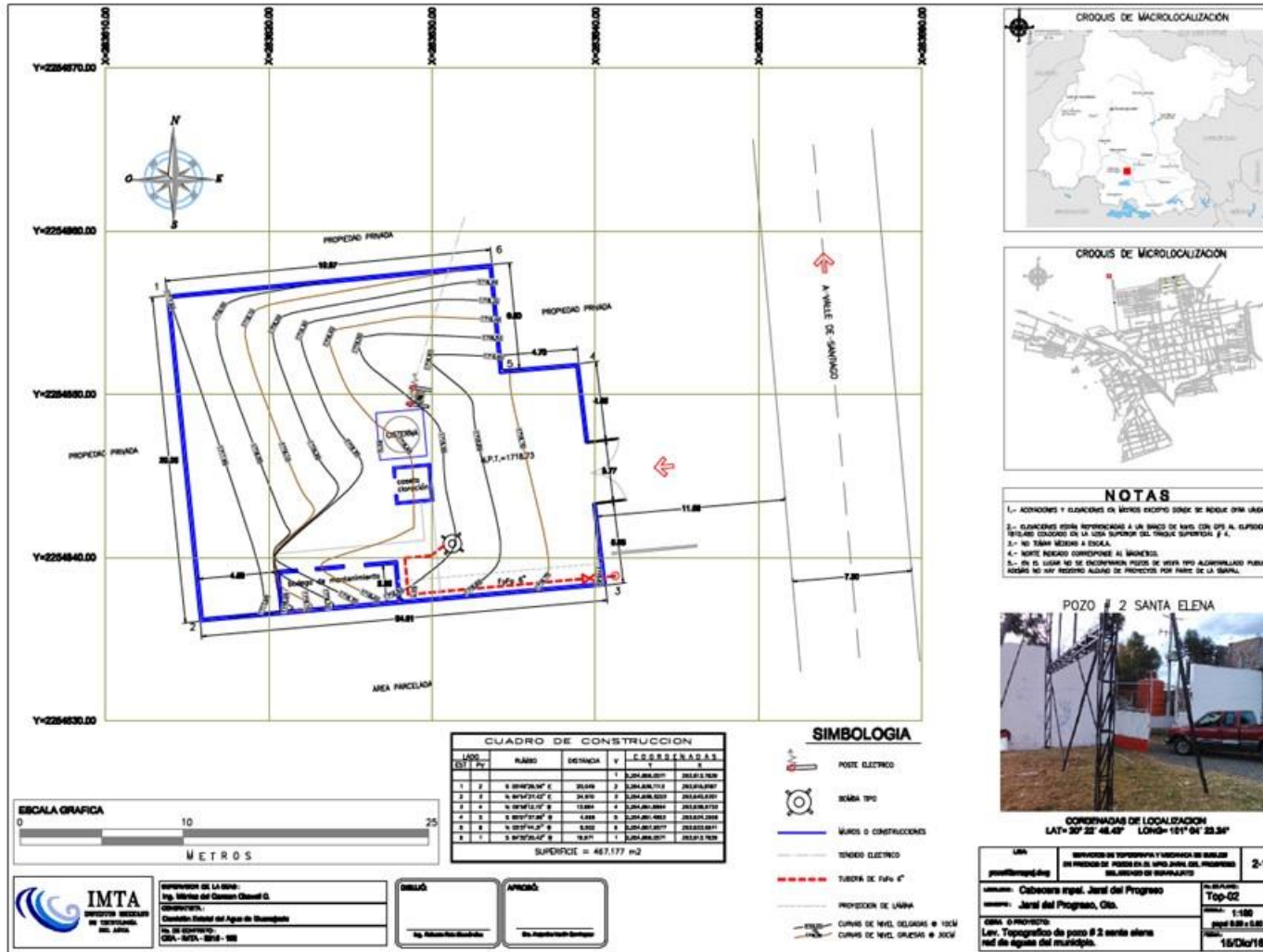


Figura 16 Levantamiento Pozo 2 (Ver anexo de planos para más detalle)

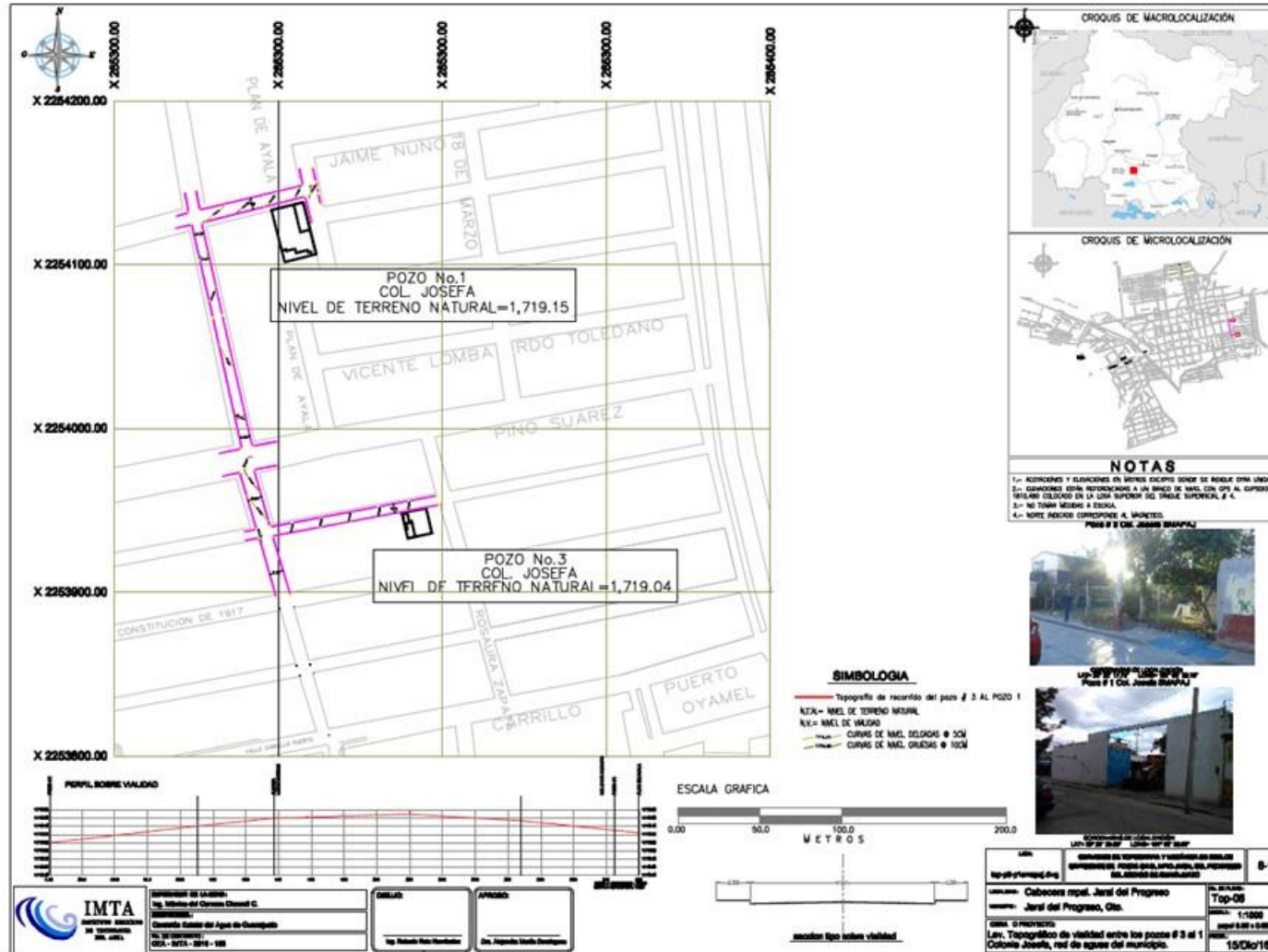


Figura 17 Levantamiento vialidad entre Pozo 1 y Pozo 3 (Ver anexo de planos para más detalle)

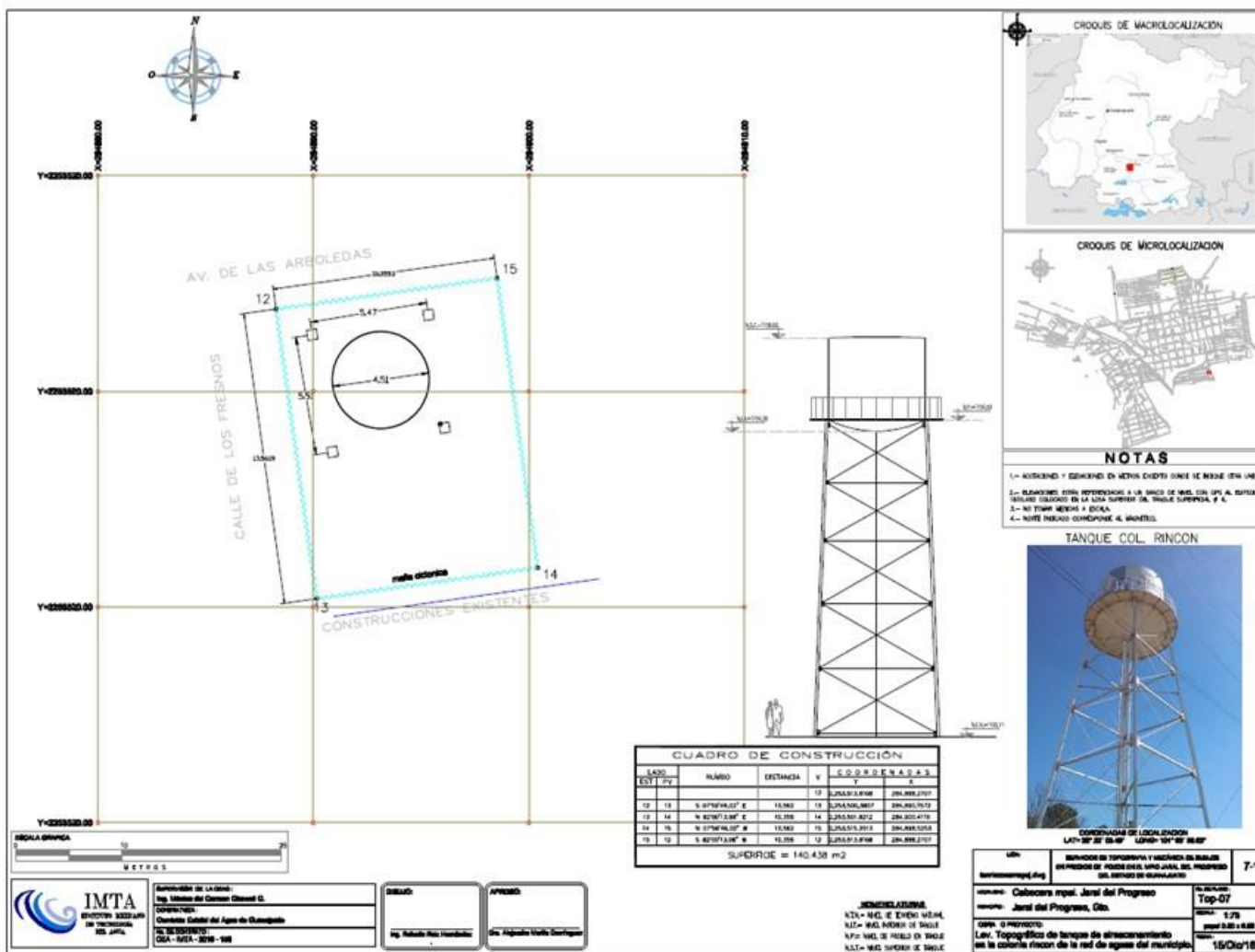


Figura 18 Levantamiento Tanque Hacienda del Rincón (Ver anexo de planos para más detalle)

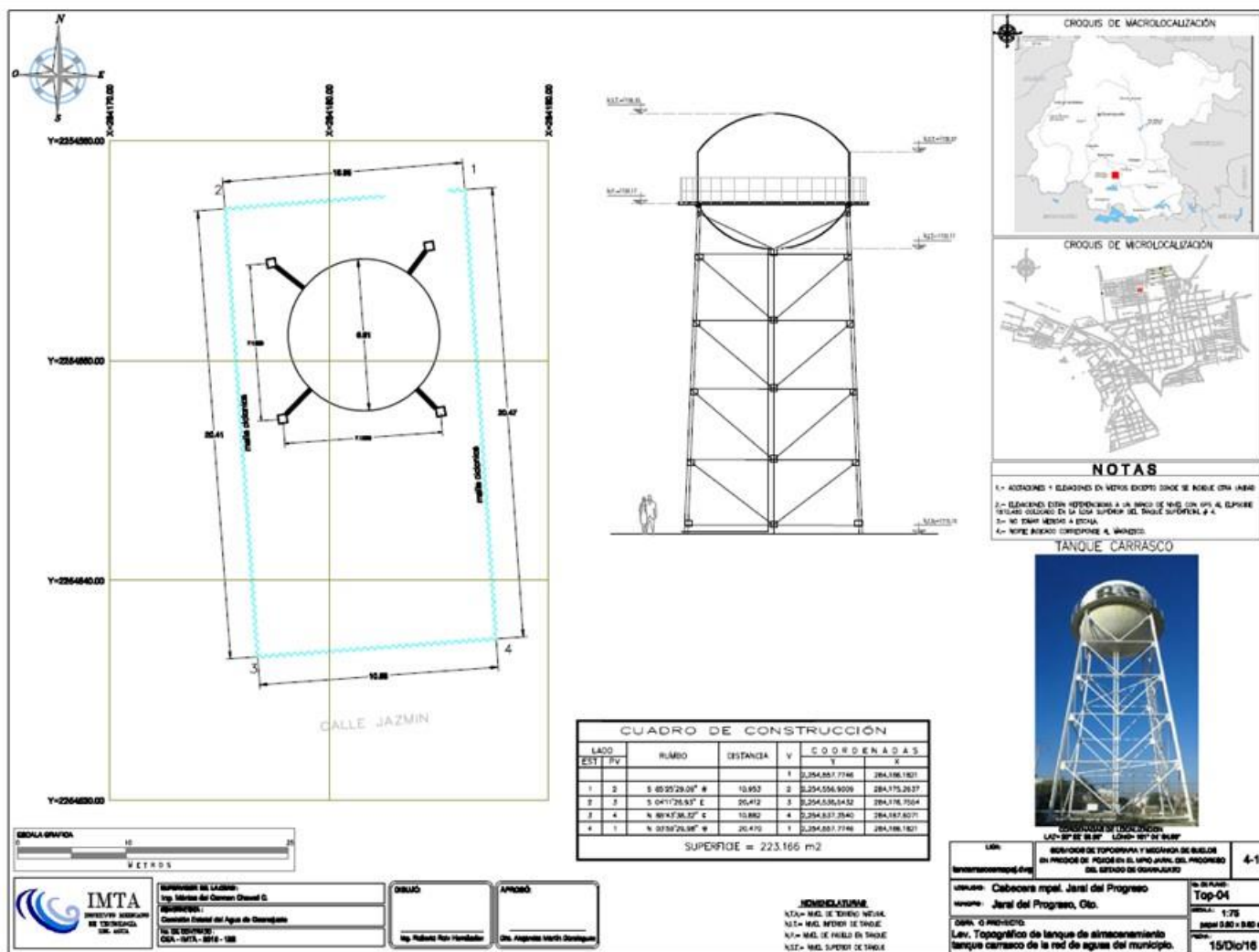


Figura 19 Levantamiento Tanque Las Flores (Ver anexo de planos para más detalle)

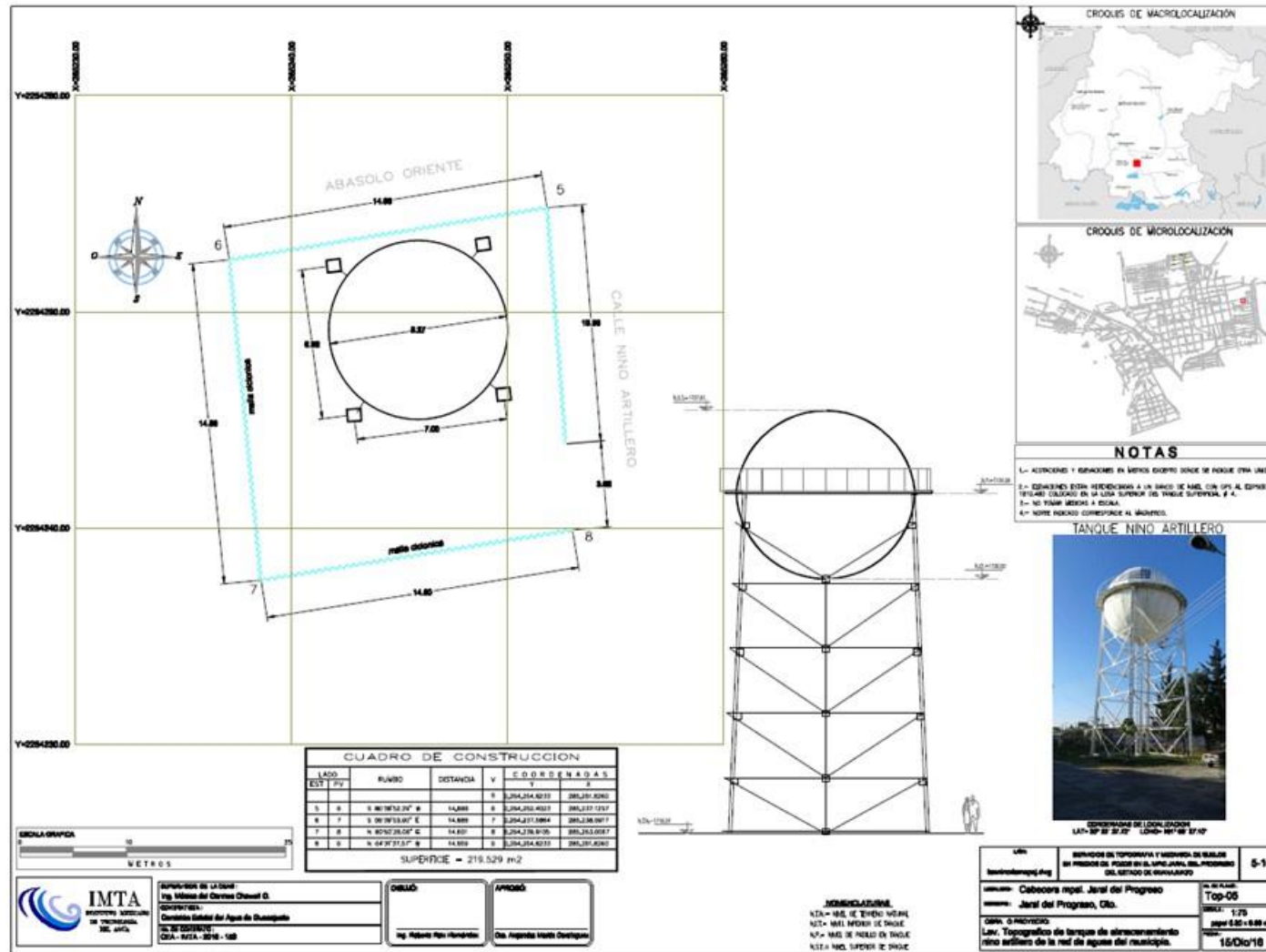


Figura 20 Levantamiento Tanque Niño Artillero (Ver anexo de planos para más detalle)

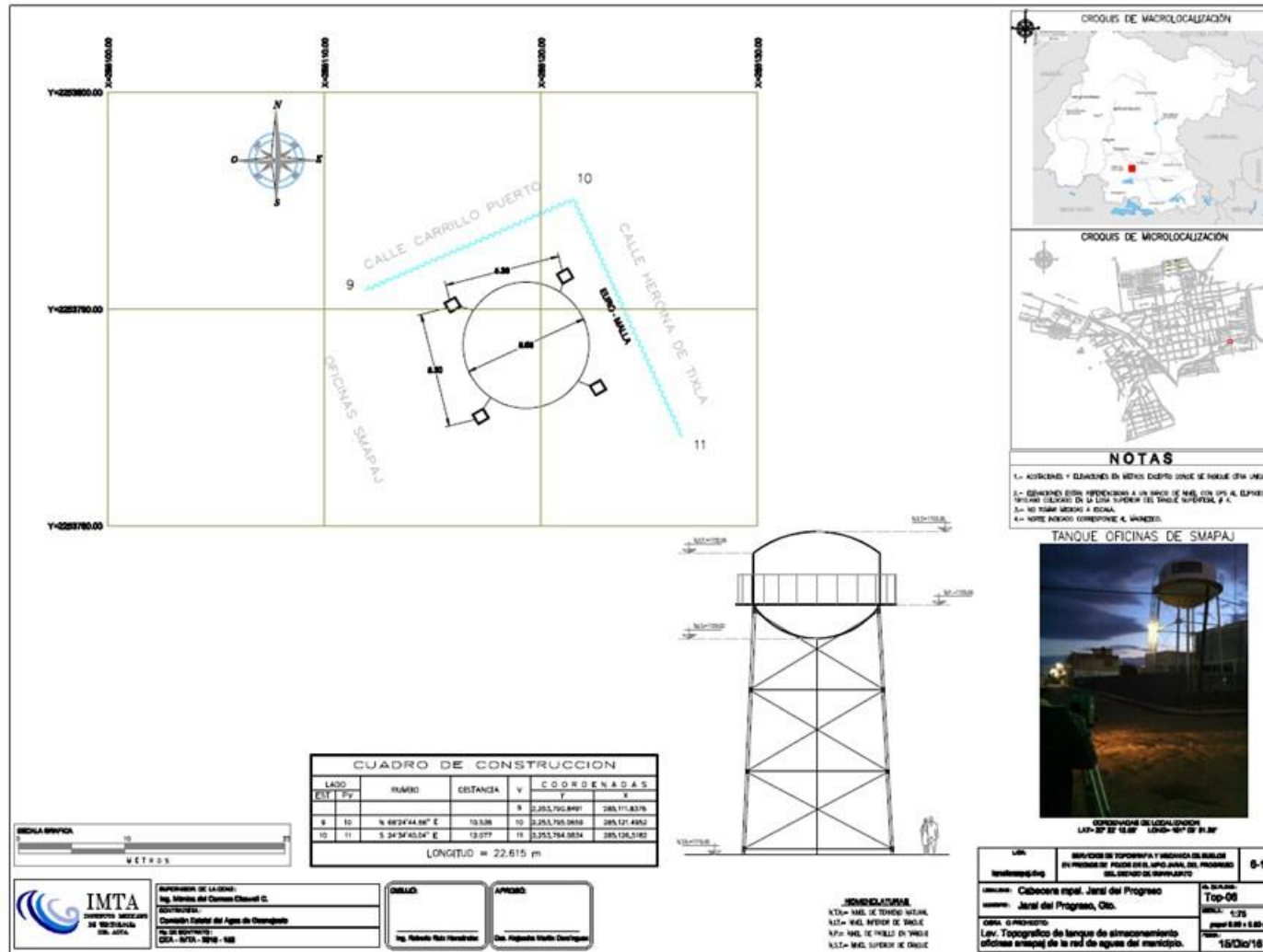


Figura 21 Levantamiento Tanque Posito Santo (Ver anexo de planos para más detalle)

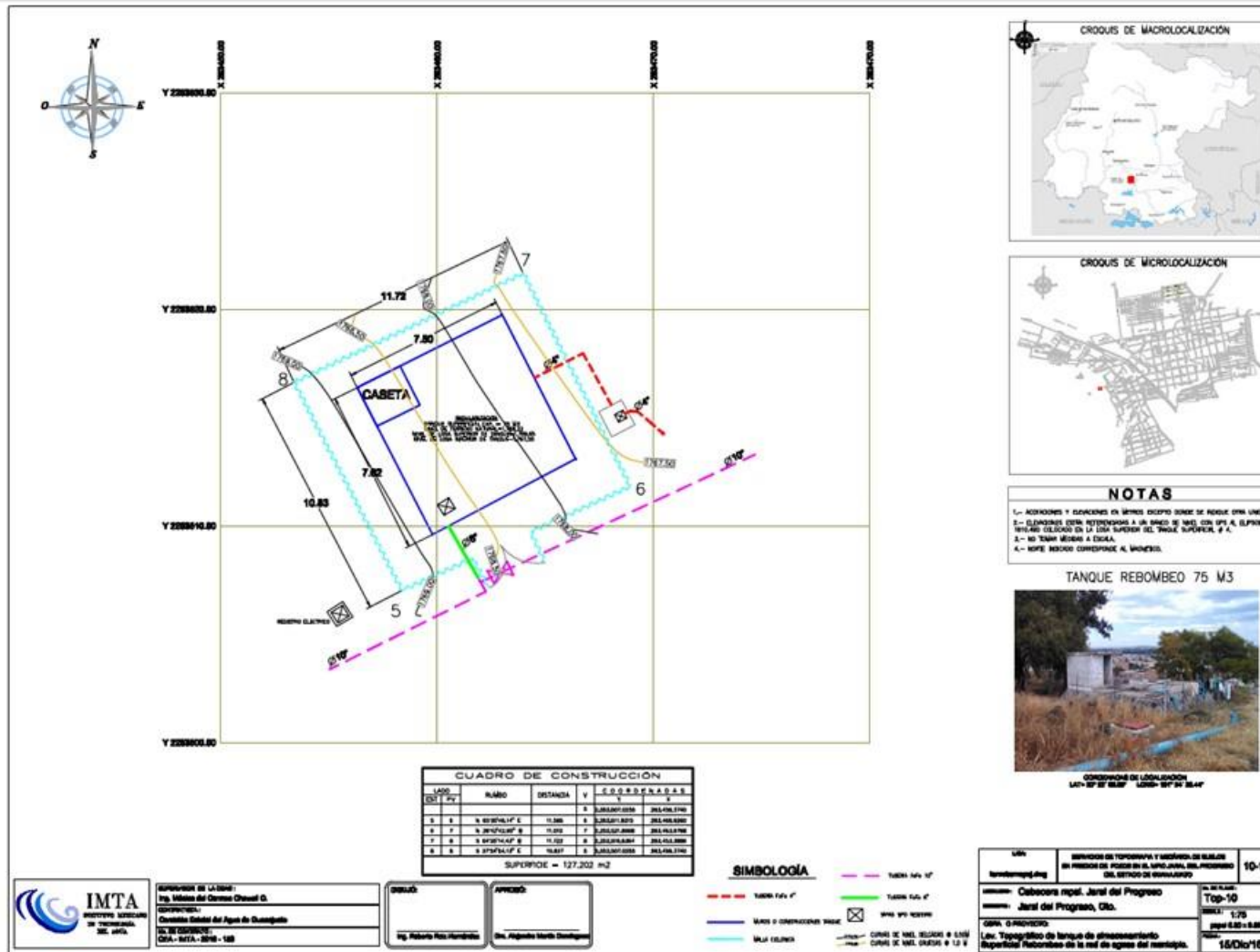


Figura 22 Levantamiento Tanque Calixto Contreras (Ver anexo de planos para más detalle)

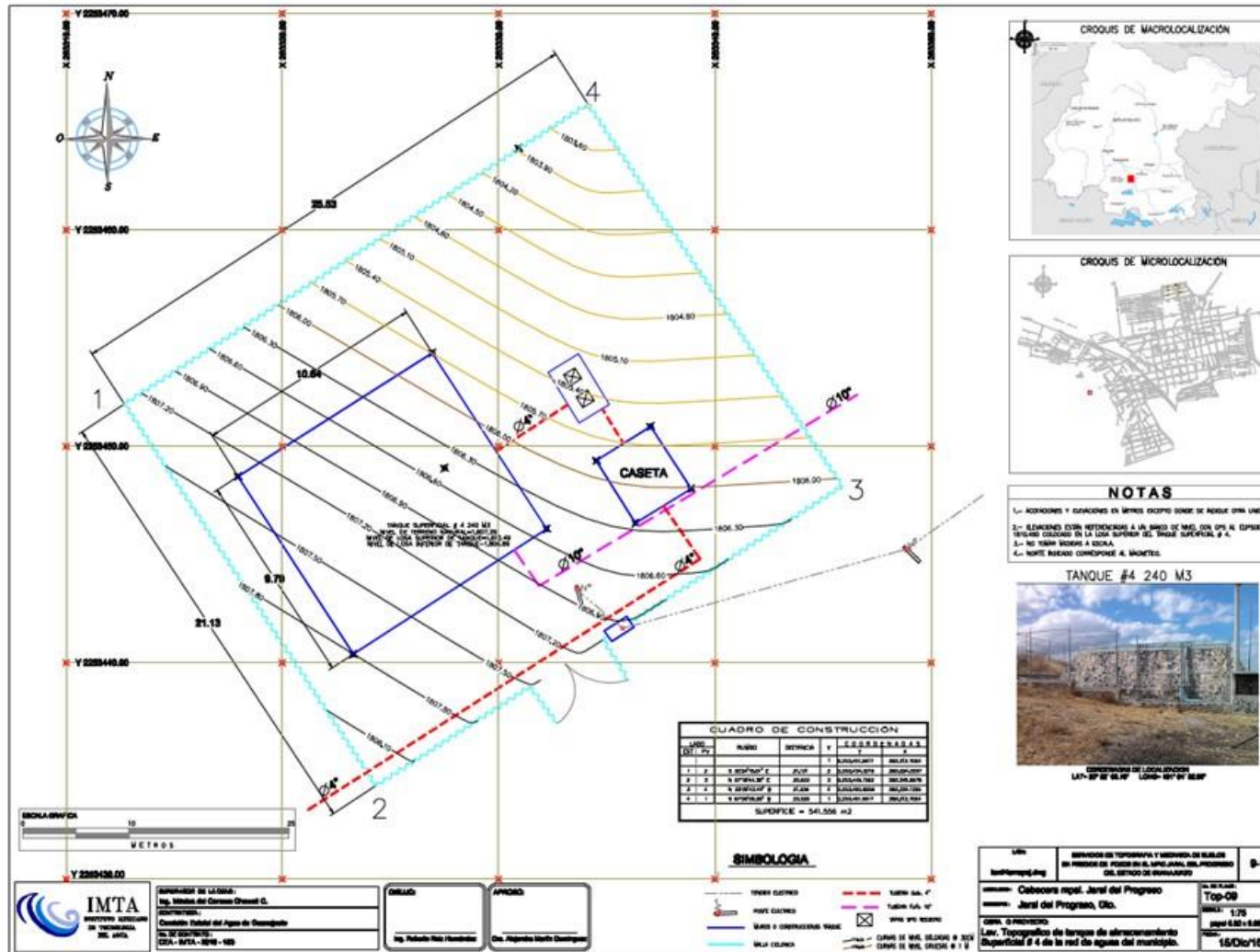


Figura 23 Levantamiento Tanque Santa Elena (Ver anexo de planos para más detalle)

La Tabla 18 es un resumen de los datos con los que se cuenta de la infraestructura existente.

Tabla 18 Resumen de información de la infraestructura existente

Infraestructura	Ubicación				
	Nivel de Terreno Natural (NTN)	Nivel inferior de Tanque	Nivel superior de tanque	Latitud	Longitud
Pozo 1 "Ocampo"	1719.15	-	-	20° 22' 23.69"	101° 03' 32.02"
Pozo 2 "Santa Elena"	1718.73	-	-	20° 22' 46.43"	101° 04' 23.24"
Pozo 3 "Josefa Ortíz de Domínguez"	1719.04	-	-	20° 22' 17.73'	101° 03' 29.18"
Pozo 4 "CETI'S"	-	-	-	28° 29' 65.90"	22° 54' 191.45"
Tanque 1 "Guillermo Rubio"	1735.93	1735.79	1738.23	20° 22' 06.85"	101° 04' 17.42"
Tanque 2 "Calixto Contreras"	1768.22	1767.55	1769.65	20° 22' 02.96"	101° 04' 28.44"
Tanque 4 "Santa Elena o Solidaridad"	1807.29	1806.89	1810.49	20° 22' 00.78"	101° 04' 32.98"
Tanque 5 "Niño artillero"	1718.24	1730.03	1737.81	20° 22' 27.72"	101° 03' 27.10"
Tanque 6 "Las flores o Carrasco Chico"	1719.19	1732.17	1738.33	20° 22' 36.95"	101° 04' 04.06"
Tanque 9 "Haciendas del Rincón"	1720.11	1734.3	1738.63	20° 22' 03.48"	101° 03' 39.03"
Tanque 10 "Posito Santo"	1719.05	1729.02	1733.38	20° 22' 12.59"	101° 03' 31.35"
Infraestructura	Material de fabricación	Tipo	Capacidad Tanque (m ³)/Pozo (L/s)	Superficie del terreno (m ²)	Área disponible aprox.(m ²)
Pozo 1 "Ocampo"	Ademe de acero	Profundo	22.81	668.707	290
Pozo 2 "Santa Elena"	Ademe de acero	Profundo	30.57	467.177	260
Pozo 3 "Josefa Ortíz de Domínguez"	Ademe de acero	Profundo	15.12	-	-
Pozo 4 "CETI'S"	Ademe de acero	Profundo	8.25	-	-
Tanque 1 "Guillermo Rubio"	Mampostería	Superficial	150	-	-
Tanque 2 "Calixto Contreras"	Mampostería	Superficial	75	127.202	-
Tanque 4 "Santa Elena o Solidaridad"	Mampostería	Superficial	240	541.556	-
Tanque 5 "Niño artillero"	Acero	Elevado	350	219.53	-
Tanque 6 "Las flores o Carrasco Chico"	Acero	Elevado	150	223.166	-
Tanque 9 "Haciendas del Rincón"	Acero	Elevado	50	140.438	-
Tanque 10 "Posito Santo"	Acero	Elevado	150	26.615	-



Esquina Carrillo Puerto



Calle Melchor Ocampo



Calle Melchor Ocampo



Calle Hermanos Aldama



Pozo 2



Tanque Niño Artillero

Figura 24 Diferentes vistas del levantamiento topográfico

Los predios en donde se localizan los pozos 1 y 2, son prácticamente planos.....

6 MECÁNICA DE SUELOS

6.1 ENCUADRE GEOLÓGICO E HIDROLOGÍA

La información para este subcapítulo, se tomó literalmente de los siguientes documentos:

- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía.
- Servicio Geológico Mexicano, Cartas Geológicas.
- http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_204_Accindesuelosexpansivos..Nmero4.pdf, autores: Ing. Julio Patrone e Ing. José Enrique Prefumo.

6.1.1 ENCUADRE GEOLÓGICO GENERAL

La geología en la región de la cuenca Lerma-Chapala comprende eventos volcano-sedimentarios, sedimentarios e ígneos intrusivos y extrusivos, que representan un tiempo geológico que va del Jurásico al Reciente en un registro de más de 140 millones de años.

Las rocas más antiguas se encuentran al norte de la cuenca, en la sierra de Guanajuato y corresponden a depósitos sedimentarios y volcano-sedimentarios continentales y marinos del Jurásico, cubiertos por rocas sedimentarias continentales y marinas del Cretácico en la porción centro-norte de la cuenca.

Las rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Paleoceno y las rocas ígneas extrusivas del Neógeno representan eventos volcánicos intensos y muy extendidos dentro de la cuenca. Las rocas con mayor expresión superficial corresponden al Eje Neovolcánico Transversal (ENT), de edad Pleistoceno, en la porción centro-sur de la cuenca. El registro más reciente, en el Holoceno, corresponde a los últimos eventos volcánicos del ENT y los suelos derivados de ellos, en las partes topográficas bajas del Bajío guanajuatense y de los valles del Alto y Medio Lerma.

En cuanto a las estructuras geológicas, el mesozoico presenta en el Jurásico una fase de deformación dúctil y para el Cretácico una fase dúctil-frágil representado por rocas foliadas, plegadas y fracturadas. En el Paleógeno se registró una fase de deformación distensiva que contribuyó al desarrollo y emplazamiento de un gran volumen de rocas ígneas extrusivas de la Sierra Madre Occidental (SMO) y fallas normales orientadas principalmente norte-sur. En el Neógeno se registró una fase

distensiva norte-sur que dio origen a un gran sistema de fallas normales de orientación este-oeste y otra fase distensiva de orientación noreste-suroeste, que favoreció el desarrollo de un sistema de fracturamiento cortical paralelo, regular y sistemático, que favoreció el desarrollo de grandes domos, conos, mesas y otras estructuras volcánicas del Campo Volcánico de Michoacán y Guanajuato, que representan al Pleistoceno y Holoceno y son parte del ENT.

El Jurásico, en la parte media del Mesozoico, está representado por rocas volcano-sedimentarias compuestas por toba andesítica, arenisca, caliza, limonita, lutita y filita, en estratos y capas delgadas, cortadas por cuerpos irregulares de piroxenita y gabro. Otras rocas ígneas intrusivas son diques y mantos de diorita, tonalita y basalto. Las rocas jurásicas se encuentran plegadas en forma de anticlinales y sinclinales de orientación noro-este-sureste en la Sierra de Guanajuato y representan un tiempo geológico que va de 163 a 144 millones de años antes del presente.

El Cretácico, en la parte superior del Mesozoico, está representado por rocas sedimentarias detríticas y carbonatos, compuestas por arenisca, conglomerado y toba andesítica, en estratos y capas delgadas de origen continental y rocas de caliza, arenisca, lutita, limonita y yeso, de origen marino, que se encuentran en las sierras de Amealco, Gorda y Guanajuato. Las rocas cretácicas se presentan deformadas en pliegues amplios y paralelos, orientados noroestesureste, afectadas por fallas normales de orientación norte-sur y representan un intervalo de tiempo de 144 a 66 millones de años antes del presente.

El registro geológico del Paleoceno, en la base del Paleógeno, está representado por conglomerados de origen continental que se encuentran en la sierra de Guanajuato; el Eoceno, en la parte media del Paleógeno, está representado por estratos gruesos de conglomerado y arenisca, de origen continental, también de la Sierra de Guanajuato; el Oligoceno, en la cima del Paleógeno, está representado por cuerpos irregulares y antiguos derrames de riolita, riodacita, latita y andesita con rocas cortantes de granito y granodiorita. En su conjunto, el registro geológico del Paleógeno, se encuentra en las sierras de Guanajuato, San Andrés y Pénjamo, así como en la región de Chapala y otras zonas de Jalisco, presentando una fase distensiva intensa que favoreció el emplazamiento de un gran volumen de riolita y riodacita. Las estructuras representan diferentes eventos tectónicos y volcánicos de la SMO y del EVTm sobrepuestos al basamento de una parte de la corteza terrestre denominado "Terreno Guerrero". El Paleógeno representa un tiempo geológico de 66 a 23 millones de años.

El Mioceno, en la base del Neógeno, está representado por rocas ígneas extrusivas, de composición de riolita, riodacita, andesita y basalto, con geo formas de mesetas, conos, sierras aisladas y longitudinales. Estas rocas presentan una fase de deformación frágil con estructuras de fallas normales de orientación este-oeste desde Amealco y Huichapan, hasta Chapala, y se encuentran en la porción central de la cuenca, en el Bajío guanajuatense, en la región de Chapala, así como en las sierras de San Andrés y Pénjamo.

El Plioceno, en la cima del Neógeno, está representado por rocas de andesita, basalto, riolita y dacita principalmente. El Neógeno comprende un tiempo geológico que va de 23 a 1.6 millones de años.

El registro geológico del Pleistoceno, en la base del Cuaternario, está representado por basalto, andesita y en menor proporción de riolita, en geo formas de conos aislados, conos sobrepuestos, estratovolcanes, lomeríos y sierras longitudinales. Se encuentran en la región centro-sur de la cuenca y presentan una fase de distensión de orientación noreste-suroeste que favorecieron el desarrollo de un gran sistema de fracturas corticales y contribuyeron al emplazamiento de un gran volumen de rocas ígneas extrusivas basálticas como en el Campo Volcánico de Michoacán Guanajuato al sur y suroeste de la cuenca de Lerma-Chapala. El Pleistoceno comprende un tiempo geológico que va de 1.8 a 0.01 millones de años.

El Holoceno o Reciente está representado por rocas de basalto y andesita que son los últimos eventos volcánicos del ENT y por los materiales sedimentarios sin consolidar, como grava, arena, limo y arcilla, así como los suelos derivados de todas las rocas preexistentes que se encuentran en el centro y en los valles de río Lerma, el Bajío guanajuatense, así como en la planicie fluvial y lacustre de Chapala. Representa un tiempo que va de 10,000 años antes del presente y hasta nuestros días.

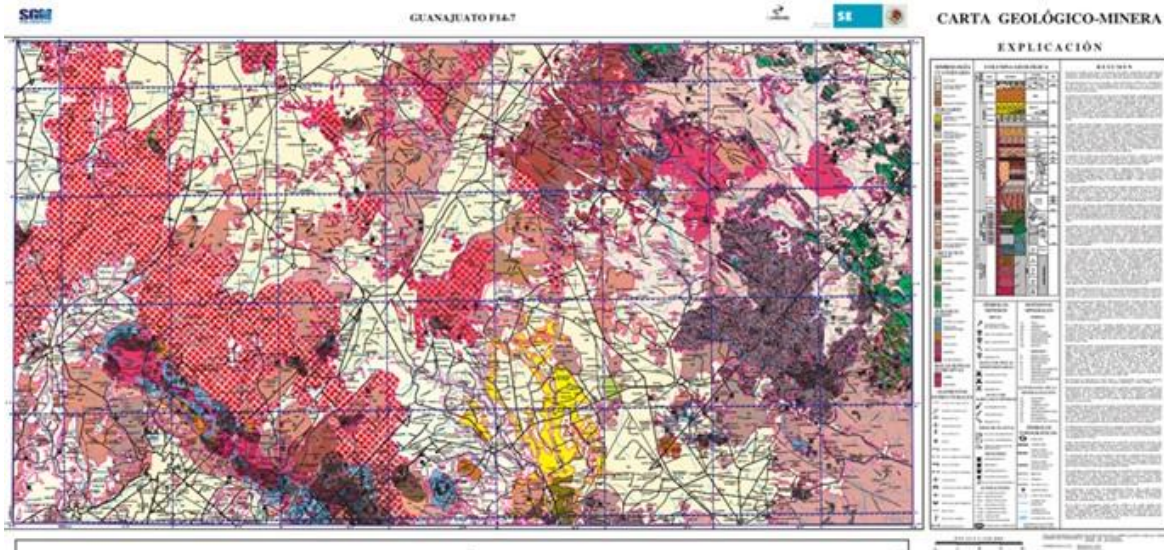


Figura 25 Carta geológica del estado de Guanajuato

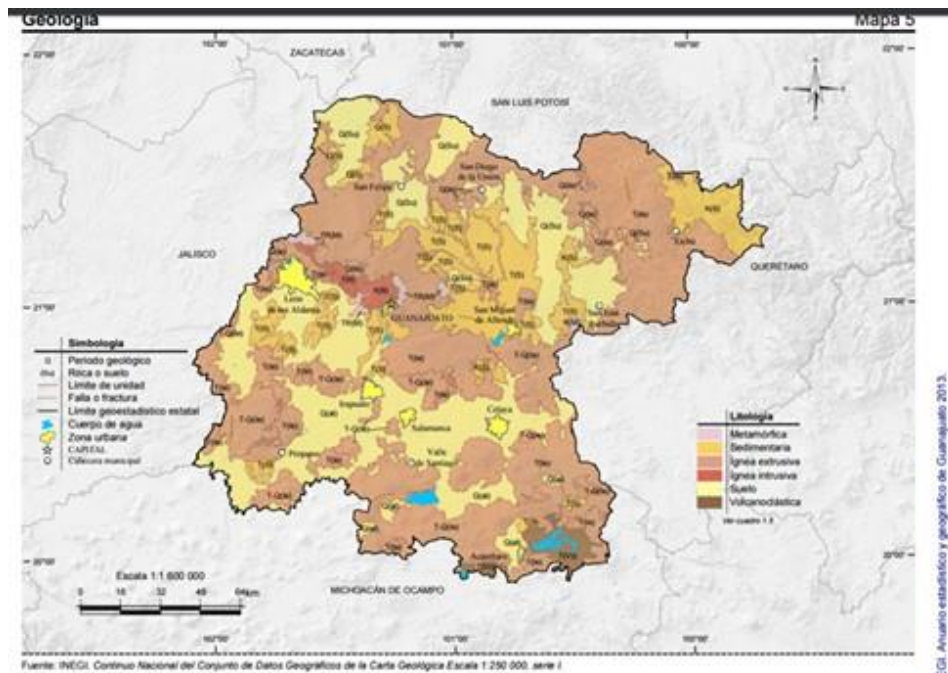


Figura 26 Geología (Litología) del Estado de Guanajuato

6.1.2 ENCUADRE GEOLÓGICO LOCAL

En la región del municipio Jaral del Progreso, aflora una columna estratigráfica constituida por rocas volcánicas y sedimentarias continentales, que comprenden edad de la parte superior del Plioceno al Reciente. De estas se hace una breve descripción que sirve de marco para comprender la serie de eventos geológicos acaecidos en tiempo y espacio, y su relación con los procesos que dieron origen a las rocas y agregados pétreos que constituyen la riqueza minera de este municipio.

Las rocas presentes en el municipio Jaral del Progreso son principalmente sedimentarias, las cuales fueron depositadas en un medio lacustre (Qhoal) y consisten de bloques y brecha volcánicos, aglomerados y lapilli, ceniza gruesa y ceniza fina, de acuerdo con la terminología aplicada a los sedimentos y rocas detríticas, arreglada conforme a los límites de tamaño; así como también arenisca y conglomerado polimíctico volcánico (TplQAr-Cgp).

Perteneciendo la zona de estudio de Jaral del Progreso, a la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico, una de sus características sobresalientes es precisamente la presencia de rocas y aparatos volcánicos, y los derrames y conos cineríticos, lavas, brechas, tezontle rojo y negro y rocas piroclásticas, que son comunes en el área. Después de los sedimentos lacustres, los cuales ocupan parte de la superficie, las mayores extensiones están cubiertas por rocas basálticas y andesitas basálticas (QptA-B), referidas a los cerros Blanco, La Tetilla, Potrerillo y Culiacán, destacando este último en el paisaje regional, por su elevación de 2,830 m.s.n.m.

Se dice que el término “basalto” se deriva de una palabra etíope que significa una piedra negra que lleva hierro. En el uso moderno, los basaltos pueden definirse como lavas máficas en las que la plagioclasa cálcica es el principal mineral constitutivo junto con un cierto número de minerales máficos. Los minerales máficos son augita, olivino y óxidos de hierro; la hornblenda, la biotita y la hiperstena ocurren sólo en casos excepcionales. Pueden distinguirse dos grupos de basalto: las variedades portadoras de olivino y las variedades que carecen de olivino (toleitas), las cuales son marcadas frecuentemente por la presencia del cuarzo. Las primeras variedades del basalto se presentan comúnmente asociadas con productos de diferenciación alcalina, como el traquibasalto, la traquiandesita, la fonolita, mientras que los basaltos toleíticos aparecen asociados íntimamente con productos de diferenciación calcio-alcalinos, como la andesita, la dacita y la riolita.

En general, los basaltos son de textura de grano fino, frecuentemente desarrollan vesículas de gas, las más grandes son de varios decímetros de diámetro y pueden estar ocupadas por cristales de diversas zeolitas. Los basaltos son con ventaja, las más abundantes de todas las rocas volcánicas.

En el municipio Jaral del Progreso (Figura 27) los agregados pétreos de interés económico son: escorias volcánicas conocidas comúnmente como el tezontle, el tepetate compuesto de limo, arcilla, arena, grava, y el basalto o andesita basáltica, como nuevas localidades que pueden aportar arena-grava para caminos, carreteras e industria de la construcción.

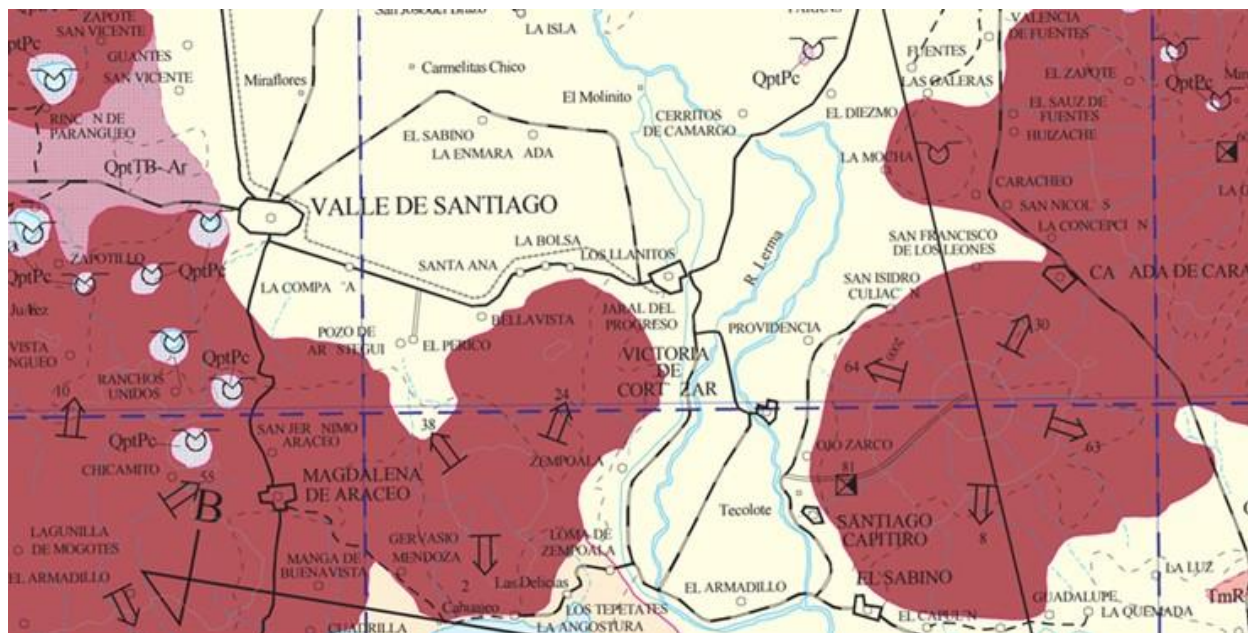


Figura 27 Encuadre geológico local, Jaral del Progreso, Guanajuato

Como se puede apreciar en la columna geológica el suelo donde se construirán las potabilizadoras (Figura 28), es un área Qhoal, el cual significa que es un suelo del Cuaternario Holoceno.

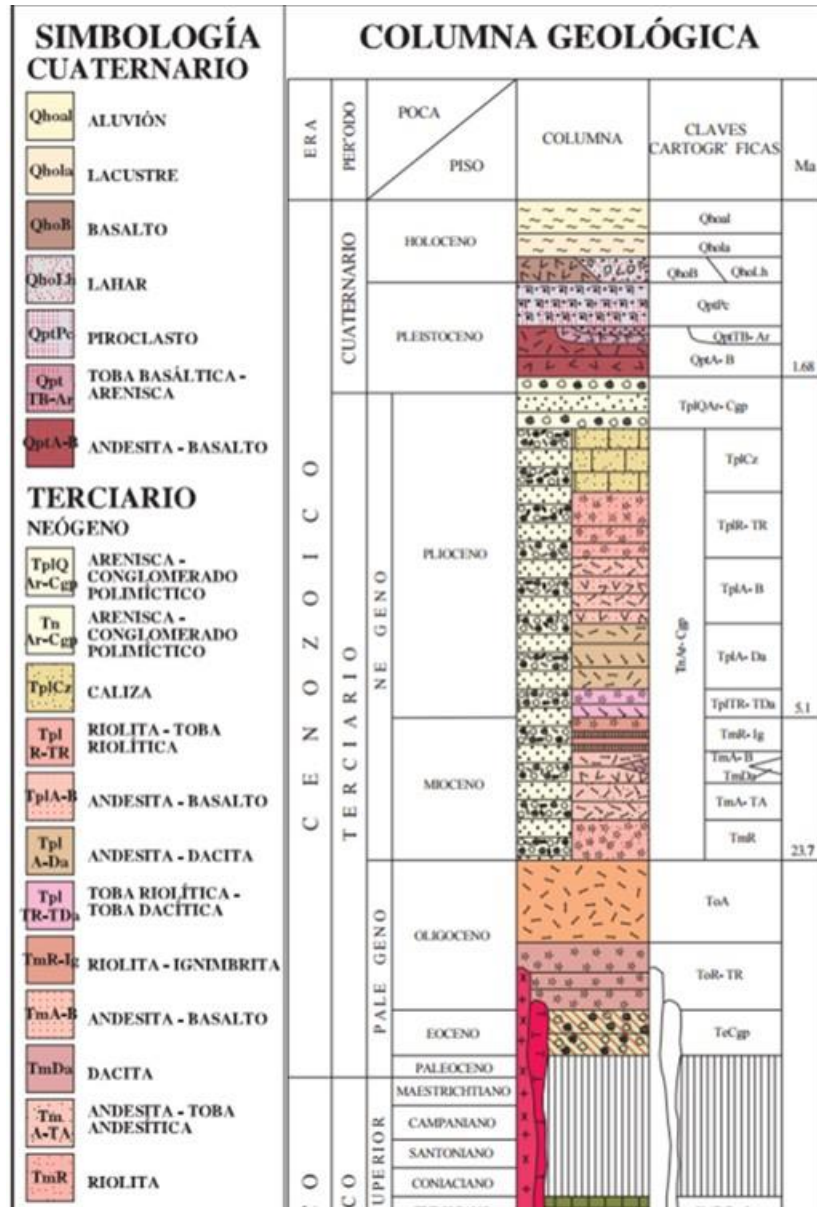


Figura 28 Columna geológica del área de trabajo

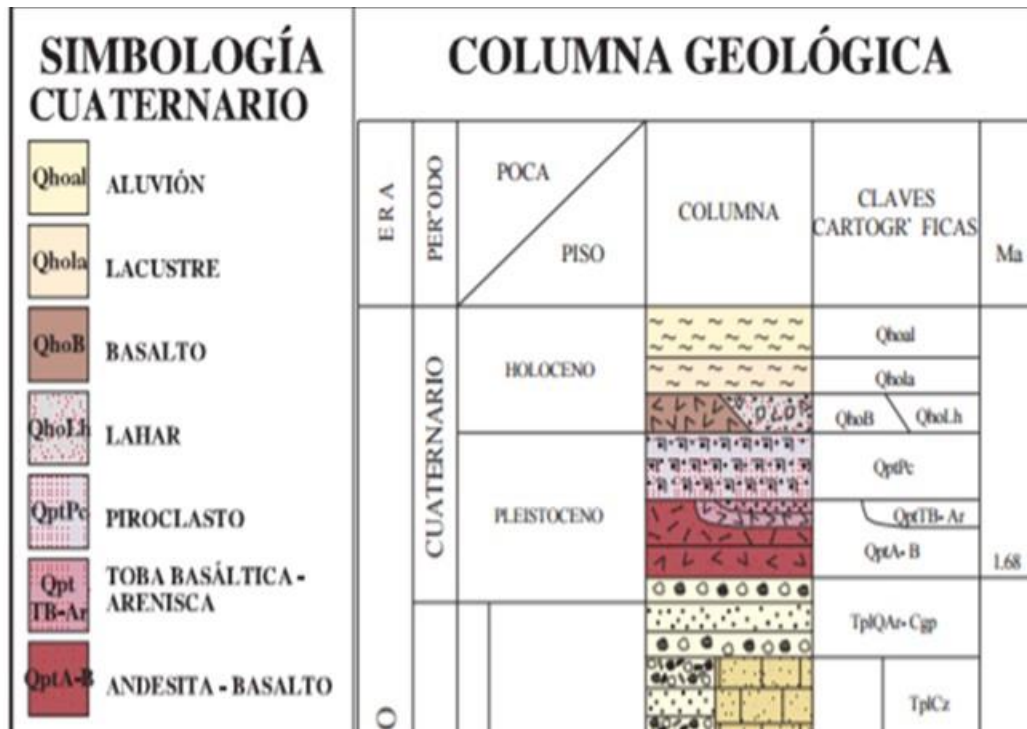


Figura 29 Era geológica del suelo Qhoal

6.1.3 HIDROLOGÍA

Las aguas superficiales del Estado de Guanajuato están distribuidas en dos regiones hidrológicas: RH12 “Lerma-Santiago” y RH26 “Panuco”.

La región hidrológica RH12 “Lerma-Santiago” cubre el 82.54% de la superficie del estado, abarcando el centro y sur de la entidad y pertenece a la vertiente del Océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Lerma-Toluca (2.84%), Río Lerma-Salamanca (34.57%), Río Lerma-Chapala (3.37%), Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo-Yuriria (4.33%), Río Lajas (32.29) y Río Verde Grande (5.14%). Las corrientes más importantes son el río Lerma y el río Laja.

El río Lerma es el más largo de los ríos interiores con un recorrido de 708 km; nace en el estado de México, atraviesa el valle de Toluca, entra al estado de Guanajuato y desemboca en el lago de Chapala entre Jalisco y Michoacán. Es importante fuente

hídrica para riego de cultivo y para la generación de energía; sobre de su cauce está ubicada la Presa Solís, con capacidad de 1,217 millones de metros cúbicos.

El río Laja es uno de los afluentes más importantes del río Lerma, nace sobre la Sierra de Guanajuato y tiene un recorrido de 250 km. Su cuenca se encuentra situada en la parte centro-noroeste del Estado. Sobre su cauce está ubicada la Presa Ignacio Allende con capacidad de 251 millones de metros cúbicos; la segunda más grande del estado.

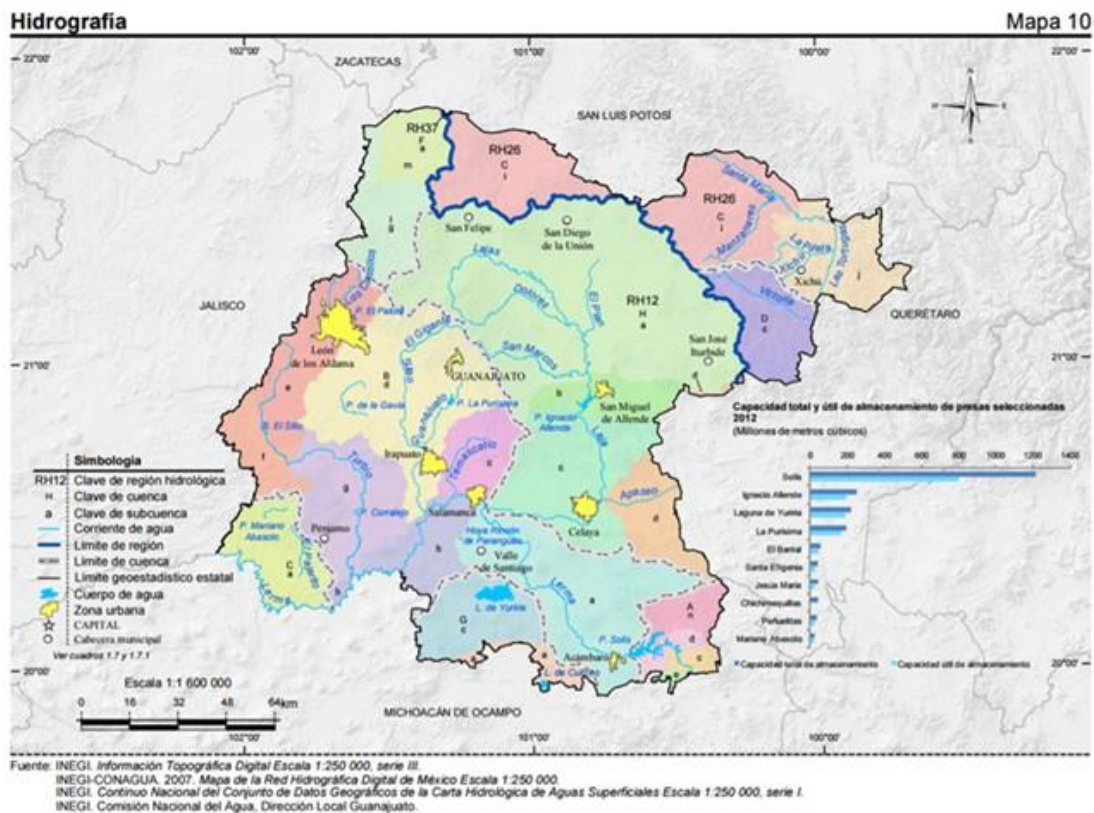


Figura 30 Marco hidrológico superficial de Guanajuato

Dentro de esta región hidrológica se ubican las lagunas de Yuriria y de Cuitzeo, que son las principales de Guanajuato.

La región hidrológica RH23 “Panuco” cubre el 17.45% de la superficie del estado en el extremo norte y noreste. Pertenece a la vertiente del Golfo de México. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Tamuín (13.95%) y Río Moctezuma (3.50%). Dichas cuencas se conforman de ríos y arroyos que nacen en la Sierra Gorda, fluyendo hacia el norte por cañadas profundas y valles angostos. Los ríos más importantes de estas cuencas en Guanajuato son: Santa María, Manzanares, la Pileta, Xichú y Victoria. En la cuenca del Pánuco únicamente se encuentran obras de dimensiones menores como bordos y represas.

En referencia a las aguas subterráneas, la CONAGUA tiene delimitados 18 acuíferos en la entidad, de los cuales 16 están sobreexplotados. En general el estado presenta un balance hídrico negativo; es decir que la extracción supera a la recarga, con un déficit de 790 millones de metros cúbicos. Los acuíferos más sobreexplotados son: 1113 Valle de León, 1119 Irapuato-valle, 1115 Valle de Celaya y 1120 Penjamo-Abasol. En estos cuatro el déficit es de 603 millones de metros cúbicos.

6.2 SISMICIDAD

Las grandes incertidumbres en la estimación tanto de las características de movimientos sísmicos, como del comportamiento y capacidad de los elementos estructurales ante ellos, hacen que no sea posible establecer, dentro de los límites racionales y económicos, criterios de diseño que garanticen la ausencia de daños en una estructura ante la acción de cualquier temblor.

El objeto del diseño por sismo es, esencialmente, minimizar los daños y preservar la vida humana, aún en los casos más severos. Específicamente, mediante las recomendaciones para diseño, se pretende que la mayoría de las estructuras:

- Resistan los temblores ligeros sin daño alguno.
- Resistan temblores moderados con daño estructural insignificante y con cierto daño no estructural.
- No colapsen ante la acción de sismos severos.

Como casos especiales, las estructuras esenciales para la seguridad y bienestar públicos en caso de emergencia, como hospitales, estaciones de bomberos, etc.,

Cuando la determinación era ambigua, se recomendaba tomar los parámetros estipulados para la zona de mayor sismicidad. Se procedía con una clasificación del tipo de terreno en función de dos parámetros: el periodo dominante y la velocidad de propagación de ondas de corte en el sitio. Como resultado se tenían doce espectros de diseño regionales, que cubrían grandes sectores de la República y una gran variedad de condiciones del terreno.

En particular, para terrenos tipo II y III se tomaban en cuenta, implícitamente, los efectos de amplificación dinámica y de no linealidad. Si se conocía el periodo del terreno se premian algunas modificaciones en los límites de la meseta espectral. Esta forma de proceder fue bien aceptada en la comunidad porque, a pesar de su simplicidad, fue un gran avance en la descripción de las variaciones de las intensidades sísmicas debidas a la cercanía del sitio a las fuentes sísmicas y al tipo de terreno. Además, sentó las bases del diseño sísmico óptimo.

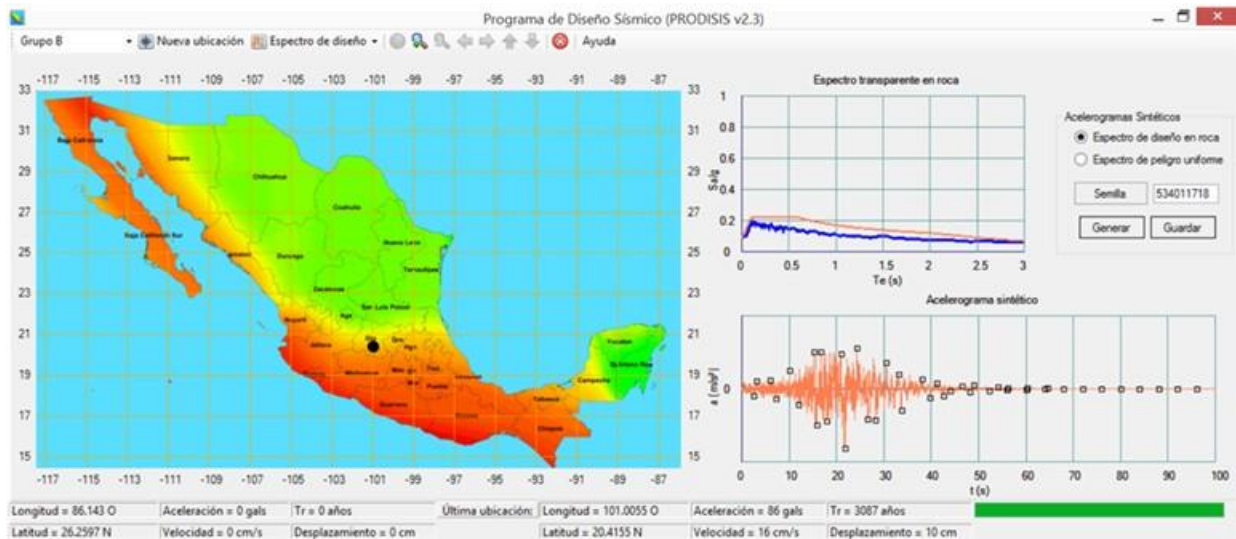


Figura 32 Software PRODISIS para sismos (CFE)

Estado límite y caracterización del terreno	Te y ζ_e efectivos	Resumen	Espectro
Respuesta dinámica $T_s = 0.44$ s $V_s = 90.91$ m/s <input type="checkbox"/> M. Haskel (exacto)	Fact comp lineal $p = 0.13$ $F_s = 2.001$ $F_r = 3.937$	Espectro de diseño $a_0 = 0.167$ g $c = 0.659$ g $T_a = 0.157$ s $T_b = 0.6$ s $\zeta_e = 5\%$ $k = 1.5$ $\beta = 1$	
Fact terreno rocoso $a_{0r} = 0.088$ g $F_d = 0.215$	Fact comp no lineal $F_{nl} = 0.952$ $F_v = 0.983$		

Figura 33 Datos del periodo dominante (T_s), aceleración máxima en roca (a_{0r}), datos de factor de comportamiento lineal, no lineal y espectros de diseño.

6.3 INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

La determinación de la presión admisible de servicio para cimentar una estructura en un terreno dado, surge de la comparación entre dos presiones límite. La primera es la que resulta de aplicar a la presión de hundimiento del terreno un cierto coeficiente de seguridad. La segunda es la que asegura que los asentamientos que se produzcan como consecuencia de la construcción, no serán inadmisibles para la misma, provocándole deterioros. Esta limitación busca evitar el fallo como consecuencia de deformaciones excesivas y depende de los asentamientos que se consideren admisibles para la estructura dada y la deformabilidad del suelo.

En función del intervalo de anchos de cimiento que resulta en cada caso, se calcula la presión admisible de servicio, por razón de la presión de hundimiento.

6.3.1 TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN

A efectos de cálculo, partiremos del supuesto de una cimentación mediante losa de cimentación rectangular.

6.3.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

La profundidad de cimentación está condicionada por la necesidad de apoyar la cimentación en terreno natural competente, y su magnitud será la mínima para proporcionar un empotramiento suficiente al cimientto.

Al estar considerando una losa de cimentación, esta será al nivel del suelo, solamente recordar que es necesario cortar el material vegetal para evitar problemas posteriores.

Para las estructuras como tanques enterrados, filtros u otro tipo de estructura en la cual deba ir a una profundidad más baja o cota inferior al nivel de terreno natural, esta profundidad puede ser 1.5 o 2.0 m., dependiendo ésta del Ing. Estructurista y/o del Proyecto Ejecutivo.

6.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

La clasificación de los suelos lo ideó A. Casagrande en 1942, modificado en 1952 por Bureau of Reclamation, naciendo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y fue adoptado por la ASTM (American Society of Testing Materials), la clasificación está dado por símbolos y consiste en un prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades, se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 19 Símbolos de grupo (SUCS)

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrememente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	H

Tabla 20 Tipología de suelos (SUCS)

Símbolo	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

6.4 METODOLOGÍA

6.4.1 TOMA DE MUESTRAS

Para la realización de los estudios y pruebas de laboratorio se requiere la toma de muestras del suelo, las cuales se dividen en dos partes:

- Muestras Alteradas: estas muestras, como su nombre lo indica, han sufrido un cambio durante su recolección en cuanto a su acomodo, humedad, entre otros. Con estas muestras se realizan las pruebas de peso volumétrico seco suelto y máximo, granulometría, densidad, etc.

- Muestras inalteradas: son aquellas cuya estructura no es afectada por el muestreo y se utilizan para clasificar los suelos y determinar, además de las propiedades índice, las características mecánicas e hidráulicas. Estas muestras se obtienen en pozos a cielo abierto y en los sondeos con tubo de pared delgada (tubo Shelby), con el muestreo Denison o con el Pitcher.

6.4.2 EQUIPO UTILIZADO

Los equipos utilizados se muestran a continuación.



Prensa para compresión simple sin confinar
de 5 toneladas



Horno de secado

Para los límites de Atterberg se utiliza la Copa de Casagrande, capsulas y otros equipos.



Copa de Casagrande



Límite líquido y contracción línea



Material diverso



Para la densidad de los finos



Proctor, molde y martillo

6.4.3 NORMAS UTILIZADAS

Granulometría:	ASTM C 117, C 136
Límites de Atterberg:	ASTM D 4318
Peso vol. seco máximo:	ASTM D 698
Determinación de la humedad:	ASTM D 4959
Compresión simple sin confinar:	ASTM D 2166

6.4.4 PRUEBAS DE LABORATORIO

Con las muestras tomadas de los sondeos se efectuaron los ensayos pertinentes de laboratorio. Las pruebas que normalmente se realizan son las siguientes, aunque algunas pueden o no realizarse dependiendo del tipo el suelo:

- Compresión simple sin confinar
- Peso volumétrico seco suelto
- Peso volumétrico seco natural
- Peso volumétrico seco máximo
- Humedad natural
- Humedad óptima
- Granulometría
- Densidad del material fino
- Límite líquido
- Límite plástico
- Índice plástico
- Contracción lineal
- Identificación según “Sucs”
- Compacidad relativa
- Ángulo de fricción interna
- Porosidad
- Relación de vacíos
- Grado de saturación

6.4.4.1 PLASTICIDAD

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua como: estado líquido, semilíquido, pastoso, semisólido y sólido.

6.4.4.2 LIMITE LÍQUIDO (LL)

Indica la cantidad de agua necesaria para que el suelo remoldeado, tenga una resistencia al corte de 25 gr/cm², y se obtiene con pruebas en laboratorio mediante la copa de Casagrande, se necesitan 25 golpes para que cierre la ranura de 2 mm de ancho, la prueba se realiza varias veces y se construye una gráfica del contenido de agua y el logaritmo del número de golpes; con la curva se obtiene el contenido de agua y el valor obtenido es el límite líquido que tiene el suelo.

6.4.4.3 LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Se define como el contenido de agua que tiene el suelo cuando al elaborar con él un cilindro de 3.2 mm de diámetro y 10 cm de largo, empieza a agrietarse. Se determina con 1 cm³ de suelo húmedo que se amasa para formar un rollo de 3.2 mm de diámetro, rodándolo con la mano sobre vidrio sin pulir o papel, permitiendo que se evapore el agua que contiene; en el momento que aparecen las primeras grietas de secado se encuentra en el límite plástico.

6.4.4.4 LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC)

Es el contenido de agua que satura el suelo cuando su volumen no puede disminuir al secarlo, se fija con la relación entre el peso del agua y el peso del suelo seco. En este límite se utilizan fuerzas capilares que reducen el volumen del suelo hasta un valor mínimo permitido por el propio suelo.

6.5 RESULTADOS

6.5.1 POZO 1

6.5.1.1 DATOS GENERALES

El pozo 1, se encuentra a una altura de 1730 msnm, tomado de Google Earth (el dato más preciso está en plano topográfico).

Tabla 21 Coordenadas Pozo 1

LATITUD	20° 22' 23.90" N
LONGITUD	101° 03' 31.79" O

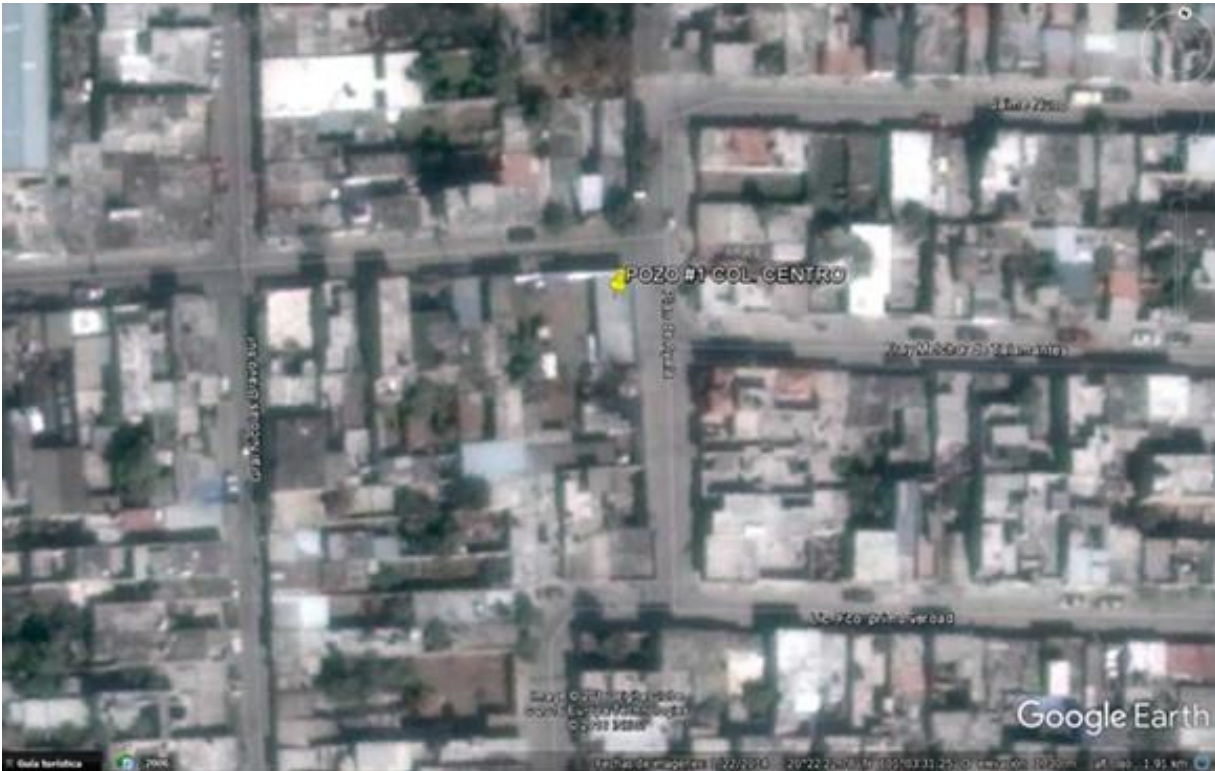


Figura 34 Vista en planta del Pozo 1

6.5.1.2 EDIFICIOS PRÓXIMOS

Existen edificios cercanos, pero las estructuras que se aprecian en la vista en planta, no afectarán a las estructuras que se instalarán para la planta potabilizadora, por la lejanía de las mismas.

6.5.1.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EXISTENTES:

Hay estructuras dentro del lugar, existe el pozo, la tubería y otras edificaciones que se muestran a detalle en el capítulo de topografía.

6.5.1.4 TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS:

Se realizó un sondeo a cielo abierto en el terreno que ocupa el Pozo 1, para la toma de muestras (Figura 35). La característica del sondeo es el siguiente:

SONDEO TIPO	PROFUNDIDAD
PCA 01 AL CENTRO DEL TERRENO	2.20 MT



Figura 35 Pozo a cielo abierto realizado en el Pozo 1.



Figura 36 Diferentes vistas del sondeo realizado en el Pozo 1

6.5.1.5 RESULTADOS DE LABORATORIO

A partir de los resultados obtenidos con los trabajos de campo y ensayos de laboratorio, se adopta la hipótesis para el cálculo, de un modelo geotécnico de carácter de suelos finos. La presión admisible de servicio del terreno se calcula por medio del método de Terzaghi.

Tabla 22 Sondeo 1_ Muestra 1 del Pozo 1

	RESULTADOS	UNIDADES
CAPACIDAD DE CARGA.	1.15	Kg/cm ²
PESO VOL. SECO SUELTO	1012.10	Kg/m ³
PESO VOL SECO NATURAL	1296.86	Kg/m ³
PESO VOL SECO MÁXIMO	1630.00	Kg/m ³
HUMEDAD NATURAL	35.34	%
HUMEDAD ÓPTIMA	20.90	%
LIMITE LIQUIDO	67.40	%
LIMITE PLÁSTICO	17.20	%
ÍNDICE PLÁSTICO	50.20	
DENSIDAD DE SÓLIDOS	2.70	g/cm ³
CONTRACCIÓN LINEAL	23.60	g/cm ³
RELACIÓN DE VACÍOS	1.081	
POROSIDAD	51.95	%
GRADO DE SATURACIÓN	88.22	%
COMPACIDAD RELATIVA	- - -	
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	- - -	°

En la profundidad analizada, no se detectó el nivel freático.

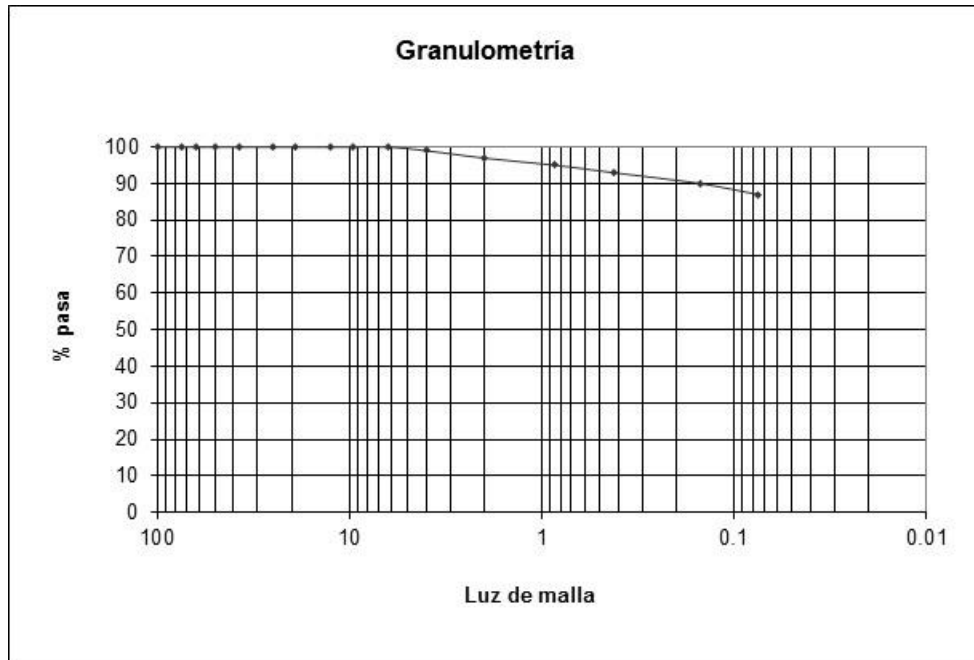


Figura 37 Granulometría

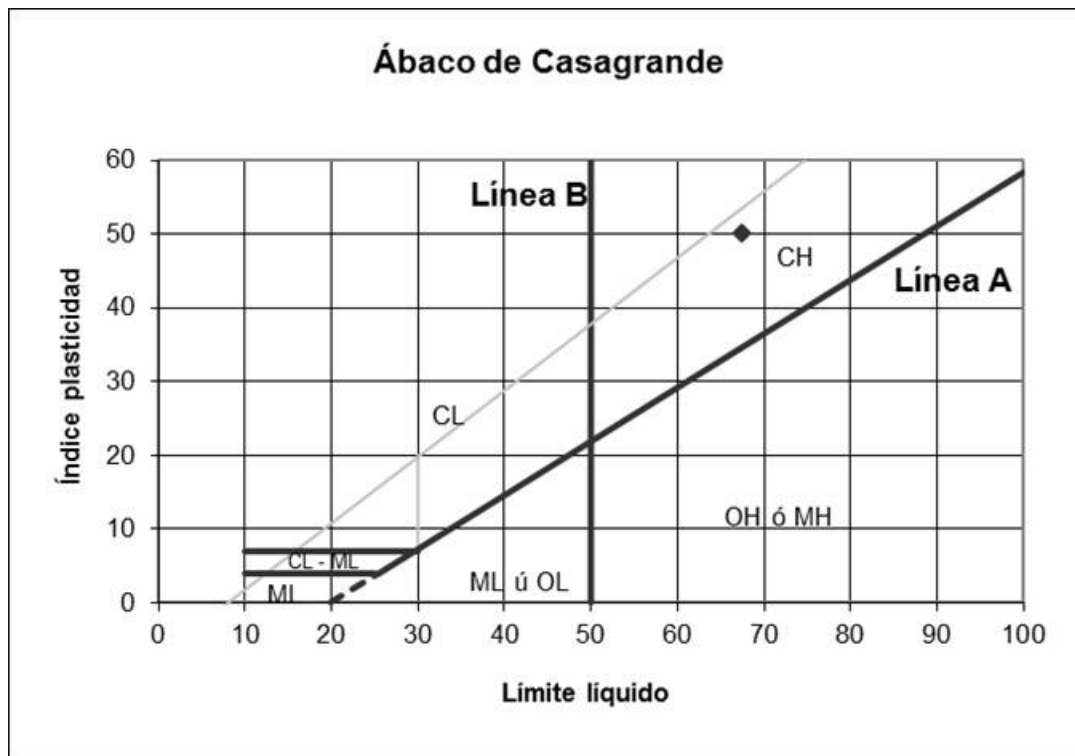


Figura 38 Carta de plasticidad

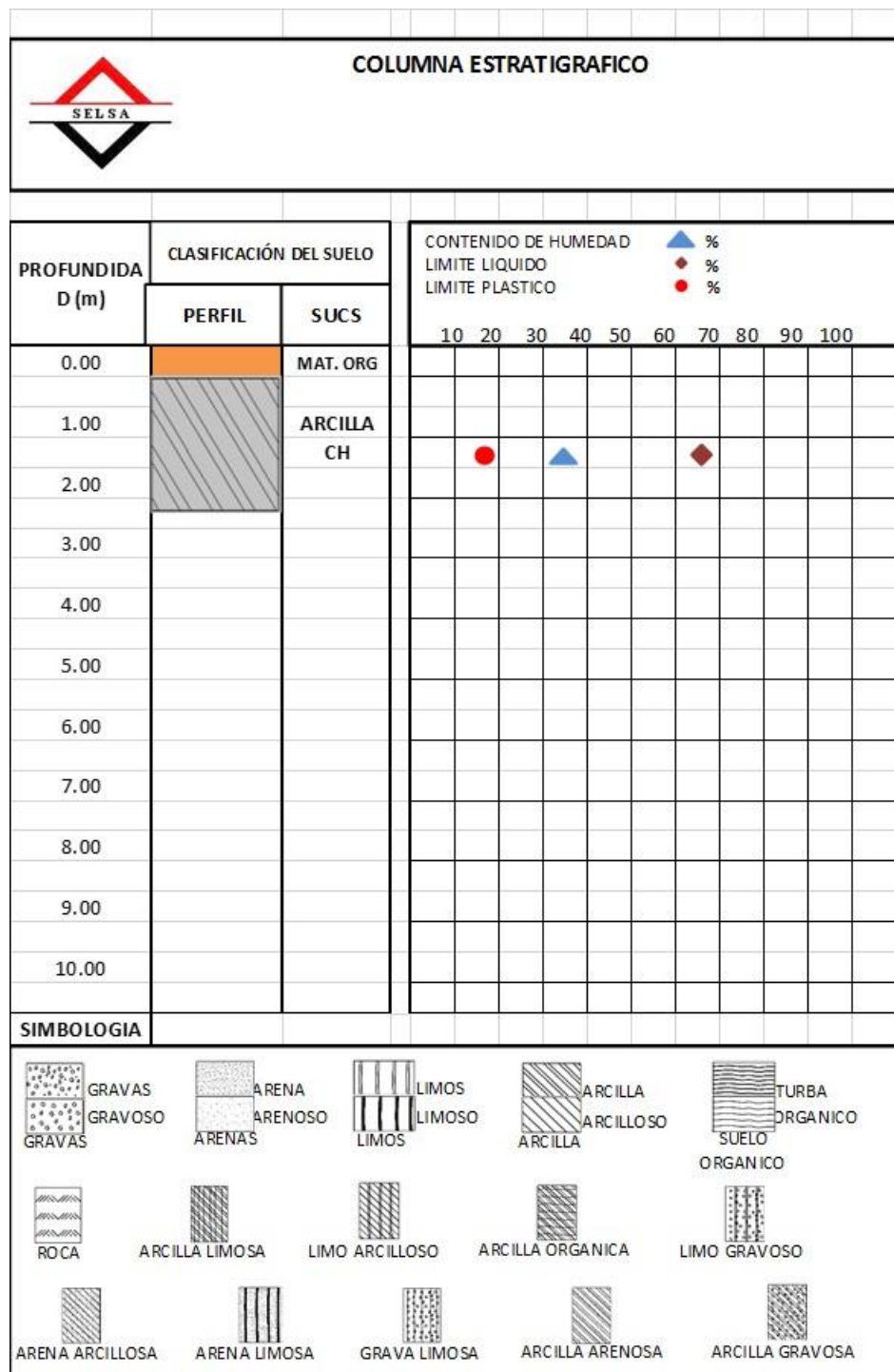


Figura 39 Columna estratigráfica del lugar

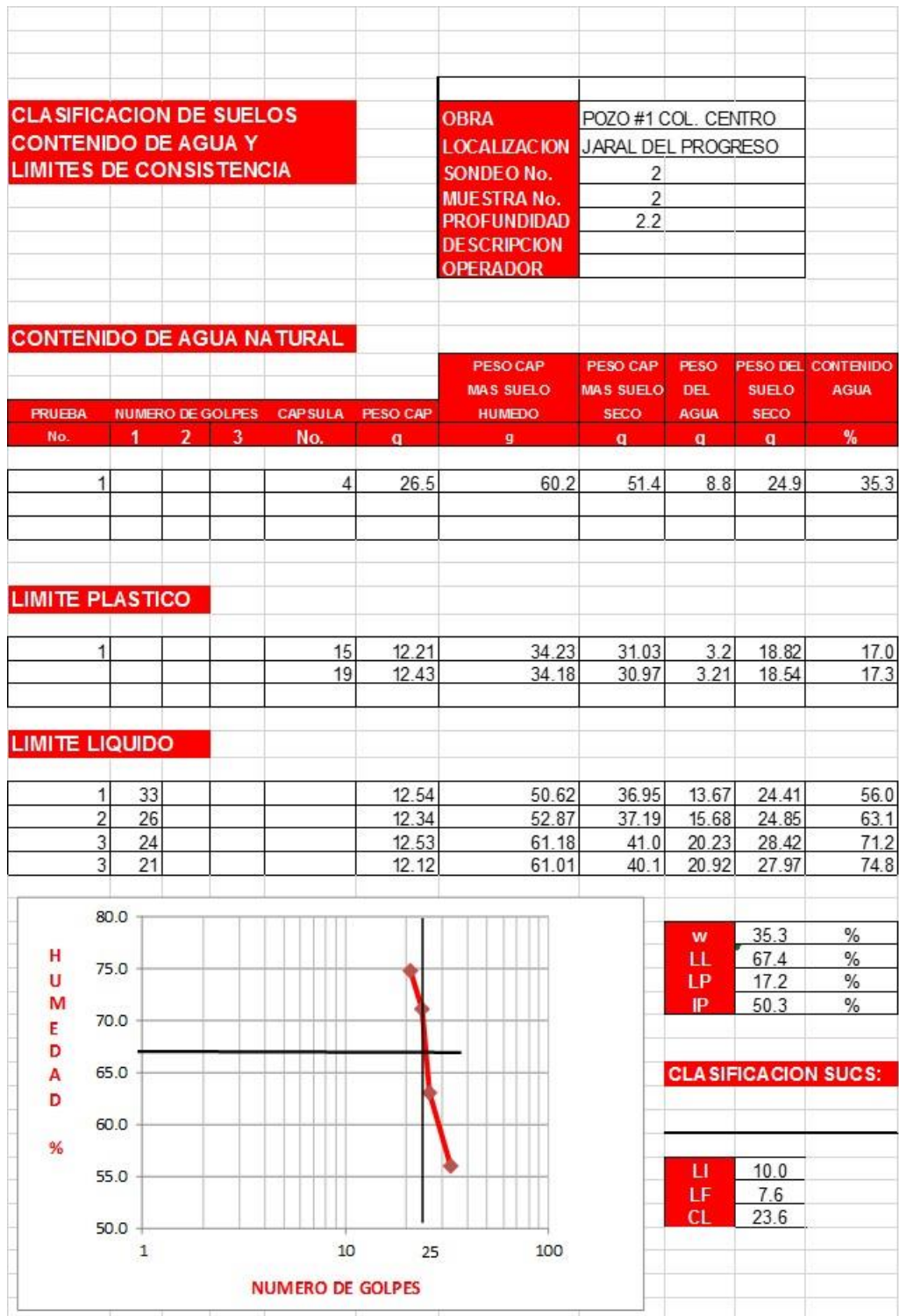


Figura 40 Límites de Atterberg

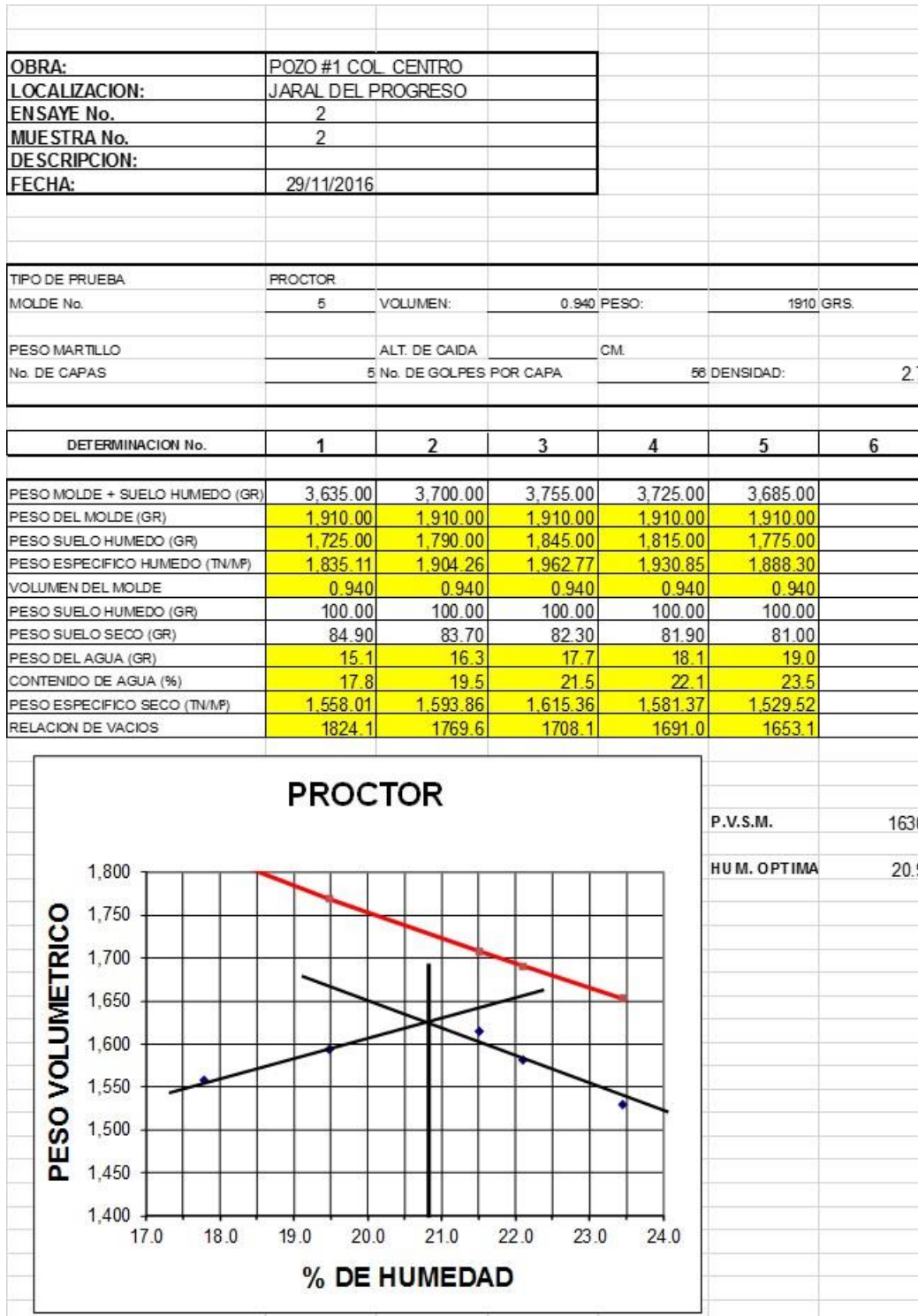


Figura 41 Peso volumétrico seco máximo



Figura 42 Prueba límite líquido



Figura 43 Disgregando muestra de jaral del progreso



Figura 44 Se aprecia material de escombros en el terreno del Pozo 1

6.5.1.6 EXPANSIVIDAD

Por los datos recopilados con las pruebas de laboratorio, granulometrías, límites de Atterberg y los criterios de Chen, el grado de expansión es alto para el estrato y por lo tanto se esperan cambios de volumen debidos a cambios de humedad en el suelo.

Tabla 23 Tabla de grado de potencial expansivo

La relación entre las características plásticas y el hinchamiento de los suelos puede establecerse como:

Grado de Potencial Expansivo	Índice Plástico
Bajo	0 – 15
Medio	10 – 35
Alto	20 – 55
Muy Alto	> 35

Si bien es cierto que todos los suelos altamente expansivos tienen plasticidades altas, no es cierto que los suelos con elevada plasticidad sean necesariamente expansivos.

El suelo en el Pozo 1 es de un potencial expansivo muy alto, puesto que el índice plástico es > 35 (50.20), pero estos movimientos se manifiestan con los cambios de humedad que se presentan en las diferentes temporadas del año. En el caso de Jaral del Progreso por el comentario que hizo gente del lugar, el nivel freático está muy alto (al parecer en la zona del Pozo 1 es de 18.00 m de profundidad) por lo cual aparentemente el suelo siempre está húmedo y por lo tanto no habría tanto movimiento del mismo.

6.5.1.7 *CÁLCULO DE PRESIÓN ADMISIBLE O CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE*

La expresión de una cimentación de acuerdo a la teoría de Terzaghi para suelos arcillosos se muestra en la Tabla 24.

6.5.1.8 *CONCLUSIONES*

En la campaña geotécnica se detectó, en la primera capa, arcilla de alta plasticidad CH. Este tipo de arcillas pueden ser problemáticos si se presentan cambios de humedad.

En la profundidad del PCA, no se detectó la presencia del nivel freático.

La profundidad de la cimentación, por ser losa de cimentación, será al NTN (nivel de terreno natural), pero se debe tomar en cuenta el nivel topográfico que mande para el nivel indicado, además de retirar el material vegetal existente en el lugar, aproximadamente de 20 a 25 cm.

Se recomienda losa de cimentación y compactar el nivel de desplante, además de una plataforma de caliche de 40 cm de espesor sólo para nivelar.

El material es fino y además es no colapsable, pero de todos modos se debe tener cuidado en presencia de agua de gravedad y de capilaridad, para evitar asentamientos y/o levantamientos del suelo, es recomendable conducir el agua fuera de la obra.

El cálculo de capacidad de carga lateral no aplica. En el sitio de la construcción hay que cortar aproximadamente 45 a 50 cm por encontrarse escombros en el lugar y rellenar con material de compactación.

Tabla 24 Cálculo de capacidad de carga del suelo

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -MÉTODO DE TERZAGHI-	
Datos:	
Profundidad de desplante, D_f : (mts):	1.0
Peso Volumétrico del suelo, G_m (Ton/m ³):	1.297
Cohesión del suelo, c : (Ton/m ²):	4.5
Ángulo de fricción interna del suelo, F_i (grados):	0
Ancho o Radio del cimientto: B ó R (mts):	1.0
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	1
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3.0
Cálculos y Resultados:	
Factores dependientes del ángulo de fricción:	
Factor de cohesión, $N_c =$	5.70
Factor de sobrecarga, $N_q =$	1.00
Factor de piso, $N_g =$	0.00
a) Para cimiento continuo:	
Capacidad de carga última, q_c :	
$q_c = c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot G_m \cdot B \cdot N_g$	
Capacidad de carga admisible; q_a :	
$q_a = q_c / FS$	
$c \cdot N_c = 25.5$	
$G_m \cdot D_f \cdot N_q = 1.3$	
$0.5 \cdot g \cdot B \cdot N_g = 0.0$	
q_c , (Ton/m ²) = 26.8	
q_a , (Ton/m ²) = 8.9	
b) Para cimiento cuadrado:	
Capacidad de carga última, q_c :	
$q_c = 1.3c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot G_m \cdot B \cdot N_g$	
Capacidad de carga admisible; q_a :	
$q_a = q_c / FS$	
$1.3 \cdot c \cdot N_c = 33.2$	
$g \cdot D_f \cdot N_q = 1.3$	
$0.4 \cdot g \cdot B \cdot N_g = 0.0$	
q_c , (Ton/m ²) = 34.5	
q_a , (Ton/m ²) = 11.5	
c) Para cimiento circular:	
Capacidad de carga última, q_c :	
$q_c = 1.3c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.6 \cdot G_m \cdot R \cdot N_g$	
Capacidad de carga admisible; q_a :	
$q_a = q_c / FS$	
$1.3 \cdot c \cdot N_c = 33.2$	
$g \cdot D_f \cdot N_q = 1.3$	
$0.6 \cdot g \cdot R \cdot N_g = 0.0$	
q_c , (Ton/m ²) = 34.5	
q_a , (Ton/m ²) = 11.5	

6.5.2 POZO 2

6.5.2.1 DATOS GENERALES

El Pozo 2, denominado “Santa Elena”, se encuentra a una altura de 1726 msnm, tomado de Google Earth (el dato más preciso está en plano topográfico).

Tabla 25 Coordenadas Pozo 2

LATITUD	20° 22' 46.67"N
LONGITUD	101° 04' 22.93"O



Figura 45 Vista en planta del Pozo 2

6.5.2.2 EDIFICIOS PRÓXIMOS

No existen edificios cercanos, las estructuras que se aprecian en la Figura 45 no afectarán a las que se instalarán para la potabilizadora, por la lejanía de las mismas.

6.5.2.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EXISTENTES

Hay estructuras dentro del lugar, existe el pozo, la tubería, una caseta de trabajo, un poste con un transformador. Los detalles se muestran en el capítulo de topografía.

6.5.2.4 TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS

Se realizó un sondeo a cielo abierto al exterior del terreno que ocupa el Pozo 2 para la toma de muestras, con la finalidad de no dañar las estructuras existentes dentro del terreno.

La característica del sondeo es el siguientes:

SONDEO TIPO	PROFUNDIDAD
PCA 01 AFUERA DEL TERRENO	2.50 MT



Figura 46 Pozo a cielo abierto realizado en el Pozo 2.

6.5.2.5 RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE LABORATORIO

Los resultados del sondeo en el Pozo 2 se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26 Sondeo 1_ Muestra 1 del Pozo 2

	RESULTADOS	UNIDADES
CAPACIDAD DE CARGA.	1.06	Kg/cm ²
PESO VOL. SECO SUELTO	1012.10	Kg/m ³
PESO VOL SECO NATURAL	1295.78	Kg/m ³
PESO VOL SECO MÁXIMO	1590.00	Kg/m ³
HUMEDAD NATURAL	29.53	%
HUMEDAD ÓPTIMA	20.90	%
LIMITE LIQUIDO	64.60	%
LIMITE PLÁSTICO	16.90	%
ÍNDICE PLÁSTICO	47.70	
DENSIDAD DE SÓLIDOS	2.70	gr/cm ³
CONTRACCIÓN LINEAL	22.40	gr/cm ³
RELACIÓN DE VACÍOS	1.083	
POROSIDAD	51.99	%
GRADO DE SATURACIÓN	73.60	%
COMPACIDAD RELATIVA	- - -	
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	- - -	°

En la profundidad analizada, no se detectó el nivel freático.

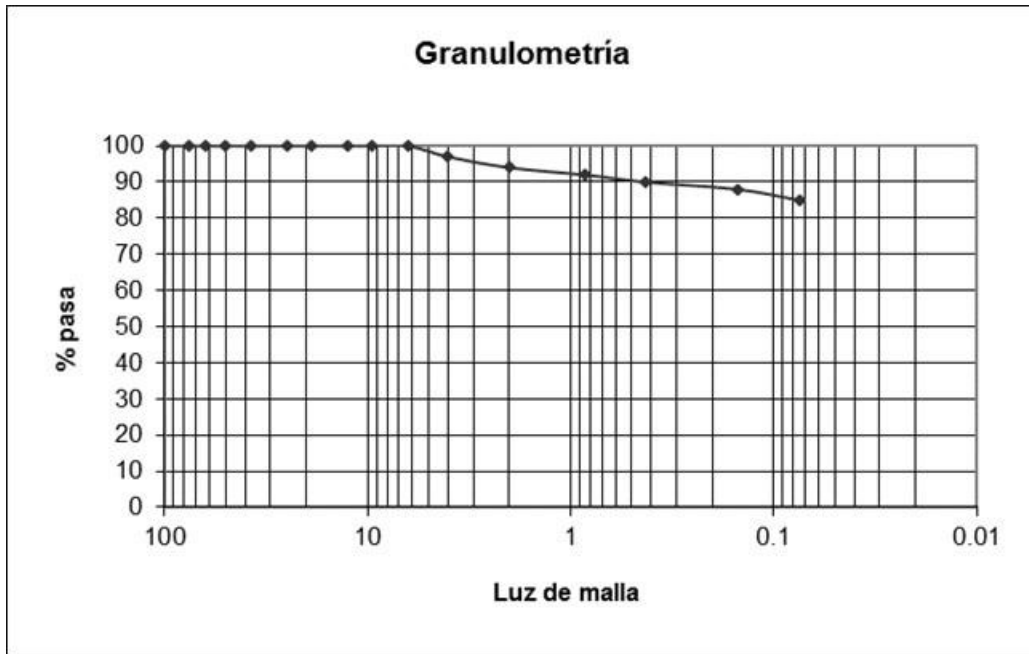


Figura 47 Granulometría

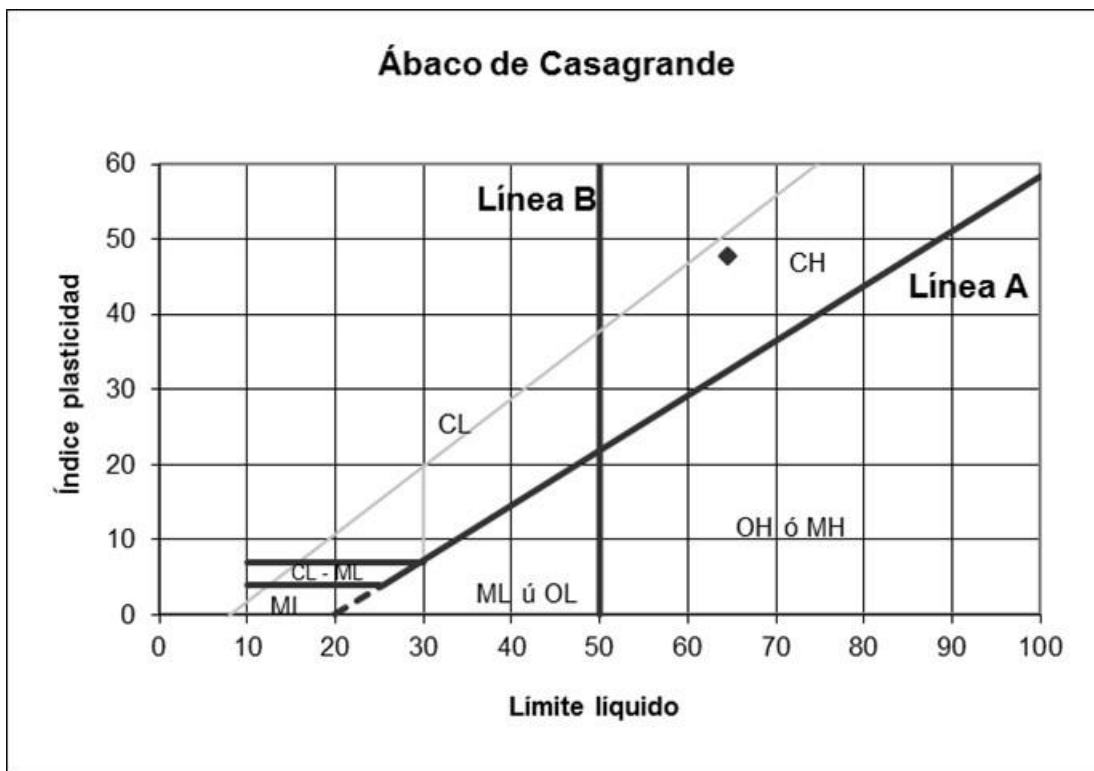


Figura 48 Carta de plasticidad

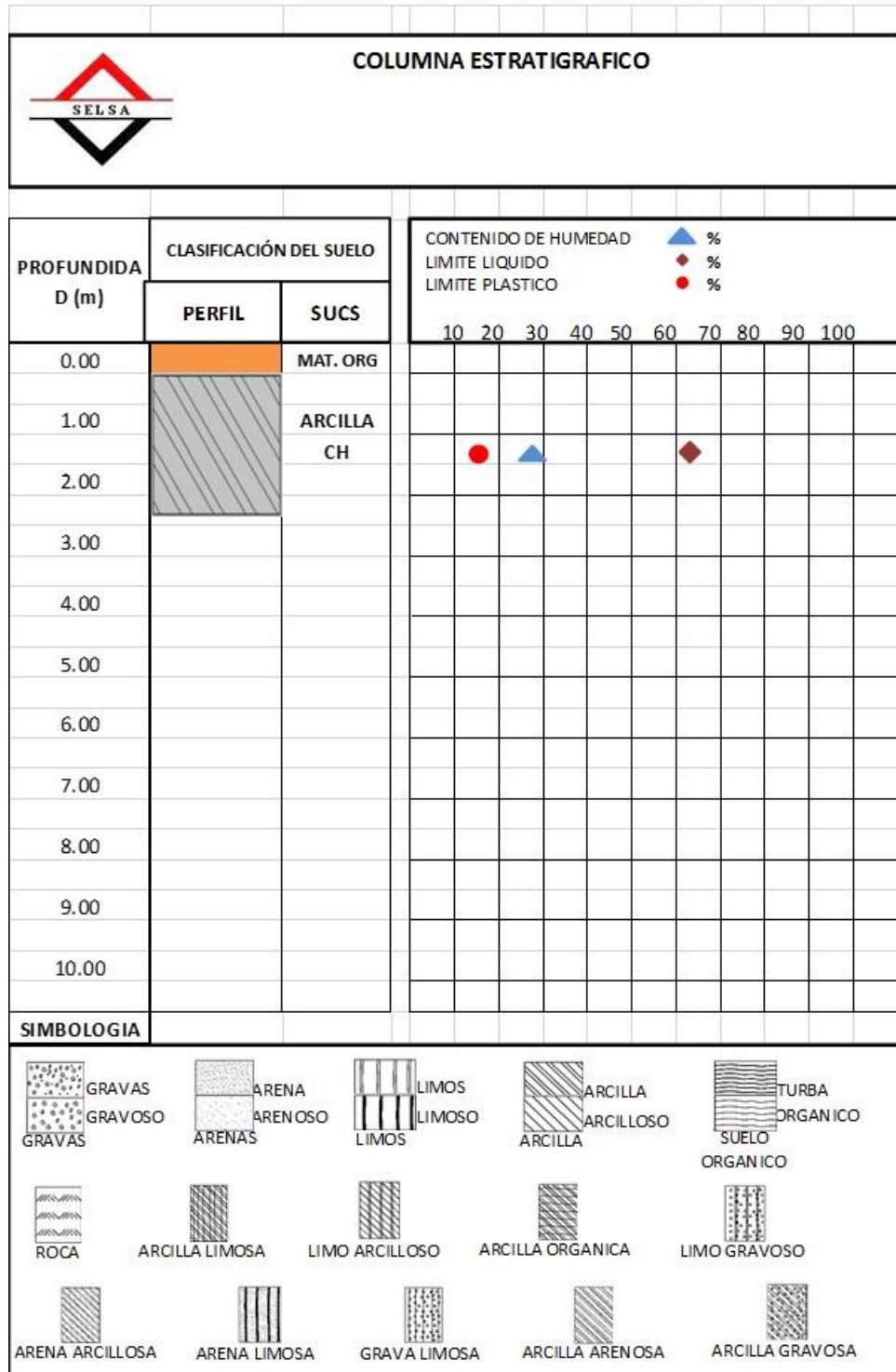


Figura 49 Columna estratigráfica del lugar

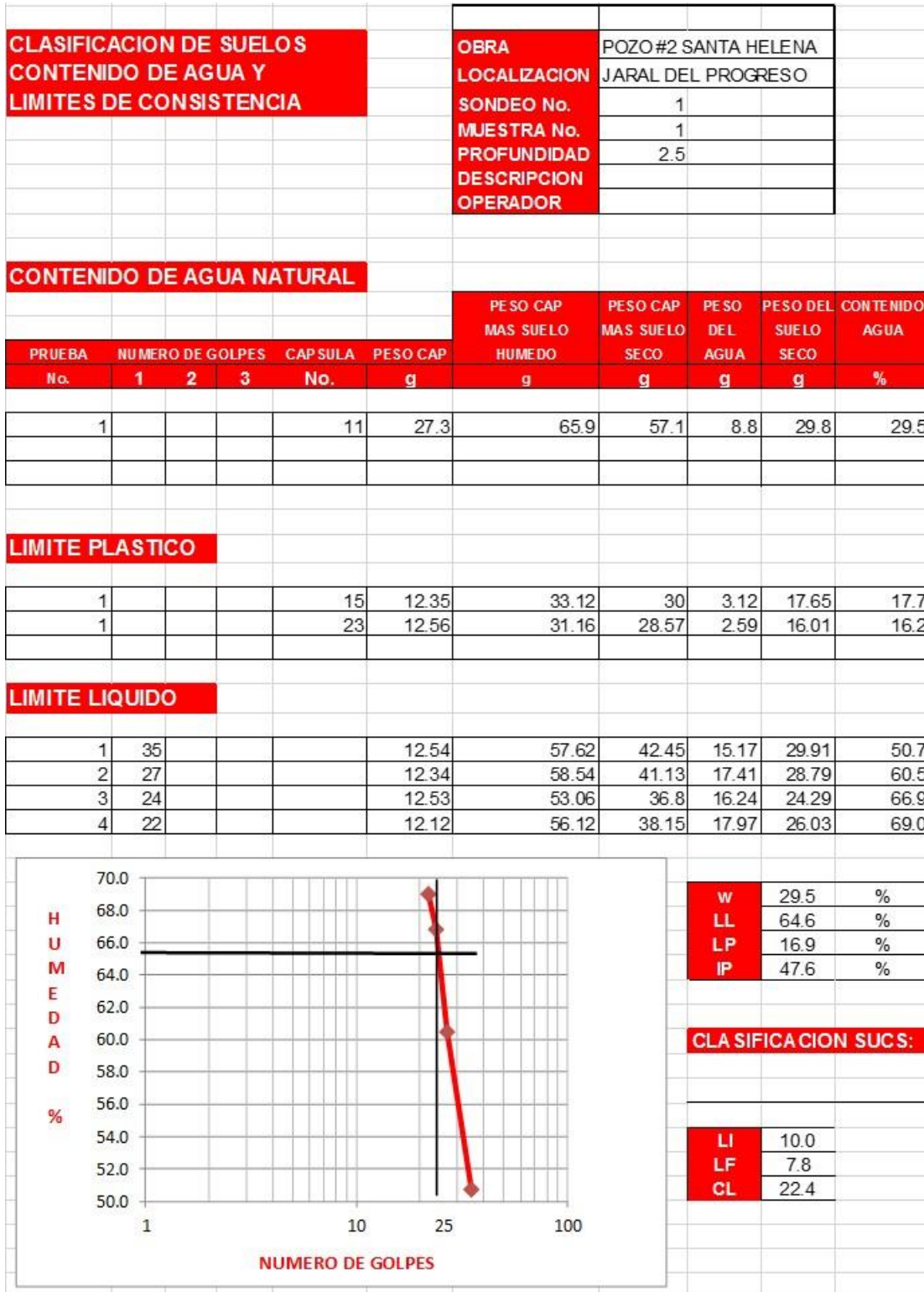
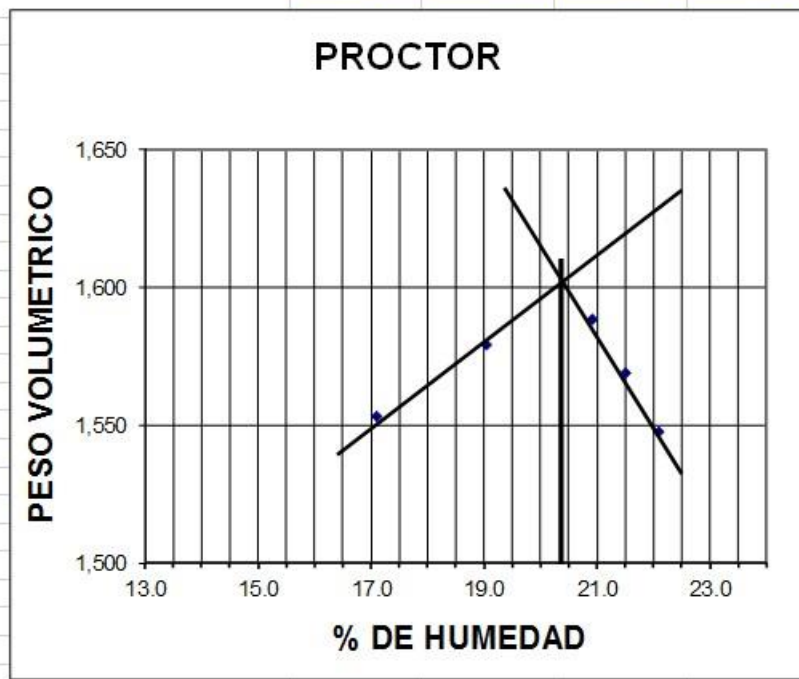


Figura 50 Límites de Atterberg

OBRA:	POZO #2 SANTA ELENA
LOCALIZACION:	JARAL DEL PROGRESO, GTO.
ENSAJE No.	1
MUESTRA No.	1
DESCRIPCION:	
FECHA:	29/11/2016

TIPO DE PRUEBA	PROCTOR				
MOLDE No.	5	VOLUMEN:	0.932	PESO:	1910 GRS.
PESO MARTILLO				ALT. DE CAIDA	CM.
No. DE CAPAS	3	No. DE GOLPES POR CAPA			DENSIDAD: 2.7

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5	6
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (GR)	3,605.00	3,662.00	3,700.00	3,687.00	3,671.00	
PESO DEL MOLDE (GR)	1,910.00	1,910.00	1,910.00	1,910.00	1,910.00	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1,695.00	1,752.00	1,790.00	1,777.00	1,761.00	
PESO ESPECIFICO HUMEDO (TN/MP)	1,818.67	1,879.83	1,920.60	1,906.65	1,889.48	
VOLUMEN DEL MOLDE	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
PESO SUELO SECO (GR)	85.40	84.00	82.70	82.30	81.90	
PESO DEL AGUA (GR)	14.6	16.0	17.3	17.7	18.1	
CONTENIDO DE AGUA (%)	17.1	19.0	20.9	21.5	22.1	
PESO ESPECIFICO SECO (TN/MP)	1,553.14	1,579.06	1,588.34	1,569.17	1,547.49	
RELACION DE VACIOS	1847.3	1783.0	1725.4	1708.1	1691.0	



P.V.S.M. 1590

HUM. OPTIMA 20.9

Figura 51 Peso volumétrico seco máximo



Figura 52 Prueba límite líquido

6.5.2.6 *EXPANSIVIDAD*

Por los datos recopilados con las pruebas de laboratorio, granulometrías, límites de Atterberg y los criterios de Chen, el grado de expansión es alto para el estrato y por lo tanto se esperan cambios de volumen debidos a cambios de humedad en el suelo (Ver Tabla 23).

El suelo del Pozo 2 Santa es de un potencial expansivo muy alto, puesto que el índice Plástico es > 35 (47.70), pero estos movimientos se manifiestan con los cambios de humedad que se presentan en las diferentes temporadas del año. En el caso de la zona del Pozo 2, al parecer el acuífero está a 13.70 m de profundidad, por lo tanto, el suelo siempre está húmedo y no habría tanto movimiento del mismo.

6.5.2.7 *CÁLCULO DE PRESIÓN ADMISIBLE O CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE*

La expresión de una cimentación de acuerdo a la teoría de Terzaghi para suelos arcillosos se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27 Cálculo de capacidad de carga del suelo

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -MÉTODO DE TERZAGHI-	
Datos:	
Profundidad de desplante, Df, (mts):	1.0
Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m ³):	1.296
Cohesión del suelo, c; (Ton/m ²):	4.1
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	0
Ancho o Radio del cimientto; B ó R (mts):	1.0
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	1
Factor de seguridad, F.S.: (3.5/ 3.0/ 2.5)	3.0
Cálculos y Resultados:	
Factores dependientes del ángulo de fricción:	
Factor de cohesión, Nc =	5.70
Factor de sobrecarga, Nq =	1.00
Factor de piso, Ng =	0.00
a) Para cimiento continuo:	
Capacidad de carga última, qc:	
qc = c * Nc + Gm * Df * Nq + 0.5 * Gm * B * Ng	
Capacidad de carga admisible; qa:	
qa = qc / FS	
c * Nc = 23.5	
Gm * Df * Nq = 1.3	
0.5 * g * B * Ng = 0.0	
qc, (Ton/m ²) = 24.8	
qa, (Ton/m²) = 8.3	
b) Para cimiento cuadrado:	
Capacidad de carga última, qc:	
qc = 1.3c * Nc + Gm * Df * Nq + 0.4 * Gm * B * Ng	
Capacidad de carga admisible; qa:	
qa = qc / FS	
1.3 * c * Nc = 30.6	
g * Df * Nq = 1.3	
0.4 * g * B * Ng = 0.0	
qc, (Ton/m ²) = 31.9	
qa, (Ton/m²) = 10.6	
c) Para cimiento circular:	
Capacidad de carga última, qc:	
qc = 1.3c * Nc + Gm * Df * Nq + 0.6 * Gm * R * Ng	
Capacidad de carga admisible; qa:	
qa = qc / FS	
1.3 * c * Nc = 30.6	
g * Df * Nq = 1.3	
0.6 * g * R * Ng = 0.0	
qc, (Ton/m ²) = 31.9	
qa, (Ton/m²) = 10.6	

6.5.2.8 CONCLUSIONES

En la campaña geotécnica se detectó, en la primera capa, arcilla de alta plasticidad CH. Este tipo de arcillas pueden ser problemáticos si se presentan cambios de humedad. En la profundidad del PCA, no se detectó la presencia del nivel freático.

La profundidad de la cimentación, por ser losa de cimentación, será al NTN (nivel de terreno natural), pero se debe tomar en cuenta el nivel topográfico que mande para el nivel indicado, además de retirar el material vegetal existente en el lugar, aproximadamente de 20 a 25 cm. Se recomienda losa de cimentación, y compactar el nivel de desplante, además de una plataforma de caliche de 40 cm de espesor sólo para nivelar.

El material es fino y además es no colapsable, pero de todos modos se debe tener cuidado en presencia de agua de gravedad y de capilaridad, para evitar asentamientos y/o levantamientos del suelo, es recomendable conducir el agua fuera de la obra. El cálculo de capacidad de carga lateral no aplica. Para el estudio se tomó como referencias las siguientes:

- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. Servicio Geológico Mexicano, Cartas Geológicas.
- Normas Técnicas Complementarias del RCDF.
- Normas Sísmicas Comisión Federal y Electricidad
- Geografía De Coahuila.
[Http://Coahuila.Gob.Mx/Flash/Conoce_Coahuila/Mapas/Mapas.Html](http://Coahuila.Gob.Mx/Flash/Conoce_Coahuila/Mapas/Mapas.Html)
- Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das.
- Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das.
- Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz
- Problemas Resueltos de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz.
- Diseño de Cimentaciones, Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado.
- Ingeniería de Cimentaciones, Peck, Hanson And Thornburn.
- Cimentaciones: Diseño y Construcción, M.J. Tomlison.
- Mecánica de Suelos, Tomo I, Juárez Badillo.

-
- http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_204_Accindesuelosexpansivos..Nmero4.pdf, autores: Ing. Julio Patrone e Ing. José Enrique Prefumo.

7 INGENIERÍA DE DETALLE

7.1 PROCESO IMPARTIDO AL AGUA

7.1.1 MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL SITIO DONDE SE CONSTRUIRÁ LA PLANTA.

El pozo Santa Elena se encuentra ubicado a un lado de un terreno agrícola a las orillas de la ciudad del Jaral del Progreso.





El terreno tiene un área total de 467.17 m².



En su interior se encuentra la infraestructura siguiente: Pozo de abastecimiento, caseta de cloración con un tinaco en el techo y tinaco de almacenamiento de agua a un lado de la caseta de cloración.



Vista desde la entrada del terreno



Vista desde la parte posterior del terreno

La parte trasera del terreno cuenta con espacio suficiente para la instalación de la planta potabilizadora, pero tiene dos problemas: varios árboles frutales y no hay acceso a vehículo para la construcción y para las maniobras de instalación de los filtros y equipo.



Debido a que la planta se va a construir en la parte posterior del terreno, y se requiere tener acceso con vehículos hasta esa zona, se proyectó la demolición del cuarto de cloración que existe actualmente, y su reubicación en el cuarto que actualmente se utiliza para el control del equipo de pozo. Con este cambio se tiene contemplado utilizar la actual bodega de mantenimiento como Centro de Control de Motores.



A la salida del pozo hay instalado un filtro hechizo para retener arenas, el cual ocasiona una pérdida de carga en el sistema muy elevada. Finalmente, la tubería sale del terreno pasando por una válvula de desfogue de 8", antes de la cual se tiene conectado el sistema de cloración y la dosificación del polímero que utilizan para evitar la precipitación del manganeso.





El terreno ya cuenta con un transformador, pero tendrá que ser cambiado porque es muy pequeño para los requerimientos de la potabilizadora (ver cálculos en proyecto eléctrico).



El desnivel del terreno en la parte trasera, obliga a efectuar acciones de relleno y nivelación para evitar que, en caso de lluvias extremas, se inunde la potabilizadora;

sin embargo, sólo se rellenará la zona de la potabilizadora, por lo que quedará una hondonada en el centro del jardín que requerirá un drenaje pluvial para el desalojo del agua.



7.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El Proyecto Dimensional y Funcional de la planta potabilizadora para el pozo Santa Elena se basa en el caudal a tratar, la calidad del agua histórica que entregó el SMAPAJ y la obtenida en un monitoreo realizado por el IMTA. La información muestra que el agua es de buena calidad, y que el único contaminante fuera de norma es el manganeso.

En la información recopilada se observa que la concentración mínima medida de manganeso fue de 0.36 mg/L en el 2000 y el máximo de 0.9814 mg/L en el 2013. El valor obtenido por el IMTA fue de 0.78 mg/L en el 2016.

El proceso de remoción del manganeso, como ya se mencionó en la sección 4.1.4, consiste en el uso de filtración directa en lechos de zeolita natural tipo clinoptilolita, mediante el uso de cloro gas a la entrada de los filtros para oxidar el manganeso adsorbido en el medio filtrante.

Para el manganeso se considera en el proceso la disminución del 98%, lo que asegura llegar a menos 0.019 mg/L en el caso de la mayor concentración reportada.

El agua se extrae del pozo Santa Elena por medio de un equipo de bombeo que la manda directamente a la batería de filtros y de ahí a un tanque de agua tratada. Hay una válvula de derivación por si se requiere parar el sistema y mandar directamente el agua al tanque sin pasar por los filtros.

En el plano Diagrama de Proceso y Balance de Masa se presentan a nivel general las operaciones unitarias que componen la planta, sus relaciones, los caudales y concentraciones que los comunican.

En el plano Perfil Hidráulico se tienen los desniveles que guardan las diferentes estructuras que componen el sistema.

En el plano de Arreglo General aparecen los elementos de la planta ubicados en el terreno que se seleccionó para ubicar la potabilizadora.

Las interconexiones de los diferentes elementos de la potabilizadora se muestran en el plano de líneas de interconexión y aparecen de acuerdo al arreglo de conjunto las tuberías que conectan los diferentes tanques y sistemas de la potabilizadora, en este plano se incluye también la línea que conduce el agua recuperada en el proceso de espesado y deshidratado de lodos, la de recuperación de agua de lavado de filtros y de ayuda del sistema de cloración.

Se tienen también las líneas de drenaje de tanques en el plano Líneas de Interconexión y los de drenajes de aguas negras.

Para cada una de estas líneas se tienen los planos de detalles y cruceros.

7.1.3 FILTRACIÓN

El agua proveniente del pozo se conduce por una tubería de 6" de diámetro hasta un filtro de malla para retener el exceso de arena que se extrae durante el bombeo. Este filtro es auto limpiante, así que, durante el proceso, y cuando la presión llegue a un valor establecido en el control, se abrirá la válvula de purga de arenas, sin detener el agua que va a los filtros de zeolita.

En el tren de descarga del pozo se cuenta con un juego de válvulas que permiten derivar el agua, sin pasar por el filtro malla, hasta los filtros de zeolita.

A la salida del filtro malla la tubería se entierra para dejar el paso libre enfrente de la caseta de cloración y CCM, y vuelve a salir a la altura del tren de entrada a los filtros del proceso.

Para llevar a cabo la filtración se proponen cuatro tanques a presión, empacados con 60 cm de zeolita natural tipo clinoptilolita.

Cada filtro cuenta con cuatro válvulas de control para la entrada de agua cruda, salida de agua tratada, entrada de agua de retrolavado y salida de agua de retrolavado. El agua cruda entra por la tapa superior y sale por el fondo del filtro; el agua de retrolavado entra por el fondo del filtro y sale por la parte superior.

El fondo de cada filtro está conformado por una placa perforada, en la cual se fijan toberas de acero inoxidable para retrolavado con agua.

El retrolavado se hace a presión mediante bombeo del agua del tanque de agua tratada, y mientras un filtro se lava, los otros tres siguen trabajando. El agua para el retrolavado entra por la misma tubería por la que sale el agua filtrada cuando están en fase de operación e ingresa al filtro a través de las toberas para repartirse a lo largo y ancho del filtro.

La planta tiene un caudal de diseño de 30 L/s, para la filtración se establecieron cuatro filtros de 1.83 m de ancho por 2.36 m de largo, con un área de 2.63 m² por filtro. El retrolavado se propone con una tasa de 60 m/h, por lo que se requiere un caudal de 43.8 L/s que se extraerá del tanque de agua tratada.

Los filtros trabajan a flujo descendente; como no tienen mucha restricción en la entrada a cada uno de ellos, todos los filtros tienen aproximadamente el mismo nivel del agua sobre el medio filtrante y como salen también a una tubería común, la pérdida de carga que vencen es aproximadamente la misma en todos.

Aunque son a presión, el agua se reparte a cada uno de los cuatro filtros según su estado de limpieza, el más limpio es el que tiene mayor capacidad y filtra más caudal, el más sucio es el que filtra menos, los que tienen una suciedad intermedia filtran un caudal intermedio.

Este comportamiento se denomina de tasa declinante porque al irse tapando por la suciedad que van reteniendo, van filtrando menos caudal y esa diferencia la van pasando a los otros filtros que están más limpios.

Mientras se lava un filtro, como el caudal que entra a la planta es el mismo, el total se reparte entre los filtros en operación, por lo tanto, el caudal que filtran los que quedan en operación aumenta. Durante el retrolavado de un filtro, los tres restantes estarán operando a una tasa de 13.71 m/h; en condiciones normales los cuatro operarán a 11.10 m/h.

El retrolavado de los filtros se llevará a cabo por tiempo, el cual se programará y ajustará cuando entren en operación. En principio se espera que se retro laven cada 24 horas, siempre y cuando el nivel del tanque de agua tratada lo permita. Para el correcto lavado de los filtros se requiere que el tanque de agua tratada tenga al menos 26.27 m³, por lo cual se contempló un volumen de almacenamiento total de 80.27 m³ para asegurar el retrolavado y media hora de operación en caso de paro del pozo.

7.1.4 PRECLORACIÓN Y DESINFECCIÓN

La precloración se realizará con cloro gas directamente en la tubería de llegada a los filtros, dado que actualmente es el sistema que utilizan para desinfectar el agua que sale directamente del pozo, además de que la planta se encuentra lejos de la zona urbana y por lo tanto el riesgo es menor. Por otro lado, el usar hipoclorito de sodio implicaría acondicionar tanques de preparación y almacenamiento.

Para el tamaño de la planta es más económico utilizar gas cloro y se instalará equipo para detectar fugas.

El objetivo principal de la precloración es la oxidación del manganeso sobre la superficie de la zeolita, pero se contempla además dejar un residual que permita cumplir con la norma para desinfección. Se prevé reducir el manganeso de 0.98 mg/L (valor máximo detectado históricamente en el agua problema) a 0.019 mg/L. Para un factor de eficiencia en la oxidación del manganeso por el HOCL de 1.5, más un residual de 1.5 mg/L, se tiene contemplado una dosis de 4.15 mg/L de Cl₂.

Posterior a los filtros se tiene el Tanque de Agua Tratada, al cual llegará el agua ya con el residual de cloro. Este punto es importante, porque para que el sistema funcione adecuadamente, es necesario que a la salida de los filtros exista el residual de cloro mencionado anteriormente. No se contempla la poscloración, dado que el

tiempo de residencia en el tanque es corto y es suficiente para llegar a los tanques de distribución.

Con estas dosificaciones de 4.15 mg/L en precloración, el consumo que se tiene es de 10.75 kg/d, se seleccionó un sistema para proporcionar hasta 48 Kg/d, por lo que se podría sin problemas suministrar hasta 17 mg/L.

El sistema seleccionado es marca Regal modelo 210 para acoplarse directamente al cilindro de 68 kg operado por vacío, capacidad máxima de 2 kg/hr (48 kg/día). Incluye 2 Reguladores de vacío, un ejector, manguera de ventilación y vacío, empaques de plomo, manifold para el ejector, válvula inteligente de automatización Smart Valve Regal modelo 7001 para control proporcional de flujo sin panel de medición remoto.

Se tiene contemplado un analizador de cloro marca Wallace & Tiernan modelo DEPOLOX 3 PLUS con medición continua de cloro tecnología amperométrica con relevadores de alarma configurables, bomba de ayuda para dosificar centrifuga-multipasos-vertical con presión a vencer de 20 PSI marca GRUNDFOS modelo CR3-6 y detector de gas cloro para un solo punto de detección marca ADVANCE Modelo 1610B.

Como medida de seguridad se están considerando mascararas de protección tipo canister para uso en la barbilla marca MSA, para condiciones máximas de 1% de cloro en volumen y equipo de respiración de aire a demanda que incluye: una mascarilla ultravue, un arnés de nylon, un cilindro con válvula, una alarma audible para indicación de agotamiento del suministro de aire y estuche para portar marca MSA, modelo: AIR HAWK.

7.1.5 PROCESAMIENTO DE LOS LODOS Y AGUAS DE DESECHO

7.1.6 RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS

El diseño de las instalaciones de recuperación de agua de lavado de filtros se basó en una carrera de filtración de 24 horas, aunque la experiencia con otro tipo de plantas similares indica que puede ser hasta más. En todo caso, el tanque de agua tratada permite llevar a cabo el lavado más frecuente de los filtros.

La carrera de los filtros esperada, la mayor parte del tiempo estará en 24 horas, esto representa que para los cuatro filtros que forman la planta, se tendrían un lavado por día de cada filtro, es decir en un día se tendrían cuatro lavados, uno cada 6.0 horas.

Si tomamos en cuenta que por la secuencia de lavado se tendría la descarga del agua de lavado de un filtro durante 10 minutos, más el tiempo de sedimentación en el espesador de 120 minutos, más el tiempo de recirculación de 3 horas, más el tiempo de extracción de lodos del espesador de 10 minutos, se tiene una carrera de 5 horas y media, debiendo considerar además el vaciado del filtro.

La velocidad de lavado de 60 m/h multiplicada por el área de cada filtro corresponde a un caudal de 0.0438 m³/s, el tiempo que se puede mantener un lavado es de 10 minutos, lo que arroja un volumen total de 26.27 m³ por filtro. Este volumen se descargaría cada 5.5 horas en un tanque espesador de acero al carbón, con fondo cónico, que está diseñado para un volumen total de 27.32 m³, un diámetro de 3 m y una altura total de 5 m.

Los lodos se espesarán en el fondo del tanque, del cual se extraerán periódicamente por gravedad a un cárcamo de lodos, hasta un volumen de 1.05 m³/d.

De acuerdo a lo anterior, si se almacena y deja sedimentar el agua de lavado, la bomba de recirculación deberá ser para un caudal de 2.4 L/s, para un tiempo de 3 horas. Sólo se está considerando una bomba

Del cárcamo de lodos, estos se mandarían al filtro prensa mediante una bomba neumática, con gasto de 0.4 L/s. Tampoco se contempla una bomba de reserva.

7.2 DISEÑO FUNCIONAL Y DE PROCESO

El diseño funcional consiste en una serie de hojas de cálculo que presentan, al inicio de las mismas, la información requerida, ya sea tomada de la hoja de datos o de alguna otra hoja en la que se calculen las variables requeridas.

7.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Figura 53 se presenta un esquema general y en la Figura 54 el arreglo base del plano topográfico del sistema de tratamiento para remoción de manganeso por filtración directa. El sistema consistirá de las siguientes unidades:

- Bomba de pozo
- Filtro canasta para eliminación de arena
- Medidor de flujo
- Filtros a presión
- Tanque de almacenamiento y cárcamo de bombeo de agua filtrada y retrolavado
- Sedimentador de agua de retrolavado (incluye bombeo para la recirculación del agua de retrolavado)
- Cárcamo de bombeo de lodos
- Filtro prensa

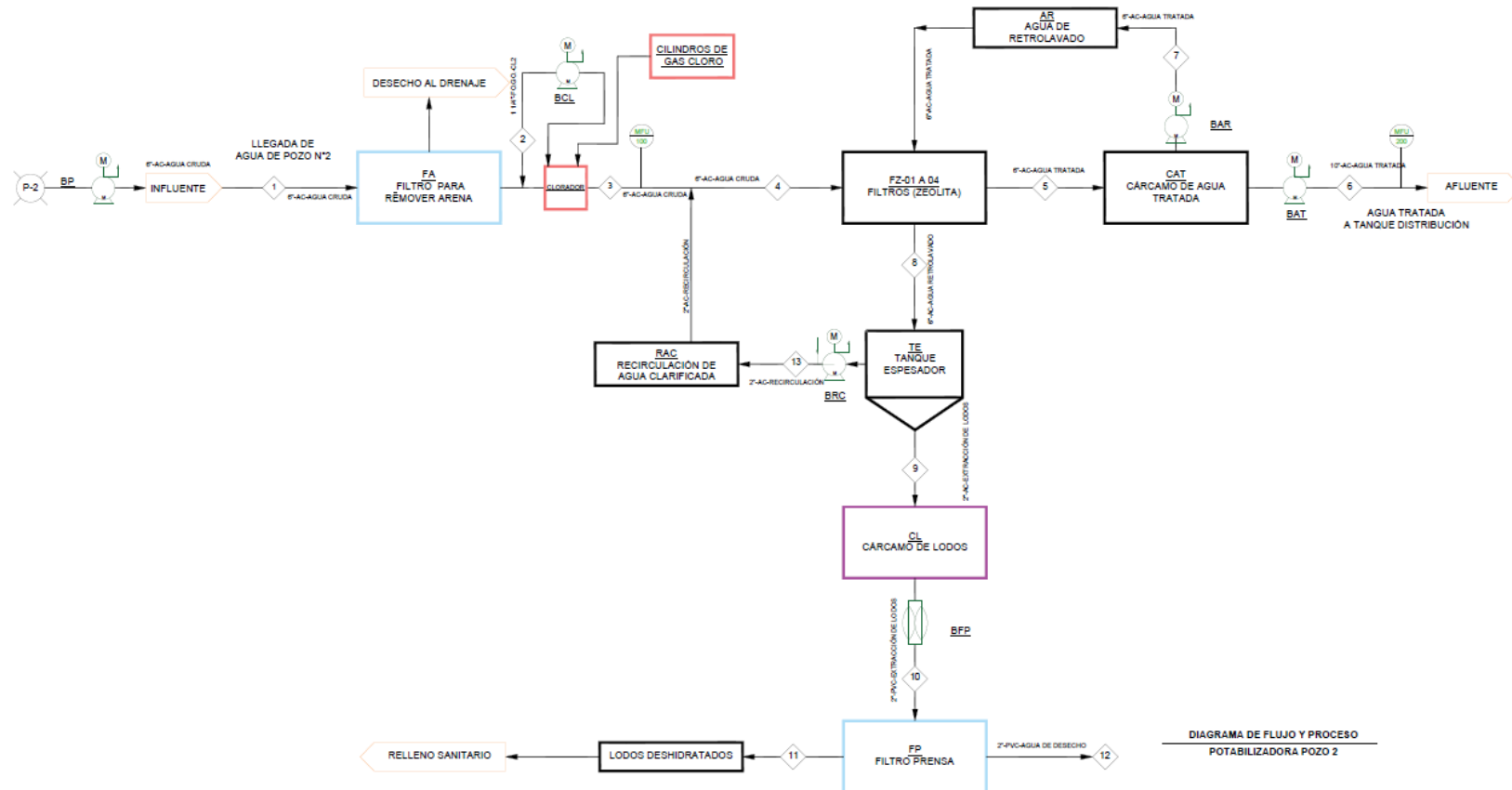


Figura 53. Diagrama de flujo para la potabilizadora de Pozo 2

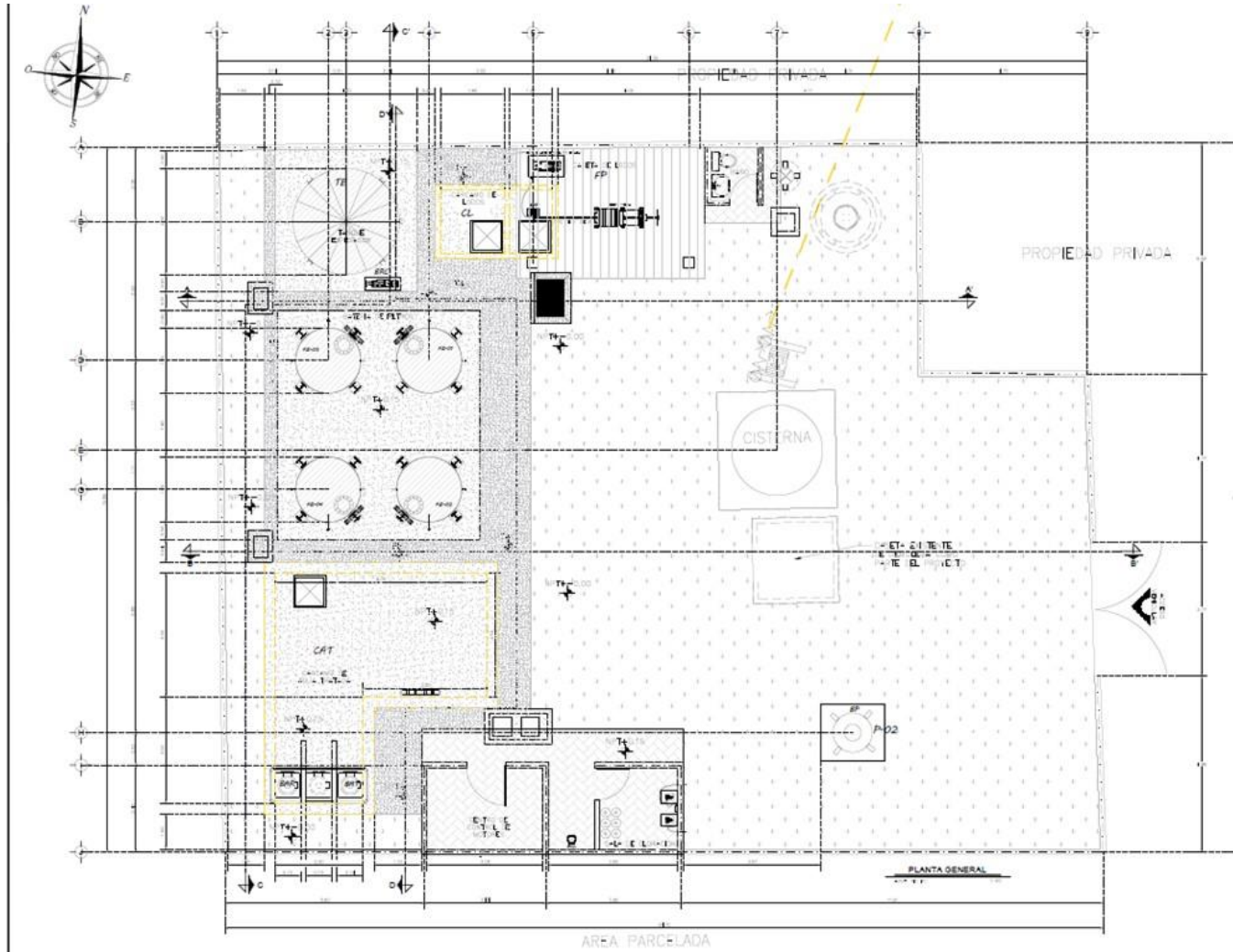


Figura 54 Arreglo general

7.2.2 FILTROS DE CANASTA

El pozo 2 extrae arena durante su operación, debido muy probablemente a que se opera de forma intermitente, esto representa un problema porque tapan los filtros de zeolita muy rápidamente. En la actualidad este pozo cuenta con un sistema de filtros para eliminar la arena, el cual fue modificado por el mismo personal de operación del SMAPAJ. En principio se pensaba utilizar el mismo equipo, sin embargo, de acuerdo a las mediciones obtenidas a la entrada y salida del filtro existente, la pérdida de carga es de más de 3 kg/cm^2 , lo que representa una caída muy elevada de presión, por lo tanto, a continuación, se dan las características de otro equipo que puede ser utilizado.



Figura 55 Filtro auto limpiante de malla hidráulico EKO

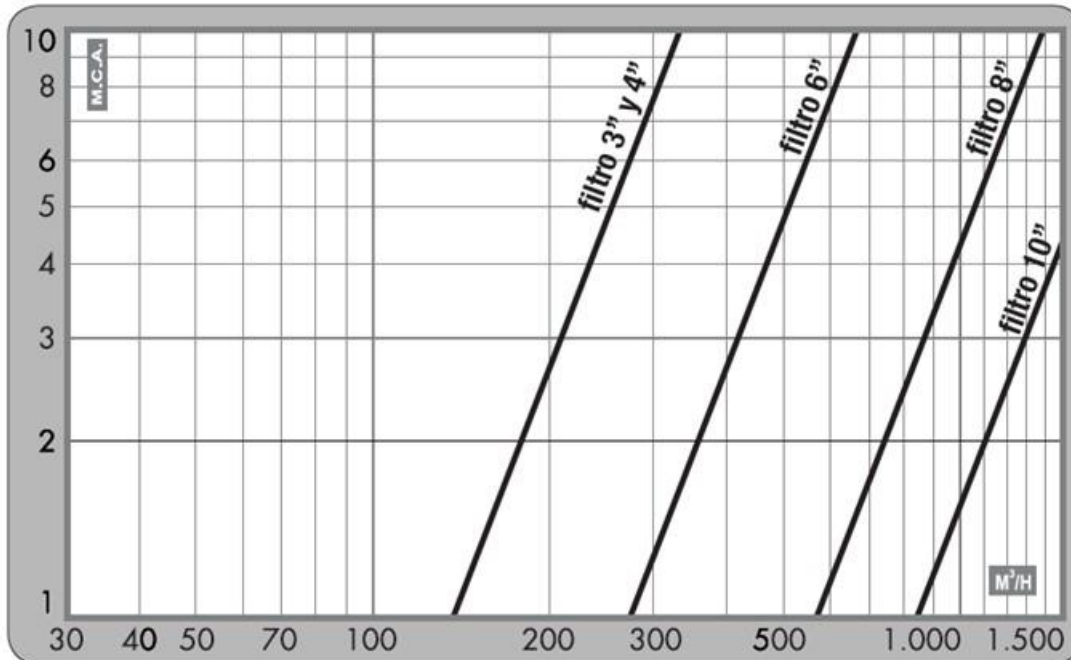
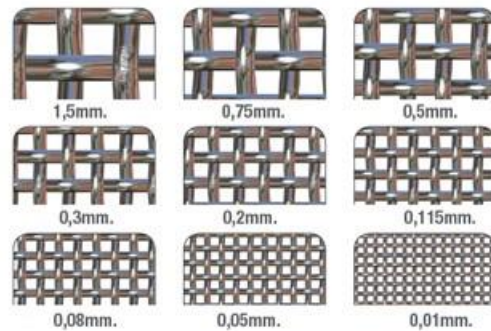


Figura 56 Pérdidas de carga de los filtros EKO

La Figura 56 indica que la pérdida de carga esperada para 30 L/s, durante la operación de este tipo de filtros, es de menos de 1 m.c.a, con las siguientes especificaciones:

- Material de construcción: acero al carbono o acero inoxidable
- Material de la malla: acero inoxidable
- Presión máxima: 10 kg/cm²
- Presión mínima de limpieza: 2.5 kg/cm²
- Presión de prueba: 15 kg/cm²
- Tamaños de malla disponibles:



7.2.3 DATOS GENERALES

A continuación, se enumera la información general requerida para el diseño de la planta potabilizadora.

Tabla 28 Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
Caudal de diseño	Q_D	0.03	m^3/s
Porcentaje de filtros retrolavados por día	$\%F_{RET}$	100	%
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	10.0	min
Tiempo de sedimentación de agua retrolavada	t_{SED}	2.0	h
Tiempo de recirculación de agua clarificada	t_{REC}	3.0	h
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t_{LE}	10.0	min
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	120.0	min
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua cruda	t_{TAC}	0.50	h
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua tratada	t_{TAT}	0.50	h
Tiempo de operación de la planta por día	t_{OP}	24.0	h
Temperatura del agua	T_{AGUA}	20	$^{\circ}C$
DATOS DE DISEÑO			
Tipo del cambio	-	20.0	\$/dólar
Zona del país en donde se encuentra la planta	-	Central	-
Cárcamo de agua cruda	-	No	-
Fuente de alimentación a la batería de filtros	-	Pozo	-
Criterio de selección de la configuración del sistema	-	Menor costo de inversión	-
CALIDAD DEL AGUA			
Contaminante a remover	-	Manganeso	-
Concentración de manganeso	C_{Mn}	0.980	mg/L

Tabla 28 Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
Concentración de arsénico	C_{As}	0.000	mg/L
Concentración de hierro	C_{Fe}	0.220	mg/L
REACTIVOS			
Desinfectante a utilizar	-	Gas Cloro	-
Tiempo de almacenamiento del desinfectante	$t_{A Cl}$	7.00	días
Tiempo de almacenamiento de coagulante y/o polímero	$t_{A OTROS}$	7.00	días
VELOCIDADES Y TASAS			
Tasa de filtración de trabajo recomendada	V_{FTR}	12.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo máxima	V_{FTMAX}	14.00	m/h
Tasa de filtración de trabajo máxima durante el retrolavado	V_{FTRMAX}	17	m/h
Tasa de retrolavado recomendada	V_{RETR}	60.00	m/h
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	V_{AMAX}	2.00	m/s
Velocidad máxima en tuberías de retrolavado	V_{DMAX}	2.50	m/s
Velocidad máxima de succión en cárcamo	V_{SMAX}	1.00	m/s
MEDIO FILTRANTE			
Material filtrante (1)	-	Zeolita	-
Material filtrante (2)	-	Ninguno	-
Medio soporte	-	Grava	-
Espesor del medio filtrante (1)	L_1	0.60	m
Espesor del medio filtrante (2)	L_2	0.00	m
Espesor del medio soporte	L_S	0.30	m
Porosidad del medio filtrante (1)	n_1	0.60	-
Porosidad del medio filtrante (2)	n_2	0.00	-
Porosidad del medio soporte	n_S	0.50	-
Coefficiente de esfericidad medio filtrante (1)	CE_1	0.70	-
Coefficiente de esfericidad del medio filtrante (2)	CE_2	0.00	-
Coefficiente de esfericidad medio soporte	CE_{MS}	0.60	-
Factor de forma del medio filtrante (1)	ϕ_1	0.60	-
Factor de forma del medio filtrante (2)	ϕ_2	0.00	-
Densidad del medio filtrante (1)	ρ_1	2940.00	kg/m ³
Densidad del medio filtrante (2)	ρ_2	0.00	kg/m ³
Densidad del medio soporte	ρ_S	2400.00	kg/m ³
Porcentaje de expansión máxima del medio filtrante	exp	74.00	%

Tabla 28 Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
CUERPO DE FILTROS			
Presión de Trabajo	P_T	3	kg/cm ²
Material mínimo requerido para el cuerpo del filtro	-	ASTM A-285 Gr C	-
Esfuerzo máximo de tensión del material requerido para el filtro	S_F	970.00	kg/cm ²
Material mínimo requerido para el cuerpo del espesador	-	ASTM A-283 Gr C	-
Esfuerzo máximo de tensión del material requerido para el espesador	S_E	970.00	kg/cm ²
Eficiencia de soldadura para juntas a tope del cuerpo del filtro	E_C	0.85	-
Eficiencia de soldadura para juntas a tope de la tapa del filtro	E_T	0.85	-
Espesor por corrosión	e_c	1.59E-03	m
TOBERAS			
Material de Toberas para bajo dren	-	AI 304 o 316	-
Caudal máximo de retrolavado por tobera	Q_{TOBMAX}	9.19E-04	m ³ /s
Diámetro de conexión de tobera	D_{TOB}	0.0254	m
Diámetro del elemento microrranurado	D_{MICRO}	0.0500	m
Área total de la tobera para el flujo	A_{TFLUJO}	6.50	cm ²
Apertura de microrranura	a_{MICRO}	3.00E-04	m
Distancia óptima de colocación entre centros de dos toberas	L_{OTOB}	0.12	m
Distancia máxima de colocación entre centros de dos toberas	L_{MTOB}	0.30	m
Longitud de conexión de tobera	l_{CTOB}	0.08	m
Longitud de microrranurado	l_{MICRO}	0.060	m
ESPESADOR Y CÁRCAMOS			
Bordo libre	B_L	0.20	m
Altura propuesta del cuerpo del espesador	h_{CE}	3.00	m
Ángulo de fondo del espesador	θ_{FE}	30	° Grados
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h_{CL}	1.00	m
Profundidad o altura total de los cárcamos de agua cruda y tratada	h_{CMAX}	3.50	m
Profundidad aproximada de la plantilla de los cárcamos con respecto a la cota de terreno	$h_{PLANTILLA}$	3.50	m
LONGITUDES Y PIEZAS ESPECIALES			
Nivel dinámico del pozo (fijar en cero si la alimentación es de cárcamo)	ND	37.00	m
Cota de terreno de la planta	-	1718.73	msnm
Longitud de tubería de alimentación (pozo o tanque) al múltiple de la batería de filtros		20.46	m

Tabla 28 Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
No. de codos de 90° en la tubería de alimentación al múltiple de la batería de filtros		3.00	-
No. de codos de 45° en la tubería de alimentación al múltiple de la batería de filtros		2.00	-
No. de tees en la tubería de alimentación al múltiple de la batería de filtros		1.00	-
No. de válvulas en la tubería de alimentación al múltiple de la batería de filtros		1.00	-
Longitud de tubería del múltiple de agua tratada al tanque de agua tratada		4.34	m
No. de codos de 90° en la tubería del múltiple de agua tratada al tanque de agua tratada		2.00	-
No. de codos de 45° en la tubería del múltiple de agua tratada al tanque de agua tratada		0.00	-
No. de tees en la tubería del múltiple de agua tratada al tanque de agua tratada		0.00	-
No. de válvulas en la tubería del múltiple de agua tratada al tanque de agua tratada		0.00	-
Longitud de tubería del tanque al múltiple de entrada de retrolavado		10.75	m
No. de codos de 90° en la tubería del tanque al múltiple de retrolavado de entrada		1.00	-
No. de codos de 45° en la tubería del tanque al múltiple de retrolavado de entrada		2.00	-
No. de tees en la tubería del tanque al múltiple de retrolavado de entrada		1.00	-
No. de válvulas en la tubería del tanque al múltiple de retrolavado de entrada		0.00	-
Longitud de tubería de la salida del múltiple de retrolavado al tanque espesador		8.50	m
No. de codos de 90° en la tubería de salida del múltiple de retrolavado al tanque espesador		4.00	-
No. de codos de 45° en la tubería de salida del múltiple de retrolavado al tanque espesador		0.00	-
No. de tees en la tubería de salida del múltiple de retrolavado al tanque espesador		0.00	-
No. de válvulas en la tubería de salida del múltiple de retrolavado al tanque espesador		0.00	-
Longitud de tubería de recirculación del tanque espesador a la tubería de alimentación o tanque		8.10	m
No. codos en la tubería de recirculación del tanque espesador a la tubería de alimentación o tanque		4.00	-
Longitud de tubería de extracción de lodos del tanque espesador al cárcamo de lodos		2.91	m
No. codos en la tubería de extracción de lodos del tanque espesador al filtro prensa		2.00	-
DATOS DE EQUIPOS			
Carga del equipo de bombeo para distribución (de cárcamo de AT a red/tanque)* *Calculado mediante modelo hidráulico	H _{DIS}	110.00	m

Tabla 28 Datos generales

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS DE OPERACIÓN			
Eficiencia del equipo de bombeo	η	75.00	%
Equipos de bombeo de repuesto en cárcamos	-	No	-
Filtro malla en tubería de alimentación a filtros	-	Si	-
Presión de operación del filtro malla	P_{FMALLA}	2.50	kg/cm ²
Pérdida de carga en mezclador estático	h_{MEST}	0.22	m
Presión de operación del sistema de deshidratación	P_{FP}	8.00	kg/cm ²
Concentración en peso esperada de deshidratación	C_{DESH}	30	%
Tipo de motor de la bomba para filtración	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para retrolavado	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para distribución	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para recirculación	-	Externo	-
Tipo de motor de la bomba para lodos	-	Externo	-
DATOS CONSTANTES			
Densidad del agua	ρ_{AGUA}	998.20	kg/m ³
Viscosidad cinemática del agua	ν_{AGUA}	1.00E-06	m ² /s
Peso específico del agua	γ_{AGUA}	9792.34	N/m ³
Gravedad específica del agua	SG	1.00	-
Presión de vapor del agua	H_{VAP}	0.24	m
Peso específico del lodo	γ_L	9890.27	N/m ³
Presión atmosférica	H_{ATM}	8.28	m
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²
Rugosidad del material de tobera	ϵ_{TOB}	6.00E-07	m
Rugosidad absoluta del material de las tuberías	ϵ_T	5.00E-05	m
Pérdida de carga adicional en filtro sucio	h_{FS}	0.40	m

7.2.4 SELECCIÓN DEL NÚMERO Y DIÁMETRO DE FILTROS.

Para seleccionar el número y diámetro de filtros que más convenga al gasto de diseño, primero se hizo una comparación general del costo de materiales, consumo de energía y área utilizada, de diferentes tamaños de filtro, con el objetivo de escoger el que resulte más adecuado a las condiciones de operación requeridas.

De los diámetros de filtros comerciales, se preseleccionan los que cumplen con las tasas de filtración establecidas en los datos generales, y de estos se seleccionó el que resulte más adecuado según el criterio establecido: a) menor terreno, b) menor costo de inversión o c) menor costo de operación.

La secuencia de cálculo y los resultados se muestran en la memoria de cálculo en Excel que forma parte de este documento.

Para el caso de estudio, la mejor opción fue: cuatro filtros de 1.83 m de diámetro cada uno. En las secciones siguientes se muestra el dimensionamiento de todos los componentes, junto con las ecuaciones utilizadas para cada cálculo.

RESUMEN OPERACIÓN					
Numero de filtros	Diámetro comercial (m)	Área total de la Planta (m ²)	Costo de energía por retrolavado (\$/año)	Costo de inversión (\$)	Costo total (\$)
4	1.83	89.92	3,498.73	850,292.99	853,792
6	1.52	87.48	3,540.75	990,903.39	994,444
8	1.22	79.38	3,382.37	1,094,484.06	1,097,866
10	1.22	88.26	4,331.99	1,296,171.78	1,300,504

7.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.03	m ³ /s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0024	m ³ /s	
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.0100	m ³ /s	
Espesor mínimo con corrosión	e_{TF}	0.013	m	
Diámetro comercial tubería de retrolavado	D_{RET}	6.00	plg	
Longitud de codo de 90°	L_{CODO}	0.2032	m	
Tasa de filtración de trabajo recomendada	v_{FTR}	12.00	m/h	
Espesor del medio filtrante (1)	L_1	0.60	m	
Espesor del medio filtrante (2)	L_2	0.00	m	
Espesor del medio soporte (Grava)	L_S	0.30	m	
Porcentaje de expansión máxima del medio filtrante	exp	74.00	%	
RESULTADOS				
Área de filtración total requerida	A_T	9.0	m ²	$A_T = \frac{Q_D}{v_{FTR}}$
Número de filtros	N_F	4		

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Diámetro comercial	D_{CF}	1.83	m	
Área filtro comercial	A_{FC}	2.63	m^2	$A_{FC} = \frac{\pi * D_{CF}^2}{4}$
Caudal de trabajo	Q_T	0.0324	m^3/s	$Q_T = Q_D + Q_{REC}$
Tasa de filtración de diseño	v_{FD}	10.28	m/h	$v_{FD} = \frac{Q_D}{(A_{FC} * N_F)}$
Tasa de filtración de trabajo	v_{FT}	11.10	m/h	$v_{FT} = \frac{Q_T}{(A_{FC} * N_F)}$
Tasa de filtración de trabajo durante el retrolavado	v_{FTR}	13.71	m/h	$v_{FTR} = \frac{Q_D}{(A_{FC}(N_F - 1))}$
Altura recta de filtro (cuerpo cilíndrico)	h_{CF}	1.566	m	$h_{CF} = L_1 + L_2 + L_S + exp$
Altura de tapa toriesferica (Fondos Klopper)	h_{TF}	0.404	m	$h_{TF} = (0.1935D_{CF} - 0.455e_{TF}) + 3.5e_{TF} + e_{TF}$
Altura del filtro (cuerpo cilíndrico más tapas)	h_F	2.37	m	$h_F = h_{CF} + (2 * h_{TF})$
Altura libre entre tapa inferior del filtro y piso	h_{LIBREF}	0.529	m	$h_{LIBREF} = 0.15 + L_{CODO} + \frac{D_{RET}}{2} + 0.1$
Altura total del filtro con apoyos	h_{FTOTAL}	2.904	m	$h_{FTOTAL} = h_F + h_{LIBREF}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire	-	0.75	plg	De tablas

El dimensionamiento de los filtros se basa en la configuración mostrada en Figura 58 y el cálculo de las tapas toriesféricas se muestra en la Figura 57 (tomado de FONCALP, D.L.). Para el cálculo de las válvulas de admisión y expulsión de aire se hizo uso de la tabla proporcionada por las fichas técnicas de las válvulas Vamex (Figura 59).

DESARROLLO	RADIO BOMBEO	RADIO REBORDEO	PESTAÑA	FLECHA	ALTURA	VOLUMEN SIN PESTAÑA
$(D_b 1,13 + 2h) \times 0,98$	D_b	$0,1 D_b$	$3,5 e$	$0,1935 D_b - 0,455 e$	$f + h + e$	$0,1 (D_b - 2e)^3$

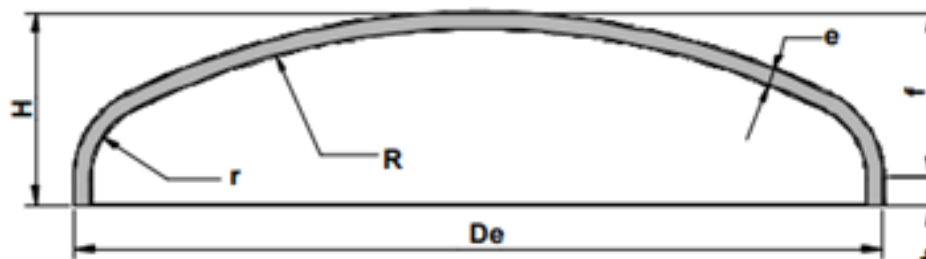


Figura 57 Ecuaciones para cálculo de tapas torieféricas

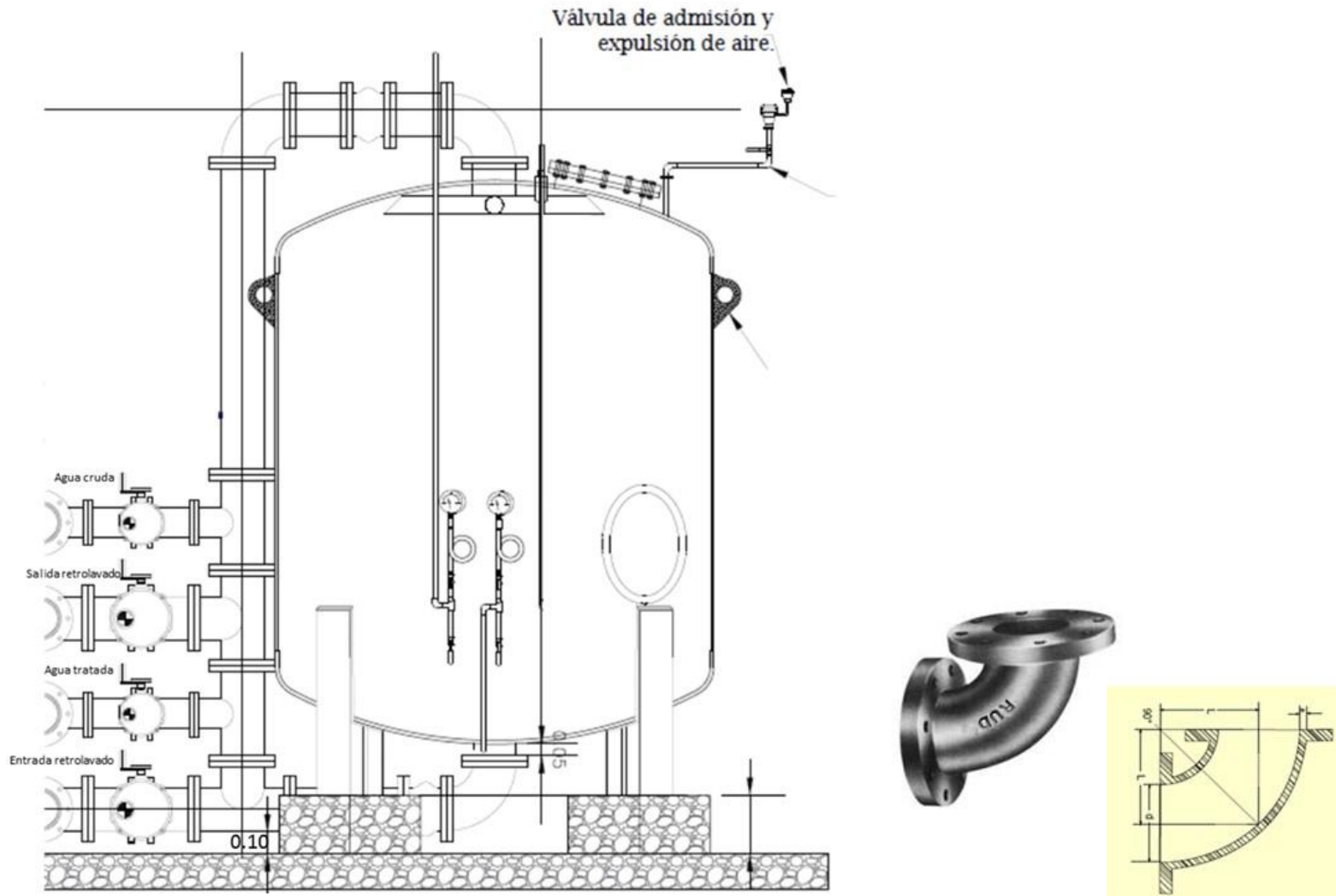


Figura 58 Configuración estándar para los filtros a presión

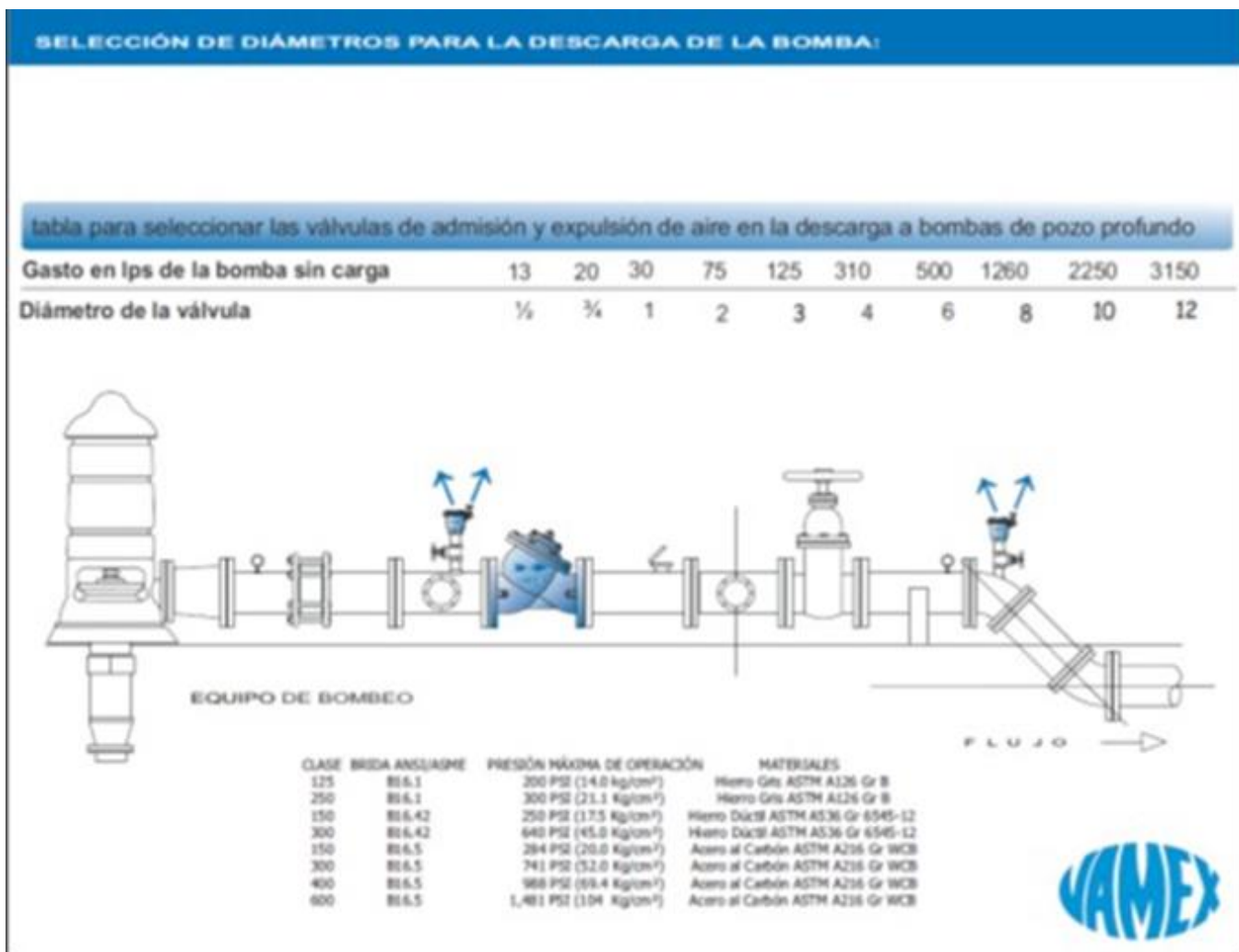


Figura 59 Tabla para válvulas de admisión y expulsión de aire

7.2.6 RETROLAVADO, LODOS Y FILTRO PRENSA

Aunque el sistema de remoción del manganeso mediante el sistema propuesto, es por adsorción-oxidación en zeolita, los retrolavados de los filtros es un paso importante para evitar que el tamaño de las partículas del medio filtrante aumente de tamaño indefinidamente por los óxidos de manganeso. En cada retrolavado se busca que parte de la capa formada se desprenda, sea arrastrada por el agua del lavado hasta el espesador y sedimento para ser enviada al cárcamo de lodos, para posteriormente deshidratarse en un filtro prensa.

Los lodos generados durante la remoción del manganeso están constituidos exclusivamente por óxidos de manganeso. Análisis hechos a este tipo de residuos, de plantas similares a la del presente proyecto, de acuerdo a los límites máximos permisibles especificados en la NOM-052-SEMARNAT/93, determinan que los residuos no son corrosivos, no son reactivos, no son explosivos, no son tóxicos y no son inflamables, por lo que pueden ser dispuestos en un relleno sanitario.

En la tabla siguiente se describen los cálculos requeridos para el diseño del espesador y el cárcamo de lodos.

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Número de filtros	N_F	4		
Área filtro comercial	A_{FC}	2.63	m ²	
Caudal de diseño	Q_D	0.03	m ³ /s	
Porcentaje de filtros retrolavados por día	$\%F_{RET}$	100	%	
Tasa de retrolavado recomendada	V_{RETR}	60.0	m/h	
Tiempo de operación de la planta por día	t_{OP}	24	h	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	10	min	
Tiempo de sedimentación de agua retrolavada	t_{SED}	120	min	
Tiempo de recirculación	t_{REC}	3	h	
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t_{LE}	10.00	min	
Ángulo de fondo del espesador	θ_{FE}	30	Grados	
Altura propuesta del cuerpo del espesador	h_{CEO}	3.00	m	
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h_{CL}	1.00	m	
Bordo libre	B_L	0.20	m	
Diámetro de tubería de extracción de lodo del espesador	D_L	2.00	plg	
Longitud del cono de 90° de la tubería de extracción de lodos del espesador	L_{codoE}	0.11	m	
Densidad del lodo seco	ρ_{Lodo}	5.03	g/cm ³	
RESULTADOS				
Volumen de agua y lodo de retrolavado y a recircular				
Número de filtros retrolavados por día	F_{RET}	4		$F_{RET} = \frac{\%F_{RET} * N_F}{100}$
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0438	m ³ /s	$Q_{RET} = A_{FC} \cdot v_{RETR}$
Volumen de agua de retrolavado por filtro	V_{RET}	26.27	m ³	$V_{RET} = Q_{RET} \cdot t_{RET}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Volumen de agua de retrolavado total por día	V_{RETT}	105.07	m ³ /día	$V_{RETT} = V_{RET} * F_{RET}$
Volumen de lodo líquido por retrolavado	V_L	0.26	m ³	$V_L = V_{RET} * 1\%$
Volumen de lodo líquido por día	V_{LPD}	1.05	m ³	$V_{lpd} = V_L * F_{RET}$
Volumen mínimo del espesador	V_{EMIN}	26.27	m ³	$V_{EMIN} = V_{RET}$
Volumen de agua a recircular por retrolavado	V_{REC}	26.01	m ³	$V_{REC} = V_{RET} - V_L$
Volumen de agua a recircular por día	V_{RPD}	104.02	m ³ /día	$V_{RPD} = V_{REC} * F_{RET}$
Tiempo y caudal de recirculación hacia tubería de agua cruda				
Caudal de recirculación desde el espesador	Q_{REC}	2.41	L/s	$Q_{REC} = \frac{V_{REC}}{t_{REC}}$
Porcentaje de recirculación (<20% de Q_i)	% _{REC}	8.03	%	$\%_{rec} = \frac{Q_{REC}}{Q_D}$
Ciclo completo de retrolavados por día	C_{RET}	21.33	h	$C_{RET} = (t_{REC} + t_{SED} + t_{RET} + t_{LE}) \cdot F_{RET}$
Tanque espesador				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Diámetro del espesador circular	D_E	3.0	m	$D_E = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{EMIN}}{\pi \cdot h_{CE0}}}$
Altura de la tolva	h_{TOL}	0.87	m	$h_{TOL} = (Tan \theta_{FE}) \left(\frac{D_E}{2}\right)$
Volumen de la tolva	V_{TOL}	2.04	m ³	$V_{TOL} = \frac{h_{TOL} \cdot \pi \cdot (D_E/2)^2}{3}$
Volumen de la tolva disponible para agua de retrolavado	V_{DTOL}	0.99	m ³	$V_{DTOL} = V_{TOL} - V_{LPD}$
Volumen requerido en el cuerpo del cilindro	V_{RCE}	25.28	m ³	$V_{RCE} = V_{EMIN} - V_{DTOL}$
Altura final del cilindro	h_{CE}	3.58	m	$h_{CE} = \frac{4 \cdot V_{RCE}}{\pi \cdot D_E^2}$
Altura libre entre la parte inferior del cono y el piso	h_{LIBREE}	0.39	m	$h_{LIBREE} = 0.15 + L_{CODO} + \frac{D_L}{2} + 0.10$
Altura total del espesador	h_E	5.03	m	$h_E = h_{CE} + h_{TOL} + B_L + h_{LIBREE}$
Cárcamo de lodos				
Volumen del cárcamo	V_{CL}	3.15	m ³	$V_{CL} = 3 \cdot V_{LPD}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Área de la superficie del cárcamo	A_{CL}	3.15	m ²	$A_{CL} = \frac{V_{CL}}{h_{CL}}$
Largo del cárcamo de lodos (a)	b_{CL}	1.8	m	$b_{CL} = \sqrt{A_{CL}}$
Ancho del cárcamo de lodos (b)	a_{CL}	1.8	m	$a_{CL} = b_{CL}$
Salida Filtro Prensa				
Volumen de sólidos secos por día	V_{SSPD}	0.0011	m ³ /día	$V_{SSPD} = V_{LPD} * 0.1\%$
Masa de sólidos secos por día	M_{SSPD}	5.2851	Kg/día	$M_{SSPD} = V_{SSPD} * \rho_{Lodo}$
Masa de sólidos secos por mes	M_{SSPM}	158.6	Kg/mes	$M_{SSPM} = M_{SPD} * 30$

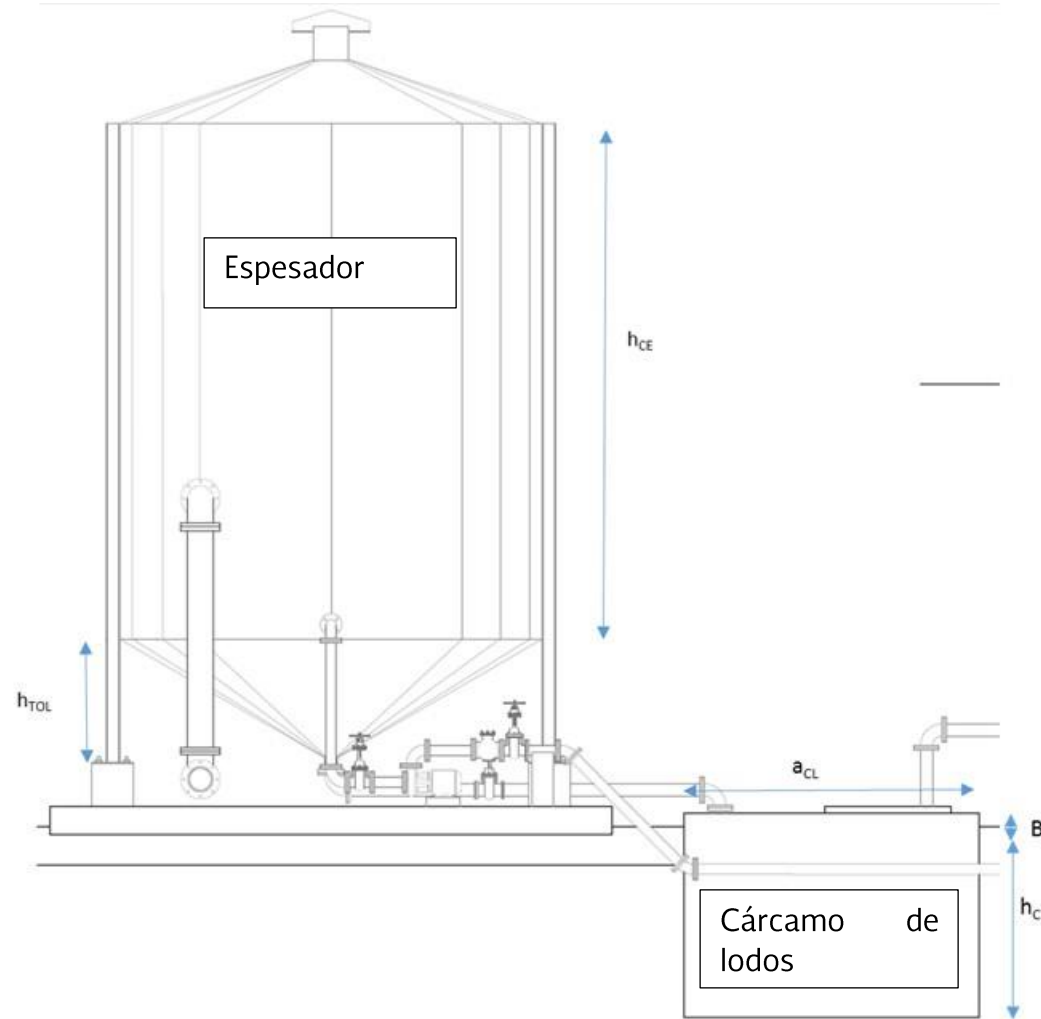


Figura 60 Espesador cilíndrico de fondo cónico, fabricado en placa A-283 grado "C" y cárcamo de lodos

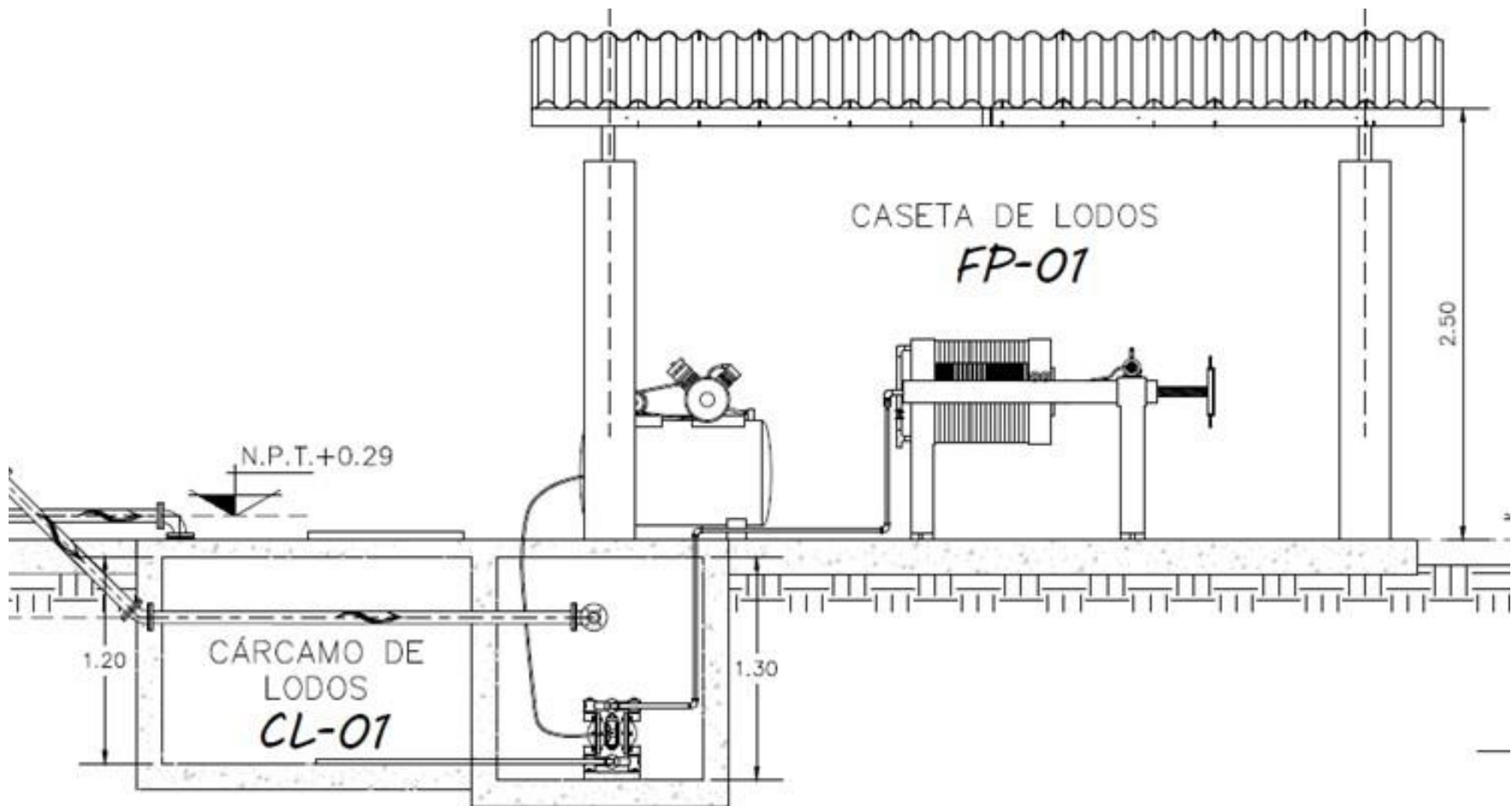


Figura 61 Cárcamo de lodos y filtro prensa

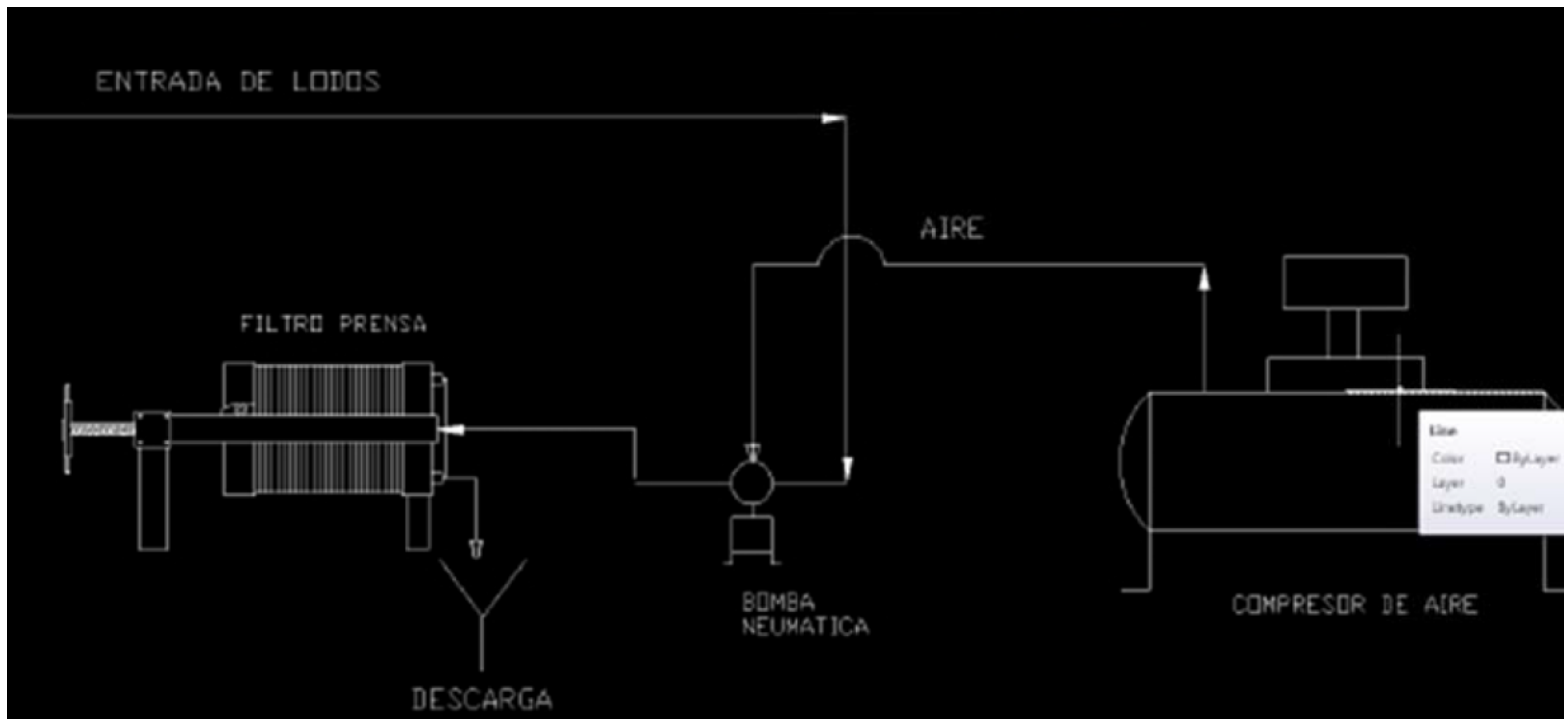


Figura 62 Esquema de flujo del sistema de tratamiento de los lodos

El sistema para deshidratar los lodos recuperados del espesador, se compone del siguiente equipo:

- Bomba neumática fabricada en polipropileno con santopreno con alimentación y descarga de 1" para acoplarse a filtro prensa.
- Compresor de 5HP, con tanque de 500 litros a 220/440 V.

c) Filtro prensa.

Tipo	C-104.
Presión máxima de operación	7 Kg. /cm ² (100 Psi.).
Área de filtración	124 ft ² (11.3 m ²)
Volumen de torta	7.1 ft ³ (200 dm ³)
No de cámaras	18
Medida de placas	630 X 630 mm
Espesor total en las cámaras	38 mm (1 ½”).
Placas	Fabricadas en polipropileno gris, de alimentación CGR. A prueba de goteo
Esqueleto	Fabricado en placa de acero al carbón con recubrimiento de pintura epoxy
Placas	Fabricadas en polipropileno gris de alimentación central y descarga por las cuatro esquinas, con espesor de torta de 38 mm (1 ½”).
Tipo de cierre	Hidráulico manual, constando de bomba hidráulica manual, husillo, volante, camisa, buje, accesorios y conexiones.
Accesorios	Tubería de alimentación y descarga en PVC. Manómetro de alimentación a filtro. Charola de descarga de sólidos con rodajas.
Largo total Aproximado	83” (2.11 m)
Ancho	27” (0.69 m)
Altura	46” (1.17 m)
Peso aproximado vacío	1400 kg



Figura 63 Filtro Prensa.

7.2.7 TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
DATOS			
Caudal de diseño	Q_D	0.0300	m^3/s
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0024	m^3/s
Caudal de trabajo	Q_T	0.0324	m^3/s
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0438	m^3/s
Velocidad máxima en tuberías de agua cruda o tratada	V_{AMAX}	2.00	m/s
Velocidad máxima en tuberías de retrolavado	V_{DMAX}	2.50	m/s
Número de filtros	N_F	4	
Volumen de lodo líquido por día	V_{LPD}	1.05	m^3
Volumen del cárcamo de lodos	V_{CL}	3.15	m^3
Tiempo de extracción de lodos del espesador	t_{LE}	10.00	min
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	120.00	min

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
RESULTADOS				
Diámetro del múltiple de agua cruda o agua tratada				
Diámetro comercial	$D_{MAC/AT}$	6.00	plg	$D_{MAC/AT} = \sqrt{\frac{4*Q_T}{\pi v_{AMAX}}}$
Área de tubería	A_M	0.0182	m ²	$A_M = \frac{\pi(D_{MAC/AT})^2}{4}$
Velocidad	v_M	1.78	m/s	$v_M = \frac{Q_T}{A_M}$
Diámetro de tubería de filtros agua cruda o agua tratada, durante retrolavado de uno de ellos				
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.0100	m ³ /s	$Q_{FTR} = \frac{Q_D}{(N_F-1)}$
Diámetro comercial	$D_{FAC/AT}$	4.0	plg	$D_{FAC/AT} = \sqrt{\frac{4*Q_{FTR}}{\pi v_{AMAX}}}$
Área de tubería	A_F	0.0081	m ²	$A_F = \frac{\pi(D_{FAC/AT})^2}{4}$
Velocidad	v_F	1.23	m/s	$v_F = \frac{Q_{FTR}}{A_F}$
Diámetro de tubería de retrolavado				
Diámetro comercial	D_{RET}	6.0	plg	$D_{RET} = \sqrt{\frac{4*Q_{RET}}{\pi v_{DMAX}}}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
Área de tubería	A_{RET}	0.0182	m ²	$A_{RET} = \frac{\pi(D_{RET})^2}{4}$
Velocidad	v_{RET}	2.40	m/s	$v_{RET} = \frac{Q_{RET}}{A_{RET}}$
Tubería de recirculación de agua clarificada				
Diámetro comercial	D_{REC}	2.0	plg	$D_{REC} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{REC}}{\pi v_{D_{MAX}}}}$
Área de tubería	A_{REC}	0.0020	m ²	$A_{REC} = \frac{\pi D_{REC}^2}{4}$
Velocidad	v_{REC}	1.19	m/s	$v_{REC} = \frac{Q_{REC}}{A_{REC}}$
Tubería de extracción de lodos del espesador al cárcamo de lodos				
Caudal de lodos del espesador	Q_{LE}	0.0018	m ³ /s	$Q_{LE} = \frac{V_{LPD}}{t_{LE}}$
Diámetro comercial	D_{LE}	2.0	plg	$D_{LE} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{LE}}{\pi v_{D_{MAX}}}}$
Área de tubería	A_{LE}	0.0020	m ²	$A_{LE} = \frac{\pi D_{LE}^2}{4}$
Velocidad	v_{LE}	0.86	m/s	$v_{LE} = \frac{Q_{LE}}{A_{LE}}$
Tubería de extracción de lodos del cárcamo de lodos al filtro prensa				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
Caudal de lodos del cárcamo	Q_{LC}	0.0004	m^3/s	$Q_L = \frac{v_{CL}}{t_{LC}}$
Diámetro comercial	D_{LC}	2.0	plg	$D_{LC} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{LC}}{\pi v_{DMAX}}}$
Área de tubería	A_{LC}	0.0020	m^2	$A_{LC} = \frac{\pi D_{LC}^2}{4}$
Velocidad	v_{LC}	0.22	m/s	$v_{LC} = \frac{Q_{LC}}{A_{LC}}$

La configuración de las tuberías se muestra en la Figura 64.

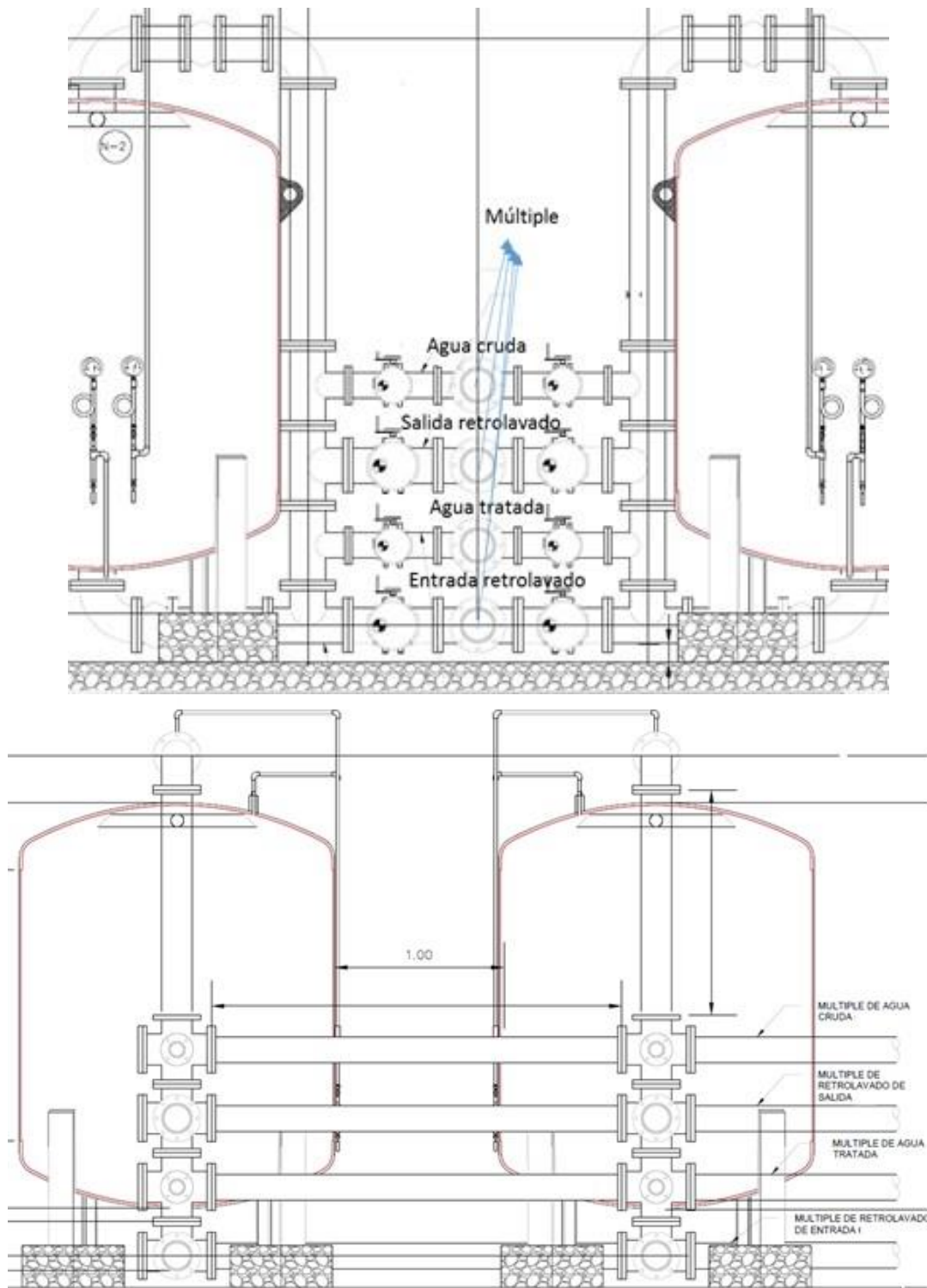


Figura 64 Tuberías de distribución

7.2.8 ESPESOR DE CUERPO Y TAPAS DE FILTROS

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Presión de trabajo	P_T	3.00	kg/cm ²	
Esfuerzo máximo a tensión del acero cuerpo filtros	S_F	970.00	kg/cm ²	
Esfuerzo máximo a tensión del acero cuerpo espesador	S_E	970.00	kg/cm ²	
Eficiencia de soldadura para juntas a tope del cuerpo del filtro	E_C	0.85		
Eficiencia de soldadura para juntas a tope de la tapa del filtro	E_T	0.85		
Espesor por corrosión	e_c	1.59E-03	m	
Altura recta de filtro (cuerpo cilíndrico)	h_{CF}	1.57	m	
Diámetro interno del filtro o radio de abombado de la tapa	D_{CF}	1.829	m	
Diámetro del espesador circular	D_E	3.00	m	
Altura final del cilindro	h_E	5.03	m	
Gravedad específica del agua	SG	1.00		
Densidad del agua	ρ_{agua}	998.20	kg/m ³	
RESULTADOS				
Presión de Diseño para cuerpo del filtro (MAPAS " Diseño estructural de recipientes", 2007 pág. 178)	P_{DC}	5.26	kg/cm ²	$P_{DC} = (P_T + \rho_{agua} * h_{CF}) 1.1$ $P_{DC} = P_T + \rho_{agua} * h_{CF} + 2.1$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Presión de Diseño para tapas toriesféricas (MAPAS " Diseño estructural de recipientes", 2007 pág. 178)	P_{DT}	5.10	kg/cm ²	$SI P_T > 21.1 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow P_{DT} = 1.1P_T$ $SI P_T \leq 21.1 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow P_{DT} = P_T + 2.1$
Cuerpo de filtros				
Radio interior del filtro	R_F	0.91	m	$R_F = \frac{D_{CF}}{2}$
Espesor mínimo sin corrosión (2013 ASME Boiler & Pressure Vessel Code. Pág. 18)	$e_{CF S/C}$	0.23	plg	$e_{CF S/C} = \frac{P_{DC}R_F}{S_F - 0.6P_{DC}}$
Espesor mínimo con corrosión	$e_{CF C/C}$	0.29	plg	$e_{CF C/C} = e_{CF S/C} + e_C$
Espesor mínimo comercial del cuerpo del filtro	e_{CF}	5/16	plg	
Tapa toriesférica inferior				
Espesor mínimo sin corrosión (2013 ASME Boiler & Pressure Vessel Code. Pág. 28)	$e_{TF S/C}$	0.41	plg	$e_{TF S/C} = \frac{0.885P_{DC}D_{CF}}{S_F - 0.1P_D}$
Espesor mínimo con corrosión	$e_{TF C/C}$	0.47	plg	$e_{TF C/C} = e_{TF S/C} + e_C$
Espesor mínimo comercial de la Tapa toriesférica	e_{TF}	1/2	plg	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Tapa toriesférica superior				
Espesor mínimo sin corrosión (2013 ASME Boiler & Pressure Vessel Code. Pág. 28)	$e_{TF S/C}$	0.394	plg	$e_{TF S/C} = \frac{0.885P_{DC}D_{CF}}{S_E - 0.1P_{DT}}$
Espesor mínimo con corrosión	$e_{TF C/C}$	0.457	plg	$e_{TF C/C} = e_{TF S/C} + e_C$
Espesor mínimo comercial de la Tapa toriesférica	e_{TF}	1/2	plg	
Tanque espesador				
Espesor mínimo del cuerpo con corrosión (método de un pie API-650, pg. 5-15)	$e_{CE c/c}$	0.063	plg	$e_{CE c/c} = \frac{2.6D_E(h_E - 1)SG}{c} + e_C$
Espesor mínimo comercial del cuerpo	e_{CE}	3/16	plg	

7.2.9 PÉRDIDAS EN TOBERAS

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS DE INICIO				
Diámetro comercial del filtro	D_{CF}	1.83	m	<p><i>Numero de toberas en arreglo hexagonal</i></p> $N_{TOB} = 3n \cdot (n + 1) + 1$ <p><i>Reacomodando</i></p> $3n^2 + 3n + (1 - N_{TOB}) = 0$ <p><i>n = Numero de capas concéntricas en el arreglo</i></p> <p><i>Resolviendo como ecuación cuadrática</i></p> $n = \frac{-3 + \sqrt{9 - 12(1 - N_{TOB})}}{6}$
Área filtro comercial	A_{FC}	2.63	m ²	
Diámetro de conexión de tobera	D_{TOB}	0.0254	m	
Longitud de conexión de tobera	l_{CTOB}	0.08	m	
Área total para el flujo	A_{TFLUJO}	6.50E-04	m ²	
Diámetro del elemento microrranurado	D_{MICRO}	0.0500	m	
Apertura de microrranura	a_{PMICRO}	3.00E-04	m	
Caudal máximo de retrolavado por tobera	Q_{TOBMAX}	9.19E-04	m ³ /s	
Distancia máxima de colocación entre centros de dos toberas	L_{MTOB}	0.30	m	
Gasto de retrolavado	Q_{RET}	0.0438	m ³ /s	
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.0100	m ³ /s	
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²	
Viscosidad cinemática del agua	ν_{AGUA}	1.00E-06	m ² /s	
Rugosidad del material de tobera	ϵ_{TOB}	6.00E-07	m	
RESULTADOS				
Número de toberas				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Número mínimo de toberas con relación al caudal máximo durante el retrolavado	N_{TOBMIN}	48	-	$N_{TOBMIN} = \frac{Q_{RET}}{Q_{TOBMAX}}$
Número de capas concéntricas en arreglo hexagonal (redondeado al entero superior)	n	4	-	$n = \frac{-3 + \sqrt{9 - 12(1 - N_{TOB})}}{6}$
Número de toberas para el numero de capas calculado	N_{TOB}	61	-	$N_{TOB} = 3n \cdot (n + 1) + 1$
Distancia entre centros de toberas (máx. 30 cm)	L_{TOB}	0.23	m	$L_{TOB} = \frac{D_{CF}}{2n}$
Pérdidas de carga por toberas durante filtración				
<i>Pérdida por entrada al elemento microrranurado</i>				
Caudal por tobera durante la filtración	Q_{TOBF}	1.64E-04	m ³ /s	$Q_{TOBF} = \frac{Q_{FTR}}{N_{TOB}}$
Velocidad en el elemento microrranurado	v_{MICROF}	0.2522	m/s	$v_{MICROF} = \frac{Q_{TOBF}}{A_{TFLUJO}}$
Perdida por entrada	h_{MICROF}	1.62E-03	m	$h_{MICROF} = k \cdot \frac{v_{MICROF}^2}{2g}$ $k = 0.5 \text{ entrada recta}$
<i>Pérdida por contracción en el tubo de la tobera</i>				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Área del tubo de la tobera	A_{TTOB}	5.07E-04	m ²	$A_{TTOB} = \frac{\pi D_{TOB}^2}{4}$
Velocidad en el tubo de la tobera	v_{TTOBF}	0.324	m/s	$v_{TTOBF} = \frac{Q_{TOBF}}{A_{TTOB}}$
Pérdida por contracción en el tubo	h_{CTTOBF}	5.23E-04	m	$h_{CTTOBF} = k \frac{v_{TTOBF}^2}{2g}$ <i>k = Ver ecuación en Tablas y gráfica</i>
<i>Pérdida por fricción en el tubo de la tobera</i>				
Reynolds	Re_F	8,193.05	-	$Re_F = \frac{v_{TTOBF} \cdot D_{TOB}}{v_{AGUA}}$
Factor de fricción	f_F	0.0328	-	$f_F = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon_{TOB}/D_{TOB}}{3.71} + \frac{5.74}{Re_F^{0.9}} \right) \right]^2}$
Pérdida por fricción	h_{FTTOBF}	5.16E-04	m	$h_{FTTOBF} = f_F \cdot \frac{l_{CTOB}}{D_{TOB}} \cdot \frac{v_{TTOBF}^2}{2g}$
<i>Pérdida por salida del tubo de la tobera</i>				

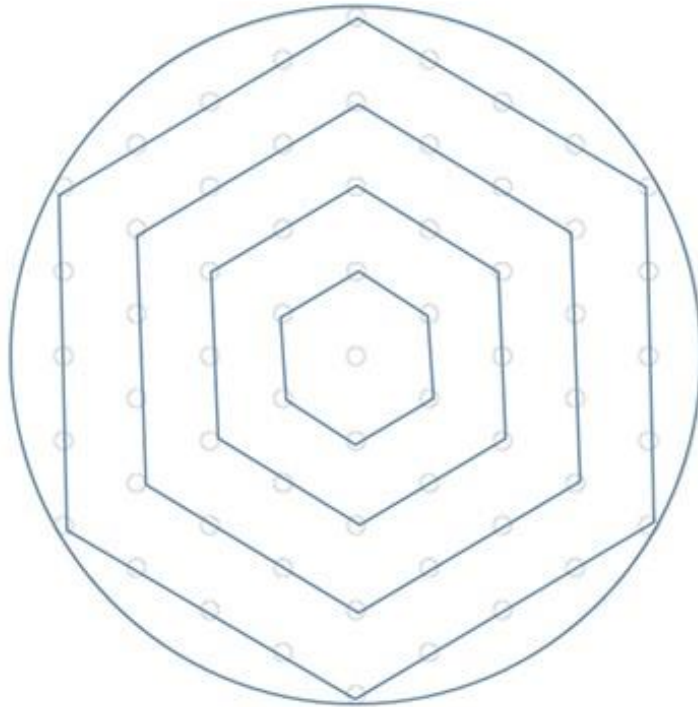
	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Pérdida por salida	h_{STTOBF}	5.21E-03	m	$h_{STTOBF} = \frac{\left(v_{TTOBF} - \frac{Q_{FTR}}{A_{FC}}\right)^2}{2g}$
Pérdida total durante la filtración				
Pérdida de carga total por tobera	h_{TOBF}	0.0079	m	$h_{TOBF} = h_{EMICROF} + h_{CTTOBF} + h_{FTTOBF} + h_{STTOBF}$
Pérdida por tobera utilizando ecuaciones de hidroesferas	$h_{CTOBF(2)}$	0.0063	m	Ver ecuación en tablas y gráfica
Pérdidas por toberas durante retrolavado				
Pérdida por entrada al tubo de la tobera				
Caudal por tobera durante el retrolavado	Q_{TOBR}	7.18E-04	m ³ /s	$Q_{TOBR} = \frac{Q_{RET}}{N_{TOB}}$
Velocidad en el tubo de la tobera	v_{TTOBR}	1.42	m/s	$v_{TTOBR} = \frac{Q_{TOBR}}{A_{TTOB}}$
Pérdida por entrada	h_{ETTOBR}	0.0511	m	$h_{ETTOBR} = k \cdot \frac{v_{TTOBR}^2}{2g}$ $k = 0.5 \text{ entrada recta}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
<i>Pérdida por fricción en el tubo de la tobera</i>				
Reynolds	Re_R	35,868.79	-	$Re_R = \frac{v_{TTOBR} \cdot D_{TOB}}{v_{AGUA}}$
Factor de fricción (MAPAS-10, pág. 11)	f_R	0.0225	-	$f_R = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon_{TOB}/D_{TOB}}{3.71} + \frac{5.74}{Re_R^{0.9}} \right) \right]^2}$
Pérdida por fricción	h_{FTTOBR}	0.0068	m	$h_{FTTOBR} = f_R \cdot \frac{l_{CTOB}}{D_{TOB}} \cdot \frac{v_{TTOBR}^2}{2g}$
<i>Pérdida por expansión en el elemento microrranurado</i>				
Velocidad en el elemento microrranurado	v_{MICROR}	1.1041	m/s	$v_{MICROR} = \frac{Q_{TOBR}}{A_{TFLUJO}}$
Pérdida por expansión	$h_{EMICROR}$	0.0030	m	$h_{EMICROR} = C_a \cdot \left(\frac{A_{TTOB}}{A_{TFLUJO}} - 1 \right)^2 \cdot \frac{v_{MICROR}^2}{2g}$ $C_a = 1$ para expan. brusca
<i>Pérdida por salida del elemento microrranurado</i>				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Pérdida por salida del elemento microrranurado	$h_{SMICROR}$	0.0603	m	$h_{SMICROR} = \frac{\left(v_{MICROR} - \frac{Q_{RET}}{A_{FC}}\right)^2}{2g}$
<i>Pérdida total durante retrolavado</i>				
Pérdida de carga total por tobera	h_{TOBR}	0.121	m	$h_{TOBR} = h_{ETTOBR} + h_{FTTOBR} + h_{EMICROR} + h_{SMICROR}$
Pérdida por tobera utilizando ecuaciones de hidroesferas	$h_{CTOBR(2)}$	0.2734	m	Ver ecuación en tablas y gráfica

Para la entrada (agua de retrolavado) y salida (agua tratada) por la parte inferior de los filtros, se propone una placa perforada para colocación de toberas microrranuradas en acero inoxidable, en un arreglo hexagonal para una mejor distribución del flujo (Figura 65).

El cálculo de las pérdidas a través de las toberas se llevó a cabo de dos formas diferentes, una mediante el cálculo de perdidas convencional, y la otra fue utilizando como referencia las pérdidas de presión reportadas para hidroesferas de plástico (Figura 66). Por seguridad se tomó el valor más alto de los dos cálculos.



a)



b)

Figura 65 Placa perforada (a) para colocación de toberas en acero inoxidable (b)

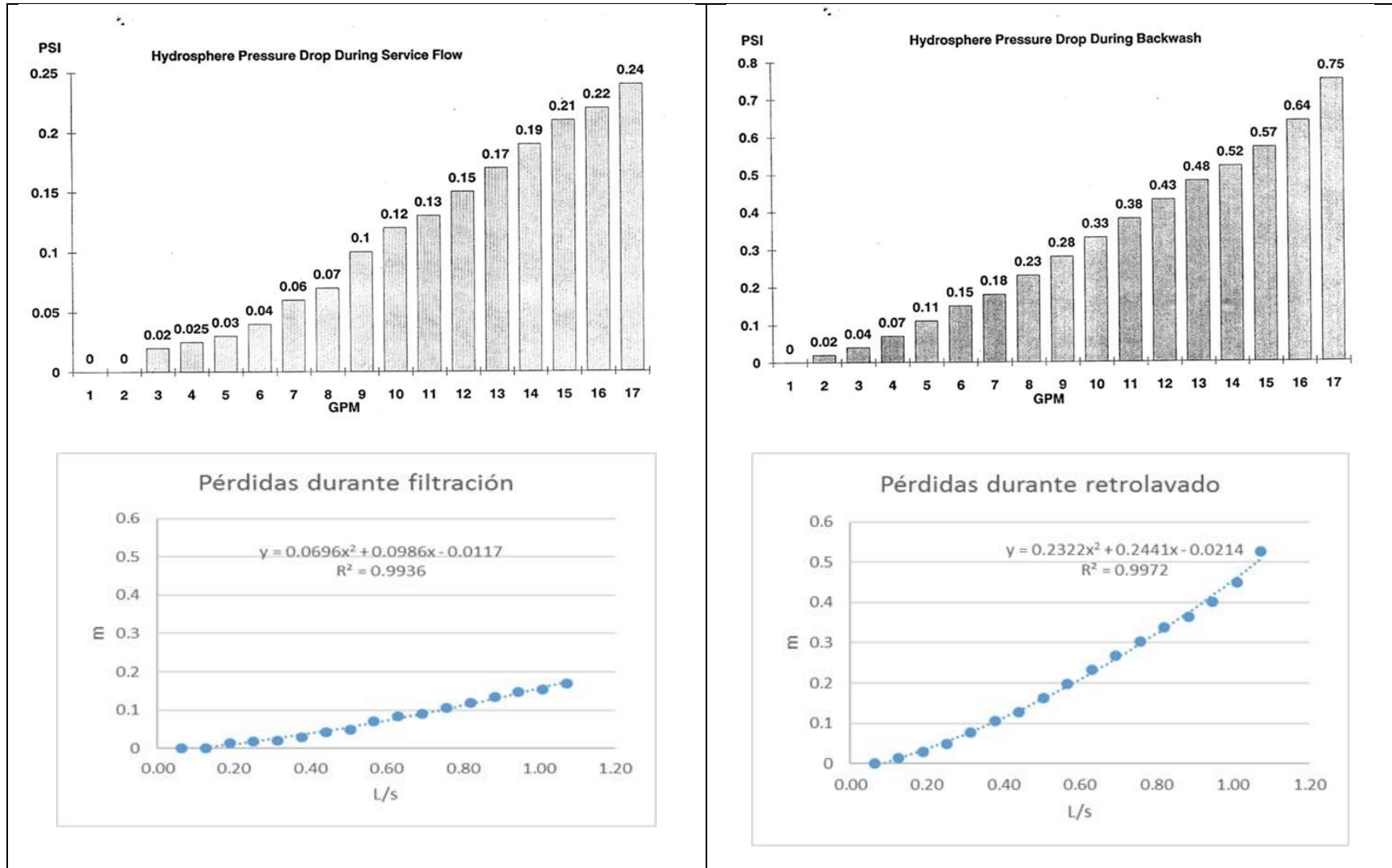


Figura 66 Pérdidas de presión en hidrosferas, tomadas como referencia

7.2.10 PÉRDIDAS DURANTE LA FILTRACIÓN

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS
DATOS				
Caudal de trabajo	Q_T	0.032	m ³ /s	
Caudal por filtro durante el retrolavado de uno de ellos	Q_{FTR}	0.010	m ³ /s	
Área filtro comercial	A_{FC}	2.627	m ²	
Diámetro comercial del filtro	D_{FC}	1.829	m	
Diámetro del múltiple de agua cruda o agua tratada	$D_{MAC/AT}$	6	plg	
Diámetro de tubería de filtros agua cruda o agua tratada	$D_{FAC/AT}$	4	plg	
Diámetro de tubería de retrolavado	D_{RET}	6	plg	
Diámetro tubería de retrolavado	D_{RET}	0.152	m	
Pérdida de carga por toberas	h_{TOBF}	0.0079	m	
Pérdida de carga adicional en filtro sucio	h_{FS}	0.400	m	
Medio Filtrante				
Porosidad del medio filtrante (1)	n_1	0.60		
Porosidad del medio filtrante (2)	n_2	0.00		
Factor de forma del medio filtrante (1)	φ_1	0.60		
Factor de forma del medio filtrante (2)	φ_2	0.00		
$\Sigma f(x/d^*)$ (1)		47,924.41	1/m	
$\Sigma f(x/d^*)$ (2)		0.00	1/m	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS				
Espesor del medio filtrante (1)	L ₁	0.60	m					
Espesor del medio filtrante (2)	L ₂	0.00	m					
Medio Soporte								
Espesor del medio soporte	L _S	0.300	m					
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²					
Viscosidad cinemática del agua	v _{AGUA}	1.0E-06	m ² /s					
Rugosidad absoluta del material de las tuberías	ε _T	5.0E-05	m					
RESULTADOS								
Pérdidas Locales				$h_a = k \frac{v^2}{2g}$				
No.	Accesorio	Q (m ³ /s)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	v ² /2g	k	h _a (m)
De cárcamo AC o de pozo a conexión con tubería de salida de retrolavado (Línea agua cruda)								
1	Válvula check de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.75	0.1207
1	Tee flujo directo de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.30	0.0483
1	Válvula de compuerta de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.12	0.0193
3	Codo de 90° de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.45	0.2172
1	Mezclador	-	-	-	-	-	-	0.2240
1	Cruz de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.30	0.0483

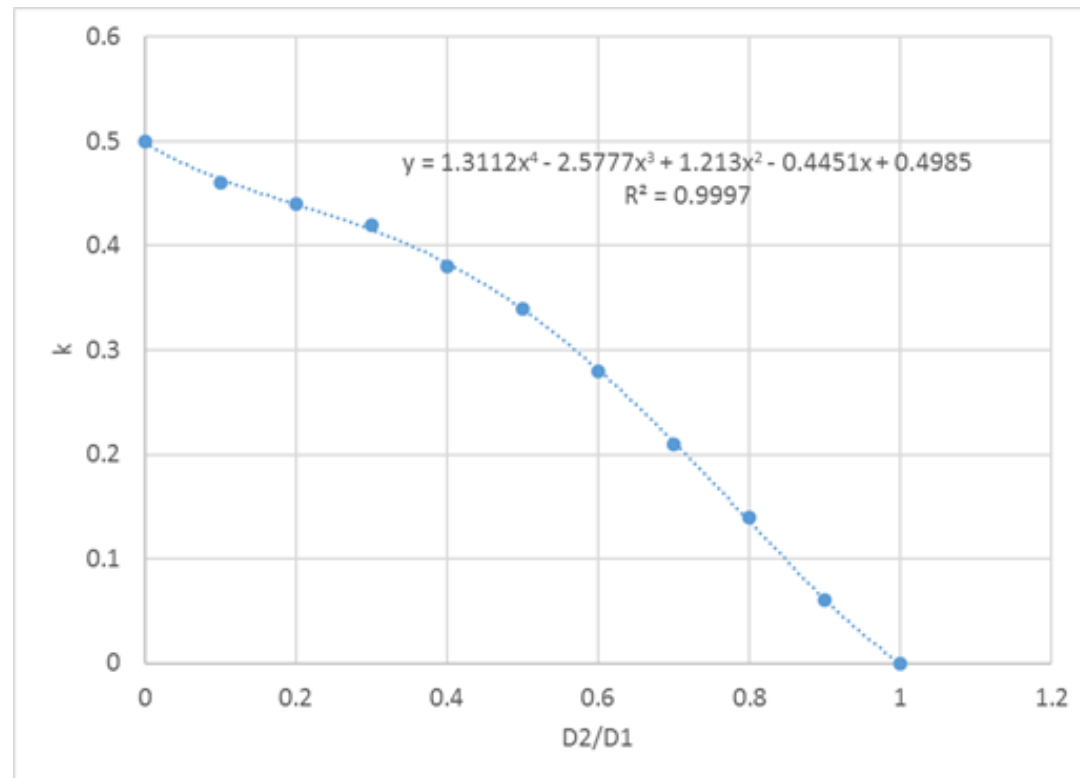
				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD		FORMULAS
1	Tee flujo desviado de 6"	0.010	6	0.01824	0.55	0.015	0.90	0.0138
1	Válvula de mariposa de 4"	0.010	4	0.00811	1.23	0.078	0.77	0.0597
Piezas extras								
2.00	Codo de 45° de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.24	0.0772
1.00	Tee flujo desviado de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.90	0.1448
1.00	Válvula de compuerta de 6"	0.032	6	0.01824	1.78	0.161	0.12	0.0193
De conexión con tubería de salida de retrolavado a entrada al filtro								
1	Tee flujo desviado de 6"	0.010	6	0.0182	0.55	0.015	0.90	0.0138
2	Codo de 90° de 6"	0.010	6	0.0182	0.55	0.015	0.45	0.0138
De salida del filtro a cárcamo AT								
1	Codo de 90° de 6"	0.010	6	0.0182	0.55	0.015	0.45	0.0069
2	Tee flujo desviado de 6"	0.010	6	0.0182	0.55	0.015	0.90	0.0276
1	Válvula de mariposa de 4"	0.010	4	0.0081	1.23	0.078	0.77	0.0597
1	Tee flujo desviado de 6"	0.010	6	0.0182	0.55	0.015	0.90	0.0138
1	Cruz de 6"	0.032	6	0.0182	1.78	0.161	0.30	0.0483
5	Codo de 90° de 6"	0.032	6	0.0182	1.78	0.161	0.45	0.3620
Piezas extras								
0	Codo de 45° de 6"	0.032	6	0.0182	1.78	0.161	0.24	0.0000
0	Tee flujo desviado de 6"	0.032	6	0.0182	1.78	0.161	0.90	0.0000

				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD		FORMULAS
0	Válvula de compuerta de 6"	0.032	6	0.0182	1.78	0.161	0.12	0.0000
Total								1.5382
Pérdidas por Fricción								
				$Re = \frac{v \cdot D}{\nu_{AGUA}}$	$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon_T/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$	$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$		
Tramo	Q (m3/s)	Diam (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	Re	f	L (m)	h _f (m)
De cárcamo AC o de pozo a múltiple de alimentación	0.0324	0.1524	0.0182	1.7766	269,944.67	0.0174	20.46	0.376
Múltiple de alimentación	0.0124	0.1524	0.0182	0.6802	103,352.64	0.0195	2.42	0.007
De conexión con tubería de salida de retrolavado a entrada al filtro	0.0100	0.1524	0.0182	0.5482	83,296.01	0.0202	1.86	0.004
De salida del filtro a múltiple de agua tratada	0.0100	0.1016	0.0081	1.2335	124,944.02	0.0198	0.82	0.012
Múltiple de agua tratada	0.0200	0.1524	0.0182	1.0964	166,592.03	0.0183	2.42	0.018
De múltiple de agua tratada a cárcamo AT (incluye codo)	0.0324	0.1524	0.0182	1.7766	269,944.67	0.0174	8.19	0.151
Total								0.5682
Pérdidas en medio filtrante y soporte								

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS
Velocidad en la entrada y la salida del filtro durante la filtración	v_{FF}	0.548	m/s	$v_{FF} = \frac{Q_{FTR}}{\frac{\pi D_{RET}^2}{4}}$
Velocidad de filtración (tasa de filtración) en el medio	v_M	0.0038	m/s	$v_M = \frac{Q_{FTR}}{A_{FC}}$
Pérdida de carga por expansión en la entrada del filtro	h_1	7.28E-07	m	$h_1 = C_a \cdot \left(\frac{A_{RET}}{A_{FC}} - 1 \right)^2 \cdot \frac{v_M^2}{2g}$ $C_a = 1$ para expan. brusca
Coefficiente de pérdida en medio filtrante (1)	K_1	4.56E-06	m	$K_1 = \frac{1}{\phi_1} \cdot \frac{1 - n_1}{n_1^3} \cdot \frac{v_M^2}{g}$
Pérdida de carga en el medio filtrante (1)	$h_{2(1)}$	0.131	m	$h_{2(1)} = K_1 L_1 \sum f_1 \frac{x}{d^*}$
Coefficiente de pérdida en medio filtrante (2)	K_2	-	m	$K_2 = \frac{1}{\phi_2} \cdot \frac{1 - n_2}{n_2^3} \cdot \frac{v_M^2}{g}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS
Pérdida de carga en el medio filtrante (2)	$h_{2(2)}$	0.000	m	$h_{2(2)} = K_2 L_2 \sum f_2 \frac{x}{d^5}$
Pérdida de carga por contracción en la salida del filtro	h_5	0.0001	m	$h_5 = k \frac{v_{FF}^2}{2g}$ <i>k = Ver ecuación en Tablas</i>
Pérdida de carga total	h_{TMF}	0.539	m	
Pérdidas totales durante la filtración en la batería de filtros				
Pérdidas locales		1.54	m	
Pérdidas de fricción		0.57	m	
Pérdidas en medio filtrante y soporte		0.54	m	
TOTAL DE PÉRDIDAS		2.65	m	

El valor de k se calcula con la relación mostrada en la siguiente figura.



7.2.11 PÉRDIDAS DURANTE EL RETROLAVADO

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS
DATOS				
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.044	m^3/s	
Diámetro de tubería de retrolavado	D_{RET}	6	plg	
Velocidad en la entrada y la salida del filtro durante el retrolavado	V_{RET}	2.40	m/s	
Velocidad de retrolavado dentro del filtro	V_{RETF}	0.017	m/s	
Altura del agua dentro del filtro	h_3	2.375	m	
Altura total del espesador	h_E	5.032	m	
Densidad del medio filtrante (1)	ρ_1	1772.00	kg/m^3	
Densidad del medio filtrante (2)	ρ_2	0.00	kg/m^3	
Pérdida de carga por toberas	h_{TR}	0.273	m	
Espesor del medio filtrante (1)	L_1	0.600	m	
Espesor del medio filtrante (2)	L_2	0.000	m	
Espesor del medio soporte	L_S	0.300	m	
Porosidad del medio filtrante (1)	n_1	0.600		
Porosidad del medio filtrante (2)	n_2	0.000		
Diámetro comercial del filtro	D_{CF}	1.829	m	
Diámetro tubería de retrolavado	D_{RET}	0.152	m	
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s^2	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS
Densidad del agua	ρ_{AGUA}	998.20	kg/m ³	
Viscosidad cinemática del agua	ν_{AGUA}	1.00E-06	m ² /s	
Rugosidad absoluta del material de las tuberías	ϵ_T	5.00E-05	m	

RESULTADOS

Pérdidas Locales	$h_a = k \frac{v^2}{2g}$
-------------------------	--------------------------

No.	Accesorio	Q (m ³ /s)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	v ² /2g	k	h _a (m)
De cárcamo AC/AT a entrada a filtro								
1	Válvula check de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.75	0.2202
1	Tee flujo directo de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.30	0.0881
1	Válvula de compuerta de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.12	0.0352
1	Codo de 90° de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.45	0.1321
1	Cruz de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.30	0.0881
1	Tee flujo desviado de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.90	0.2642
1	Válvula de mariposa de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.68	0.1996
1	Tee flujo directo de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.30	0.0881
1	Codo de 90° de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.45	0.1321

Piezas extras

				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS	
2.00	Codo de 45° de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.24	0.1409
1.00	Tee flujo desviado de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.90	0.2642
0.00	Válvula de compuerta de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.12	0.0000
De salida de filtro a tanque sedimentador								
2	Codo de 90° de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.45	0.2642
1	Tee flujo directo de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.30	0.0881
1	Tee flujo desviado de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.90	0.2642
1	Válvula de mariposa de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.68	0.1996
1	Tee flujo desviado de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.90	0.2642
1	Cruz de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.30	0.0881
4	Codo de 90° de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.45	0.5284
Piezas extras								
0.00	Codo de 45° de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.24	0.0000
0.00	Tee flujo desviado de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.90	0.0000
0.00	Válvula de compuerta de 6"	0.044	6	0.0182	2.40	0.294	0.12	0.0000
							Total	3.3497

Pérdidas por Fricción

$$Re = \frac{v * D}{\nu_{ms}} \quad f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

				NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS	
Tramo	Q (m ³ /s)	Diam (m)	Área (m ²)	Vel. (m/s)	Re	f	L (m)	h _f (m)
De cárcamo AC/AT a múltiple de retrolavado de entrada	0.044	0.1524	0.018	2.40	364,666	0.01697	10.75	0.3514
Múltiple de retrolavado de entrada	0.044	0.1524	0.018	2.40	364,666	0.01697	2.63	0.0858
De múltiple de retrolavado de entrada a filtro	0.044	0.1524	0.018	2.40	364,666	0.01697	0.82	0.0267
De filtro a múltiple de retrolavado de salida	0.044	0.1524	0.018	2.40	364,666	0.01697	2.17	0.0710
Múltiple de retro lavado de salida	0.044	0.1524	0.018	2.40	364,666	0.01697	2.63	0.0858
De múltiple de salida de retrolavado a tanque espesador	0.044	0.1524	0.018	2.40	364,666	0.01697	13.53	0.4423
Total								1.0631
Pérdidas medio filtrante y soporte								
Pérdida de carga por expansión en el falso fondo				h ₁	1.40E-05	m	$h_1 = C_a \cdot \left(\frac{A_{RET}}{A_{FC}} - 1 \right)^2 \cdot \frac{v_{RETF}^2}{2g}$ $C_a = 1 \text{ para expan. brusca}$	
Pérdida de carga en el medio soporte				h ₄	0.100	m	$h_4 = \frac{v_{ret \text{ filtro}} L_s}{3}$	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FORMULAS
Pérdida de carga en el medio filtrante (2)	$h_{5(2)}$	0.000	m	$h_{5(2)} = \frac{(1 - n_2) \cdot (\rho_2 - \rho_{AGUA}) \cdot L_2}{\rho_{AGUA}}$
Pérdida de carga en el medio filtrante (1)	$h_{5(1)}$	0.186	m	$h_{5(1)} = \frac{(1 - n_1) \cdot (\rho_1 - \rho_{AGUA}) \cdot L_1}{\rho_{AGUA}}$
Pérdida de carga por contracción en la salida del filtro	h_6	0.001	m	$h_5 = k \frac{v_{FF}^2}{2g}$ <i>k = Ver ecuación en Tablas</i>
Pérdida de carga total	h_{TMR}	2.935	m	
Pérdidas totales durante el retrolavado en la batería de filtros				
Pérdidas locales		3.35	m	
Pérdidas de fricción		1.06	m	
Pérdidas en medio filtrante y soporte		2.94	m	
TOTAL DE PÉRDIDAS		7.35	m	

7.2.12 REACTIVOS

El único reactivo que se va a utilizar en el proceso de remoción del manganeso, es el cloro y en el caso del pozo 2 de Jaral del Progreso, se seguirá usando el gas en recipientes de 68 kg, como lo están haciendo actualmente.

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.0300	m ³ /s	$NaOCl \leftrightarrow Na^+ + OCl^-$
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0438	m ³ /s	$Cl_{2(ac)} + H_2O \leftrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$
Concentración de manganeso	C_{Mn}	0.98	mg/L	$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$
Concentración de arsénico	C_{As}	0.00	mg/L	$HOCl + H^+ + 2Fe^{+2} \leftrightarrow 2Fe^{+3} + Cl^- + H_2O$
Concentración de hierro	C_{Fe}	0.22	mg/L	$Mn^{+2} + HOCl + H_2O \rightarrow MnO_{2(s)} + Cl^- + 3H^+$
Concentración residual de HOCL	$HOCL_{RESIDUAL}$	1.50	mg/L	$Fe^{+3} + 4OH^- \rightarrow Fe(OH)_4^-$
Relaciones estequiométricas	Cl ₂ /HOCL	1.35	-	$\rightarrow FeO(OH)_2 \cdot H_2O$
	NaOCl/HOCl	1.42	-	$\equiv Fe - OH + H^+ + H_2AsO_4^- \rightarrow$
	HOCl/As	0.70	-	$\equiv Fe - H_2AsO_4 + H_2O$
	HOCl/Mn	0.95	-	
	Fe/As	0.75	-	$H_3AsO_3 + OCl^- \rightarrow H_2AsO_4^- + H^+ + Cl^-$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
	Fe/FeCl ₃	0.34	-
	HOCl/2Fe	0.47	-
Factores de eficiencia	FE _{POL/LOD}	15	mgPolímero/LLodo
	FE _{HOCL/As}	3	-
	FE _{HOCL/Mn}	2	-
	FE _{Fe/As}	40	-
Pureza	Cl ₂	98	%
	NaOCl	13	%
	FeCl ₃	40	%
	Polímero	0.1	%
Densidades (ρ)	Cl ₂	3.0	kg/m ³
	NaOCl	1.2	kg/L
	FeCl ₃	1.4	kg/L
	Polímero	1.0	kg/L
Tiempo de retrolavado	t _{RET}	10.0	min
Tiempo de almacenamiento de cloro	t _{A Cl}	7.0	días
Tiempo de almacenamiento de coagulante y/o polímero	t _{A OTROS}	7.0	días
Número de filtros retrolavados por día	F _{RET}	4.0	-

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
Volumen de agua de retrolavado por filtro	V_{RET}	26.3	m ³	
Volumen de lodo liquido por retrolavado	V_L	262.68	L	
RESULTADOS				
Dosis de reactivos (D)				
HOCl		3.01	mg/L	$D_{HOCl} = FE * \frac{HOCl}{Mn\ o\ As} \cdot C_{Mn\ o\ As} + \frac{HOCl}{2Fe} \cdot C_{Fe} + HOCl_{Residual}$ $D_{Cloro} = \frac{\frac{Cl_2\ o\ NaOCl}{HOCl} \cdot D_{HOCl} \cdot 100}{Pureza}$ $D_{FeCl3} = \frac{C_{As} \cdot FE_{Fe/As} \cdot \frac{FeCl_3}{Fe} \cdot 100}{Pureza}$ $D_{Polímero} = \frac{V_L \cdot FE_{Pol/Lodo}}{V_{RET}}$
Cl ₂		4.15	mg/L	
NaOCl			mg/L	
FeCl ₃			mg/L	
Polímero al 1%			mg/L	
Flujo másico de reactivos (W)				
		$W = D \cdot Q$		
Cl ₂		10.75	kg/día	
NaOCl			kg/día	
FeCl ₃			kg/día	
Polímero al 1%			kg/h	
Flujo volumétrico de reactivos (q)				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	
NaOCl			L/h	$q = W/\rho$
Cloruro férrico			L/h	
Polímero (durante el retrolavado)			L/h	$q = \frac{W * 100}{\rho * pureza}$
Volumen de almacenamiento x periodo seleccionado (V_{alm})				
Cl ₂		75.25	kg	$V_{alm} = (q \circ W) \cdot t_A$
NaOCl			L	
Cloruro férrico			L	
Polímero			L	$V_{alm} = q \cdot t_{RET} \cdot F_{RET}/día \cdot t_A$

La información requerida para el cálculo de los reactivos, se muestra a continuación:

Características de los reactivos			Unidad
Gas Cloro (Cl ₂)	Pureza	98	%
	Densidad	3.04	kg/m ³
Ácido Hipocloroso (HOCl)	Residual	1.5	mg/L
	Extra	0.5	mg/L
Óxido de manganeso (MnO ₂)	Densidad	5.03	g/cm ³
			Factor de eficiencia (FE)
HOCl/Mn			1.5
Remoción de Manganeso			98
			%

7.2.13 CÁLCULO DEL CÁRCAMO DE AGUA TRATADA

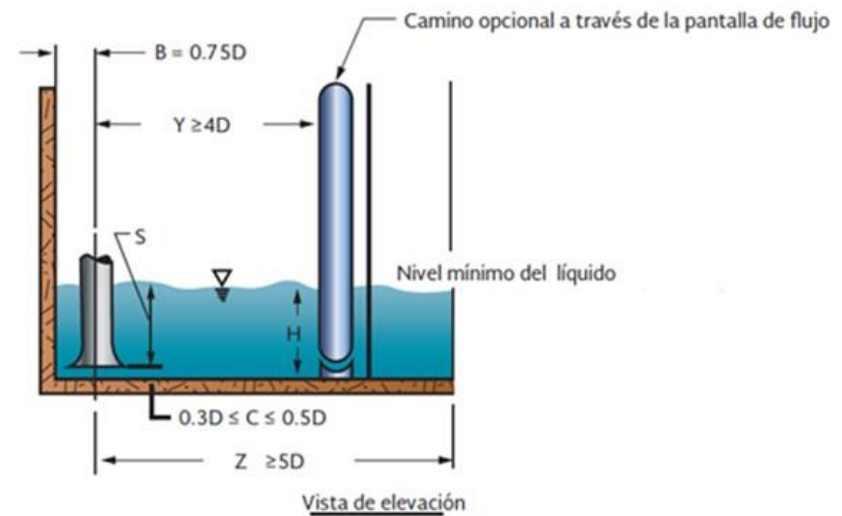
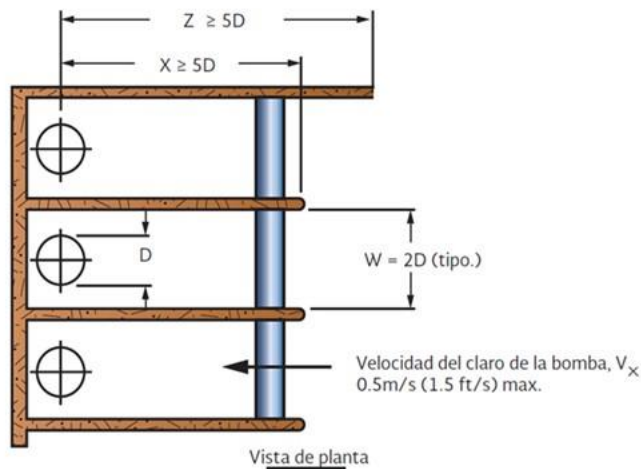
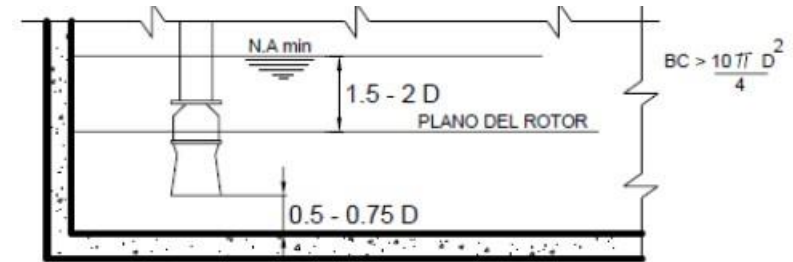
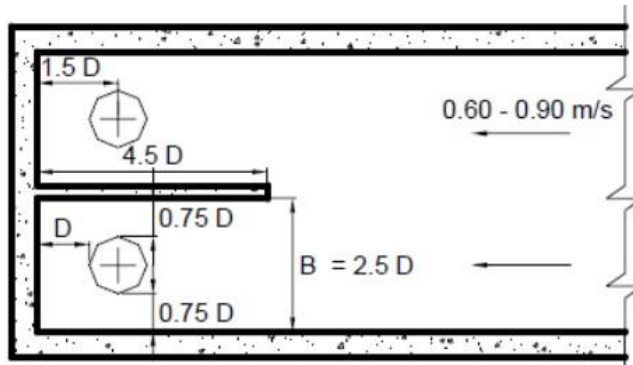
	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.030	m ³ /s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.044	m ³ /s	
Velocidad máxima de succión en cárcamo	V_{SMAX}	1.00	m/s	
Volumen de agua de retrolavado	V_{RET}	26.27	m ³	
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²	
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	10.00	min	
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua cruda	t_{TAC}	0.50	h	
Tiempo de almacenamiento en tanque de agua tratada	t_{TAT}	0.50	h	
Profundidad máxima de los cárcamos de agua cruda y tratada (sin bordo libre)	h_{CMAX}	3.50	m	
RESULTADOS				
Dimensiones de la cámara de succión				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Diámetro de succión de bomba de AC/AT	$D_{SAC/AT}$	0.195	m	$D_{SAC/AT} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_D}{\pi \cdot v_{SMAX}}}$
Diámetro comercial de succión de bomba de AC/AT	$D_{CSAC/AT}$	0.2032	m	
Diámetro de succión de bomba de retrolavado	D_{SRET}	0.236	m	$D_{SRET} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{RET}}{\pi \cdot v_{SMAX}}}$
Diámetro comercial de succión de bomba de retrolavado	D_{CSRET}	0.2032	m	
Numero de Froude para AC/AT	$F_{AC/AT}$	0.655		$F_{AC/AT} = \frac{4 \cdot Q_D}{\pi \cdot D_{CSAC/AT}^2 \cdot (g \cdot D_{CSAC/AT})^{0.5}}$
Numero de Froude para retrolavado	F_{RET}	0.956		$F_{RET} = \frac{4 \cdot Q_{RET}}{\pi \cdot D_{CSRET}^2 \cdot (g \cdot D_{CSRET})^{0.5}}$
Sumergencia para AC/AT	$S_{AC/AT}$	0.509	m	$S_{AC/AT} = D_{CSAC/AT} (1 + 2.3F_{AC/AT})$
Sumergencia para retrolavado	S_{RET}	0.650	m	
Distancia entre la entrada de la succión para AC/AT y la plantilla del cárcamo	$C_{AC/AT}$	0.102	m	$C_{AC/AT} = 0.5D_{CSAC/AT}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Distancia entre la entrada de la succión para retrolavado y la plantilla del cárcamo	C_{RET}	0.102	m	$C_{RET} = 0.5D_{CS\ RET}$
Nivel mínimo para la bomba de AC/AT	$H_{AC/AT}$	0.611	m	$H_{AC/AT} = S_{AC/AT} + C_{AC/AT}$
Nivel mínimo para la bomba de retrolavado	H_{RET}	0.752	m	$H_{RET} = S_{RET} + C_{RET}$
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AC	$H_{MIN\ AC}$	-	m	$H_{MIN\ AC} = Mayor (H_{AC/AT}; H_{RET})$
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AT	$H_{MIN\ AT}$	0.752	m	$H_{MIN\ AT} = Mayor (H_{AC/AT}; H_{RET})$
Ancho mínimo de la cámara de succión del cárcamo AC	$a_{MIN\ AC}$	-	m	$a_{MIN\ AC} = \left(\sum 2 \cdot D_{CS} \right) + \left(\sum \frac{Espesor\ paredes}{divisorias} \right)$
Ancho mínimo de la cámara de succión del cárcamo AT	$a_{MIN\ AT}$	0.963	m	$a_{MIN\ AT} = \left(\sum 2 \cdot D_{CS} \right) + \left(\sum \frac{Espesor\ paredes}{divisorias} \right)$
Largo mínimo de la cámara de succión del cárcamo AC	$b_{MIN\ AC}$	-	m	$b_{MIN\ AC} = 0.75D_{CS\ MAX} + 5D_{CS\ MAX}$
Largo mínimo de la cámara de succión del cárcamo AT	$b_{MIN\ AT}$	1.168	m	$b_{MIN\ AT} = 0.75D_{CS\ MAX} + 5D_{CS\ MAX}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Cárcamo de agua cruda				
Profundidad útil del cárcamo	h_{UCAC}	-	m	$h_{UCAC} = h_{CMAX} - H_{MIN AC}$
Volumen de agua cruda	V_{AC}	-	m ³	$V_{AC} = (Q_D \cdot t_{TAC}) + V_{RET}$
Área de superficie del cárcamo	A_{SCAC}	-	m ²	$A_{SCAC} = \frac{V_{AC}}{h_{UCAC}}$
Ancho del cárcamo	a_{CAC}	-	m	$a_{CAC} = \sqrt{A_{SCAC}}$
Largo del cárcamo	b_{CAC}	-	m	$b_{CAC} = \frac{A_{SCAC}}{a_{CAC}}$
Cárcamo de agua tratada				
Profundidad útil del cárcamo	h_{UCAT}	2.75	m	$h_{UCAT} = h_{CMAX} - H_{MIN AT}$
Volumen de agua tratada	V_{AT}	80.27	m ³	$V_{AT} = (Q_D \cdot t_{TAT}) + V_{RET}$ $V_{Ret} = (Q \cdot t_{Ret})$
Área de superficie del cárcamo	A_{SCAT}	29.21	m ²	$A_{SCAT} = \frac{V_{AT}}{h_{UCAT}}$
Ancho del cárcamo	a_{CAT}	5.40	m	$a_{CAT} = \sqrt{A_{SCAT}}$
Largo del cárcamo	b_{CAT}	5.40	m	$b_{CAT} = \frac{A_{SCAT}}{a_{CAT}}$

Las condiciones establecidas para evitar problemas por succión de aire y cavitación, se indican a continuación.



7.2.14 CÁLCULO DEL TANQUE ESPESADOR

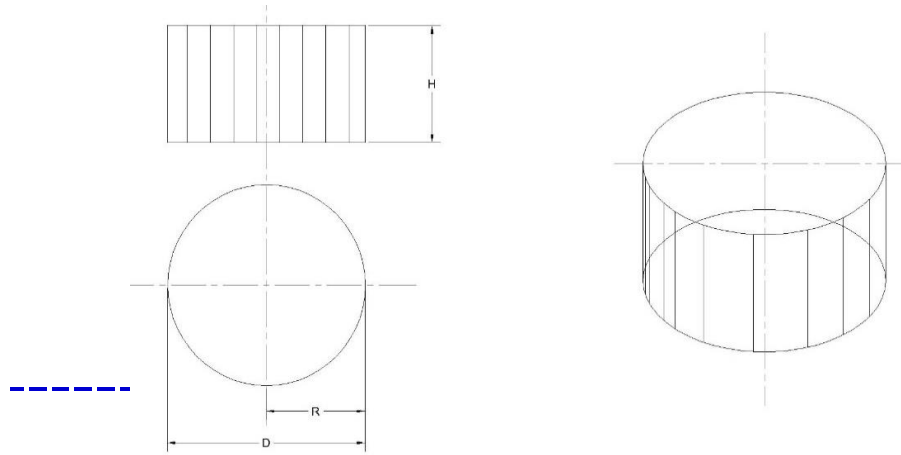
7.2.14.1 DATOS BASE

<i>Material del cuerpo del tanque:</i>	Acero			
<i>Especificación del material:</i>	ASTM A-36			
<i>Esfuerzo de fluencia (fy)</i>	36000	psi =	2533.3	kg/cm ²
<i>Esfuerzo de diseño (fd)</i>	23200	psi =	1632.6	kg/cm ²
<i>Esfuerzo de prueba hidrostática (ft)</i>	24900	psi =	1752.2	kg/cm ²
<i>Peso volumétrico del acero</i>			7850.0	kg/m ³
<i>Peso volumétrico del agua</i>			1000.0	kg/m ³

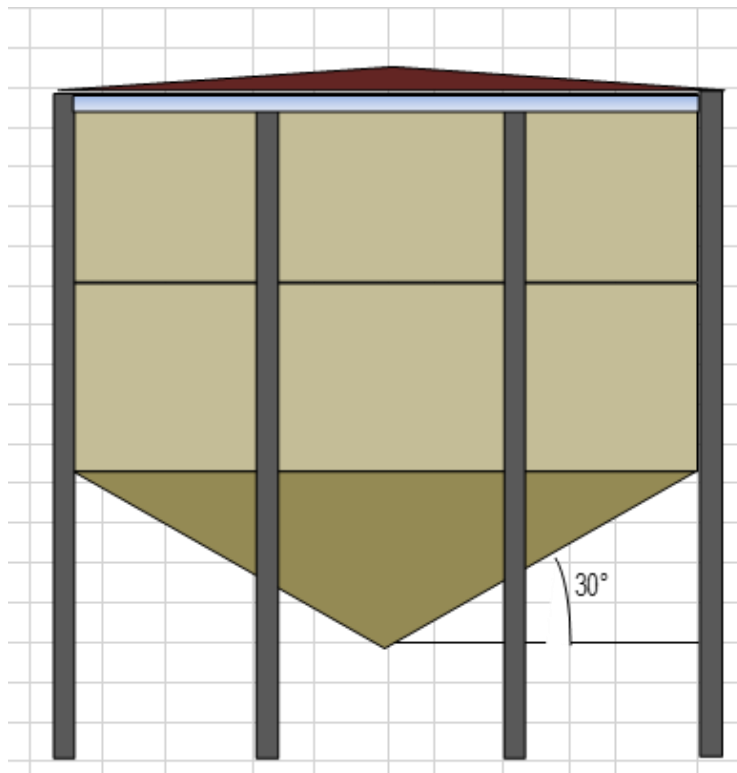
**Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses
(Pounds per Square Inch)**

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress S_d	Hydrostatic Test Stress S_t
ASTM Specifications					
A 283	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 285	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 131	A, B, CS	34,000	58,000	22,700	24,900
A 36	—	36,000	58,000	23,200	24,900
A 131	EH 36	51,000	71,000 ^a	28,400	30,400
A 573	58	32,000	58,000	21,300	24,000
A 573	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 573	70	42,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 516	55	30,000	55,000	20,000	22,500
A 516	60	32,000	60,000	21,300	24,000
A 516	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 516	70	38,000	70,000	25,300	28,500
A 662	B	40,000	65,000	26,000	27,900
A 662	C	43,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	1	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	2	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 633	C, D	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	A	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	B	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 737	B	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 841		50,000	70,000 ^a	28,000	30,000

7.2.14.2 DIMENSIONAMIENTO PROPUESTO



Alto (H) =	3.66	m
Radio (R) =	1.50	m
Diametro (D) =	3.00	m
Volumen calcula =	25.9	m³



7.2.14.3 CÁLCULO DE ESPESORES POR EL MÉTODO 1 PIE.

El metodo de 1-FOOT calcula los espesores de las placas requeridos a un pie del fondo del tanque. Este metodo se utilizara para tanques con diametros menores a 60 m (200 pies).

El minimo espesor requerido sera el mas grande obtenido de las siguientes dos formula:

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad * \text{ Formulas obtenidas del Norma API-650}$$

$$t_t = \frac{2.6D(H-1)}{S_t}$$

Donde:

t_d =	Espeor de diseo del tanque (in)			
t_t =	Espeor de diseo por prueba hidrostatica del tanque (in)			
D =	Diametro nominal del tanque (pies)	3.00	m	9.84 pies
H =	Altura del tanque (pies)	3.66	m	12.01 pies
G =	Graveda especifica del liquido contenido	1.34		
S_d =	Esfuerzo admisible (psi)	1632.59	kg/cm ²	23200.00 psi
S_t =	Esfuerzo admisible en prueba hidrostatica (psi)	1752.22	kg/cm ²	24900.00 psi
CA =	Espeor agregado por corrosion (in)	0.16	cm	1/16 in

sustituyendo:

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.08 \text{ in} \quad 0.20 \text{ cm}$$

$$t_t = \frac{2.6D(H-1)}{S_t} \quad t_t = 0.01 \text{ in} \quad 0.03 \text{ cm}$$

de los valores obtenidos el mayor es $t = 0.08 \text{ in} = 0.20 \text{ cm}$

El valor comercial de la placa proximo al espesor calculado sera $t = 1/8 \text{ in} (0.32 \text{ cm})$, pero en el apartado 3.6.1.1 del Norma API-650 muestra las condiciones minimas de los espesores requeridos en tanques abiertos

Nominal Tank Diameter (feet) (See Note 1)	Nominal Plate Thickness (inches) (See Note 2)
< 50	3/16
50 to < 120	1/4
120 to 200	5/16
> 200	3/8

Según la tabla anterior el espesor mínimo requerido para tanques de diámetro menor a 50 pies (15.2 m) es $t = 3/16$ in (0.48 cm)

Espesor calculado $t = 0.08$ in = 0.20 cm

Espesor adoptado $t = 3/16$ in = 0.48 cm

7.2.14.4 DIMENSIONAMIENTO DE PLACAS Y ESPESORES POR ANILLOS

Las dimensiones propuestas para las placas son:

Ancho = 4.00 pie 1.22 m 47.999998
Largo = 10.00 pie 3.05 m 120

Como se adopto una placa de 5 pies de ancho cada anillo tendra ese ancho por lo que para obtener el numero de anillos se dividira la altura entre el ancho de anillos

Altura total del tanque = 12.01 pie

$$12.01 / 4.00 = 3.00 \text{ por lo tanto se redondea a 3 anillos}$$

Anillo 1

$$H = 12.01 \text{ pie}$$

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.08 \text{ in} \quad 0.20 \text{ cm}$$

Anillo 2

$$H = 8.01 \text{ pie}$$

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.07 \text{ in} \quad 0.19 \text{ cm}$$

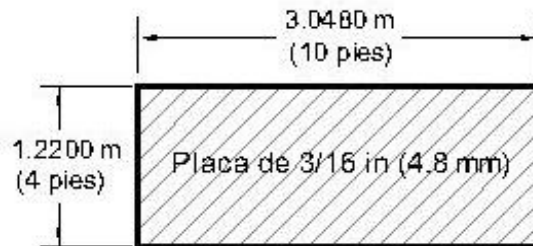
Anillo 3

$$H = 4.01 \text{ pie}$$

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.07 \text{ in} \quad 0.17 \text{ cm}$$

Para los tres anillos resultantes el espesor adoptado según el apartado 3.6.1.1 para la placas es según de

Espesor adoptado $t = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$



Para saber el número de placas se requiere saber el perímetro del tanque

$$\text{Diametro interior} = 3.00 \text{ m}$$

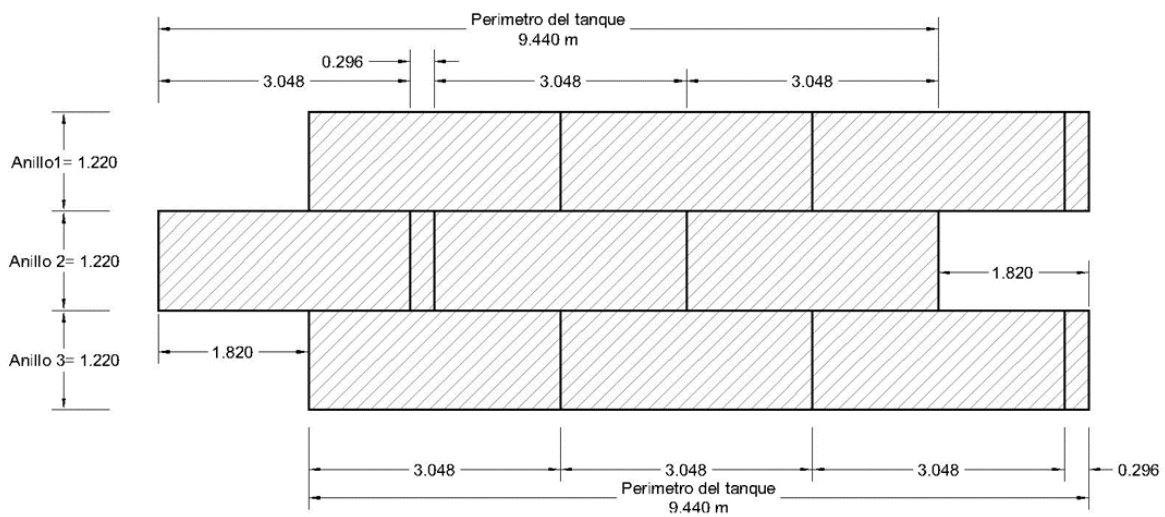
$$\text{Espesor (t)} = 3/16 \text{ in} = 0.0048 \text{ m}$$

$$\text{Diametro exterior} = 3.0095 \text{ m}$$

$$\text{Diametro medio} = \frac{3.0000 + 3.0095}{2} = 3.0048 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro medio} = \pi \times 3.0048 \text{ m} = 9.44 \text{ m}$$

por lo tanto el acomodo de las placas sería el siguiente:



7.2.14.5 PESO DE LAS PLACAS

Peso volumetrico del acero = 7850.00 kg/m³

Placa pared de dimensiones 3/16 in x 4.00 pie x 10.00 pie
 Numero de placas = 9.00
 $0.0048 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 3.05 \text{ m} \times 7850.00 \text{ kg/m}^3 = 138.93 \text{ kg}$
 $= 138.93 \text{ kg} \times 9.00 = \underline{1250.37 \text{ kg}}$

Placa pared de dimensiones 3/16 in x 4.00 pie x 0.97 pie
 Numero de placas = 3.00
 $0.0048 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 0.296 \text{ m} \times 7850.00 \text{ kg/m}^3 = 13.49 \text{ kg}$
 $= 13.49 \text{ kg} \times 9.00 = \underline{121.43 \text{ kg}}$

Peso total de las placas del cuerpo = 1250.37 + 121.43 = **1371.79 kg**

7.2.14.6 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL ANILLO SUPERIOR DE REFUERZO

Para determinar la sección mínima requerida del anillo de coronamiento utilizaremos la relación recomendada por API estándar 6-50 párrafo 3.9.6.1

$$Z = 0.0001D^2H_2 \quad * \text{Formulas obtenidas del Norma API-650}$$

Donde:

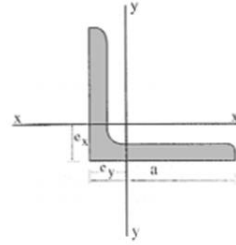
Z = Modulo de seccion minimo requerido (in)
 D = Diametro nominal del tanque (pies) 3.00 m 9.84 pies
 H₂ = Altura del tanque (pies) 3.66 m 12.01 pies

sustituyendo: $Z = 0.0001D^2H_2$ Z = 0.12 in³ 1.91 cm³

según el API-650 en el apartado 3.9.3.1 el modulo de seccion no debera ser menor al del perfil angular 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 in

Perfil ángulo alas iguales

F= Sección
G= Peso
U= Superficie exterior por metro de perfil
J= Momento de inercia
W= Momento resistente
I= Radio de giro



Denominación	Dimensiones			F	G	Eje flexión x-x=y-y		
	a	b	ex=ey			J _x =J _y	W _x =W _y	i _x =i _y
	mm	mm	cm			cm ²	Kg./m	cm ⁴
5/8" x 1/8"	15.9	3.2	0.51	0.91	0.7	0.20	0.18	0.46
3/4" x 1/8"	19.1	3.2	0.58	1.11	0.9	0.37	0.28	0.58
7/8" x 1/8"	22.2	3.2	0.66	1.31	1.0	0.58	0.37	0.66
1" x 1/8"	25.4	3.2	0.75	1.51	1.2	0.91	0.51	0.77
1" x 3/16"	25.4	4.8	0.81	2.19	1.8	1.25	0.72	0.75
1" x 1/4"	25.4	6.4	0.86	2.83	2.2	1.66	0.98	0.73
1 1/4" x 1/8"	31.7	3.2	0.91	1.92	1.5	1.83	0.80	0.98
1 1/4" x 3/16"	31.7	4.8	0.97	2.80	2.2	2.54	1.16	0.96
1 1/4" x 1/4"	31.7	6.4	1.01	3.61	2.8	3.32	1.47	0.93
1 1/2" x 1/8"	38.1	3.2	1.07	2.32	1.8	3.25	1.18	1.18
1 1/2" x 3/16"	38.1	4.8	1.13	3.40	2.7	4.58	1.70	1.16
1 1/2" x 1/4"	38.1	6.4	1.18	4.44	3.4	5.78	2.19	1.14
1 3/4" x 1/8"	44.4	3.2	1.23	2.73	2.1	5.24	1.62	1.39
1 3/4" x 3/16"	44.4	4.8	1.29	4.00	3.1	7.45	2.36	1.36
2" x 1/8"	50.8	3.2	1.39	3.13	2.4	7.91	2.14	1.59
2" x 3/16"	50.8	4.8	1.45	4.61	3.6	11.33	3.12	1.57
2" x 1/4"	50.8	6.4	1.50	6.05	4.7	14.48	4.04	1.55
2 1/4" x 3/16"	57.1	4.8	1.60	5.21	4.1	16.23	3.93	1.78
2 1/4" x 1/4"	57.1	6.4	1.68	6.85	5.4	21.23	5.24	1.75
2 1/2" x 3/16"	63.5	4.8	1.76	5.82	4.6	22.77	4.96	1.98
2 1/2" x 1/4"	63.5	6.4	1.82	7.66	6.1	29.26	6.45	1.95
3" x 1/4"	76.2	6.4	2.14	9.27	7.3	51.60	9.46	2.36

Para el perfil recomendado de 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 in, el modulo de seccion es:

$$Z = W_x = W_y = 6.45 \text{ cm}^3 = 0.39 \text{ in}^3 > 0.12 \text{ in}^3 \text{ OK}$$

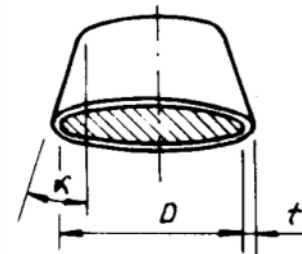
Peso por metro del perfil es: 6.10 kg/m

7.2.14.7 FONDO CÓNICO DEL TANQUE

Se diseñara un fondo conico con angulo de 30°, se calculara como tapa de un recipiente a presión para definir su espesor, y el material de las tapas sera de especificacion ASTM-A-283 Gr. C

$$t_T = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)}$$

* Formula obtenida del Manual de recipientes a presión- Megyesy



Donde:

t_T	=	Espeor de la tapa		
D	=	Diámetro nominal del tanque (pies)	3.00 m	300.00 cm
P	=	Presión interior del tanque	3.66 mca	0.37 kg/cm ²
		*Nota: para esta presión se tomara la altura del tanque como m.c.a		
S	=	Esfuerzo de trabajo del material	20000.00 psi	1406.14 kg/cm ²
E	=	Eficiencia de la junta	1.00	
α	=	Angulo del cono	30°	0.52 rad

Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses
(Pounds per Square Inch)

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress S_d	Hydrostatic Test Stress S_t
ASTM Specifications					
A 283	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 285	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 131	A, B, CS	34,000	58,000	22,700	24,900
A 36	—	36,000	58,000	23,200	24,900
A 131	EH 36	51,000	71,000 ^a	28,400	30,400
A 573	58	32,000	58,000	21,300	24,000
A 573	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 573	70	42,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 516	55	30,000	55,000	20,000	22,500
A 516	60	32,000	60,000	21,300	24,000
A 516	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 516	70	38,000	70,000	25,300	28,500
A 662	B	40,000	65,000	26,000	27,900
A 662	C	43,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	1	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	2	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 633	C, D	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	A	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	B	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 737	B	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 841		50,000	70,000 ^a	28,000	30,000

* Tabla obtenida de la Norma API 650 "Welded Steel Tanks For Oil Storage" pag. 3-7

sustituyendo

$$t_T = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)} \quad t_T = 0.05 \text{ m} = 0.02 \text{ in}$$

Tomando en cuenta que el espesor del cuerpo es mayor, se adoptara el mismo para las tapas

por lo tanto: $t = t_T = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$

sustituyendo

$$t_T = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)} \quad t_T = 0.05 \text{ cm} \quad 0.02 \text{ in}$$

Tomando en cuenta que el espesor del cuerpo es mayor, se adoptara el mismo para las tapas

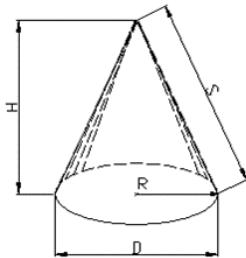
por lo tanto: $t = t_T = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$

A continuacion se calculara el area y el peso

$$\begin{aligned} D &= 3.00 \text{ m} \\ R &= 1.50 \text{ m} \\ \alpha &= 30^\circ \quad 0.52 \text{ rad} \end{aligned}$$

por lo tanto:

$$\begin{aligned} H &= R \tan \alpha \quad H = 0.87 \text{ m} \\ S &= \frac{R}{\cos \alpha} \quad S = 1.73 \text{ m} \end{aligned}$$



En el caso de la tapa inferior el area de placa del codo se calcula:

$$A = \pi SR \quad A = 8.16 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de placa} \quad V = A(t) = 0.0389 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso volumetrico del acero} = 7850.00 \text{ kg/cm}^3$$

por lo tanto $0.04 \times 7850.00 = 305.15 \text{ kg}$

7.2.14.8 TAPA CÓNICA

Para la tapa se supondra para el analisis el mismo espesor que el fondo conico y el material sera acero de especificacion ASTM A-283 Gr. C. la diferencia seran las dimensiones de la tapa con una altura de 50 cm hasta la seccion truncada del cono.

El espesor sera: $t = t_T = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$

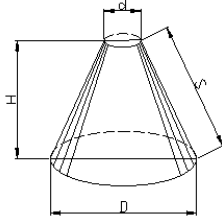
A continuacion se calculara el area y el peso

$$\begin{aligned} D &= 3.00 \text{ m} \\ R &= 1.50 \text{ m} \\ H &= 0.50 \text{ m} \\ d &= 0.25 \text{ m} \\ r &= 0.13 \text{ m} \end{aligned}$$

por lo tanto:

$$S = \sqrt{H^2 + (R - r)^2} \quad S = 1.46 \text{ m}$$

En el caso de la tapa inferior el area de placa del codo truncado



se calcula:

$$A = \frac{\pi S(D + d)}{2} \quad A = 7.47 \quad m^2$$

$$\text{Volumen de placa} \quad V = A(t) = 0.0356 \quad m^3$$

$$\text{Peso volumetrico del acero} = 7850.00 \quad kg/cm^3$$

$$\text{por lo tanto} \quad 0.04 \quad x \quad 7850.00 = 279.24 \quad kg$$

7.2.14.9 ESFUERZOS EN LA PARED DEL TANQUE

Los esfuerzos que se generan en la pared del tanque son lo siguientes:

$$\text{Esfuerzo critico} \quad \sigma_{crit} = 0.6 E \left(\frac{t}{r} \right)$$

$$\text{Esfuerzo admisible} \quad \sigma_{adm} = 1.5 \times 10^6 \left(\frac{t}{r} \right)$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} \quad \sigma_{trab} = \frac{\gamma RH}{2t}$$

Donde:

E =	Modulo de elasticidad (psi)	3.E+07	psi	
t =	Espesor de la pared de la placa (in)	3/16	in	
R=r=	Radio del tanque (in)	1.50	m	59.06 in
γ =	Peso especifico del agua	9810.00	N/m3	0.04 lb/in3
H =	Altura del tanque	3.66	m	144.09 in

sustituyendo:

$$\text{Esfuerzo critico} \quad \sigma_{crit} = 0.6 E \left(\frac{t}{r} \right) \quad \sigma_{crit} = 57150.00 \quad psi$$

$$\text{Esfuerzo admisible} \quad \sigma_{adm} = 1.5 \times 10^6 \left(\frac{t}{r} \right) \quad \sigma_{adm} = 4762.50 \quad psi$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} \quad \sigma_{trab} = \frac{\gamma RH}{2t} \quad \sigma_{trab} = 820.08 \quad psi$$

condicion:

$$\sigma_{trab} < \sigma_{adm} < \sigma_{crit}$$

$$820.08 < 4762.50 < 57150.00$$

OK

7.2.14.10 COLUMNAS DE SOPORTE DEL TANQUE

Se dispone a soportar el tanque en 6 columnas distribuidas en el perímetro. Para este análisis se calculará el peso total del tanque lleno de agua

$$\text{Peso del acero del tanque: } W_{ac} = 1371.79 + 305.15 + 279.24 = \mathbf{1,956.18 \text{ kg}}$$

Se procederá a calcular el volumen total de agua que contendrá el tanque lleno

$$\text{Volumen de agua contenida en el cuerpo del tanque: } V_a = 25.87 \text{ m}^3$$

Volumen de agua contenida en la tapa inferior (cono):

$$V_a = \frac{\pi R^2 H}{3} \quad \text{por lo tanto: } V_a = 2.04 \text{ m}^3$$

Volumen de agua contenida en la tapa superior (cono truncado):

$$V_a = \frac{\pi(R^2 + r^2 + Rr)H}{3} \quad \text{por lo tanto: } V_a = 1.28 \text{ m}^3$$

$$V_{at} = 25.87 + 2.04 + 1.28 = 29.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso total del agua: } W_{ag} = 29.20 \times 1000.00 = \mathbf{29,195.99 \text{ kg}}$$

$$\text{PESO TOTAL DEL TANQUE: } 1956.18 + 29195.99 = \mathbf{31,152.17 \text{ kg}}$$

El peso en cada columna corresponde a:

$$W_c = \frac{31152.17}{6} = 5192.03 \text{ kg}$$

Longitud de la columna $L = 2.25 \text{ m}$

Para calcular el area necesaria de la columna se utilizara la siguiente formula:

$$A_n = \frac{n(W_c)}{\sigma}$$

Donde:

- $A_n =$ Area necesaria de la seccion de la columna
- $n =$ Factor de seguridad 4.00
- $W_c =$ Carga soportada por la columna 5192.03 kg
- $\sigma =$ Esfuerzo de diseño del material 20000.00 psi
1406.14 kg/cm²

Para el diseño de las columnas se utilizara acero de especificacion ASTM A-283 Gr. C

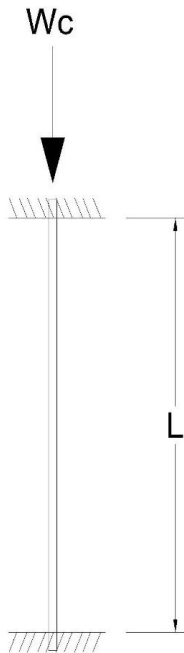


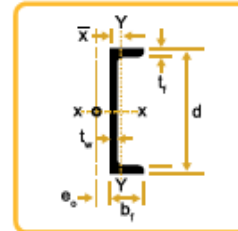
Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses
(Pounds per Square Inch)

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress S_d	Hydrostatic Test Stress S_t
ASTM Specifications					
A 283	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 285	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 131	A, B, CS	34,000	58,000	22,700	24,900
A 36	—	36,000	58,000	23,200	24,900

* Tabla obtenida de la Norma API 650 "Welded Steel Tanks For Oil Storage" pag. 3-7

sustituyendo: $An = \frac{n(Wc)}{\sigma}$ $An = 14.77 \text{ cm}^2$

Con el valor del area necesaria obtenido se buscara un perfil que cumpla con esta area de seccion transversal



Canal CPS (CE)

Dimensiones teóricas y propiedades de diseño (milímetros)

Canal Perfil estandar CPS (CE)	Peso kg/m	Area A mm ²	Peralte d mm	Patín		Alma		k _{static} mm	k _{static} mm	Distancia	
				Ancho b ₁ mm	Espesor t _f mm	Espesor t _w mm	X mm			e _s mm	
C 150	12.201	1540	152	48.80	8.71	5.08	20.7	20.6	13.0	15.2	
	15.624	1990	152	51.60	8.71	7.98	20.7	20.6	12.7	12.3	
	19.344	2460	152	54.90	8.71	11.10	20.7	20.6	13.1	9.66	
C 200	17.112	2170	203	57.40	9.91	5.69	23.8	23.8	14.5	17.7	
	20.460	2610	203	59.40	9.91	7.70	23.8	23.8	14.1	15.3	
	27.900	3550	203	64.30	9.91	12.40	23.8	23.8	14.4	10.90	
C 250	22.766	2890	254	66.00	11.10	6.10	25.4	25.4	16.1	20.2	
	29.760	3790	254	69.60	11.10	9.63	25.4	25.4	15.4	16.2	
	37.200	4740	254	73.40	11.10	13.40	25.4	25.4	15.7	12.5	
	44.640	5680	254	77.00	11.10	17.10	25.4	25.4	16.5	9.36	
C 310	30.802	3920	306	74.70	12.70	7.16	28.7	28.6	17.7	22.1	
	37.200	4740	306	77.50	12.70	9.83	28.7	28.6	17.1	18.9	
	44.640	5680	306	80.50	12.70	13.00	28.7	28.6	17.1	15.7	

Canal Perfil estandar CPS (CE)	X _s mm	I _y mm ⁴ / 10 ⁶	Z _y mm / 10 ³	S _y mm ³ / 10 ³	r _y mm	I _x mm ⁴ / 10 ⁶	Z _x mm / 10 ³	S _x mm ³ / 10 ³	r _x mm
C 150	5.05	5.45	84.6	71.3	59.4	0.286	16.2	8.0	13.6
	6.50	6.29	101.0	82.6	56.4	0.368	18.7	9.2	13.4
	8.08	7.20	119.0	94.7	54.1	0.437	22.1	10.5	13.3
C 200	5.36	13.50	158.0	133.0	79.0	0.545	25.7	12.7	15.8
	6.40	15.00	180.0	148.0	75.9	0.633	28.3	13.9	15.6
	8.74	18.30	228.0	180.0	71.6	0.820	36.6	16.6	15.2
C 250	5.69	28.00	261.0	221.0	98.3	0.945	38.3	18.8	18.1
	7.47	32.80	318.0	269.0	93.0	1.170	44.2	21.5	17.5
	9.32	37.90	379.0	298.0	89.4	1.390	52.1	24.1	17.1
	11.2	42.90	438.0	339.0	86.9	1.640	61.9	27.0	17.0
C 300	6.43	53.70	420.0	352.0	117.0	1.610	56.9	28.2	20.2
	7.77	59.90	482.0	393.0	113.0	1.850	62.6	30.6	19.8
	9.32	67.40	564.0	442.0	109.0	2.130	70.8	33.6	19.4

Se selecciono un perfil CPS de: **150 x 5.16 mm** con características:

$$\begin{aligned} A &= 19.90 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 629.00 \text{ cm}^4 & I_y &= 35.80 \text{ cm}^4 \\ r_x &= 5.64 \text{ cm} & r_y &= 1.34 \text{ cm} \end{aligned}$$

Se calcula la relacion de esbeltez

$$Re = \frac{kL}{r_x}$$

Donde:

$$k = \begin{array}{l} \text{Constante dependiendo del apoyo de la columna} \\ \text{(suponiendo doble empotrada)} \end{array} \quad 0.65$$

$$\text{sustituyendo: } Re = \frac{kL}{r_x} \quad Re = 25.93$$

Se calcula la constante critica de la columna

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}}$$

Donde:

$$\begin{aligned} Cc &= \text{Constante critica de la columna} \\ E &= \text{Modulo de elasticidad del acero} && 2100000.00 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_y &= \text{Esfuerzo de Fluencia del material} && 30000.00 \text{ psi} \quad 2109.21 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Sustituyendo: } Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}} \quad Cc = 140.19$$

Para calcular la carga critica dela columna, se debe establecer si la columna es larga o corta con la siguiente:

si $\frac{kL}{r_x} > Cc$ por lo tanto es columna **Larga** y la formula de la carga critica sera:

$$\text{FORMULA EULER: } P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

si $\frac{kL}{r_x} < Cc$ por lo tanto es columna **Corta** y la formula de la carga critica sera:

$$\text{FORMULA J.B. JOHNSON: } P_{cr} = A\sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

sustituyendo: $25.93 < 140.19$ por lo tanto la columna es: **CORTA**

la formula es:
$$P_{cr} = A\sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right]$$
 Resolviendo: $P_{cr} = 41255.24 \text{ kg}$

La carga crítica de la columna es la carga con la cual la columna empezara a pandearse por lo que debera ser mayor a la carga que soporta la columna. Por cuestiones de diseño se utiliza un factor para determinar la carga admisible de la columna

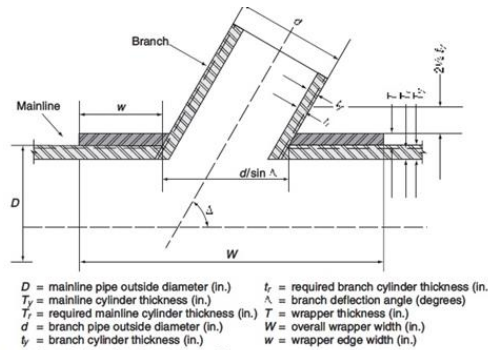
Factor de diseño (N) = 2

Carga admisible (Wca) = $\frac{P_{cr}}{N} = \frac{41255.24}{2} = 20627.62 \text{ kg}$

$P_{cr} > W_c$
 $20627.62 > 5192.03$ **OK**

La columna de perfil CPS de 150 x 5.16 mm **OK**

7.2.14.11 REFORZAMIENTO EN LOS CARRETES SOLDADOS AL TANQUE



NOTE: Figure does not show the location of necessary welds.

Figure 13-3 Reinforcement of openings in welded steel pipe

Table 13-2 Recommended reinforcement type*

PDV	d/D	M Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

* These reinforcements are for resistance to internal pressure. They should be checked for their ability to resist external loads.

Acero ASTM A-36

Límite de fluencia del acero, $f_y = 2,533 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = f_y/2 = 18,013.4 \text{ psi}$

Angulo de rama, $\Delta = 90.0^\circ = 1.6 \text{ rad}$

7.2.15 CÁLCULO DEL EQUIPO DE BOMBEO

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.0300	m^3/s	
Caudal de trabajo	Q_T	0.0324	m^3/s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0438	m^3/s	
Caudal de lodos	Q_L	0.0018	m^3/s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0024	m^3/s	
Peso específico del agua	γ_{AGUA}	9792	N/m^3	
Peso específico del lodo	γ_L	9890	N/m^3	
Presión de operación del filtro malla	P_{FMALLA}	2.5	kg/cm^2	
Pérdida de carga en mezclador estático	h_{MEST}	0.2	m	
Presión máxima de trabajo del filtro prensa	P_{FP}	8.0	kg/cm^2	
Pérdidas totales durante la filtración en la batería de filtros	H_{FF}	2.65	m	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Pérdidas totales durante el retrolavado en la batería de filtros	H_{FRET}	7.35	m	
Profundidad máxima de los cárcamos de agua cruda y tratada (profundidad más bordo libre)	h_{CMAX}	3.70	m	
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AC	$H_{MIN AC}$	-	m	
Nivel mínimo requerido en el cárcamo AT	$H_{MIN AT}$	0.75	m	
Nivel de descarga en cárcamo de AC	$h_{DESCARGA}$	-	m	
Nivel de succión en el tanque espesador	$h_{SUCCIÓN}$	1.26	m	
Profundidad propuesta del cárcamo de lodos	h_{CL}	1.00	m	
Altura total del filtro con apoyos	h_{FTOTAL}	2.90	m	
Altura total de líquido en el espesador	h_{TE}	5.03	m	
Nivel dinámico del pozo	ND	37.00	m	
Eficiencia de equipo de bombeo	η	75.00	%	
Presión atmosférica	H_{ATM}	8.28	m	
Presión de vapor	H_{VAP}	0.238	m	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
RESULTADOS				
Equipo de bombeo para filtración (depende del pozo existente)				
				$H_B = (z_2 - z_1) + \sum H + h \quad P = \frac{1}{\eta} \gamma Q H_B \quad P_E = \frac{P}{\eta_{EM}} \times 100$
Carga de bombeo	H_{BF}	62.00	m	
Potencia de salida de la bomba	P_F	32.57	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM F}$	56.00	%	
Potencia eléctrica del motor considerando eficiencia mínima según norma (referencia para cálculo de instalación eléctrica)	$P_{EF 1}$	58.15	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	$P_{EF 2}$	42.34	hp	
Equipo de bombeo para retrolavado (centrífuga vertical)				
Carga de bombeo	H_{BRET}	16.08	m	
Potencia de salida de la bomba	P_{RET}	12.33	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM RET}$	52.00	%	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Potencia eléctrica del motor considerando eficiencia mínima según norma (referencia para cálculo de instalación eléctrica)	P_{RET1}	23.70	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{RET2}	16.02	hp	
Equipo de bombeo para recirculación (centrífuga horizontal)				
Carga de bombeo	H_{BREC}	25.00	m	
Potencia de salida de la bomba	P_{PREC}	1.06	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{PEREC}	1.38	hp	
Equipo de bombeo para lodos de cárcamo al filtro (neumática)				
Carga de bombeo	H_{BL}	81.00	m	
Potencia de salida de la bomba	P_L	2.51	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	P_{EL}	3.26	hp	
Equipo de bombeo para distribución (centrífuga vertical)				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Carga de bombeo	H_{DIS}	110.00	m	
Potencia de salida de la bomba	P_{DIS}	57.78	hp	
Eficiencia electromecánica mínima	$\eta_{EM DIS}$	60.00	%	
Potencia eléctrica del motor considerando eficiencia mínima según norma (referencia para cálculo de instalación eléctrica)	$P_{EDIS 1}$	96.30	hp	
Potencia eléctrica del motor considerando 30% más que la bomba (referencia para cálculo de instalación eléctrica) equipo trifásico	$P_{EDIS 2}$	75.11	hp	
Carga neta de succión positiva disponible (NPSH)				
Altura estática de succión en cárcamo de AC	h_{SAC}	-	m	$NPSH = H_{ATM} - (H_{VAP} + h_s + \Delta H_s)$ $\Delta H_s = \text{Pérdida por fricción en la columna}$ <p>El valor es muy pequeño para columnas de cárcamo, por lo que se desprecia</p> $h_s = \text{Altura del eje de la bomba sobre el nivel mínimo de agua en el cárcamo}$ $h_s = (h_{CMAX} + 0.5) - H_{MIN}$ <p>0.5 - Altura aproximada del centro del tubo de descarga de la bomba a la losa del cárcamo más el grosor de la losa.</p>
Altura estática de succión en cárcamo de AT	h_{SAT}	3.45	m	
NPSH en cárcamo AC	$NPSH_{DIS AC}$	-	m	
NPSH en cárcamo AT	$NPSH_{DIS AT}$	4.59	m	
Diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire en el tren de descarga de los equipos de bombeo				
Bomba para filtración	-	2.00	plg	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Bomba para retrolavado	-	3.00	plg	De tablas
Bomba para distribución	-	2.00	plg	

En resumen, el equipo electromecánico seleccionado se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29 Equipo electromecánico

EQUIPO	CLAVE	BOMBA					MOTOR					OBSERVACIONES
		VELOCIDAD RPM	RENDIMIENTO %		POTENCIA HP		POTENCIA HP	VELOCIDAD RPM	ALIMENTACIÓN V	FRECUENCIA Hz	TIPO	
			TAZON	BOMBA	TAZÓN	BOMBA						
Pozo	BP-100	1760	83.40	77.20	29.29	30.38	40.0	1800	230/460	60	Trifásico	Eléctrico vertical de flecha hueca WPI
Distribución	BAT-400	1760	83.80	83.00	51.68	51.99	60.0	1800	230/460	60	Trifásico	Eléctrico vertical de flecha hueca WPI

Tabla 29 Equipo electromecánico

EQUIPO	CLAVE	BOMBA					MOTOR					
		VELOCIDAD RPM	RENDIMIENTO %		POTENCIA HP		POTENCIA HP	VELOCIDAD RPM	ALIMENTACIÓN V	FRECUENCIA Hz	TIPO	OBSERVACIONES
			TAZON	BOMBA	TAZÓN	BOMBA						
Retrolavado	BAT-300	1760	78.20	68.20	11.98	12.10	15.0	1800	230/460	60	Trifásico	Eléctrico vertical de flecha hueca WPI
Recirculación	BRC-600	3550	37.00		2.13		3.0	3600	230/460	60	Trifásico	TEFC IP54 NEMA Eficiencia Premium
Compresor Lodos	-	-	-		-		5.0	1750	220/440	-	Trifásico	-
Cloración	BCL	3484	-		1.00 (0.75 kW)		1.00 (0.75 kW)	3430-3460	3 x 208-230YY/460Y	60	Trifásico	Calcular el eléctrico para 3 Hp por si utilizan el equipo existente en sitio

7.2.16 BALANCE DE FLUJOS Y MATERIA

En el balance de materia se está fijando una eficiencia del 98%, aunque en plantas funcionando actualmente se logran mayores remociones, por lo tanto, no se está considerando la disminución de concentración en la intersección del agua del pozo y la recirculación, debido a que el balance cambiaría con el tiempo, además de que la recirculación no es en continuo. Para fines prácticos, el manganeso disuelto en todas las líneas después de los filtros, se considera a la concentración del tanque de agua tratada.

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Tiempo de operación de la planta por día	t_{OP}	24.0	h	
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	10.0	min	
Tiempo de recirculación de agua clarificada	t_{REC}	3.0	h	
Número de filtros retrolavados por día	F_{RET}	4		
Volumen de agua extraída del pozo por día	V_D	2,592.0	m ³ /día	
Volumen de agua de retrolavado total por día	V_{RETT}	105.07	m ³ /día	
Volumen de agua a recircular por día	V_{RPD}	104.02	m ³ /día	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Volumen de lodo líquido por día	V_{LPD}	1.051	m ³ /día	
Concentración del contaminante	C_c	0.98	mg/L	
Eficiencia de remoción del sistema	E_R	98.0	%	
Concentración en peso esperada de deshidratación	C_{DESH}	30.0	%	
Masa de sólidos secos por día	M_{SSPD}	5.29	Kg/día	
Densidad del agua	ρ_{AGUA}	998.20	kg/m ³	
RESULTADOS				
Tiempos de operación				
Pozo o Tanque de Agua Cruda a Filtros	$t_{Q_{P-F}}$	1,440.0	min/día	$t_{Q_{P-F}} = t_{OP}$
Filtros a Tanque Agua Tratada	$t_{Q_{F-TAT}}$	1,440.0	min/día	$t_{Q_{F-TAT}} = t_{OP}$
Tanque de Agua Tratada a Filtros	$t_{Q_{TAT-F}}$	40.0	min/día	$t_{Q_{TAT-F}} = t_{RET} * F_{RET}$
Filtros a Espesador	$t_{Q_{F-E}}$	40.0	min/día	$t_{Q_{F-E}} = t_{Q_{TAT-F}}$
Espesador a Filtros	$t_{Q_{E-F}}$	720.0	min/día	$t_{Q_{E-F}} = t_{REC} * F_{RET}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Tanque Agua Tratada a Distribución	$tQ_{TAT-DIS}$	1,440.00	min/día	$tQ_{TAT-DIS} = t_{OP}$
Línea de flujos				
Pozo o Tanque de Agua Cruda a Filtros	Q_{P-F}	2,696.02	m ³ /día	$Q_{P-F} = V_D + V_{RPD}$
Filtros a Tanque Agua Tratada	Q_{F-TAT}	2,696.02	m ³ /día	$Q_{F-TAT} = Q_{P-F}$
Tanque de Agua Tratada a Filtros	Q_{TAT-F}	105.07	m ³ /día	$Q_{TAT-F} = V_{RETT}$
Filtros a Espesador	Q_{F-E}	105.07	m ³ /día	$Q_{F-E} = Q_{TAT-F}$
Espesador a Filtros	Q_{E-F}	104.02	m ³ /día	$Q_{E-F} = V_{RPD}$
Espesador a Cárcamo de Lodos	Q_{E-CL}	1.05	m ³ /día	$Q_{E-CL} = V_{LPD}$
Cárcamo de Lodos a Deshidratador	$Q_{CL-DESH}$	1.05	m ³ /día	$Q_{CL-DESH} = Q_{E-CL}$
Deshidratador a Relleno Sanitario	$Q_{DESH-RS}$	0.012	m ³ /día	$Q_{DESH-RS} = M_{SSPD} * \left(\frac{100}{C_{DESH}} - 1 \right) / \rho_{AGUA}$
Deshidratador a Desagüe	Q_{DESH-D}	1.038	m ³ /día	$Q_{DESH-D} = Q_{CL-DESH} - Q_{DESH-RS}$
Tanque Agua Tratada a Distribución	$Q_{TAT-DIS}$	2,590.95	m ³ /día	$Q_{TAT-DIS} = V_D - Q_{DESH-RS} - Q_{DESH-D}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Línea de contaminante disuelto				
Pozo o Tanque de Agua Cruda a Filtros	CD_{P-F}	0.980	mg/L	$CD_{P-F} = C_C$
Filtros a Tanque Agua Tratada	CD_{F-TAT}	0.0196	mg/L	$CD_{F-TAT} = CD_{P-F} * (1 - \frac{E_R}{100})$
Tanque de Agua Tratada a Filtros	CD_{TAT-F}	0.0196	mg/L	$CD_{TAT-F} = CD_{F-TA}$
Filtros a Espesador	CD_{F-E}	0.0196	mg/L	$CD_{F-E} = CD_{TAT-F}$
Espesador a Filtros	CD_{E-F}	0.0196	mg/L	$CD_{E-F} = CD_{F-E}$
Espesador a Cárcamo de Lodos	CD_{E-CL}	0.0196	mg/L	$CD_{E-CL} = CD_{E-F}$
Cárcamo de Lodos a Deshidratador	CD_{CL-FP}	0.0196	mg/L	$CD_{CL-FP} = CD_{E-CL}$
Deshidratador a Relleno Sanitario	$CD_{DESH-RS}$	0.0196	mg/L	$CD_{DESH-RS} = CD_{CL-FP}$
Deshidratador a Desagüe	CD_{DESH-D}	0.0196	mg/L	$CD_{DESH-D} = CD_{CL-FP}$
Línea del contaminante precipitado				
Filtros a Espesador	CP_{F-E}	0.05	g/L	$CP_{F-E} = M_{SSPD}/V_{RETT}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
	$\%CP_{F-E}$	0.005	% en peso	$\%CP_{F-E} = \frac{CP_{F-E}}{\rho_{AGUA} + CP_{F-E}}$
Espesador a Cárcamo de Lodos	CP_{E-CL}	5.03	g/L	$CP_{E-CL} = M_{SSPD}/V_{LPD}$
	$\%CP_{E-CL}$	0.50	% en peso	$\%CP_{E-CL} = \frac{CP_{E-CL}}{\rho_{AGUA} + CP_{E-CL}}$
Cárcamo de Lodos a Deshidratador	$CP_{CL-DESH}$	5.03	g/L	$CP_{CL-DESH} = CP_{E-CL}$
	$\%CP_{CL-DESH}$	0.50	% en peso	$\%CP_{CL-DESH} = \frac{CP_{CL-DESH}}{\rho_{AGUA} + CP_{CL-DESH}}$
Deshidratador a Relleno Sanitario	$CP_{DESH-RS}$	427.80	g/L	$CP_{FP-RS} = M_{SSPD}/Q_{DESH-RS}$
	$\%CP_{DESH-RS}$	30.0	% en peso	$\%CP_{DESH-RS} = \frac{CP_{DESH-RS}}{\rho_{AGUA} + CP_{DESH-RS}}$

7.2.17 CÁLCULO DEL COSTO DE OPERACIÓN

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Caudal de diseño	Q_D	0.0300	m ³ /s	
Caudal de trabajo	Q_T	0.0324	m ³ /s	
Caudal de retrolavado	Q_{RET}	0.0438	m ³ /s	
Caudal de lodos del cárcamo	Q_{LC}	0.0004	m ³ /s	
Caudal de recirculación	Q_{REC}	0.0024	m ³ /s	
Numero de filtros	N_F	4	-	
Flujo másico de Cl ₂	W_{Cl_2}	10.75	kg/día	
Potencia del equipo de bombeo para filtración	P_F	42.34	hp	
Potencia del equipo de bombeo para retrolavado	P_{RET}	16.02	hp	
Potencia del equipo de recirculación	P_{REC}	1.38	hp	
Potencia del equipo de extracción de lodos	P_L	3.26	hp	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Potencia del equipo de bombeo para distribución	P_{DIS}	75.11	hp	
Horas de operación de la planta por día	t_{OP}	24.0	h	
Tiempo de retrolavado	t_{RET}	0.17	h	
Tiempo de extracción de lodos	t_L	0.17	h	
Tiempo de recirculación	t_{REC}	3.00	h	
Tiempo de extracción de lodos del cárcamo al filtro prensa	t_{LC}	2.00	h	
Precio del gas cloro	$\$Cl_2$	15.00	\$/kg	
Precio de energía eléctrica	$\$E$	1.15	\$/kW-h	
Costos de mantenimiento preventivo (0.5% dela inversión)	$\$MTO$	3,364.92	\$/mes	
Número de operadores por semana	-	2	Personas	
Sueldo por operador	$\$SO$	7,000.00	\$/mes	
RESULTADOS				
Costos por día				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Reactivos				
Cl ₂		161.26	\$/día	
Energía eléctrica				
Filtración y extracción (si no hay tanque de agua cruda)		868.82	\$/día	$\$_{EE/día} = P * t * \$_E$
Extracción de lodos		0.46	\$/día	
Distribución		1,541.46	\$/día	
Recirculación		14.19	\$/día	
Retrolavado		9.13	\$/día	$\frac{\$_{EE}}{día} = P * t * \$_E * N_F$
Mano de obra y mantenimiento				
Mano de obra		933.33	\$/día	$\$_{MO/día} = \$_{SO}/30$
Mantenimiento		112.16	\$/día	$\$_{MTO/día} = \$_{Ref}/30$
Costos por metro cubico de agua tratada				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Reactivos				
Cl ₂		0.0622	\$/m ³	
Energía eléctrica				
Filtración y extracción (si no hay tanque de agua cruda)		0.3352	\$/m ³	$\$/_{EE/m^3} = \frac{\$/_{EE/día}}{Q_D}$
Extracción de lodos		0.0002	\$/m ³	
Recirculación		0.0055	\$/m ³	
Retrolavado		0.0035	\$/m ³	
Distribución		0.5947	\$/m ³	
Mano de obra y mantenimiento				
Mano de obra		0.18	\$/m ³	$\$/_{MO/m^3} = \frac{\$/_{MO/día}}{Q_D}$
Mantenimiento		0.04	\$/m ³	
COSTO TOTAL				

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Costo por extracción + potabilización con desinfección+ distribución		109,224.27	\$/mes	
		1,310,691.23	\$/año	
		1.4	\$/m ³	
Costo por extracción + potabilización con desinfección		62,980.61	\$/mes	
		755,767.32	\$/año	
		0.81	\$/m ³	

Cabe mencionar que este costo de operación disminuirá cuando se instale la segunda planta, debido a que el costo de la mano de obra es elevado y con el mismo personal se pueden operar las dos. Sin embargo, a este valor hay que añadirle el costo de medir la calidad del agua, que para estos casos es solamente el manganeso disuelto y el cloro residual, ambos se pueden medir directamente con el equipo Hach que se está considerando en el proyecto. A precios de marzo del 2017 cada lectura de manganeso cuesta \$39.00, y la de cloro con DPD \$8.67, así que, considerando dos lecturas por día para darle seguimiento al proceso, se deberán agregar \$2,860.00 al mes.

En cuanto a la disposición de los residuos sólidos de óxidos de manganeso, la cantidad total generada por día es de aproximadamente 5 Kg, lo que permite su disposición directamente con el carro recolector de basura o su transporte en camionetas del organismo operador, junto con los desechos que recolectan en la limpieza del sistema.

7.3 PROYECTO DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL

7.3.1 PLUVIAL

El terreno del pozo Santa Elena se encuentra bardeado en toda su periferia, y presenta un desnivel de aproximadamente 83 cm desde el portón de la entrada hasta la pared del fondo. Esto lo hace susceptible de que la lluvia que capte el terreno no tenga salida, aunque, de acuerdo a lo comentado por personal del SMAPAJ, no se tienen datos de que se haya inundado alguna vez.

Como medida preventiva por una posible acumulación de agua en el terreno, y sobre todo considerando que la planta se localizará en la parte posterior del mismo, es decir, en la zona más baja, se va rellenar toda la sección en donde se construirá la potabilizadora. El nivel final de la plancha de la planta será la misma que actualmente tiene la banqueta de la bodega de mantenimiento, eso la situará aproximadamente a 15 cm sobre el nivel del terreno del jardín.

El desnivel natural del terreno, más el aumento del nivel por la construcción nueva, va a formar una hondonada en una parte del jardín, que potencialmente va acumular el agua que capte todo el terreno.

Para evitar posibles encharcamientos, se diseñó una boca de tormenta que lleve el agua hasta el canal de riego que pasa a un lado del terreno de la planta. Para llevar a cabo el proyecto del drenaje, se tomó en cuenta lo indicado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015)- Drenaje Pluvial Urbano- de la Comisión Nacional del Agua.

La información requerida para el diseño del drenaje pluvial es el siguiente:

No.	Datos	Características
1	Tipo de desarrollo	Mixto
2	Población de proyecto	3 Usuarios
3	Intensidad de la lluvia	mm/h (ver cálculos)
4	Coeficiente(s) de escurrimiento	Ver Tabla 30

No.	Datos	Características
5	Área de captación	182.9 m ² de concreto hidráulico y 284.3 m ² de jardín
6	Gasto de proyecto	L/s (ver cálculos)
7	Tipo de drenaje pluvial	Tubería PVC

Tabla 30 Coeficientes de escurrimiento “C”

Tipo de área	Coeficiente “C”
Residencial	
Áreas unifamiliares	0.30 – 0.50
Unidades múltiples separadas	0.40 – 0.60
Unidades múltiples conectadas	0.60 – 0.75
Áreas departamentales	0.50 – 0.70
Techos	0.75 – 0.95
Casa habitación	0.50 – 0.70
Comercial	
Centro de la ciudad	0.70 – 0.95
Fuera del centro de la ciudad	0.50 – 0.70
Techos	0.75 – 0.95
Industrial	
Ligera	0.50 – 0.80
Pesada	0.60 – 0.90
Techos	0.75 – 0.95
Calles	
Asfalto	0.70 – 0.95
Concreto	0.80 – 0.95
Adoquín	0.70 – 0.85
Aceras y andadores	0.75 – 0.85
Terracerías	0.25 – 0.60
Parques, jardines, prados	
Suelo arenoso plano < o = a 2%	0.05 - 0.10
Suelo arenoso pendiente de 2 a 7%	0.10 – 0.15
Suelo arenoso pendiente de 7% o mayor	0.15 – 0.20
Suelo arcilloso plano < o = a 2%	0.13 – 0.17
Suelo arcilloso pendiente 2 a 7%	0.18 – 0.22
Suelo arcilloso pendiente de 7% o mayor	0.25 – 0.35
Áreas no urbanizadas	0.10 – 0.30
Áreas de monte o bosque según su pendiente y características del suelo	0.01 – 0.20

Con fines prácticos se consideró que el suelo no tiene capacidad de infiltración (aun cuando hay una zona extensa de jardín), y para el cálculo del escurrimiento superficial, que es el requerido para determinar el gasto de diseño del pluvial, se utilizó el método Racional (ver hoja de cálculo).

Para la determinación de las curvas intensidad-duración-periodo de retorno, se utilizó el procedimiento establecido en el MAPAS (pág. 168), que consiste en combinar la información de isoyetas de intensidad con duración de 60 minutos (ver 0), con la información disponible de la precipitación máxima diaria anual, conocida como precipitación máxima en 24 horas (ver 7.3.1.2), para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
DATOS				
Tipo de suelo	T_T	Arcilloso	-	
Área del terreno con concreto	A_{tc}	182.9	m	
Área del terreno con jardín	A_{tj}	284	m	
Coefficiente de escurrimiento en concreto	C_{EC}	0.95	-	
Coefficiente de escurrimiento suelo arcilloso pendiente entre 2 y 7%	C_{EJ}	0.22	-	
Longitud del cause	L	23.18	m	
Altura de desnivel	h	0.460	m	
Periodo de retorno	Tr	10.0	-	
Intensidad de precipitación periodo de retorno $Tr=10$ años y duración $d=1$ h	$P_{1^{10}}$	60.0	mm/hr	
Intensidad de precipitación periodo de retorno $Tr=25$ años y duración $d=1$ h	$P_{1^{25}}$	80.0	mm/hr	
Intensidad de precipitación periodo de retorno $Tr=50$ años y duración $d=1$ h	$P_{1^{50}}$	80.0	mm/hr	
Intensidad de precipitación periodo de retorno $Tr=100$ años y duración $d=1$ h	$P_{1^{100}}$	60.0	mm/hr	
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=10$ años	p^{10}	80.0	mm	

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=25$ años	P^{25}	90.0	mm	
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=50$ años	P^{50}	100.0	mm	
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=100$ años	P^{100}	100.0	mm	
Tipo de material de tubería		PCV y Polietileno de alta densidad	-	
Pendiente mínima de la tubería	S_T	2	%	
Coefficiente de rugosidad	n	0.0090	-	
Velocidad mínima permisible en colectores	V_{\min}	0.60	m/s	
Altura máxima permitida sobre la alcantarilla	h_{COL}	0.02	m	
Coefficiente de descarga	C_D	0.60	-	
Coefficiente de obstrucción de alcantarillas	C_r	0.50	-	
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s^2	
Área estándar de orificio en rejillas de coladeras de piso (MAPAS, 205, pág. 394)	A_{REJ}	0.0093	m^2	
RESULTADOS				
Cálculo del gasto de escurrimiento				
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=10$ años	P_{24}^{10}	90.4	mm	$P_{24}^{10} = 1.13 * P^{10}$
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=25$	P_{24}^{25}	101.7	mm	$P_{24}^{25} = 1.13 * P^{25}$
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=50$	P_{24}^{50}	113.0	mm	$P_{24}^{50} = 1.13 * P^{50}$
Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno $Tr=100$	P_{24}^{100}	113.0	mm	$P_{24}^{100} = 1.13 * P^{100}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Relación de Lluvia-precipitación Tr= 10 años y una duración de 24 h	R_{CH}^{10}	0.664	-	$R_{CH}^{10} = \frac{P_1^{10}}{P_{24}^{10}}$
Relación de Lluvia-precipitación Tr= 25 años y una duración de 24 h	R_{CH}^{25}	0.7866	-	$R_{CH}^{25} = \frac{P_1^{25}}{P_{24}^{25}}$
Relación de Lluvia-precipitación Tr= 50 años y una duración de 24 h	R_{CH}^{50}	0.708	-	$R_{CH}^{50} = \frac{P_1^{50}}{P_{24}^{50}}$
Relación de Lluvia-precipitación Tr= 100 años y una duración de 24 h	R_{CH}^{100}	0.531	-	$R_{CH}^{100} = \frac{P_1^{100}}{P_{24}^{100}}$
Promedio Relación de Lluvia-precipitación	R_{CH}	0.672	-	$\frac{\sum R_{CH}}{4}$
Relación entre precipitación (Tr= 100 años y d= 24 h) y (Tr= 10 años y d= 24 h)	F_{CH}	1.250	-	$F_{CH} = \frac{P_{24}^{100}}{P_{24}^{10}}$
Valor del parámetro "a"	a	46.194	-	$a = 21.03453 - 186.4683R_{CH} + 825.4915R_{CH}^2 - 1084.846R_{CH}^3 + 524.06R_{CH}^4$
Valor del parámetro "b"	b	12.148	-	$b = 3.487775 - 68.13976R_{CH} + 389.4625R_{CH}^2 - 612.4041R_{CH}^3 + 315.8721R_{CH}^4$
Valor del parámetro "c"	c	-0.111	-	$c = 0.2677553 + 0.9481759R_{CH} + 2.10911R_{CH}^2 - 4.827012R_{CH}^3 - 2.459584R_{CH}^4$
Pendiente del terreno	S	0.020	m/m	$S = \frac{h}{L}$
Tiempo de concentración sobre la superficie (Kirpich)	T_{CS}	0.0165	h	$T_{CS} = 0.077$
Tiempo de concentración/Duración de la lluvia	$T_c=d$	0.0165	min	
Intensidad media de la lluvia	i_d^{Tr}	609.39	mm/h	$i_d^{Tr} = \frac{aTr}{(a+b)^c}$
Gasto del escurrimiento superficial en concreto	Q_{EC}	0.0294	m ³ /s	$Q_{EC} = 0.27777 * C_{EC} * i_d * A_{tc}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Gasto del escurrimiento superficial en jardín	Q_{EJ}	0.0106	m ³ /s	$Q_{EJ} = 0.27777 * C_{EJ} * i_d * A_{tj}$
Gasto de escurrimiento total	Q_{ET}	0.0400	m ³ /s	$Q_{ET} = Q_{EC} + Q_{EJ}$
Cálculo de la tubería de desalojo				
Diámetro para tubo parcialmente lleno (80%)	$D_{vmín}$	0.1662	m	<p>Para una relación $\frac{y}{D} = 0.8$, de MAPAS 2015, Libro 19. Drenaje Pluvial Urbano, pág. 221:</p> $\frac{nQ}{D^{8/3}S^{1/2}} = 0.30466$ $D = \left(\frac{nQ}{0.30466 S^{1/2}} \right)^{3/8}$
Diámetro de tubería comercial	D_{RECC}	8.0	plg	
Tirante normal	y_n	0.110	m	De cálculo iterativo mediante el método de punto fijo, ver en Tablas
Área hidráulica	A_h	0.017	m ²	$A_h = \frac{2y - D}{2} \sqrt{Dy - y^2} + \frac{D^2}{4} \arcsin \left(\frac{2y - D}{D} \right) + \frac{\pi D^2}{8}$
Perímetro mojado	P_m	0.319	m	$P_m = \left[\arcsin \left(\frac{2y - D}{D} \right) + \frac{\pi}{2} \right] D$
Radio hidráulico de la tubería	R_h	0.055	m	$R_h = \frac{A_h}{P_m}$
Velocidad media del flujo (<5 m/s)	v_m	2.26	m/s	$v_m = \frac{(R_h^{2/3} * S^{1/2})}{n}$

	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD	FÓRMULA
Cálculo de la coladera de piso				
Área mínima neta de entrada a la coladera de piso	A_{COL}	0.213	m ²	$A_{COL} = \frac{Q_{ET}}{C_r * C_D * 2 * g * h_{COL}}$
Número de aperturas mínimas en la rejilla de la coladera	N_{REJ}	23		$N_{REJ} = A_{COL}/A_{REJ}$

Calculo del tirante normal y por el método de punto fijo						
Valor aceptado	$\frac{nQ}{S^{1/2}}$	y propuesta	A_h	P_m	$\frac{A_h^{5/3}}{P_m^{2/3}}$	Diferencia
-	0.002545194	0.1496	0.020959023	0.319526341	0.003408897	0.000863703
-	0.002545194	0.139608775	0.020223771	0.319455411	0.003212403	0.000667209
-	0.002545194	0.129608775	0.019360161	0.31938448	0.002987485	0.000442291
-	0.002545194	0.119608775	0.018407713	0.31931355	0.002746976	0.000201781
SI	0.002545194	0.109608775	0.017400408	0.31924262	0.002501412	4.37827E-05
-	0.002545194	-	-	-	-	-
-	0.002545194	-	-	-	-	-
-	0.002545194	-	-	-	-	-
-	0.002545194	-	-	-	-	-
-	0.002545194	-	-	-	-	-
-	0.002545194	-	-	-	-	-
-	0.002545194	-	-	-	-	-

La boca de tormenta seleccionada tiene tres veces más del área mínima requerida.

La tubería del pluvial se decidió enviarla por la parte posterior de la planta potabilizadora, con salida en la barda perimetral del terreno del pozo 2, hacia un canal de riego que pasa al costado de la misma (Figura 67), justo atrás del centro de control de motores:.

Para mantener una pendiente del 2%, al final del terreno la tubería estaría enterrada aproximadamente 1.5 m con respecto al nivel final de la plancha de la planta (Figura 68).

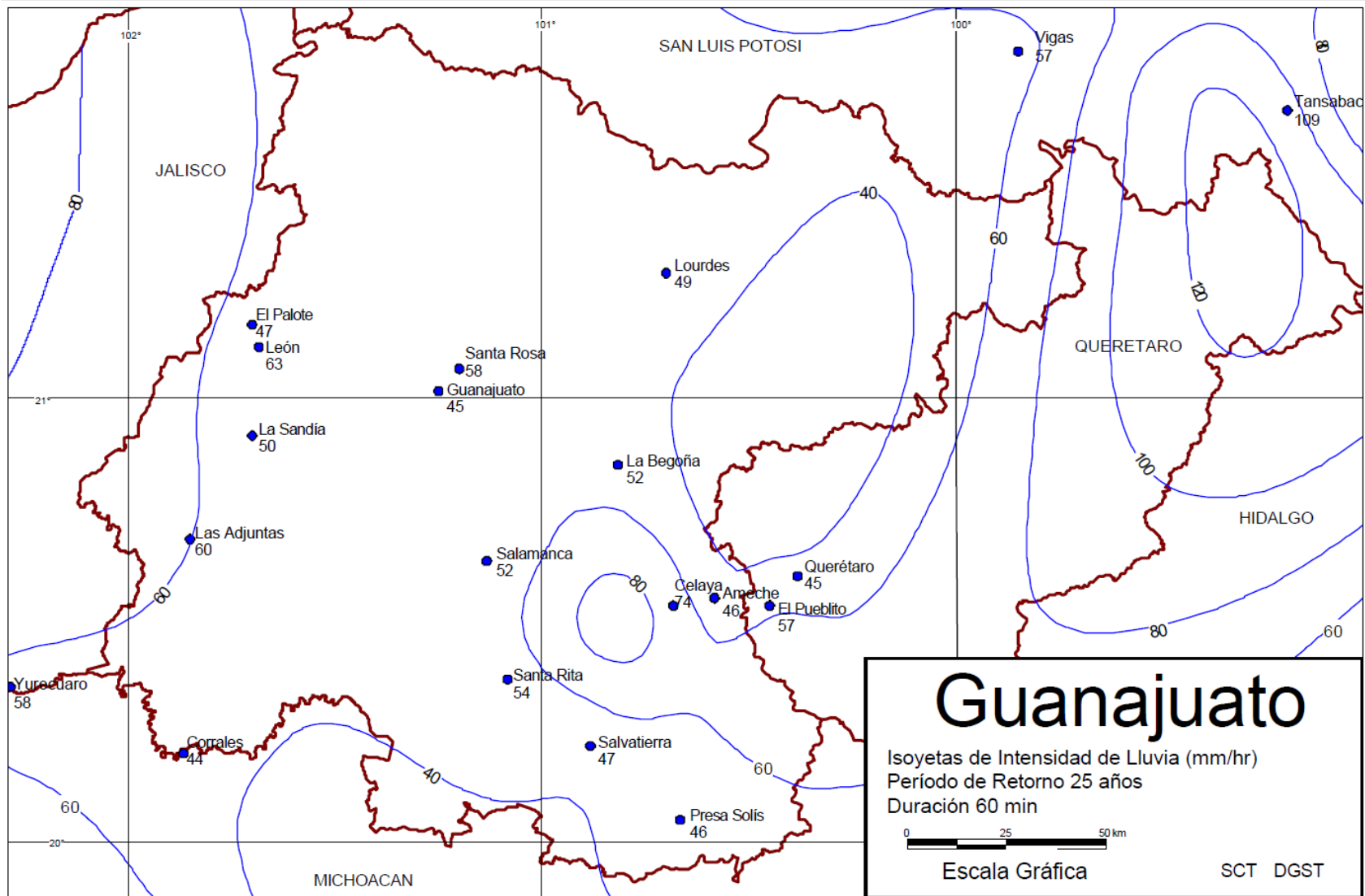
La salida no generará problemas, se necesitaría que todo el campo de cultivo se inundara para que el agua llegara al nivel del terreno de la planta.



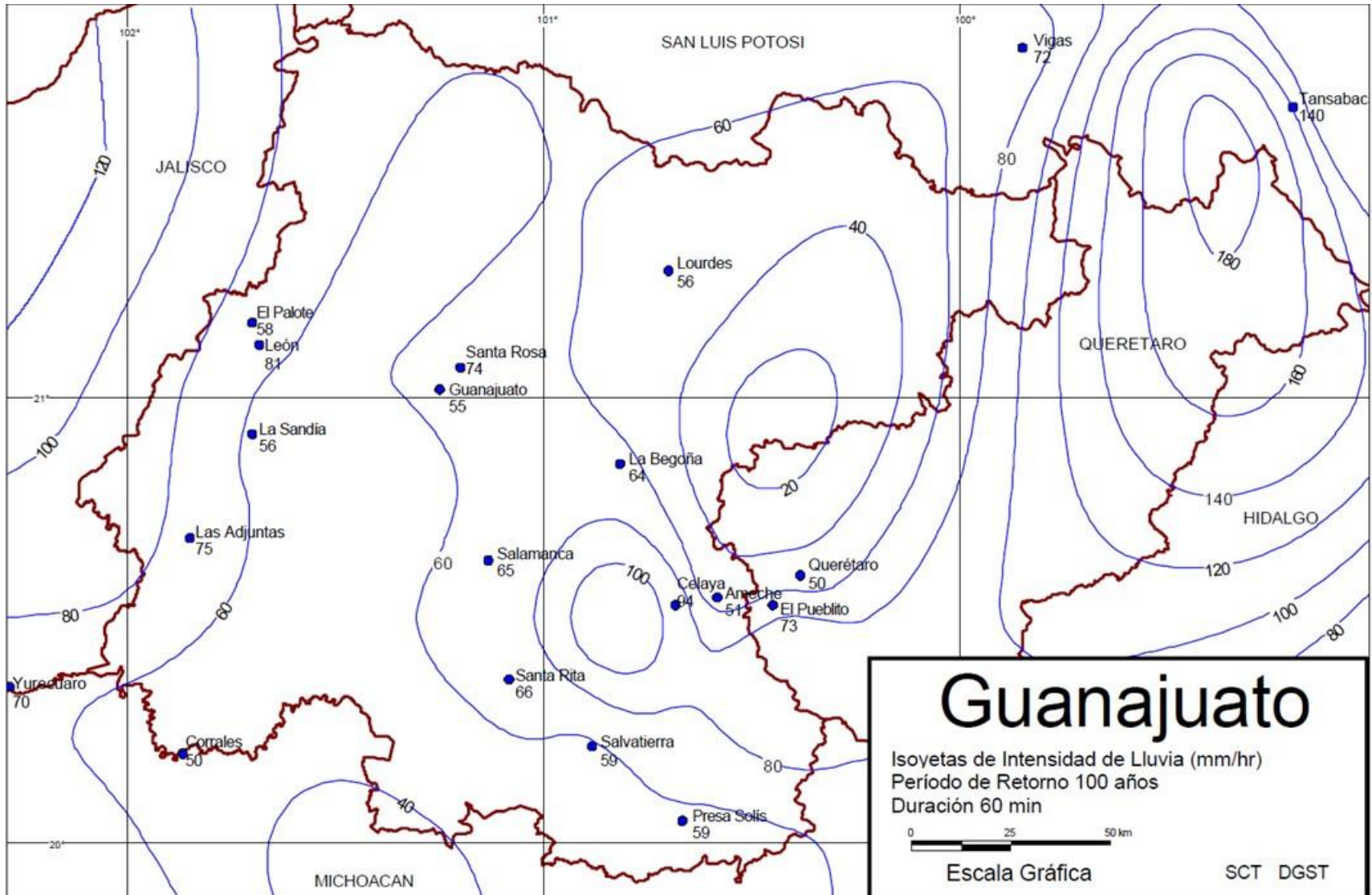
Figura 67 Canal de riego que pasa a un costado del terreno del pozo 2

7.3.1.1 ISOYETAS DE INTENSIDAD DE LLUVIA DE GUANAJUATO

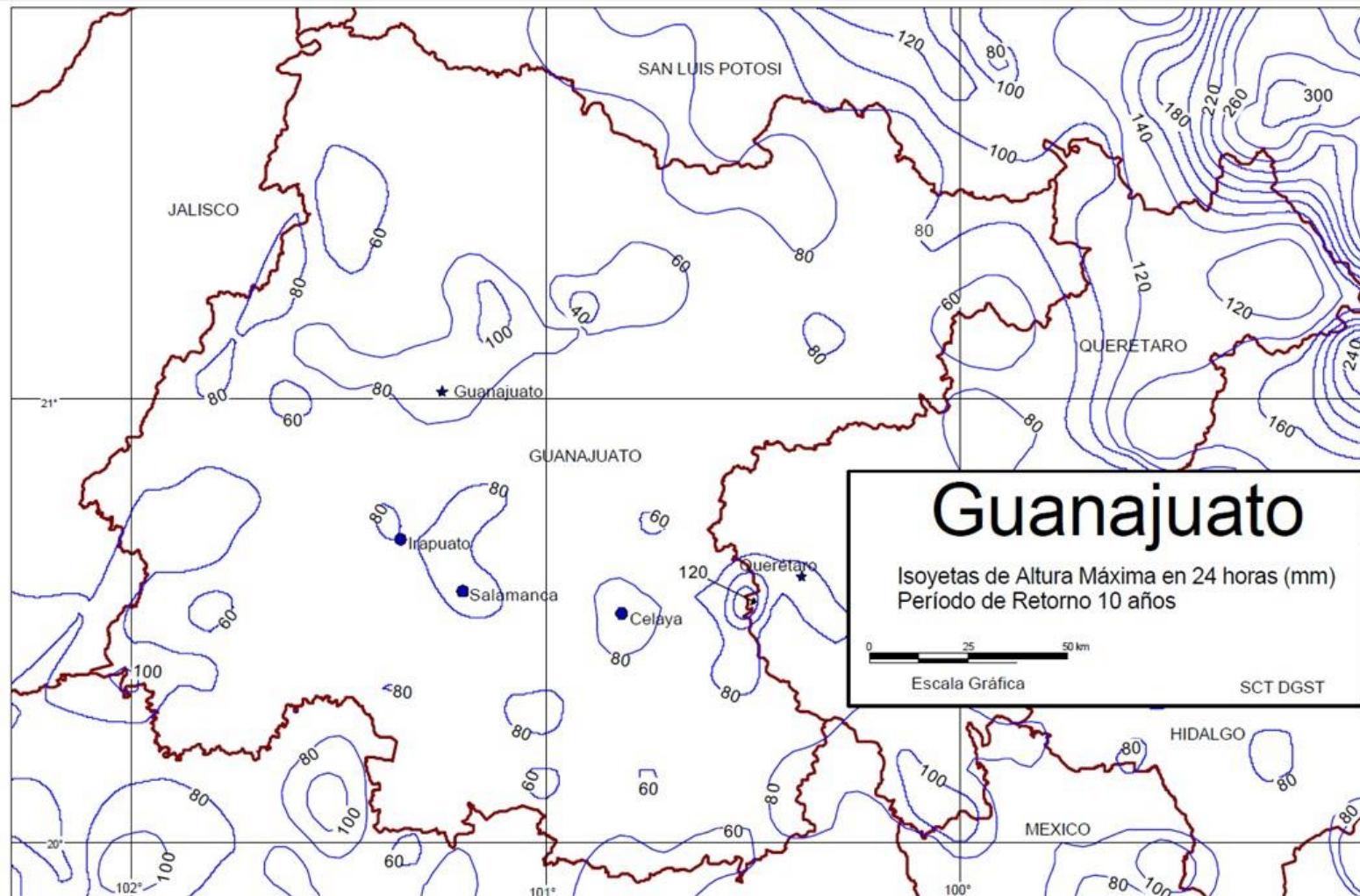


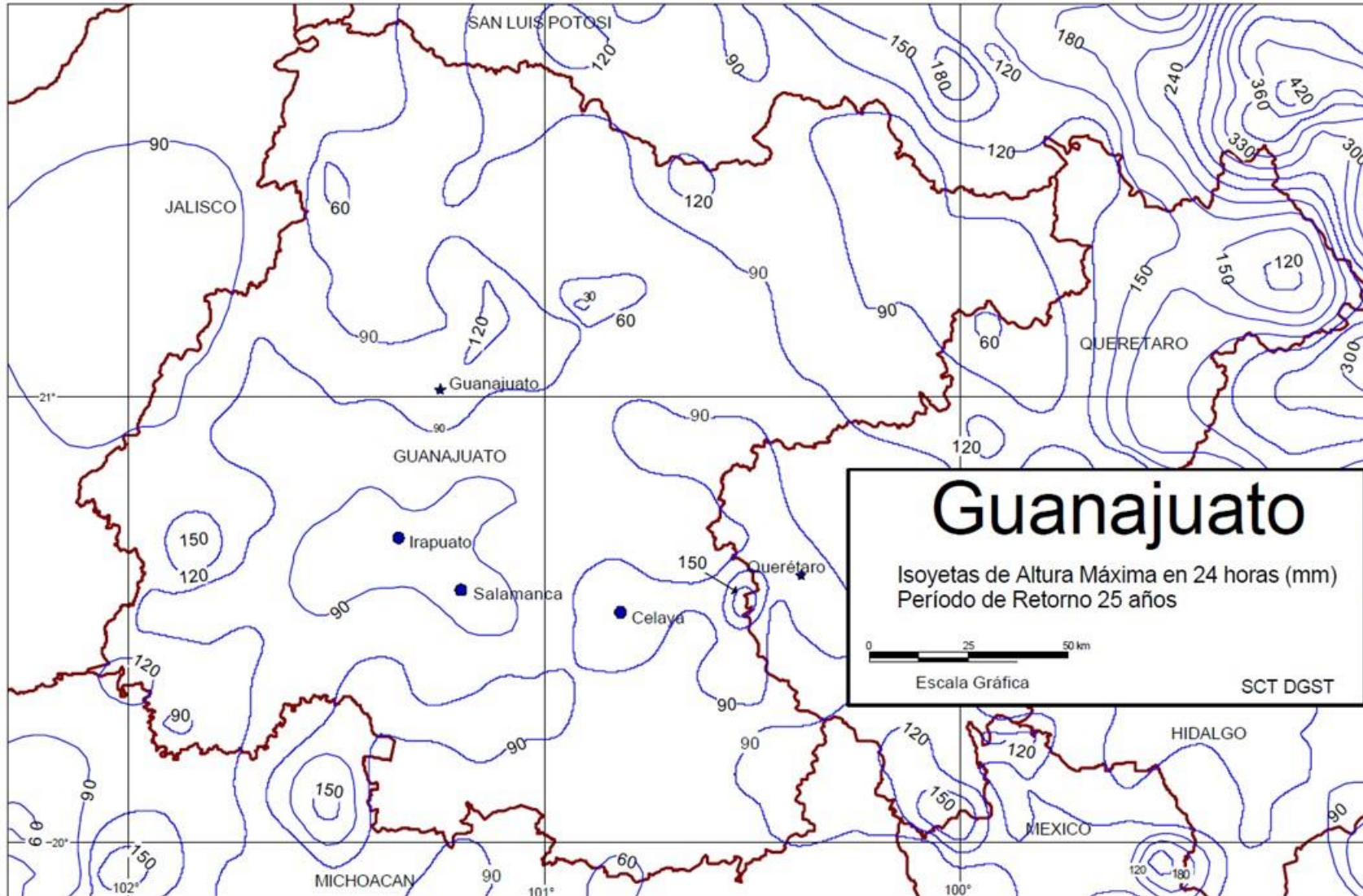


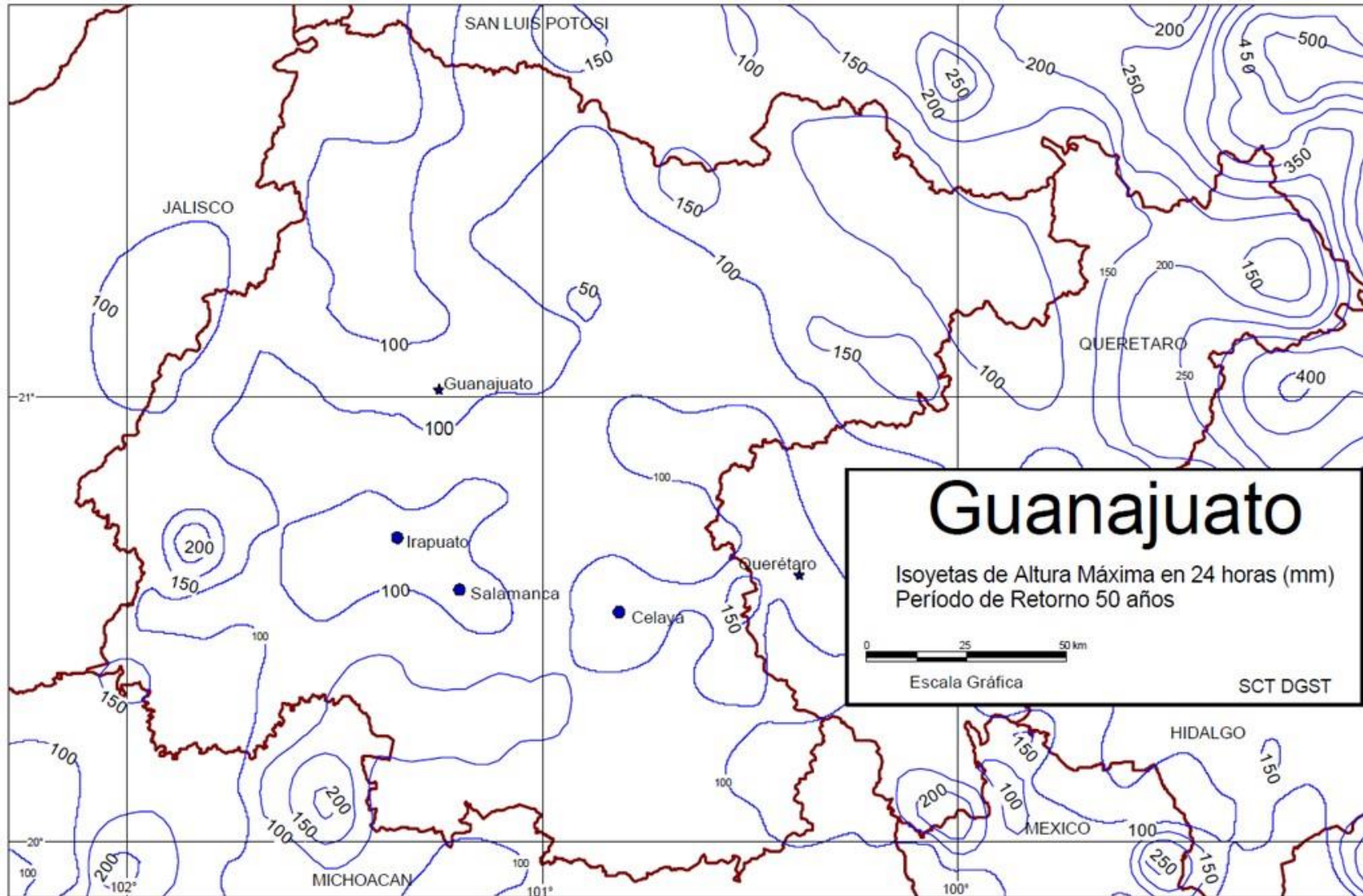


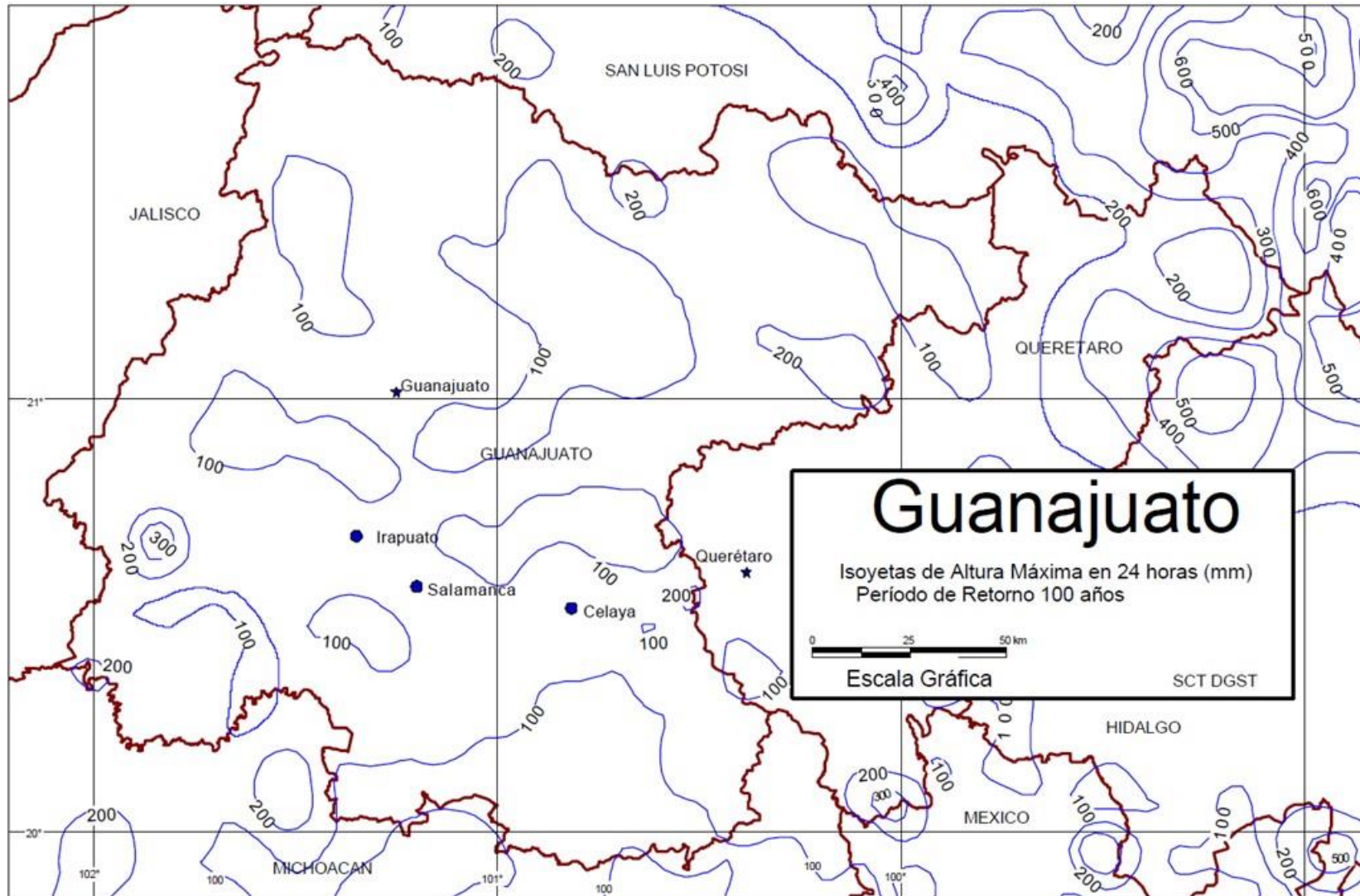


7.3.1.2 ISOYETAS DE ALTURA MÁXIMA EN 24 HORAS









7.3.2 SANITARIO

En el diseño de la planta potabilizadora del pozo Santa Elena, se está considerando un baño con lavabo y excusado para el operador de la planta. El agua residual generada en este caso se va a conducir a un biodigestor comercial y posteriormente a pozo de adsorción o a un tanque de almacenamiento de agua gris.

El biodigestor que se seleccionó fue uno de tipo comercial (Figura 69), debido a que las fosas sépticas construidas en sitio pueden tener problemas de infiltraciones, y la distancia máxima requerida entre el pozo de abastecimiento y la estructura de tratamiento es muy pequeña. El modelo seleccionado es el más pequeño en su tipo y es para 5 usuarios con una aportación diaria de 130 L/usuario.

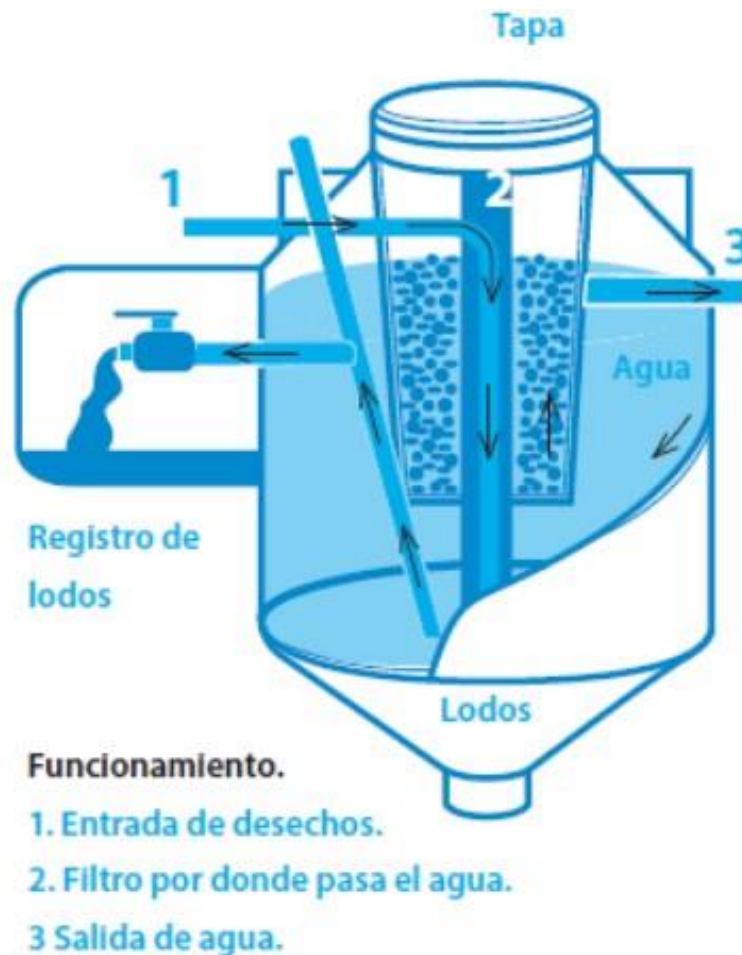


Figura 69 Biodigestor para el tratamiento del agua residual

En el caso de seleccionar el pozo de adsorción, éste se tomó directamente del Paquete Tecnológico para el Tratamiento de Excretas y Aguas residuales en Comunidades Rurales (MAPAS, 2007), con las dimensiones correspondientes al mismo caudal de diseño del biodigestor.

La distancia al pozo de abastecimiento no cumple con lo recomendado, sin embargo, se considera que la cantidad de agua residual que se va a generar es muy poca, el tamaño del biodigestor está sobrado y el tipo de suelo del terreno es poco permeable, por lo que no se espera contaminación del acuífero por este tipo de infraestructura.

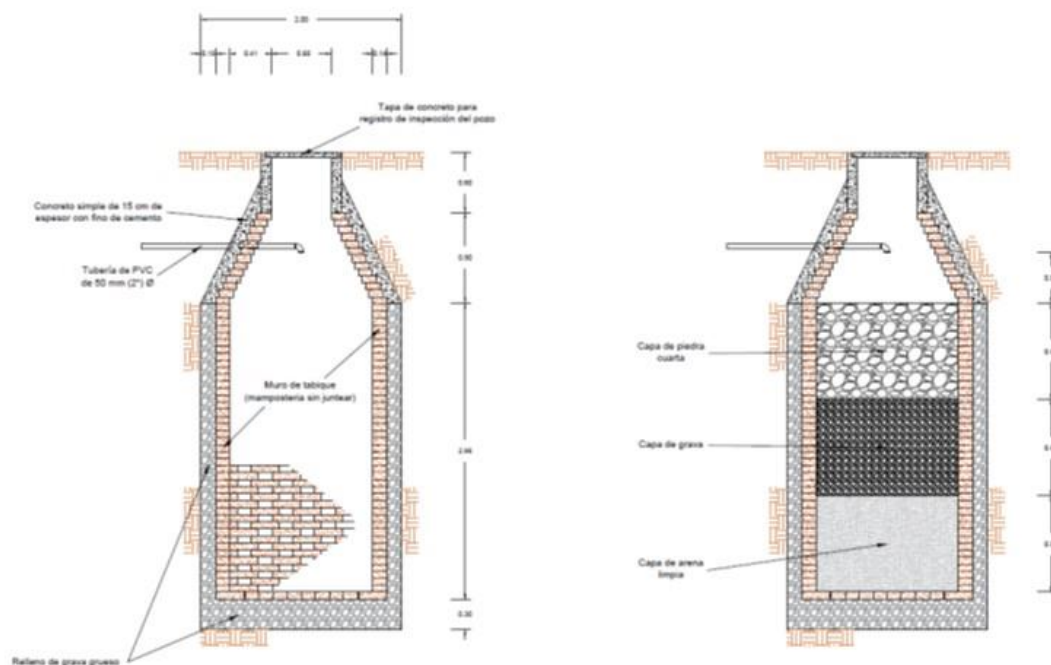


Figura 70 Pozo de adsorción con materiales pétreos

También se puede mezclar tezontle con viruta de madera de Ficus o cualquier otro tipo de árbol, para convertir el pozo de adsorción en un filtro biológico muy eficiente. Sin embargo, si la decisión es colocar un tanque de recepción de aguas grises, éstas tendrán que ser extraídas periódicamente para evitar malos olores. En este caso se instalaría una cisterna Rotoplas de 1200 L, que considerando 130 L/día, se llenaría en 9 días.

7.4 PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

7.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La oxidación del manganeso, así como la desinfección del agua, se realizará con la dosificación de gas cloro en la tubería de entrada a los filtros, tomando en cuenta la cantidad de agua contabilizada en el medidor de gasto a la entrada de los filtros y el cloro residual a la salida del tanque de agua tratada.

En el proceso, el agua cruda pasa primero por un filtro de malla para eliminar las partículas grandes como arena o tierra que pueda transportar la bomba del pozo, posteriormente pasará a los filtros de zeolita en donde se eliminará el manganeso disuelto. El agua libre de manganeso se depositará en un tanque de 80 m³, desde donde se tomará el agua para llevar a cabo el retrolavado de los filtros y enviarla a los tanques de distribución.

El objetivo del proyecto es controlar de forma automática en el proceso de remoción de manganeso, el paro y arranque del pozo, el lavado de los filtros, la recirculación del agua, el nivel en el tanque de agua filtrada y sedimentador, la presión a la entrada del agua cruda a la batería de filtros y la de salida del total de filtros hacia el tanque, la presión en la tubería de salida de agua para distribución, la dosificación del cloro mediante el control del cloro residual, el gasto del agua cruda a los filtros y finalmente el gasto del agua potable a los tanques de distribución.

Se requiere suministrar, instalar y poner en servicio la instrumentación necesaria y una red de comunicación alámbrica en la planta y el pozo, con capacidad de monitorear en tiempo real las variables hidráulicas requeridas para el control y automatización de todas las variables mencionadas anteriormente.

7.4.2 ALCANCE DEL PROYECTO.

Se considera el suministro e instalación de todos los equipos requeridos para la instrumentación, que permita llevar a cabo el control de la planta y realizar la operación eficiente y oportuna del sistema.

Para tener una mejor visión en la descripción de los eventos por parte de la operación de la planta, se colocará un reloj digital con números suficientemente grandes para su visualización desde una distancia mínima de 5 metros, en donde se indiquen hora,

minutos y la fecha actual. Esto con la finalidad de que el operador pueda anotar en su bitácora la hora en la que ocurre cualquier evento. El grado de automatización para la operación del sistema de lavado de filtros será de 3 formas.

1.- Totalmente automático por medio de una computadora de programación lógica (PLC) en donde se correrá un programa que controle los pasos y tiempos del lavado de filtros.

2.- Semi automático desde la computadora instalada en el armario de los equipos de control (sacando de operación el programa de automatización y operando mediante las páginas de video que se diseñarán en campo).

3.- De forma manual desde las botoneras instaladas a pie de equipo.

El proveedor deberá garantizar la operación adecuada de la planta y el pozo mediante la integración de las diferentes fases del proyecto que se describen a continuación:

- Tubería de agua cruda: caudal instantáneo y totalizador de caudal.
- Tubería de agua tratada: caudal instantáneo, totalizador de caudal y cloro residual.
- Suministro e instalación de cableado para la comunicación entre equipos y el centro de control incluyendo equipos y accesorios.
- Suministro e instalación de la instrumentación y elementos primarios.
- Suministro e instalación del PLC, gabinete para instalación de los equipos con pantalla de manejo integrada y que permita el almacenamiento de información generada.
- Instalación eléctrica y conexión de equipos.
- Bases para montaje de equipos y sus accesorios.
- Mano de obra.
- Software para el sistema de control y para el manejo de la base de datos.
- Capacitación en mantenimiento, configuración y operación.
- Puesta en servicio de la planta con sus sistemas integrados.
- El proveedor deberá apegarse a lo solicitado en las especificaciones.

7.4.3 CRITERIOS

La secuencia de limpieza de filtros operará de forma automática por tiempo y en caso de requerirse se podrá operar de forma semi-automática (desde la pantalla de control de la planta) o manual.

El sistema controlará automáticamente el lavado de filtros, así como el arranque y paro de la bomba de retorno del agua clarificada; todas estas señales de operación y control se podrán observar mediante una computadora con pantalla integrada en el armario de instalación de los equipos requeridos para el control y automatización de la planta, podrán observarse y guardarse en memoria para posteriormente generar los reportes diarios, semanales y mensuales del servicio, cantidad de agua producida en el ciclo y alarmas de equipos que hayan salido de servicio para que se generen las ordenes de mantenimiento ya sea correctivo o preventivo.

El sistema de control contará con una computadora con pantalla integrada al gabinete que contenga el PLC para llevar a cabo las acciones necesarias en caso de que existan problemas para realizar la automatización del proceso, así mismo, en el gabinete se instalará el botón de selección automático–semiautomático–fuera para llevar a cabo esta acción.

Tomando en cuenta el diagrama de tuberías e instrumentación (DTI), se definen los equipos que generarán las señales de las variables que se alimentarán al PLC y que se tomarán en cuenta para la automatización y vigilancia del sistema y de otras para que la operación sea más eficiente.

El sistema de control contará con un sistema de comunicación de protocolo Hart el que se realizará mediante cable de control con blindaje de malla trenzada a base de alambre de cobre suave, cinta separadora y cubierta interna y externa de PVC. Mediante programación del PLC se podrá modificar la secuencia de poner en marcha o sacar de operación los filtros.

Considerando estos criterios, se tiene dentro del alcance de este proyecto el monitoreo de los sistemas que lo integran, la instrumentación que se requiere y la función que deberá realizar el PLC en caso de que se presente una falla.

7.4.3.1 *BOMBA DE POZO PROFUNDO*

Instrumentación por instalar: Medidor de gasto

Falla: Bomba fuera de servicio (Alarma).

Función: Apagado total del sistema de potabilización.

7.4.3.2 *FILTROS*

Instrumentación por instalar: Medidor de presión a la entrada de agua cruda del conjunto de filtros y salida de agua tratada del total de filtros.

Falla: Diferencial de presión

Función: Alerta por baja presión a la entrada o salida de filtros.

7.4.3.3 *TANQUE DE RECEPCIÓN DE AGUA FILTRADA.*

Instrumentación por instalar: Medidor de nivel

Falla 1: Bajo nivel en tanque

Función 1: Cancelar retrolavado de filtros y apagar bomba de suministro a tanques de distribución.

Falla 2: Nivel alto en tanque

Función 2: Apagar bomba de pozo.

7.4.3.4 *SEDIMENTADOR*

Instrumentación por instalar: Medidor de nivel

Falla 1: Nivel alto en sedimentador.

Función 1: Cancelar retrolavado de filtros.

Falla 2: Nivel bajo en sedimentador

Función 2: Apagar bomba de recirculación

7.4.3.5 *MEDIDOR DE CLORO RESIDUAL EN AGUA FILTRADA*

Instrumentación por instalar: Sensor de cloro residual y accesorios.

Función: Suministrar información a la válvula inteligente de suministro de cloro en el sistema de cloración.

7.4.3.6 *MEDIDOR DE PRESIÓN EN TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE AGUA A TANQUES REGULADORES*

Instrumentación por instalar: Medidor de presión

Falla: Alta presión en tubería por bajo consumo de agua (nivel alto en tanques de distribución)

Función: Apagar bomba de agua a tanques de distribución.

7.4.4 *CARACTERÍSTICAS DE LA INSTRUMENTACIÓN*

7.4.4.1 *SENSOR Y TRANSMISOR DE GASTO TIPO ULTRASONIDO (A LA ENTRADA DE LA PLANTA O SALIDA DEL POZO)*

Equipo para medir el gasto en tubería de acero al carbón de 6" de diámetro, con abrazaderas de acero 316L y par de sensores para medir la velocidad y gasto del fluido. Para operar a una temperatura ambiente de entre -20 a 80 grados centígrados y grado de protección NEMA 4X a prueba de intemperie.

El transmisor será para montaje exterior en área no peligrosa en tubo de 5.1 cm (2") de diámetro con indicador de la medida de 0.4 a 100 L/s.

La salida hacia el centro de control (PLC) será de 4 a 20 mili amperes de corriente directa proporcional al gasto, con una precisión mínima de $\pm 2\%$ del rango a la velocidad mínima de 0.4 m/s, el protocolo de comunicación entre centro de control y el equipo será tipo Hart.

Alimentación eléctrica de 120 VCA a 60 Hz, en caso de que el equipo suministrado requiera de alimentación en corriente directa, la compañía suministradora integrará una fuente con las características requeridas por el equipo con alimentación a 120 VCA, 60 Hz.

7.4.4.2 *SENSOR-TRANSMISOR DE NIVEL*

Medidor de nivel tipo ultrasónico, con rango de 0-8 metros, alimentación eléctrica de 120 VCA, 60 Hz, salida 4-20 mili amperes de corriente directa con protocolo de comunicación tipo HART, con pantalla integrada para indicación local de la medida en metros.

- Temperatura de operación máxima 100 °C, precisión de ± 10 mm (± 0.4 ") del rango.
- Resolución de la medida de salida de 0.5 micro amperes (0.003%).
- Carcasa de aluminio o PVC para protección tipo NEMA 4X.
- Montaje del sensor-transmisor en brida de 5.1 cm (2") de diámetro.

En caso de que el equipo suministrado requiera de alimentación en corriente directa la compañía suministradora integrará una fuente con las características requeridas por el equipo con alimentación a 120 VCA, 60 Hz.

7.4.4.3 *SENSOR- TRANSMISOR DE PRESIÓN*

Equipo para la detección continua de presión hidráulica, a instalarse en filtros y tubería de salida para la distribución de agua filtrada a los tanques de distribución.

Transmisor tipo medidor de presión absoluta, con célula de medición capacitiva y membrana cerámica de medición, unidad de medida en kg/cm² en carátula de cristal líquido con 4 dígitos. Con rango de medida de 0 a 40 bar.

Salida de 4 a 20 mili amperes de corriente directa proporcional a la medida y contacto de alarma por medida fuera de rango, con ajuste de este de 0.5 al 100%. Protocolo de comunicación tipo Hart. Alimentación eléctrica de 120 VCA, 60 Hz. Con fuente de alimentación en caso de operar con corriente directa.

7.4.4.4 *MEDIDOR DE CLORO RESIDUAL EN AGUA FILTRADA*

El cloro para el sistema de remoción de manganeso es fundamental para la regeneración del medio y además se debe mantener en los tanques de distribución de agua potable concentraciones de cloro libre residual de acuerdo a la norma. Éste se detectará con un equipo que constará de tres partes:

1) Sensor.

- Características: para medida amperométrica de cloro libre en agua potable.
- Rango de medida: de 0.05 a 20 mg/L de cloro libre.
- Diseño: con sensor para usarse en celda de flujo o por inmersión directa.
- Material de construcción: tipo flecha sensora de PVC y membrana de politetra fluoruro etileno (PTF).

- Presión del proceso: de máximo 1 bar absolutos.

2) Celda de flujo.

- Características: Flujo a través de tres emplazamientos diferentes aun cuando solo se requiere el emplazamiento de sensor de cloro/dióxido de cloro/sensor de cloro total.
- Material de construcción: Plexiglás con control de flujo y sensor de proximidad.
- Temperatura del proceso: máximo 45°C.
- Presión del proceso: máximo 4 bar.

3) Medidor-Transmisor.

- Entrada: sensor digital de entrada del sensor amperométrico.
- Salida: de 4 a 20 mili amperes de corriente directa proporcional a la medida, con comunicación digital Hart.
- Alimentación eléctrica: de 120 VCA, 60 Hz. Con fuente de alimentación en caso de que el equipo opere con corriente directa.
- La medida se mostrará en carátula de cristal líquido en miligramos por litro de agua de cloro residual.

7.4.5 OPERACIÓN EN LIMPIEZA DE FILTROS

La operación de limpieza de filtros considerará una secuencia de lavado del uno al cuatro, comenzando con el filtro número uno y después de 6 horas (o el tiempo que se defina como el más conveniente) se lavará el filtro número dos y así consecutivamente hasta realizar el lavado del filtro número cuatro; los tiempos de lavado de cada filtro podrán definirse en campo conforme a la experiencia del personal de operación.

Para la automatización del lavado como se indica anteriormente, el sistema de control tomará en cuenta los niveles del tanque de agua tratada y del sedimentador, en caso de que ambos niveles sean los correctos la computadora realizará los siguientes pasos para llevar a cabo el lavado del filtro:

- a) Cierre de la válvula de entrada de agua cruda.
- b) Cierre de válvula de salida de agua clarificada

- c) Apertura de válvula de entrada de agua de lavado
- d) Apertura de válvula de salida de agua de lavado
- e) Encendido de bomba de agua de lavado
- f) Tiempo de lavado completo (definido en el PLC)

Cumplido el tiempo de lavado, el PLC realizará el mismo procedimiento, pero en forma inversa:

- a) Apagado de bomba de agua de lavado
- b) Cierre de válvula de entrada de agua de lavado
- c) Cierre de válvula de salida de agua de lavado
- d) Apertura de válvula de salida de agua clarificada
- e) Apertura de válvula de entrada de agua cruda

Las señales de los transmisores llegarán a una computadora de programación lógica (PLC), que se encargará de enlazarlos en el centro de control para poder ser monitoreados y registrados en una computadora con pantalla integrada.

El agua del retrolavado de cada filtro pasará al sedimentador, en donde deberá permanecer 2 horas (este tiempo también podrá modificarse de acuerdo a las necesidades del proceso), posteriormente se purgarán los lodos y una vez terminada esta operación se comenzará el bombeo para el retorno del agua clarificada al inicio del proceso.

La bomba de recirculación de agua operará el tiempo necesario para vaciar el agua contenida en la parte recta del sedimentador. Una vez vacío el tanque, estará listo para recibir el agua de retrolavado del siguiente filtro.

7.4.6 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

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

La arquitectura del sistema digital de monitoreo se indican en los diagramas del sistema respectivo en donde se muestran los equipos y señales a controlar,

iniciándose desde los sitios de medición en campo y se continua mediante cable de control hasta una interfase de protocolo Hart, para finalmente llegar al PLC.

7.4.7 CUARTO DE CONTROL

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

Los arrancadores de los equipos se instalarán en el mismo cuarto de control, tal y como se indica en la parte eléctrica, por lo que el proyecto considera las canalizaciones y cable necesario para que el PLC esté conectado hacia los arrancadores.

7.4.8 CONTROLADOR

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

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

7.4.9 EQUIPO DE CONTROL

El PLC localizado en el cuarto de control, tendrá el programa (o programas) necesarios para cumplir con las necesidades de la planta respecto al monitoreo de señales hidráulicas, automatización del lavado de filtros, alarmas por fallos en la

apertura y cierre de válvulas, arranque o paro de equipos de bombeo, así como monitoreo de la operación del pozo profundo, lo que se presentará mediante páginas de video (mímicos) en una computadora con pantalla integrada.

Para evitar mal funcionamiento de la planta por pérdida de información, desperfectos en los equipos a controlar por cierres intempestivos, etc., derivados de la falta de energía eléctrica, se contará con una fuente de respaldo de energía (UPS) de 2000 VA (2 KVA)

7.4.10 SOFTWARE SCADA

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

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

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

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

2.- Se medirá la presión de entrada y de salida del conjunto de filtros y así se determinará qué tan sucios se encuentran en conjunto. El lavado de filtro se hará automáticamente por tiempo fijo y será controlado por la computadora, en caso de

algún fallo de ésta, el operador podrá determinar cuál filtro se encuentra en condiciones de ser lavado y realizará el control en forma semiautomática desde las páginas de video (mímicos), ver Figura 71.

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



Figura 71 Armario para equipo y computadora con pantalla integrada

7.4.11 CAPACITACIÓN

En el precio de esta partida se incluirán todas las necesidades para realizar el curso correspondiente para la capacitación del personal del Organismo Operador (mínimo 10 personas), para que éste personal pueda operar en forma total la planta potabilizadora, este curso deberá quedar a satisfacción de la dependencia sin que posteriormente se requieran trabajos adicionales para la correcta operación de la planta.

La duración de los cursos se definirá directamente entre el proveedor y el Organismo Operador, dependiendo de las necesidades de este.

Los cursos de capacitación deberán impartirse en idioma español en el sitio del pozo, con prácticas en campo y con los equipos que aporte la contratista. Al quedar instalado el sistema de control y automatización, deberá quedarse personal de la contratista un tiempo de no menos 15 días calendario, supervisando al personal que operará el sistema. Así mismo, deberá entregar todos los manuales de cada uno de los equipos instalados en forma escrita y en disco compacto y memoria USB.

Los cursos ofrecidos estarán totalmente orientados al proyecto específico y sistema cotizado.

7.4.12 DOCUMENTACIÓN Y PLANOS A ENTREGAR

Los documentos que deberán ser entregados por la compañía contratista, para permitir la configuración del sistema y programación del procesamiento de datos, son los siguientes:

- a) Listado inicial de señales de entrada/salida.
- b) Descripciones de las lógicas del proceso.
- c) Diagramas mímicos para control
- d) Planos punto a punto de la instalación entre equipos de campo y centro de control.
- e) Planos punto a punto entre PLC y arrancadores de los equipos de bombeo.

También deberá someter todos sus dibujos y documentos para revisión y aprobación por parte del organismo operador y/o la CEA, previamente a su implementación.

La compañía contratista deberá tomar en cuenta que el sistema deberá ser probado totalmente en el lugar en el cual el sistema será instalado.

7.4.13 CONDICIONES PARA LA RECEPCIÓN

Una vez instalado el sistema se aceptará en su totalidad, por parte del Organismo Operador y/o la CEA, hasta que se reciban a satisfacción las siguientes pruebas:

- a) Con los Sistemas totalmente interconectados y funcionando.
- b) Todos los equipos y dispositivos del sistema aprobados por separado.

c) Todos los módulos de programación totalmente probados.

La compañía contratista será el responsable como mínimo de los siguientes conceptos:

- a) Ubicación de gabinetes en campo.
- b) Ubicación de estaciones de trabajo en el cuarto de control.
- c) Instalación eléctrica en el cuarto de control de los equipos.
- d) El proveedor entregará toda la información técnica requerida para el mantenimiento y reparación del sistema.

7.4.14 CONTEO DE PUNTOS DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

Tabla 31 Señales de entradas analógicas a computadora de programación lógica (PLC)

De	A	Tipo de señal	Comentario
Medidor de gasto de entrada a filtros (MFU-100)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de gasto de salida de agua potable (MFU-200)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de presión de entrada a filtros (IP-01)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de presión de salida de filtros (IP-02)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de presión de entrada de agua de Retrolavado (IP-03)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de presión de salida de agua de Retrolavado (IP-04)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de presión en tubería de retorno de agua a tren de filtros (IP-05)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de presión en tubería de salida (IP-06)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes

Tabla 31 Señales de entradas analógicas a computadora de programación lógica (PLC)

De	A	Tipo de señal	Comentario
Medidor de nivel en sedimentador (MN-01)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de nivel en tanque de agua tratada (MN-02)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes
Medidor de cloro residual en tubería de salida (MCR-01)	PLC	Analógica	4 a 20 mili amperes

Tabla 32 Señales de entradas digitales a computadora de programación lógica (PLC)

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
Válvula de entrada de agua cruda a filtro1 (VA-05)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua filtrada en filtro1 (VA-06)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro1 (VA-07)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro1 (VA-08)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de entrada de agua cruda a filtro2 (VA-01)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua filtrada en filtro2 (VA-02)	PLC	Digital	2	Indicación de estado

Tabla 32 Señales de entradas digitales a computadora de programación lógica (PLC)

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro2 (VA-03)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro2 (VA-04)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de entrada de agua cruda a filtro3 (VA-13)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua filtrada en filtro3 (VA-14)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro3 (VA-15)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro3 (VA-16)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de entrada de agua cruda a filtro4 (VA-09)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua filtrada en filtro4 (VA-10)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro4 (VA-11)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro4 (VA-12)	PLC	Digital	2	Indicación de estado
Arrancador de bomba de agua tratada	PLC	Digital	1	Indicación de estado

Tabla 32 Señales de entradas digitales a computadora de programación lógica (PLC)

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
(BAT-401)				
Arrancador de bomba de agua tratada (BAT-402)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Arrancador de bomba de agua para retrolavado (BAR-300)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Arrancador de bomba de agua para recirculación (BRC-600)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Arrancador de bomba de pozo profundo (BP-100)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Selector automático-manual de arrancador de bomba de agua tratada 1 (BAT-401)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Selector automático-manual de arrancador de bomba de agua tratada 2 (BAT-402)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Selector automático-manual de arrancador de bomba para agua de Retrolavado (BAR-300)	PLC	Digital	1	Indicación de estado
Selector automático-manual de arrancador de bomba para recirculación de agua (BRC-600)	PLC	Digital	1	Indicación de estado

Tabla 32 Señales de entradas digitales a computadora de programación lógica (PLC)

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
Selector automático-manual de arrancador de bomba de pozo (BP-100)	PLC	Digital	1	Indicación de estado

Tabla 33 Señales de salidas digitales de computadora de programación lógica (PLC) a equipos a controlar

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
PLC	Arrancador de la bomba de salida de agua tratada (BAT-401)	Digital	2	Arranque y Paro de la bomba
PLC	Arrancador de la bomba de salida de agua tratada (BAT-402)	Digital	2	Arranque y Paro de la bomba
PLC	Arrancador de la bomba de agua para Retrolavado (BAR-300)	Digital	2	Arranque y Paro de la bomba
PLC	Arrancador de bomba de agua para recirculación de agua (BRC-600)	Digital	2	Arranque y Paro de la bomba
PLC	Arrancador de bomba de Pozo Profundo (BP-100)	Digital	2	Arranque y Paro de la bomba
PLC	Válvula de entrada de agua cruda a filtro1 (VA-05)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua filtrada en filtro1 (VA-06)	Digital	2	Abrir cerrar válvula

Tabla 33 Señales de salidas digitales de computadora de programación lógica (PLC) a equipos a controlar

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
PLC	Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro1 (VA-07)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro1 (VA-08)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de entrada de agua cruda a filtro2 (VA-01)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua filtrada en filtro2 (VA-02)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro2 (VA-03)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro2 (VA-04)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de entrada de agua cruda a filtro3 (VA-13)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua filtrada en filtro3 (VA-14)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro3 (VA-15)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro3 (VA-16)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de entrada de agua cruda a filtro4	Digital	2	Abrir cerrar válvula

Tabla 33 Señales de salidas digitales de computadora de programación lógica (PLC) a equipos a controlar

De	A	Tipo de señal	Cantidad	Comentario
	(VA-09)			
PLC	Válvula de salida de agua filtrada en filtro4 (VA-10)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de entrada de agua de Retrolavado a filtro4 (VA-11)	Digital	2	Abrir cerrar válvula
PLC	Válvula de salida de agua de Retrolavado de filtro4 (VA-12)	Digital	2	Abrir cerrar válvula

7.4.15 MEMORIA DE CÁLCULO

7.4.15.1 CÁLCULO DEL CALIBRE DEL CABLE PARA LA CONDUCCIÓN DE SEÑALES ENTRE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL AL PLC

Teniendo en cuenta el conteo de puntos a manejar por el sistema de control y automatización, se puede calcular el tamaño de la computadora de programación lógica (PLC), por lo que se concluye que dicha computadora deberá contar con 11 entradas analógicas, 42 entradas digitales y 42 salidas digitales.

Para el cálculo del cable de control se tiene en cuenta la ampacidad del cable a elegir y la tensión que se perderá en el alambre debido a la longitud máxima que se utilizará para la conducción de señales entre el PLC y los equipos; y así corregir o confirmar la elección hecha.

La cantidad máxima de corriente a conducir entre el PLC y los equipos a controlar es de 20 mili amperes de corriente directa y el voltaje a conducir será como máximo de 30 Vcc (Volts de corriente directa, ver especificaciones de los equipos de medición y control). Por condiciones del sitio, el cable de control estará protegido contra la intemperie mediante un blindaje de malla y cinta reunidora no higroscópica, por lo que se eligió el cable calibre 20 AWG con 4 hilos, que conforme a la tabla de valores

normalizados para cables AWG, el calibre 20 portará un máximo de 1.6 amperes a 20 °C.

Tomando en consideración lo anterior, se procedió a corroborar si dicho cable cumple con los estándares dictados por el NEC (National Electric Code de Estados Unidos), de que la máxima tensión a perderse en el cable no deberá ser mayor al 5% de éste en la distancia considerada.

Conforme al NEC 215.2 la caída de voltaje es:

$$Vd = \frac{2LRI}{1000}$$

Dónde:

Vd = Caída de tensión (Volts)

L = Longitud del cable (Metros)

R = Resistencia a la corriente continua del cable por cada 1000 pies (Ohms)

I = Corriente a transportar por el cable (Amperes)

El cable 20 AWG en cobre tiene una resistencia de 8.2 ohm por cada 1000 pies o 32.7 ohm por kilómetro. Puesto que la ampacidad dada del cable es a 20 °C, habrá que recalcular la resistencia de este para 60 °C por lo tanto aplicando la fórmula del NEC, tenemos que:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha(T_2 - 75))$$

Dónde:

α = Resistividad del cobre (0.00323 a 75 °C)

T₂ = Temperatura a calcular la resistencia (60 °C)

1000 pie = 305 m

$$R_2 = 8.2(1 + 0.00323(60 - 75)) = \frac{7.8 \Omega}{305 m} = 0.0255 \Omega/m$$

Por lo que para una longitud de 100 metros serán 2.5 Ω , y para una corriente máxima de 20 miliamperios (0.020 amperes):

$$Vd = \frac{2 \times 100 \times 2.5 \times 0.020}{305} = 0.0328$$

Dividiendo por el voltaje máximo de corriente continua a transportar: (V_{cc} = 30 volts)

$$\frac{0.0328}{30 V_{cc}} = 0.00109 = 0.10\%$$

Lo cual es menor que el máximo permitido por la norma.

Aplicando los factores por temperatura, la ampacidad del cable es de 1.6 amperes y tomando en cuenta que el cable dentro del tubo trabajará a un máximo interno de 60 °C a una temperatura ambiente máxima de 50 °C, conforme a la tabla 310.16 del NEC, la ampacidad se multiplicará por 0.58, entonces $1.6 \times 0.58 = 0.928$ amperes.

La corrección por agrupamiento en un tubo con más de 45 cables es del 35% entonces $0.928 \times 0.35 = 0.3248$ amperes lo que es suficiente para soportar los 0.020 amperes que conducirá el cable, por lo tanto, se elige cable calibre 20 AWG con blindaje de malla trenzada de 2 pares.

7.4.15.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA

Puesto que el máximo de cables a instalarse dentro de ducto es de 39 y el mínimo de uno, se deberían utilizar tubos y ductos de varios diámetros, pero se consideró que tener varios diámetros genera dificultades en el suministro y la instalación, por lo que se calcularán solo un tipo de diámetro, aunque algunos lleven un solo cable, además, debido a que las distancias dentro de la planta son cortas, no implica un costo considerable por éste rubro.

El cable calibre 20 AWG blindado con 2 pares, tiene un diámetro nominal de 5.46 mm, por lo tanto, su área será de $A = \pi r^2 = (5.46/2)^2 \times \pi = 23.41 \text{ mm}^2$.

Considerando cloruro de polivinilo (PVC), en un tubo de 51 mm (2") que tiene 55.2 mm de diámetro interior, su área útil del 40% es de 957.26 mm², por lo que dividiendo entre 23.41 mm² da una capacidad de conducción de aproximadamente 41 cables que es suficiente para el área de filtros del sistema del que saldrán máximo 39 cables.

En cuanto al ducto cuadrado con tapa embisagrada, la menor medida que se oferta es de 64 mm x 64 mm (2.5" x 2.5") por lo que se opta por esta medida para transportar los 40 cables de control.

7.4.16 CONSUMO DE ENERGÍA POR LOS ACTUADORES ELÉCTRICOS DE LAS VÁLVULAS DE FILTROS

Tomando en cuenta que los actuadores marca Bray pueden operar válvulas desde 2” a 6”, el consumo de energía por parte del equipo de control es de 2 watts y el consumo del motor del actuador a 120 volts de corriente alterna a 60 Hz es de máximo 0.8 amperes, por lo que calculando el consumo del motor en watts:

$$P = V \times I \cos \phi$$

Dónde: $\cos \phi$ = Factor de potencia, normalmente entre 0.9 y 0.95

Por lo tanto:

$$P = 120 \text{ VCA} \times 0.8 \text{ A} \times 0.9 = 86.4 \text{ W}$$

Tomando en consideración que la planta de tratamiento cuenta con 16 actuadores para las válvulas:

$$86.4 \times 16 = 1382.4 \text{ W}$$

El equipo de control, PLC y la computadora con pantalla integrada, consumen cada uno aproximadamente 200 watts, por lo que serían 400 watts del equipo de control. Haciendo la suma de todos los equipos:

- Consumo del equipo electrónico de los actuadores: $2 \times 16 = 32$ watts
- Consumo del motor de cada actuador: $86.4 \times 16 = 1382.4$ watts.
- Consumo del equipo de control: 400 watts.

$$32 + 1382.4 + 400 = 1814.40 \text{ W}$$

Pasando Watts a VoltsAmpere:

$$VA = \frac{W}{\cos \phi}$$

$$VA = \frac{1814.40}{0.9} = 2016 \text{ VA}$$

- Consumo de equipos de medición: medidor de nivel 1 VA, medidor de presión 1 VA, medidor de gasto ultrasonido 12 VA, medidor de cloro residual 55 VA.

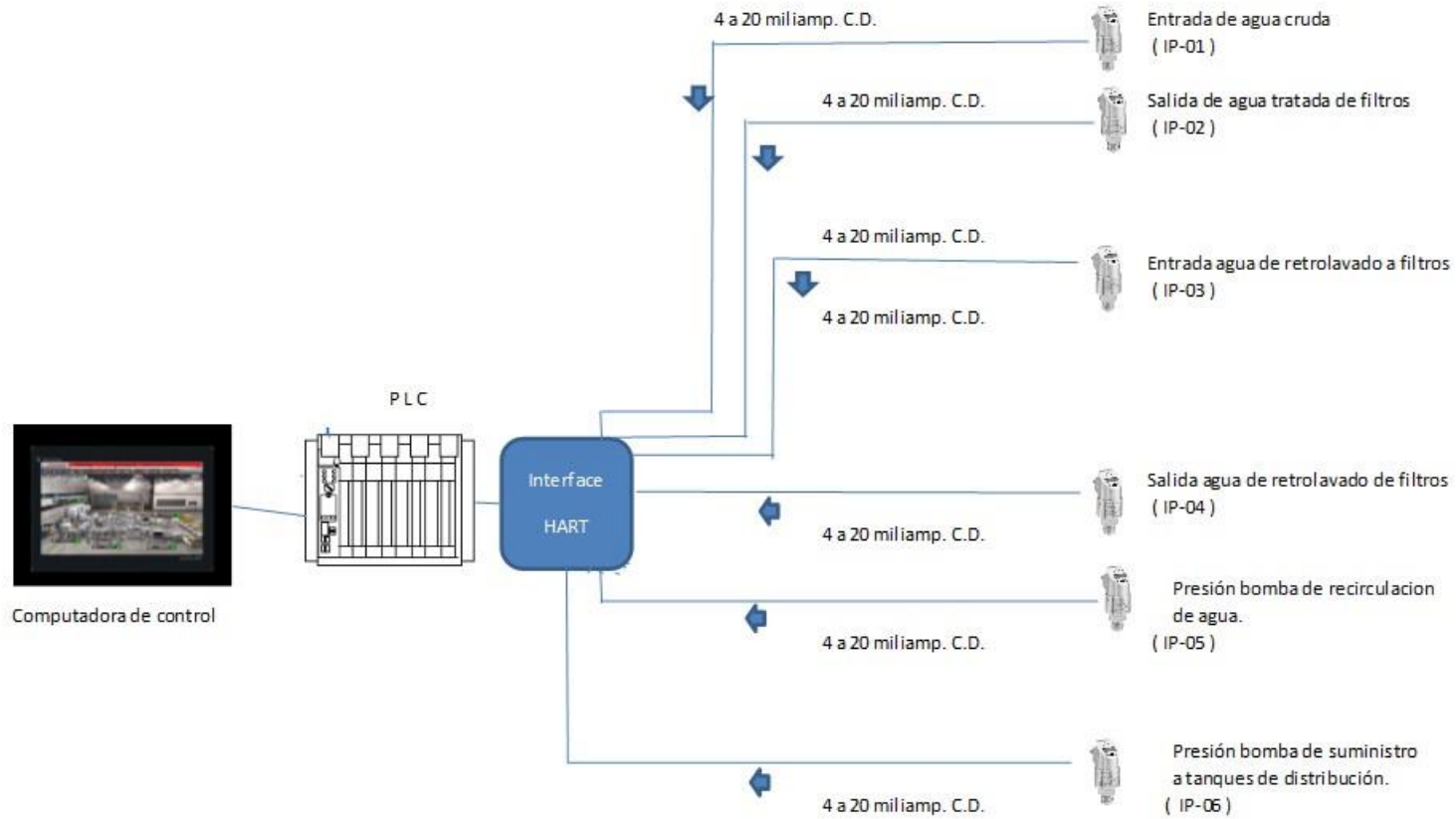
Sumando todas las cargas y suponiendo pérdidas en el cable conductor por agrupamiento del 20% se tiene:

$$2016 + 1 + 1 + 12 + 55 = (2085 \text{ VA}) * 1.20 = 2502 \text{ VA}$$

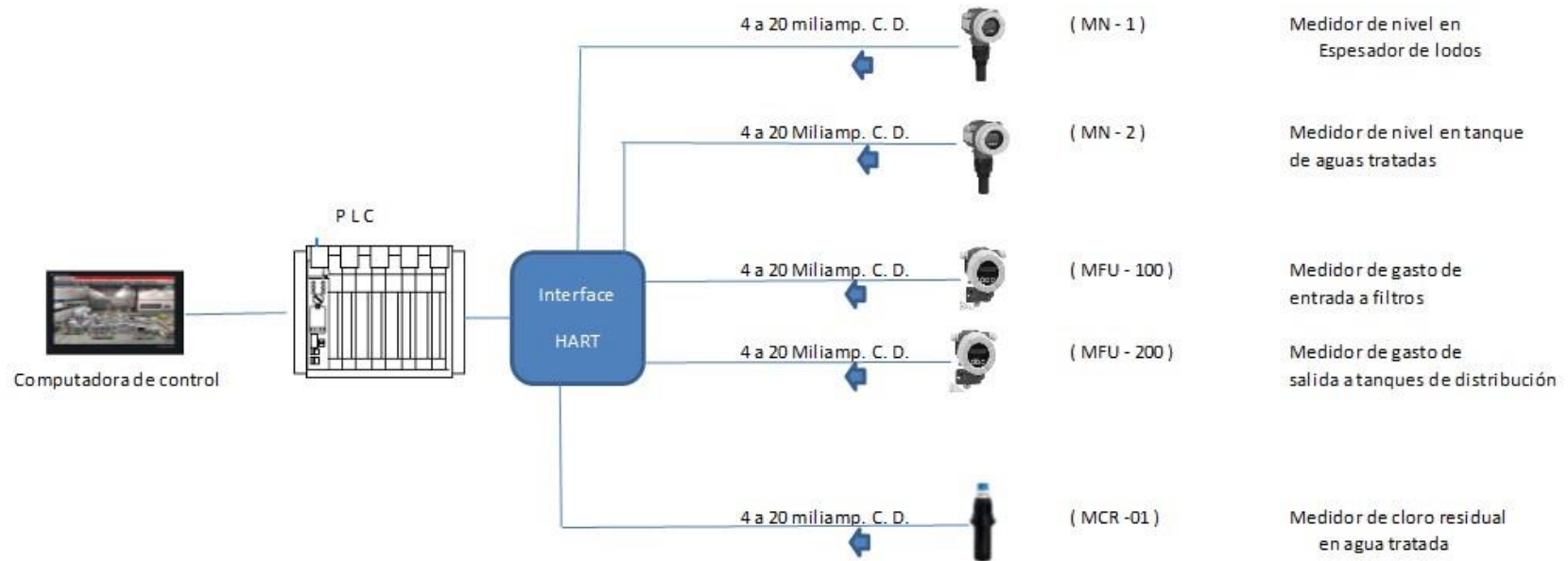
Tomando en consideración que las necesidades de consumo de energía de respaldo en caso de falla del suministro de energía eléctrica, sería solo aproximadamente del 60% de las necesidades, el dimensionamiento del sistema ininterrumpible de energía sería de 1501 VA, por lo que tomando el equipo más cercano y previniendo alguna ampliación posterior se elegirá un sistema de 2000 VA (2 kVA).

7.4.17 DIAGRAMAS DE SISTEMAS

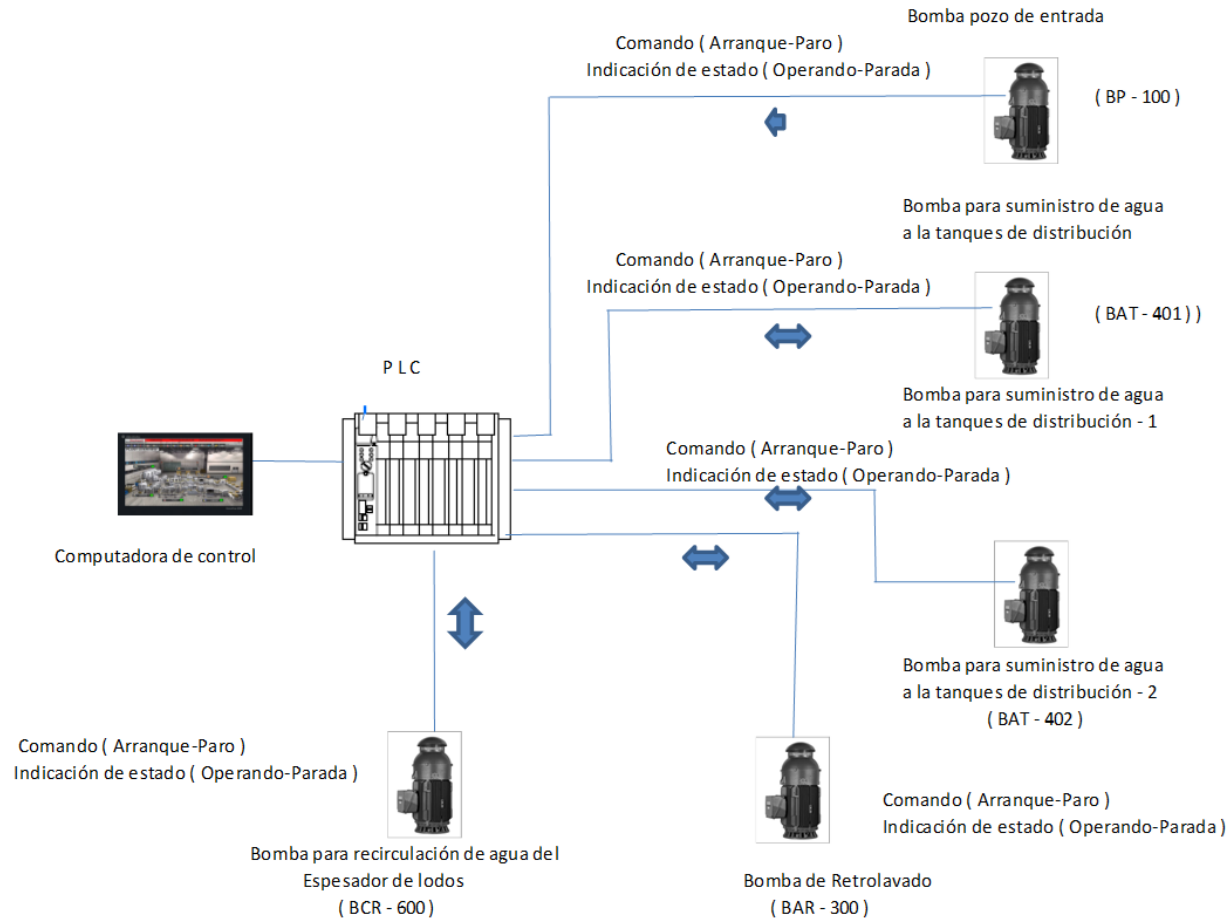
7.4.17.1 SISTEMA 1



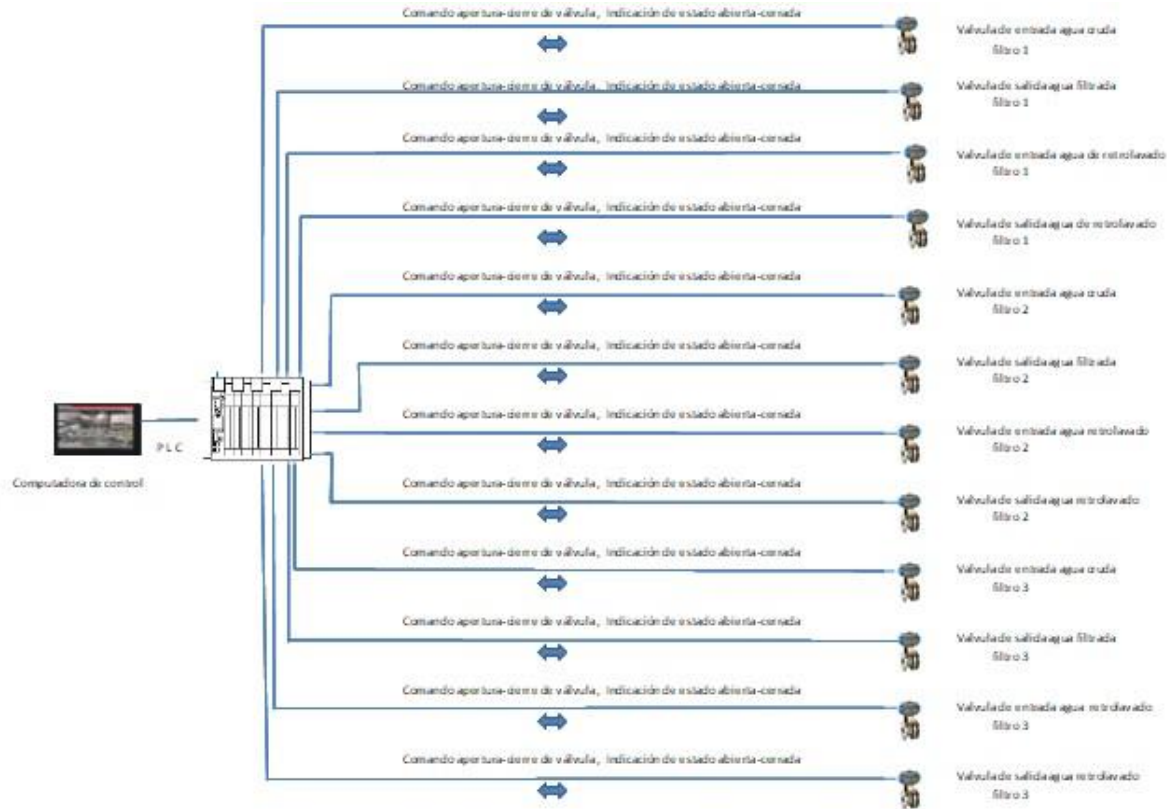
7.4.17.2 SISTEMA 2

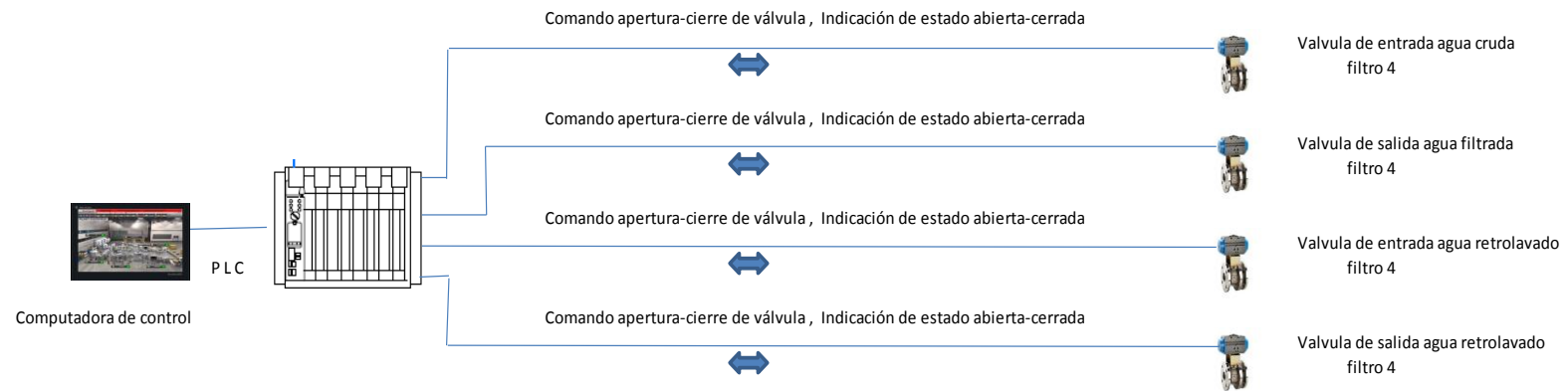


7.4.17.3 SISTEMA 3



7.4.17.4 SISTEMA 4





7.5 PROYECTO ELÉCTRICO

7.5.1 ABREVIATURAS

msnm	Metros sobre el nivel del mar
I_n	Corriente eléctrica normal
I_f	Corriente de disparo del fusible
f.p.	Factor de potencia
η	Eficiencia
F_a	Factor de agrupamiento
F_t	Factor de temperatura
AWG	American Wild Gage
KCM	Kilocircularmils
V	Volts
KV	Kilovolts
ΔV	Caída de tensión
%V	Porcentaje de caída de tensión
HP	Caballos de fuerza
$^{\circ}C$	Grados centígrados
A	Amperes
A sim.	Amperes simétricos
%	Por ciento
Ω	Ohms
m	Metros
Km	Kilómetros
mm	Milímetros
mm ²	Milímetros cuadrados
KVA	Kilovoltamperes
MVA sim.	Megavoltamperes simétricos
KVAR	Kilovoltamperes reactivos
KW	Kilowatts
R	Resistencia eléctrica
X	Reactancia
Z	Impedancia
ρ	Resistividad
OA	En aceite
ϕ	Ángulo de desfasamiento

7.5.2 LISTA DE CARGAS Y EQUIPOS DE ALIMENTADOS

NOMBRE	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	POTENCIA HP	CANT. INST.	CANT. OPERANDO	CANT. RESERVA
BP	BOMBA DEL POZO	40	1	1	0
BAR	BOMBA DE RETROLAVADO	15	1	1	0
BAT	BOMBA DE AGUA TRATADA	60	2	1	1
CF	COMPRESOR DE LA BOMBA DE LODOS	5	1	1	0
BRC	BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA	3	1	1	0
BCL	BOMBA DE AYUDA DE CLORACIÓN O DE POLÍMERO	3	1	1	0
CANTIDAD TOTAL DE MOTORES			7	6	1
CARGA TOTAL DE MOTORES			186	126	60

7.5.3 CÁLCULO DE CIRCUITO DERIVADO BOMBA DEL POZO

Que va del CCM al motor de la bomba del pozo.

NOTA: Cuando en estas memorias se indique "NOM" se estará haciendo referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

DATOS:

Potencia:	40 HP	
N° de polos:	4	
Tipo de motor:	Vertical.	
Voltaje de operación:	460 V	
Carga del circuito:	Inductivo	
factor de potencia:	0.857	Según datos de US.
eficiencia:	89.6 %	Según datos de US.
N° de fases:	3	
Longitud del circuito:	14 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5.0 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times \eta \times \text{f.p.} \times V}$$

$$I_n = \frac{746 \times 40}{1.73 \times 0.896 \times 0.857 \times 460} = 48.83 \text{ A}$$

Según el artículo 430-6 de la NOM, en el cálculo se considerará el valor que se obtiene de la tabla NOM 430-150: 52 A

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.35
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00

Capacidad nominal requerida:	52	x	1.553	=	81	A
Interruptor seleccionado (capacidad y marco):	100	/	100	A		
Capacidad interruptiva del interruptor seleccionado:					18000	A

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Cálculo del conductor por capacidad:

Factor de agrupamiento:	1.00
Factor de temperatura:	1.00

Capacidad requerida (430-22a de la NOM):

$$I_c = \frac{1.25 \times I_n}{F_a \times F_t} = \frac{1.25 \times 52}{1.00 \times 1.00} = 65 \text{ A}$$

Cable seleccionado (310-16 de la NOM):

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 4 AWG por fase.

Capacidad de este cable: 85 x 1 = 85 A

Capacidad de este cable como de 60 °C: 70 A (110-14c)

Cálculo del conductor por caída de tensión: $\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos\phi + X \text{sen}\phi)$

Considerando el calibre: 4 AWG $\rho = 1.02 \Omega / \text{Km}$
 $x = 0.157 \Omega / \text{Km}$

$$\begin{aligned} R &= 1.02 \times 14 / 1000 = 0.0143 \Omega \\ X &= 0.157 \times 14 / 1000 = 0.002 \Omega \\ \Delta V &= 1.73 \times 52 (0.014 \times 0.86 + 0.002 \times 0.515) / 1 \\ &= 1.203 \text{ V} \\ \% V &= 1.203 \times 100 / 460 = 0.26 \% \end{aligned}$$

De acuerdo con la Tabla 250-95 de la Norma el conductor de puesta a tierra no deberá ser menor al calibre: 8 AWG

Cálculo de la canalización:

Área de los cables:

4 AWG	de las fases:	3	x	64	mm ²	=	191	mm ²
8 AWG	del hilo de tierra							
							28	
							219	mm ²

Le corresponde, considerando un área disponible del 40%:

Un tubo conduit de 27 mm con un área total de: 555 mm²

DETERMINACIÓN DEL ARRANCADOR.

Gabinete: NEMA 1 , usos generales.
 Tipo: Variador de velocidad, de estado sólido.
 Elementos térmicos: Tres del tipo aleación fusible (sólo como referencia, pues deberán seleccionarse de acuerdo a la corriente de placa del motor adquirido).
 Corriente: 52 x 1.25 = 65 A (como valor máximo)
 Catálogo Square D: CC 87.7 .
 Límite superior del rango de este elemento térmico: 55.4 A

7.5.4 CÁLCULO DE CIRCUITO DERIVADO BOMBA DE RETROLAVADO

Que va del CCM al motor de la bomba de retrolavado de los filtros.

NOTA: Cuando en estas memorias se indique "NOM" se estará haciendo referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

DATOS:

Potencia:	15 HP	
Nº de polos:	4	
Tipo de motor:	Vertical.	
Voltaje de operación:	460 V	
Carga del circuito:	Inductivo	
factor de potencia:	0.813	Según datos de US.
eficiencia:	90 %	Según datos de US.
Nº de fases:	3	
Longitud del circuito:	7 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5.0 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times \eta \times \text{f.p.} \times V}$$

$$I_n = \frac{746 \times 15}{1.73 \times 0.9 \times 0.813 \times 460} = 19.22 \text{ A}$$

Según el artículo 430-6 de la NOM, en el cálculo se considerará el valor que se obtiene de la tabla NOM 430-150: 21 A

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.35
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00

Capacidad nominal requerida:	21	x	1.553	=	33	A
Interruptor seleccionado (capacidad y marco):	40	/	100	A		
Capacidad interruptiva del interruptor seleccionado:					18000	A

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Cálculo del conductor por capacidad:

Factor de agrupamiento: 1.00
Factor de temperatura: 1.00

Capacidad requerida (430-22a de la NOM):

$$I_c = \frac{1.25 \times I_n}{F_a \times F_t} = \frac{1.25 \times 21}{1.00 \times 1.00} = 26 \text{ A}$$

Cable seleccionado (310-16 de la NOM):

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C,
antillama, 600 V, calibre 10 AWG por fase.

Capacidad de este cable: 35 x 1 = 35 A

Capacidad de este cable como de 60 °C: 30 A (110-14c)

Cálculo del conductor por caída de tensión: $\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos\phi + X \text{sen}\phi)$

Considerando el calibre: 10 AWG $\rho = 3.90 \text{ } \Omega / \text{Km}$
 $x = 0.164 \text{ } \Omega / \text{Km}$

$$R = 3.90 \times 7 / 1000 = 0.0273 \text{ } \Omega$$

$$X = 0.164 \times 7 / 1000 = 0.0011 \text{ } \Omega$$

$$\Delta V = 1.73 \times 21 (0.027 \times 0.81 + 0.001 \times 0.582) / 1$$

$$= 0.831 \text{ V}$$

$$\% V = 0.831 \times 100 / 460 = 0.181 \%$$

De acuerdo con la Tabla 250-95 de la Norma el conductor de puesta a tierra
no deberá ser menor al calibre: 10 AWG

Cálculo de la canalización:

Área de los cables:

10 AWG	de las fases:	3	x	17	mm ²	=	50	mm ²	
10 AWG	del hilo de tierra						17		
								66	mm ²

Le corresponde, considerando un área disponible del 40%:

Un tubo conduit de 21 mm	con un área total de:	194 mm ²
--------------------------	-----------------------	---------------------

DETERMINACIÓN DEL ARRANCADOR.

Tamaño: NEMA 2

Gabinete: NEMA 1 , usos generales.

Tipo: Magnético, no reversible, tensión plena.

Elementos térmicos: Tres del tipo aleación fusible (sólo como referencia, pues deberán seleccionarse de acuerdo a la corriente de placa del motor adquirido).

Corriente:	21	x	1.25	=	26.25	A	(como valor máximo)
------------	----	---	------	---	-------	---	---------------------

Catálogo Square D: B 32 .

Límite superior del rango de este elemento térmico: 23 A

Voltaje de las bobinas: 120 V

7.5.5 CÁLCULO DE CIRCUITO DERIVADO BOMBA DE AGUA TRATADA

Que va del CCM al motor de la bomba de agua tratada.

NOTA: Cuando en estas memorias se indique "NOM" se estará haciendo referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

DATOS:

Potencia:	60 HP	
Nº de polos:	4	
Tipo de motor:	Vertical.	
Voltaje de operación:	460 V	
Carga del circuito:	Inductivo	
factor de potencia:	0.869	Según datos de US.
eficiencia:	90.3 %	Según datos de US.
Nº de fases:	3	
Longitud del circuito:	7 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5.0 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times \eta \times \text{f.p.} \times V}$$

$$I_n = \frac{746 \times 60}{1.73 \times 0.903 \times 0.869 \times 460} = 71.68 \text{ A}$$

Según el artículo 430-6 de la NOM, en el cálculo se considerará el valor que se obtiene de la tabla NOM 430-150: 77 A

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.35
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00

Capacidad nominal requerida:	77	x	1.553	=	120	A
Interruptor seleccionado (capacidad y marco):	125	/	250	A		
Capacidad interruptiva del interruptor seleccionado:					25000	A

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Cálculo del conductor por capacidad:

Factor de agrupamiento:	1.00
Factor de temperatura:	1.00

Capacidad requerida (430-22a de la NOM):

$$I_c = \frac{1.25 \times I_n}{F_a \times F_t} = \frac{1.25 \times 77}{1.00 \times 1.00} = 96 \text{ A}$$

Cable seleccionado (310-16 de la NOM):

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 1/0 AWG por fase.

Capacidad de este cable: 150 x 1 = 150 A

Capacidad de este cable como de 60 °C: N.A. A (110-14c)

Cálculo del conductor por caída de tensión: $\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos\phi + X \text{sen}\phi)$

Considerando el calibre: 1/0 AWG $\rho = 0.39 \Omega / \text{Km}$
 $x = 0.144 \Omega / \text{Km}$

$$R = 0.39 \times 7 / 1000 = 0.0027 \Omega$$

$$X = 0.144 \times 7 / 1000 = 0.001 \Omega$$

$$\Delta V = 1.73 \times 77 (0.003 \times 0.87 + 0.001 \times 0.495) / 1$$

$$= 0.382 \text{ V}$$

$$\% V = 0.382 \times 100 / 460 = 0.083 \%$$

De acuerdo con la Tabla 250-95 de la Norma el conductor de puesta a tierra no deberá ser menor al calibre: 6 AWG

Cálculo de la canalización:

Área de los cables:

1/0 AWG	de las fases:	3	x	145 mm ²	=	436 mm ²	
6 AWG	del hilo de tierra					48	
						484	mm ²

Le corresponde, considerando un área disponible del 40%:

Un tubo conduit de 41 mm con un área total de: 1316 mm²

DETERMINACIÓN DEL ARRANCADOR.

Gabinete: NEMA 1 , usos generales.

Tipo: De estado sólido, con rampas.

7.5.6 CÁLCULO DE CIRCUITO DERIVADO DEL COMPRESOR

Que va del CCM al compresor de la bomba de lodos a filtro prensa.

NOTA: Cuando en estas memorias se indique "NOM" se estará haciendo referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

DATOS:

Potencia:	5 HP	
Nº de polos:	4	
Tipo de motor:	Horizontal.	
Voltaje de operación:	460 V	
Carga del circuito:	Inductivo	
factor de potencia:	0.856	Según datos de US.
eficiencia:	82.7 %	Según datos de US.
Nº de fases:	3	
Longitud del circuito:	34 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5.0 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times \eta \times \text{f.p.} \times V}$$

$$I_n = \frac{746 \times 5}{1.73 \times 0.827 \times 0.856 \times 460} = 6.621 \text{ A}$$

Según el artículo 430-6 de la NOM, en el cálculo se considerará el valor que se obtiene de la tabla NOM 430-150: 7.6 A

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.35
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00

Capacidad nominal requerida:	7.6	x	1.553	=	12	A
Interruptor seleccionado (capacidad y marco):	15	/	100	A		
Capacidad interruptiva del interruptor seleccionado:	18000	A				

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Cálculo del conductor por capacidad:

Factor de agrupamiento: 1.00

Factor de temperatura: 1.00

Capacidad requerida (430-22a de la NOM):

$$I_c = \frac{1.25 \times I_n}{F_a \times F_t} = \frac{1.25 \times 7.6}{1.00 \times 1.00} = 10 \text{ A}$$

Cable seleccionado (310-16 de la NOM):

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C,
antillama, 600 V, calibre 14 AWG por fase.

Capacidad de este cable: 20 x 1 = 20 A

Capacidad de este cable como de 60 °C: 20 A (110-14c)

Cálculo del conductor por caída de tensión: $\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos\phi + X \sin\phi)$

Considerando el calibre: 14 AWG $\rho = 10.20 \Omega / \text{Km}$
 $x = 0.19 \Omega / \text{Km}$

$$R = 10.2 \times 34 / 1000 = 0.3468 \Omega$$

$$X = 0.19 \times 34 / 1000 = 0.006 \Omega$$

$$\Delta V = 1.73 \times 7.6 (0.347 \times 0.86 + 0.006 \times 0.517) / 1$$

$$= 3.947 \text{ V}$$

$$\% V = 3.947 \times 100 / 460 = 0.86 \%$$

De acuerdo con la Tabla 250-95 de la Norma el conductor de puesta a tierra
no deberá ser menor al calibre: 14 AWG

Cálculo de la canalización:

Área de los cables:

14 AWG	de las fases:	3	x	10	mm ²	=	29	mm ²	
14 AWG	del hilo de tierra						10		
								38	mm ²

Le corresponde, considerando un área disponible del 40%:

Un tubo conduit de 21 mm	con un área total de:	194	mm ²
--------------------------	-----------------------	-----	-----------------

DETERMINACIÓN DEL ARRANCADOR.

Tamaño: NEMA 0
 Gabinete: NEMA 1 , usos generales.
 Tipo: Magnético, no reversible, tensión plena.
 Elementos térmicos: Tres del tipo aleación fusible (sólo como referencia, pues deberán seleccionarse de acuerdo a la corriente de placa del motor adquirido).
 Corriente: $7.6 \times 1.25 = 9.5$ A (como valor máximo)
 Catálogo Square D: B 11.5 .
 Límite superior del rango de este elemento térmico: 8.37 A
 Voltaje de las bobinas: 120 V

7.5.7 CÁLCULO DE CIRCUITO DERIVADO DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN

Que va del CCM al motor de la bomba de recirculación de agua.

NOTA: Cuando en estas memorias se indique "NOM" se estará haciendo referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

DATOS:

Potencia:	3 HP	
Nº de polos:	2	
Tipo de motor:	Horizontal.	
Voltaje de operación:	460 V	
Carga del circuito:	Inductivo	
factor de potencia:	0.846	Según datos de US.
eficiencia:	78.9 %	Según datos de US.
Nº de fases:	3	
Longitud del circuito:	31 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5.0 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times \eta \times \text{f.p.} \times V}$$

$$I_n = \frac{746 \times 3}{1.73 \times 0.789 \times 0.846 \times 460} = 4.213 \text{ A}$$

Según el artículo 430-6 de la NOM, en el cálculo se considerará el valor que se obtiene de la tabla NOM 430-150: 4.8 A

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.35
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00

Capacidad nominal requerida:	4.8	x	1.553	=	7	A
Interruptor seleccionado (capacidad y marco):	15	/	100	A		
Capacidad interruptiva del interruptor seleccionado:	18000	A				

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Cálculo del conductor por capacidad:

Factor de agrupamiento:	1.00
Factor de temperatura:	1.00

Capacidad requerida (430-22a de la NOM):

$$I_c = \frac{1.25 \times I_n}{F_a \times F_t} = \frac{1.25 \times 4.8}{1.00 \times 1.00} = 6 \text{ A}$$

Cable seleccionado (310-16 de la NOM):

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 14 AWG por fase.

Capacidad de este cable:	20	x	1	=	20	A
Capacidad de este cable como de 60 °C:	20	A	(110-14c)			

Cálculo del conductor por caída de tensión: $\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos\phi + X \text{sen}\phi)$

Considerando el calibre: 14 AWG $\rho = 10.20 \Omega / \text{Km}$
 $x = 0.19 \Omega / \text{Km}$

$$\begin{aligned} R &= 10.2 \times 31 / 1000 = 0.3162 \Omega \\ X &= 0.19 \times 31 / 1000 = 0.006 \Omega \\ \Delta V &= 1.73 \times 4.8 (0.316 \times 0.85 + 0.006 \times 0.533) / 1 \\ &= 2.247 \text{ V} \\ \% V &= 2.247 \times 100 / 460 = 0.49 \% \end{aligned}$$

De acuerdo con la Tabla 250-95 de la Norma el conductor de puesta a tierra no deberá ser menor al calibre: 14 AWG

Cálculo de la canalización:

Área de los cables:

$$\begin{array}{rcl} 14 \text{ AWG} & \text{de las fases:} & 3 \times 10 \text{ mm}^2 = 29 \text{ mm}^2 \\ 14 \text{ AWG} & \text{del hilo de tierra} & 10 \\ \hline & & 38 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Le corresponde, considerando un área disponible del 40%:

$$\text{Un tubo conduit de 21 mm con un área total de: } 194 \text{ mm}^2$$

DETERMINACIÓN DEL ARRANCADOR.

Tamaño: NEMA 0
 Gabinete: NEMA 1 , usos generales.
 Tipo: Magnético, no reversible, tensión plena.
 Elementos térmicos: Tres del tipo aleación fusible (sólo como referencia, pues deberán seleccionarse de acuerdo a la corriente de placa del motor adquirido).
 Corriente: $4.8 \times 1.25 = 6 \text{ A}$ (como valor máximo)
 Catálogo Square D: B 7.70 .
 Límite superior del rango de este elemento térmico: 5.32 A
 Voltaje de las bobinas: 120 V

7.5.8 CÁLCULO DE CIRCUITO DERIVADO DE LA BOMBA DE CLORACIÓN O DE POLÍMERO

En este punto hay que aclarar que no se va a colocar una bomba de ayuda en la cloración, porque se va a tomar el agua tratada, cuya línea tiene una presión de aproximadamente 9 kg/cm². Por lo tanto, se va a dejar la preparación eléctrica, por si el organismo operador, en algún momento de falla de la planta, quiere conectar la bomba de dosificación del polímero.

Que va del CCM al motor de la bomba de ayuda de cloración o polímero

NOTA: Cuando en estas memorias se indique "NOM" se estará haciendo referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.

DATOS:

Potencia:	3 HP	
Nº de polos:	2	
Tipo de motor:	Horizontal.	
Voltaje de operación:	460 V	
Carga del circuito:	Inductivo	
factor de potencia:	0.846	Según datos de US.
eficiencia:	78.9 %	Según datos de US.
Nº de fases:	3	
Longitud del circuito:	4 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5.0 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times \eta \times \text{f.p.} \times V}$$

$$I_n = \frac{746 \times 3}{1.73 \times 0.789 \times 0.846 \times 460} = 4.213 \text{ A}$$

Según el artículo 430-6 de la NOM, en el cálculo se considerará el valor que se obtiene de la tabla NOM 430-150: 4.8 A

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.35
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00

Capacidad nominal requerida:	4.8	x	1.553	=	7	A
Interruptor seleccionado (capacidad y marco):	15	/	100	A		
Capacidad interruptiva del interruptor seleccionado:					18000	A

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Cálculo del conductor por capacidad:

Factor de agrupamiento:	1.00
Factor de temperatura:	1.00

Capacidad requerida (430-22a de la NOM):

$$I_C = \frac{1.25 \times I_n}{F_a \times F_t} = \frac{1.25 \times 4.8}{1.00 \times 1.00} = 6 \text{ A}$$

Cable seleccionado (310-16 de la NOM):

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 14 AWG por fase.

Capacidad de este cable: 20 x 1 = 20 A

Capacidad de este cable como de 60 °C: 20 A (110-14c)

Cálculo del conductor por caída de tensión: $\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos\phi + X \text{sen}\phi)$

Considerando el calibre: 14 AWG $\rho = 10.20 \Omega / \text{Km}$
 $x = 0.19 \Omega / \text{Km}$

$$\begin{aligned} R &= 10.2 \times 4 / 1000 = 0.0408 \Omega \\ X &= 0.19 \times 4 / 1000 = 0.001 \Omega \\ \Delta V &= 1.73 \times 4.8 (0.041 \times 0.85 + 0.001 \times 0.533) / 1 \\ &= 0.29 \text{ V} \\ \% V &= 0.29 \times 100 / 460 = 0.06 \% \end{aligned}$$

De acuerdo con la Tabla 250-95 de la Norma el conductor de puesta a tierra no deberá ser menor al calibre: 14 AWG

Cálculo de la canalización:

Área de los cables:

$$\begin{array}{r} 14 \text{ AWG de las fases: } 3 \times 10 \text{ mm}^2 = 29 \text{ mm}^2 \\ 14 \text{ AWG del hilo de tierra} \quad \quad \quad 10 \\ \hline 38 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Le corresponde, considerando un área disponible del 40%:

$$\text{Un tubo conduit de 21 mm con un área total de: } 194 \text{ mm}^2$$

DETERMINACIÓN DEL ARRANCADOR.

Tamaño: NEMA 0
 Gabinete: NEMA 1, usos generales.
 Tipo: Magnético, no reversible, tensión plena.
 Elementos térmicos: Tres del tipo aleación fusible (sólo como referencia, pues deberán seleccionarse de acuerdo a la corriente de placa del motor adquirido).
 Corriente: $4.8 \times 1.25 = 6 \text{ A}$ (como valor máximo)
 Catálogo Square D: B 7.70 .
 Límite superior del rango de este elemento térmico: 5.32 A
 Voltaje de las bobinas: 120 V

7.5.9 CÁLCULO DEL CIRCUITO DERIVADO 460

Que va de: CCM

A: Transformador tipo seco.

DATOS.

Voltaje de operación:	460 V
Carga del circuito:	5 KVA
Nº de fases:	1
Longitud del circuito:	1 m
Temperatura ambiente:	30 °C
Altitud:	1718 m.s.n.m.
Caída de tensión permisible:	3 %

CÁLCULO DE LA CORRIENTE.

$$I_n = \frac{\text{KVA} \times 1000}{\sqrt{1} \times V} = \frac{5000}{460} = 10.87 \text{ A}$$

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.25
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00
Capacidad nominal requerida:	1.438 x 10.87 = 15.63 A
Interruptor seleccionado:	1 x 15 A
Marco:	100 A
Capacidad interruptiva:	18000 A sim.

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Factor de agrupamiento: 1.00

Factor de temperatura: 1.00

Capacidad requerida: $10.87 / 1 = 10.87 \text{ A}$

Cable seleccionado:

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 14 AWG por fase.

Capacidad de este cable: $20 \times 1 = 20 \text{ A}$

Por caída de tensión:

Considerando el calibre: 14 AWG

$$R = 0.3135 \times 1 / 30.49 = 0.01028 \ \Omega$$

$$X = 0.0077 \times 1 / 30.49 = 0.0003 \ \Omega$$

$$\Delta V = 1 \times 10.87 (0.01 \times 0 + 3E-04 \times 1) / 1$$

$$= 0.003 \text{ V}$$

$$\% V = 0.003 \times 100 / 460 = 0.001 \%$$

El cable de tierra no deberá ser menor al 14 AWG

Tipo de canalización:

Un tubo conduit de 21 mm

7.5.10 CÁLCULO DEL CIRCUITO DERIVADO 230

Que va de: CCM

A: Transformador seco.

DATOS.

Voltaje de operación:	230 V	
Carga del circuito:	2.9 KW	f.p. = 0.85
Nº de fases:	1	
Longitud del circuito:	1 m	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 m.s.n.m.	
Caída de tensión permisible:	3 %	

CÁLCULO DE LA CORRIENTE.

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{1}} \times \frac{1000}{V} \times \frac{1}{f.p.} = \frac{2870}{196} = 14.7 \text{ A}$$

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.

Factor por temperatura ambiente:	1.00
Factor por tipo de cubierta:	1.15
Factor por tipo de carga:	1.25
Factor por frecuencia:	1.00
Factor por altitud:	1.00
Capacidad nominal requerida:	1.438 x 14.68 = 21.1 A
Interruptor seleccionado:	1 x 30 A
Marco:	100 A
Capacidad interruptiva:	10000 A sim.

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Factor de agrupamiento: 1.00

Factor de temperatura: 1.00

Capacidad requerida: $14.68 / 1 = 14.68 \text{ A}$

Debido a que el interruptor es de mayor capacidad, se tomará la de éste como base para el cálculo:

Cable seleccionado:

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 10 AWG por fase.

Capacidad de este cable: $30 \times 1 = 30 \text{ A}$

Por caída de tensión:

Considerando el calibre: 10 AWG

$$R = 0.1240 \times 1 / 30.49 = 0.00407 \ \Omega$$

$$X = 0.0069 \times 1 / 30.49 = 0.0002 \ \Omega$$

$$\Delta V = 1 \times 14.68 (0.004 \times 0.85 + 2E-04 \times 0.527) / 1 = 0.052 \text{ V}$$

$$\% V = 0.052 \times 100 / 230 = 0.02 \%$$

El cable de tierra no deberá ser menor al 10 AWG

Tipo de canalización:

Un tubo conduit de 21 mm

7.5.11 CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR

DATOS:

Voltajes: 13.2 KV - 460 V

Carga conectada:

DESCRIPCIÓN	SERVICIO		AMP.
	CONT.	RES.	
BOMBA DEL POZO	1	0	52
BOMBA DE RETROLAVADO	1	0	21
BOMBA DE AGUA TRATADA	1	1	77
COMPRESOR DE LA BOMBA DE LODOS	1	0	7.6
BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA	1	0	4.8
BOMBA DE AYUDA DE CLORACIÓN	1	0	4.8
Total de motores:		7	

Suma de las potencias de los motores: 186 HP

Suma de las corrientes de los motores de servicio continuo: 167.2 A

Suma de las corrientes de los motores de servicio esporádico: 0 A

Suma de las corrientes de los motores de reserva: 77 A

Carga de servicios: 5 KVA 1 fase 11 A

CÁLCULOS:

Carga demandada:

$$KVA_{\text{Motores}} = \frac{3 \times 167 \times 460}{1000}$$

$$KVA_{\text{Totales}} = 133 + 5 = 138 \text{ KVA}$$

Siendo el transformador existente de 112.5 KVA habrá que cambiarlo a:

Capacidad: 150 KVA

Enfriamiento: OA

Relación de transformación: 13.2 KV - 460 / 266 V

Número de fases: 3

Instalación: En dos postes.

FUSIBLE DE ALTA TENSIÓN.

Según recomendaciones de CFE, para un banco de transformación de 150 KVA en 13.2 KV , trifásico, la capacidad del fusible protector debe ser de 15 A.

$$I_f = \frac{KVA}{3 \times KV} = \frac{150}{1.73 \times 13.2} = 6.6 \text{ A}$$

De acuerdo con 450 - 3 (2)a de la NOM, el fusible no debe ser mayor de 250% de la corriente nominal (o el valor inmediato superior).

$$I_f = 2.50 \times 6.569 = 16.4 \text{ A}$$

7.5.12 CÁLCULO DEL CIRCUITO PRINCIPAL

Que va del transformador al medidor de CFE

DATOS:

Voltaje de operación:	460 V
Carga considerada:	La capacidad del transformador
Longitud del circuito:	15 m
Magnitud del corto circuito:	5434 A sim.
Temperatura ambiente:	30 °C
Altitud:	1718 msnm
Caída de tensión permisible:	5 - 0.60 = 4.4 %

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.

Corriente del transformador:

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{150}{1.73 \times 0.46} = 188 \text{ A}$$

Capacidad del interruptor (NOM 430-62a).

I = Interruptor mayor + Demás cargas + Servicios

$$I = 125 + 90.2 + 10.87 = 226.1 \text{ A}$$

Como este artículo de la NOM dice que debe ser "no mayor" a ese valor:

Interruptor seleccionado: 3 x 200 A
 Marco: 250 A
 Capacidad interruptiva: 25000 A sim.

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Por capacidad (NOM 430-24):

Factor de agrupamiento: 1.00
 Factor de temperatura: 1.00

$$\text{Capacidad requerida} = \frac{1.25 \times \text{Amp. del motor mayor} + \text{Demás cargas}}{\text{Producto de los factores}}$$

$$= (1.25 \times 77 + 101) / 1 = 197 \text{ A}$$

Cable seleccionado:

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 3/0 AWG por fase.

$$\text{Capacidad de estos cables: } 200 \times 1 = 200 \text{ A}$$

Por caída de tensión:

Considerando el calibre: 3/0 AWG

$$R = 0.0086 \times 14 / 30.49 = 0.0039 \ \Omega$$

$$X = 0.0049 \times 14 / 30.49 = 0.0022 \ \Omega$$

$$\Delta V = 1.73 \times 178.1 (0.004 \times 0.90 + 0.002 \times 0.436) / 1$$

$$= 1.39 \text{ V}$$

$$\% V = 1.39 \times 100 / 460 = 0.30 \%$$

De acuerdo con la Tabla 250-66 de la Norma el conductor de puesta a tierra no deberá ser menor al calibre: 4 AWG

Canalización:

Un tubo conduit de 53 mm

7.5.13 CÁLCULO DEL CIRCUITO ALIMENTADOR

Que va del interruptor principal al CCM.

DATOS:

Voltaje de operación:	460 V	
Carga considerada:	Corriente de los motores	167 A
	Corriente de servicios	11 A
		<u>178 A</u>
Longitud del circuito:	52 m	
Magnitud del corto circuito:	5470 A sim.	
Temperatura ambiente:	30 °C	
Altitud:	1718 msnm	
Caída de tensión permisible:	5 - 0.86 =	4.1 %

DETERMINACIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.

Interruptor seleccionado:	3 x 200 A
Marco:	250 A
Capacidad interruptiva:	25000 A sim.

DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.

Por capacidad (NOM 430-24):

Factor de agrupamiento:	1.00
Factor de temperatura:	1.00

$$\text{Capacidad requerida} = \frac{1.25 \times \text{Amp. del motor mayor} + \text{Demás cargas}}{\text{Producto de los factores}}$$

$$= (1.25 \times 77 + 101) / 1 = 197 \text{ A}$$

Cable seleccionado:

Un cable monopolar de cobre, aislamiento tipo THW-LS, 75°C, antillama, 600 V, calibre 3/0 AWG por fase.

$$\text{Capacidad de estos cables: } 200 \times 1 = 200 \text{ A}$$

Por caída de tensión:

Considerando el calibre: 3/0 AWG

$$R = 0.0086 \times 52 / 30.49 = 0.0147 \ \Omega$$

$$X = 0.0049 \times 52 / 30.49 = 0.0083 \ \Omega$$

$$\Delta V = 1.73 \times 178 (0.015 \times 0.90 + 0.008 \times 0.436) / 1$$

$$= 5.18 \ V$$

$$\% V = 5.18 \times 100 / 460 = 1.13 \ \%$$

De acuerdo con la Tabla 250-66 de la Norma el conductor de puesta a tierra no deberá ser menor al calibre: 4 AWG

Canalización: Un tubo conduit de 53 mm

7.5.14 CÁLCULO DEL CORTO CIRCUITO

CONSIDERACIONES:

El cálculo siguiente se hará por el método de "por unidad" (p.u.).

Lugar de la falla: Tablero de baja tensión
Aportación de la fuente: 200 MVA sim.
Impedancia del transformador (Z%): 3.5 %
Impedancia equivalente de los motores (X%): 25 %
Potencia base: 1000 KVA

DATOS:

Voltaje: 460 V
Elementos involucrados:
Transformador de: 150 KVA
Circuito principal: Conductor / fase: 1 x 3/0 AWG
Longitud: 14 m

Circuitos derivados:

Cantidad	Potencia (HP)	Conductor / fase (AWG o KCM)	Longitud (m)
1	40	1 x 4	14
1	15	1 x 10	7
1	60	1 x 1/0	7
1	5	1 x 14	34
1	3	1 x 14	31
1	3	1 x 14	4

CÁLCULOS:

Impedancias en p.u., referidas a la base:

Suministro:

$$Z_S = \frac{MVA_{base}}{MVA_{fuente}} = \frac{1}{200} = 0.005 \text{ p.u.}$$

Transformador:

$$Z_T = \frac{KVA_{base} \times Z\%}{KVA_{transf.} \times 100} = \frac{1000 \times 3.5}{150 \times 100} = 0.233 \text{ p.u.}$$

Conductores:

$$Z_C = \frac{\Omega/m \times m \times KVA_{base}}{KV^2 \times 1000}$$

Conductor principal:

$$Z_{C1} = \frac{0.0003 \times 14 \times 1000}{0.46^2 \times 1 \times 1000} = 0.021 \text{ p.u.}$$

Circuitos derivados:

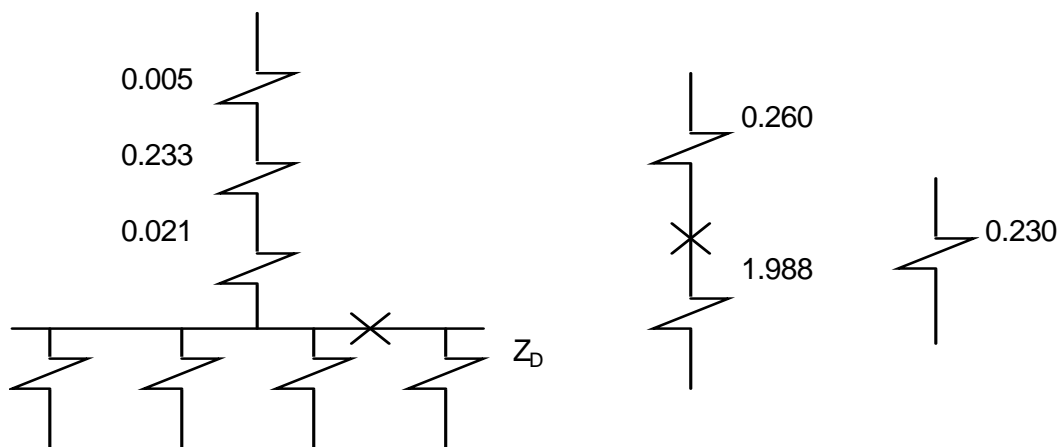
Empleando la fórmula anterior para el cálculo de las impedancias de los conductores, y para los motores la fórmula:

$$Z_M = \frac{KVA_{base} \times X'' \%}{KVA_{motores} \times 100} \quad \text{se tiene:}$$

HP	Cant.	Z_{C2}	Z_M	Z_D	$1/Z_D$
40	1	0.015	6.3	6.3	0.160
15	1	0.028	16.7	16.7	0.060
60	1	0.003	4.2	4.2	0.240
5	1	0.350	50.0	50.3	0.020
3	1	0.319	83.3	83.7	0.012
3	1	0.041	83.3	83.4	0.012

$1/Z_D$ ya supone la cantidad de motores iguales que se indican en la columna correspondiente.

El diagrama equivalente sería el siguiente:



Sumando las impedancias se tiene:

Para las impedancias en serie:

$$Z_S + Z_T + Z_{C1} = 0.260 \text{ p.u.}$$

Para las impedancias en paralelo la fórmula es::

$$\frac{1}{Z_T} = \sum \frac{1}{Z_D} \quad Z_T = 1.988$$

Finalmente:

$$\frac{1}{Z_{TOT}} = \frac{1}{0.260} + \frac{1}{1.988} \quad Z_{TOT} = 0.230 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto el valor simétrico de corto circuito será:

$$I_{CC} = \frac{KVA_{base}}{Z_{TOT} \sqrt{3} \times KV} = \frac{1000}{0.230 \times 1.73 \times 0.46}$$

$$I_{CC} = 5470 \text{ A sim.}$$

7.5.15 CÁLCULO DEL FACTOR DE POTENCIA

Suponiendo que se deseara instalar un capacitor general correspondiente al CCM, éste debería tener la capacidad calculada a continuación:

Considerando únicamente los motores de servicio continuo se tiene:

REF.	CANT.	A	f.p.	A cos ϕ	A sen ϕ
BP	1	52	0.857	44.56	26.8
BAR	1	21	0.813	17.07	12.23
BAT	1	77	0.869	66.91	38.1
CF	1	7.6	0.856	6.506	3.929
BRC	1	4.8	0.846	4.061	2.559
BCL	1	4.8	0.846	4.061	2.559
SUMAS	6	167.2		143.2	86

$$\phi = \text{atan} \frac{86.2}{143.2} = \text{atan} 0.6019 = 0.542 \text{ radianes}$$

$$\text{factor de potencia total} = \cos 0.542 = 0.857$$

La CFE solicita, para no aplicar multa, un factor de potencia mínimo de 0.90, por tanto, se instalarán capacitores para mejorarlo de 0.857 a 0.90 ó mayor.

La fórmula para calcular los KVAR_C es:

$$\text{KVAR} = \text{KW} (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\text{KVAR} = \frac{1.73 \times A \cos \phi \times V}{f.p. \times 1000} (\tan \text{acos } \phi_1 - \tan \text{acos } \phi_2)$$

$$\begin{aligned} \text{KVAR} &= \frac{1.73 \times 143 \times 460}{0.857 \times 1000} (\tan \text{acos } 0.857 - \tan \text{acos } 0.90) \\ &= 16 \text{ KVAR}_C \end{aligned}$$

Se instalará un capacitor de: 20 KVAR, trifásico.

Éste mejorará el factor de potencia a: 0.911

La corriente eléctrica sería:

$$I_n = \frac{20}{1.73 \times 0.46} = 25.1 \text{ A}$$

La capacidad del conductor debe cumplir con:

$$I_c = 25.1 \times 1.35 = 34 \text{ A}$$

El conductor que se emplearía sería:	8 AWG
La capacidad de este conductor es de:	40 A
En tubo conduit de:	21 mm
El interruptor deberá ser de:	30 A
El cable de tierra no debe ser menor al	10 AWG

7.5.16 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS

Información general

El sistema se formará de dos sistemas, uno para media tensión y otro para baja, cada uno independiente del otro.

Consistirán fundamentalmente de un arreglo de electrodos de tierra, Copperweld de 3 m de longitud y 5/8" de diámetro, unidos con conductor de cobre desnudo, enterrado a 60 cm abajo del nivel del terreno.

Se conectarán al sistema de media tensión los apartarrayos y el tanque del transformador. En nuestro caso particular se conectarán los apartarrayos a una varilla existente y el tanque del transformador al sistema de proyecto.

Se conectarán al sistema de tierras de baja tensión todos los equipos eléctricos, gabinetes y en general todas aquellas masas metálicas, no portadoras de corriente, que pudieran en un momento dado quedar energizadas.

La conexión a los equipos se hará por medio de cable desnudo, llevado en el propio conduit de la alimentación de fuerza.

CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA RED.

El calibre del sistema de media tensión se determina por la magnitud de la corriente y el tiempo de flujo, contemplando la elevación de temperatura máxima permisible, la cual será de 1083 °C.

$$A = 6.96 I_{ccr} (S)^{1/2}$$

El tiempo de flujo de la corriente de falla se considerará de 0.01 seg. debido a que será un interruptor termomagnético el que la abra.

La corriente de corto circuito máxima que puede circular por la red será:

$$I_{ccr} = I_{sim} \times F_d \times F_c$$

En la que se considerará:

$$F_d = \text{Factor de decremento} = 1.65$$

$$F_c = \text{Factor de crecimiento del sistema} = 1.00$$

La corriente de falla trifásica puede tomarse como la de falla a tierra, estando en tal caso del lado de la seguridad.

$$I_{sim} = \frac{200000}{1.73 \times 13.2} = 8758 \text{ A sim.}$$

$$I_{ccr} = 1.65 \times 1.00 \times 8758 = 14451 \text{ A sim.}$$

$$A = 6.96 \times \sqrt{0.01} \times 14451 = 10058 \text{ MC}$$

Que corresponde al calibre: 10 AWG
que tiene una sección de: 10380 MC

No obstante lo anterior, se empleará calibre 2 AWG.

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE VARILLAS.

El número de varillas se determinará para asegurar una resistencia del grupo de ellas, de 25Ω .

La resistividad del terreno se considerará de: 100 ohms-m .

La resistencia de una varilla se calcula mediante la expresión siguiente, con base en la resistividad del terreno y las características del electrodo.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

En donde:

ρ = Resistividad del terreno en ohms/cm³

L = Longitud del electrodo en cm

a = Radio del electrodo en cm

$$R = \frac{10000}{2 \times 3.14 \times 305} \left[\ln \frac{4 \times 305}{0.8} - 1 \right] = 33 \Omega$$

Sin considerar el aumento de este valor, que tiene lugar al agrupar varillas, el número de varillas requerido para tener el valor deseado de resistencia, será:

$$N^\circ = \frac{33}{25} = 1.3$$

Por lo tanto, se instalarán dos varillas en el sistema de media tensión.

En el sistema de baja tensión se instalará una varilla sólo como referencia a tierra.

7.6 PROYECTO CIVIL

7.6.1 INTRODUCCIÓN

7.6.1.1 CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO

Con base en la carta de Regionalización Sísmica de la República Mexicana el área del proyecto se encuentra situada en la zona B (zona de sismicidad baja), y de acuerdo a la consistencia de los suelos se clasifica como Tipo I (zona de lomerío), con un coeficiente sísmico de **$C_{sis} = 0.16$** (Normas Técnicas Complementarias para diseño por Sismo).



Y el Factor de Comportamiento Sísmico por considerar de acuerdo a lo indicado en las Normas Técnicas Complementarias para diseño por Sismo corresponde a **$Q=2$** ; basados en las características de diseño que se presentan en las estructuras.

7.6.1.2 MATERIALES

De acuerdo a los requerimientos arquitectónicos y la normatividad vigente, se enlistan los materiales por emplear:

- Plantillas de concreto simple de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto en castillos y dalas de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto en losas de edificaciones de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto en cimentaciones de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo (estribos de alambón) de $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Muros de tabique rojo recocido de $7.00 \times 14.00 \times 28.00 \text{ cm}$.

7.6.1.3 CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

En base a lo indicado en el Estudio de Mecánica de Suelos incluido en el informe titulado "*Mecánica de suelos pozo # 1*"; en la página 20 del antes mencionado; señalan una capacidad de carga del suelo de **11.5 ton/m²**; misma con la que desarrollará el diseño estructural de las edificaciones indicadas en esta memoria.

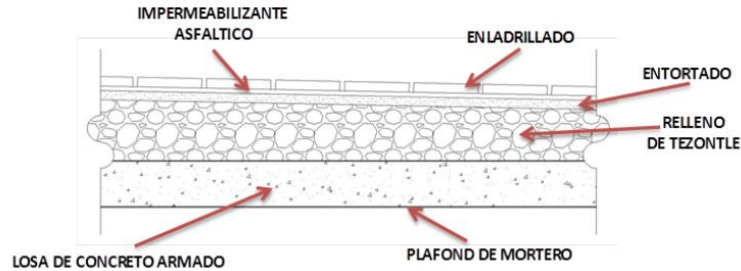
Entre otros valores obtenidos del Estudio de Mecánica de Suelos a considerar para el desarrollo del cálculo estructural son:

- γ Masa volumétrica del suelo: 1.297 ton/m^3
- c Cohesión: 4.50 ton/m^2
- F.S. Factor de seguridad: 3
- ϕ Angulo de fricción: 0.00°

7.6.1.4 MATERIALES Y PESOS VOLUMÉTRICOS

Previo al cálculo de los elementos estructurales que soportarán y darán sustentabilidad a la obra en general, es necesario llevar a cabo un análisis de los pesos volumétricos de los diferentes sistemas constructivos que componen las edificaciones, que, finalmente serán sustentados por el conjunto estructural.

L O S A D E A Z O T E A

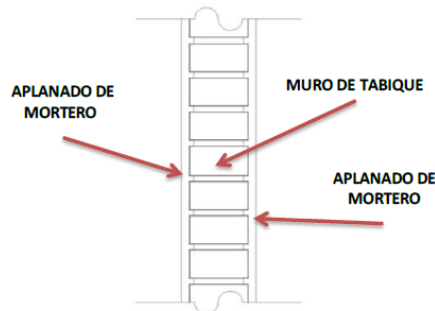


A N A L I S I S

1.- Losa de concreto	1.00 m	1.00 m	0.10 m	2400.00 kg/m ³	240.00 kg
2.- Relleno de tezontle	1.00 m	1.00 m	0.10 m	1550.00 kg/m ³	155.00 kg
3.- Entortado cemento-arena	1.00 m	1.00 m	0.02 m	2100.00 kg/m ³	42.00 kg
4.- Impermeabilizante	1.00 m	1.00 m	0.00 m	2.00 kg/m ²	2.00 kg
5.- Enladrillado	1.00 m	1.00 m	0.02 m	1500.00 kg/m ³	30.00 kg
6.- Plafond de mortero	1.00 m	1.00 m	0.02 m	2100.00 kg/m ³	42.00 kg
7.- W reglamento	0.00 m	0.00 m	0.00 m	40.00 kg/m ³	40.00 kg
8.- Carga viva	0.00 m	0.00 m	0.00 m	100.00 kg/m ³	100.00 kg

Σ 651.00 kg/m²

M U R O D E T A B I Q U E C O N A P L A N A D O P O R A M B A S C A R A S

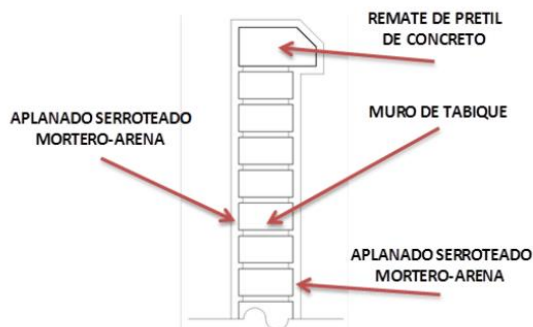


A N A L I S I S

1.- Muro de tabique	1.00 m	1.00 m	0.15 m	1500.00 kg/m ³	225.00 kg
2.- Aplanado cemento-arena	1.00 m	1.00 m	0.03 m	2100.00 kg/m ³	63.00 kg
3.- Aplanado cemento-arena	1.00 m	1.00 m	0.03 m	2100.00 kg/m ³	63.00 kg

Σ 351.00 kg/m²

P R E T I L E S



A N A L I S I S

1.- Remate de pretil	1.00 ml	0.00 m	0.00 m	2400.00 kg/m ³	44.88 kg
2.- Muro de tabique	1.00 m	0.90 m	0.15 m	1500.00 kg/m ³	202.50 kg
2.- Aplanado cemento-arena	1.00 m	1.30 m	0.03 m	2100.00 kg/m ³	81.90 kg

Σ 329.28 kg/ml

Una vez realizado el cálculo de los elementos estructurales que sustentarán las edificaciones objetivo de esta memoria, se procede a la elaboración de los proyectos estructurales correspondientes; en estos se indicarán las características de cada uno de los elementos tales como dimensiones y armados; así mismo, se puntualizará acerca de los procedimientos y métodos constructivos por emplear para la óptima ejecución de obra y con ello, cumplir satisfactoriamente con las necesidades de uso, habitabilidad y seguridad de los usuarios.

7.6.2 DISEÑO DEL CÁRCAMO DE AGUA TRATADA

7.6.2.1 DESCRIPCIÓN

El “**cárcamo de aguas tratadas**” es una caja de concreto reforzado de sección rectangular de 6.00 x 3.50 m, con una altura de 3.10 m, son medidas internas del cárcamo. Además, tiene una ampliación para alojar los equipos de bombeo de 2.50 x 3.00 m con una profundidad de 3.85 m. Está totalmente enterrado en un suelo firme sin nivel freático. Los espesores de los muros y losa de fondo se consideran de 30 cm. Este cárcamo tiene una losa tapa de concreto reforzado de 15 cm de espesor.

La losa tapa presenta algunas trabes que la soportaran junto con los muros del propio cárcamo.

7.6.2.2 *CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES*

La estructura del cárcamo está formada por muro perimetral de sección constante de 30 cm de espesor ya que la profundidad es de 3.10 y de 3.85 m y el agua que contiene es agua residual. La losa de fondo o de cimentación también de concreto es de 30 cm de espesor y la losa tapa tiene un espesor de 15 cm, ésta casi cubre toda el área del cárcamo. El concreto del cárcamo para aguas residuales es de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, de acuerdo a los Manuales de diseño de la CONAGUA.

7.6.2.3 *MATERIALES*

Concreto en plantillas	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en las losas de fondo y superior	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en los muros	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural de la tapa	$f_y = 2,530 \text{ kg/cm}^2$

7.6.2.4 *CARGAS UTILIZADAS*

Se calculan las cargas muertas conforme al peso específico de los materiales y se considera una carga viva en la losa tapa de concreto de 250 kg/m^2 .

El empuje activo del suelo es debido para una sobrecarga del suelo considerando un metro de altura de material con peso volumétrico de 1.70 ton/m^3 , lo que origina una sobrecarga de 1.70 ton/m^2 .

7.6.2.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El cárcamo es un cajón de concreto de sección rectangular que se analiza para soportar las presiones de una sobrecarga de $W = 1.70 \text{ ton/m}^2$, sin empuje activo del suelo ya que es un suelo pasivo y tiene una altura de estabilidad vertical de 3.50 m, siendo hasta esta altura la que no presenta empuje activo.

No se presenta nivel de agua freática.

Los muros y la losa de fondo son analizados como tableros, de que de acuerdo a sus dimensiones trabajarán en dos direcciones.

Cuando trabaja el tablero en dos direcciones se utiliza el libro de “Tablas para el cálculo de placas y vigas pared” del autor Richard Bares.

La losa de cimentación se analiza para las descargas totales producidas por el peso propio del cárcamo y de una carga viva de $W = 250 \text{ kg/m}^2$, actuando en la losa tapa.

El cárcamo se considera vacío de agua residual.

7.6.2.6 ESPECIFICACIONES

Tanto el análisis como el diseño estructural se llevó a cabo atendiendo a las disposiciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias y a los Manuales para diseño y construcción de la Comisión Nacional del Agua, (C.N.A.).

El método que se utiliza es el de “carga última” del Reglamento de Construcciones del D. F. y el del American Institute Concrete (A.C.I.), para el diseño de elementos de concreto reforzado.

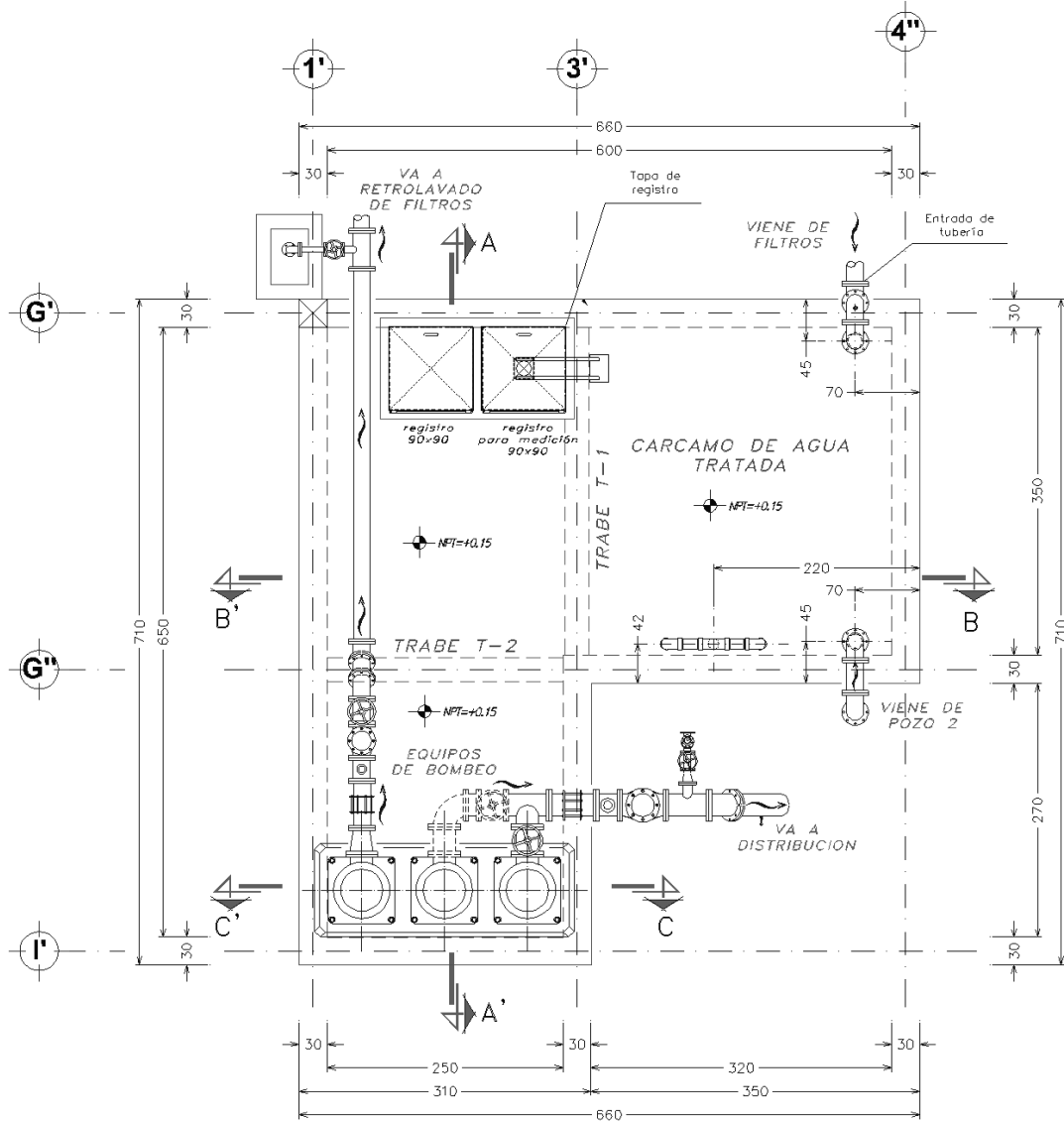
7.6.2.7 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

El procedimiento constructivo será a cielo abierto desarrollando una excavación abierta con equipo mecánico y/o manual. Por las características del suelo que es cohesivo se tendrá un corte vertical estable (sin empuje activo) hasta de 3.50 m,

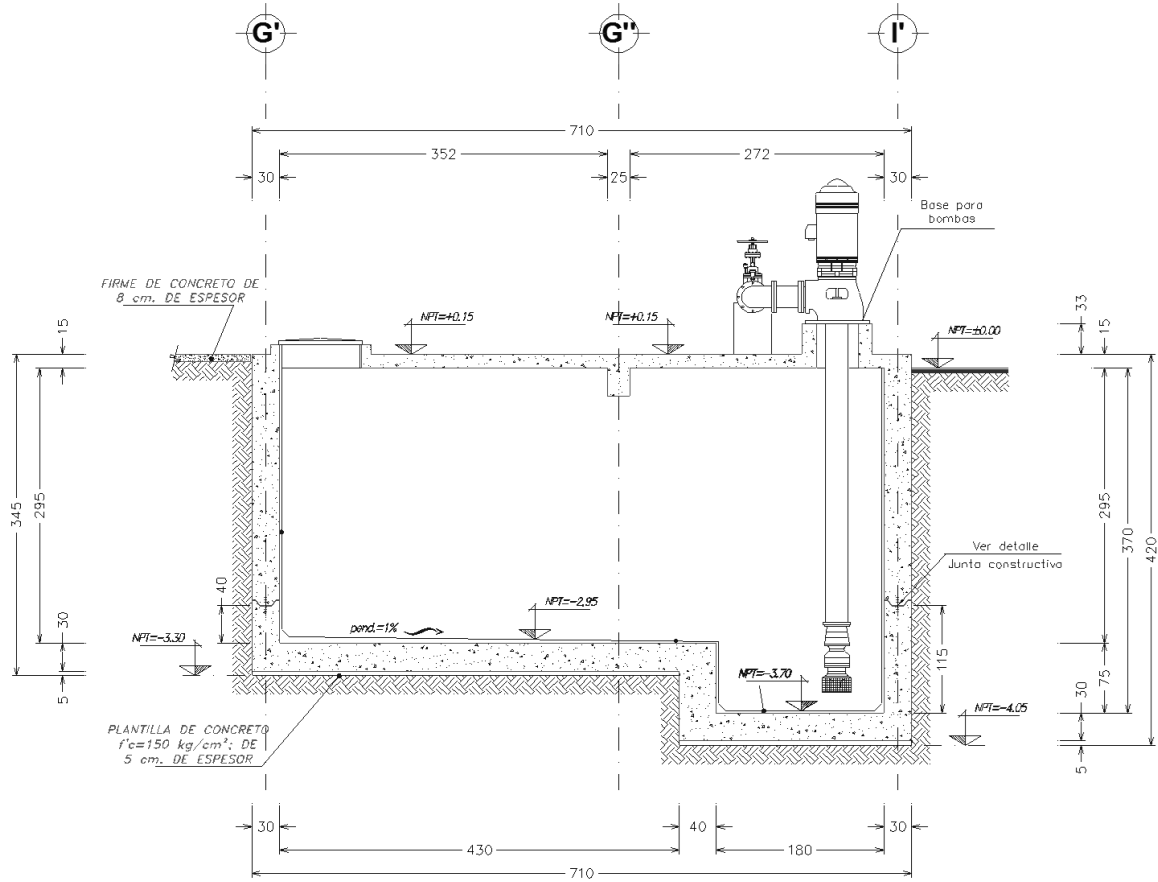
está altura es considerando un factor de 4.00, el recomendado por la literatura de la Mecánica de Suelos es de 2.00 lo cual daría más altura vertical sin empuje activo.

A los cortes verticales se les aplicará un repellado simple, por lo que será una cimbra pérdida para la construcción de los muros.

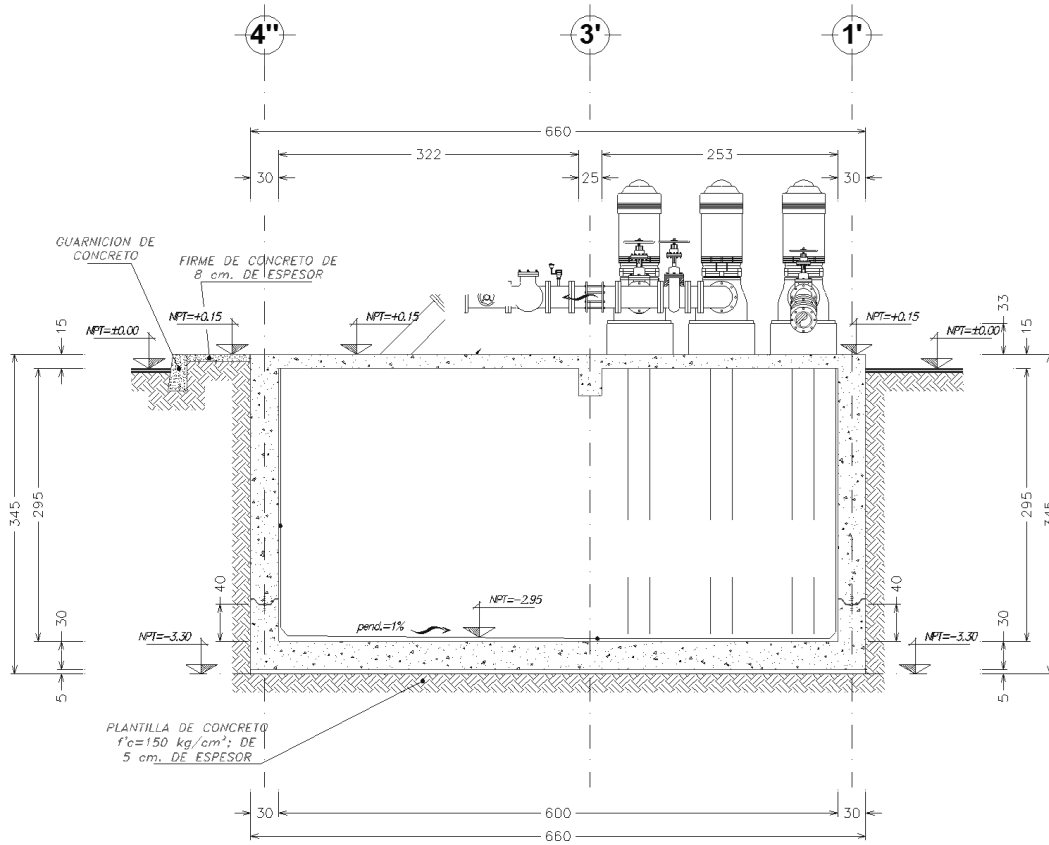
Por lo tanto, no se presentará el empuje activo del suelo, debido a la cohesión, pero si actuará la sobrecarga sobre los muros, está será de $W = 1.70 \text{ ton/m}^2$.



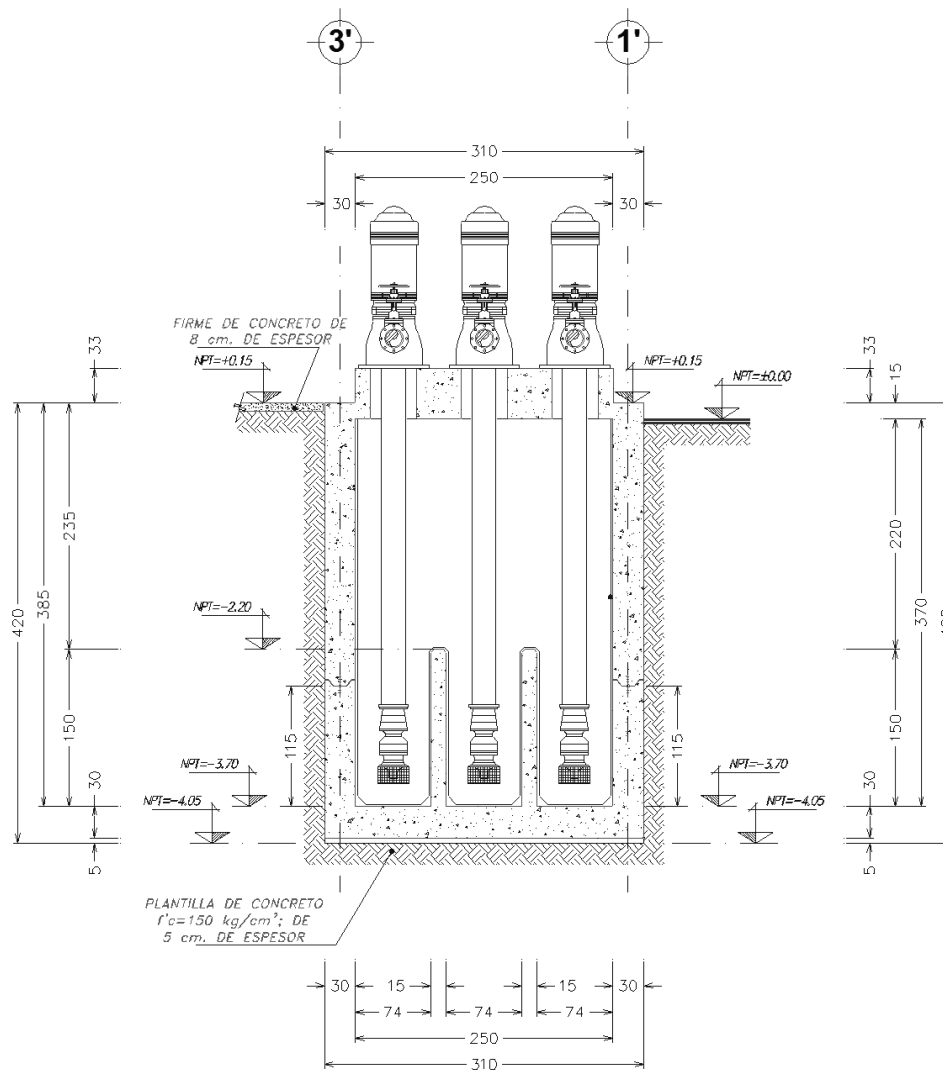
CARCAMO DE AGUA TRATADA
PLANTA GENERAL



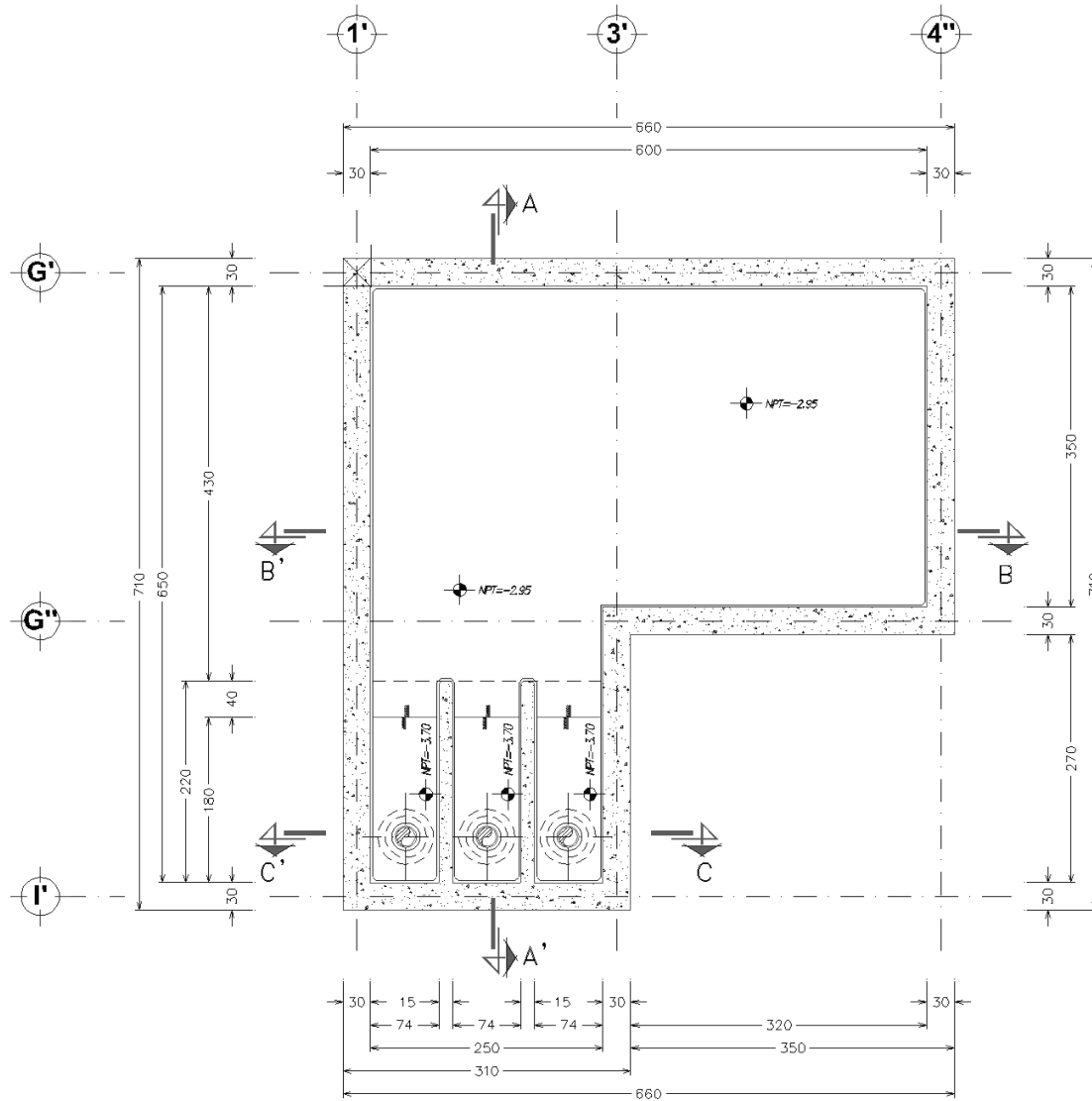
CARCAMO DE AGUA TRATADA
CORTE A-A



CARCAMO DE AGUA TRATADA
CORTE B-B



CARCAMO DE AGUA TRATADA
CORTE C-C



CARCAMO DE AGUA TRATADA
NIVEL LOSA DE FONDO

7.6.2.8 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CÁRCAMO DE AGUA TRATADA

El cárcamo está formado por placas de concreto reforzado con espesor uniforme y por tal motivo los muros y las losas de fondo y superior están trabajando como un conjunto con elementos estructurales continuos, por lo tanto, para calcular los elementos mecánicos de diseño se utilizarán “Las Tablas para el cálculo de placas y vigas pared” del autor Richard Bares.

En las hojas siguientes se presentan Tablas de este libro en especial las que se utilizan para éstos análisis estructurales.

Las cargas que actúan a los muros serán las de la sobrecarga considerada de $W = 1.70 \text{ ton/m}^2$, ya que por las condiciones del suelo es donde se puede realizar un corte vertical estable de 3.50 m, y no produce empuje activo. Este se obtiene de la siguiente expresión.

Altura crítica de estabilidad vertical.

$$H_c = 4 \times C / \delta t =$$

$$H_c = 4 \times 4.50 / 1.30 = 13.84 \text{ m}$$

$$H_{\text{perm}} = 13.84 / 4 = 3.46 \text{ m} \sim 3.50 \text{ m}$$

Dónde: $\delta t = 1.30 \text{ ton/m}^3$ Peso volumétrico del suelo

$C = 4.50 \text{ ton/m}^2$ Cohesión

$F_s = 4$ Factor de seguridad

Las cargas que actúan en la losa superior.

Peso de la losa de esp = 15 cm $W_1 = 0.240 \text{ ton/m}^2$

Peso de la cubierta $W_2 = 0.070 \text{ ton/m}^2$

Incremento por Reglamento $W_3 = 0.040 \text{ ton/m}^2$

Carga viva considerada $W_v = 0.250 \text{ ton/m}^2$

Carga total $W_T = 0.600 \text{ ton/m}^2$

7.6.2.9 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS SÍSMICO

Información obtenida del Manual de Obras Civiles para sismo, de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.)

Estado	Guanajuato
Localidad	Centro de Guanajuato
Estructura grupo	- A -
Tipo de suelo	- II -
Regionalización sísmica	- B -

Para las estructuras que componen los sistemas de agua potable, que pertenecen al grupo A, los valores de las ordenadas espectrales se multiplican por 1.5 a fin de tomar la importancia de la estructura.

Aceleración	$a_0 = 1.50 \times 0.08 = 0.12$
Periodo inicial característico	$T_a = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Periodo final característico	$T_b = 1.50 \times 1.50 = 2.25$
Coefficiente sísmico	$C_s = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Coefficiente sísmico de diseño	$C_{sd} = 0.45$

7.6.2.10 MATERIALES

Concreto y acero de refuerzo

El cemento especificado cumplirá con las normas y sus características serán las necesarias para alcanzar la resistencia del concreto y durabilidad, que será:

Concreto en plantillas	$f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en el cárcamo: muros y losas.	$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_c = 14,000(350)^{1/2} = 261,916 \text{ kg/cm}^2$

Agregado grueso de origen volcánico y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Arena con baja potencialidad a la reacción álcali agregado.

Cemento tipo I

Resistencia a la compresión, a los 28 días: $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico del concreto reforzado. $\delta_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$

Acero de refuerzo, varilla corrugada. $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad $E_s = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$

7.6.2.11 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de Mecánica de Suelos, realizado por el Ing. Roberto Roiz Hernández, reportó los siguientes resultados:

Ángulo de fricción interna “ $\phi = 0^\circ$

Peso volumétrico $t = 1.30 \text{ ton/m}^3$.

La cohesión para este suelo $C = 4.50 \text{ ton/m}^2$.

No se detectó agua freática.

Para fines de diseño estructural se considera que el subsuelo en el predio corresponde al Tipo II, es decir, un suelo firme.

El cárcamo se ubica dentro de las estructuras “Tipo A”, que son esencialmente importantes para servicio público.

La capacidad admisible del suelo para éstas cimentaciones es de $F_t = 11.5 \text{ ton/m}^2$.

Al suelo se le puede hacer un corte vertical en donde no se produce empuje activo, esto es debido a la cohesión propia del suelo. La altura máxima vertical del suelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$H_{crit.} = 4 \times C / \delta t =$$

$$H_{crit.} = 4 \times 4.5 / 1.30 = 13.84 \text{ m}$$

Considerando un factor conservador de igual a 4.0

La altura máxima vertical del suelo sin que se presente empuje activo:

$$H_{crit.} = 13.84 / 4.0 = 3.46 \text{ m}$$

7.6.2.12 LOS PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso volumétrico del agua	$\gamma_a = 1.00 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico de la losa	$\gamma_w = 2.40 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del acero	$\gamma_t = 7.85 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del relleno	$\gamma_r = 1.70 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del concreto ref.	$\gamma_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$

7.6.2.13 TABLAS PARA EL CÁLCULO DE PLACAS Y VIGAS PARED

Del autor Richard Bares

Tabla 1.35

$\mu = 0,15$

$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{x1a} = -\mu M_{a2}$

$M_{x0a} = M_{x2a} = \mu M_{y0a}$

$M_{x0a} = M_{x2a} = \mu M_{y0a}$

$M_{y0a} = \mu M_{x0a}$

γ	w_a	w_{ba}	M_{xx}	M_{x0x}	M_{yx}	M_{y0x}	M_{y0x}	M_{y0x}
0,3	0,3764	0,9700	-0,0489	-0,3833	0,0019	0,0078	-0,0131	-0,0333
0,4	0,2565	0,5909	-0,0025	-0,2783	0,0068	0,0173	-0,0242	-0,0545
0,5	0,1613	0,3433	0,0132	-0,2004	0,0120	0,0268	-0,0335	-0,0709
0,6	0,1031	0,1981	0,0192	-0,1476	0,0177	0,0333	-0,0416	-0,0798
0,7	0,0674	0,1211	0,0190	-0,1106	0,0217	0,0384	-0,0493	-0,0837
0,8	0,0452	0,0753	0,0173	-0,0865	0,0247	0,0413	-0,0561	-0,0848
0,9	0,0315	0,0484	0,0154	-0,0691	0,0270	0,0426	-0,0616	-0,0850
1,0	0,0226	0,0324	0,0125	-0,0559	0,0288	0,0435	-0,0664	-0,0851
1,2	0,0124	0,0159	0,0086	-0,0387	0,0327	0,0443	-0,0734	-0,0848
1,5	0,0055	0,0066	0,0047	-0,0248	0,0370	0,0449	-0,0793	-0,0846
2,0	0,0018	0,0021	0,0021	-0,0139	0,0406	0,0450	-0,0830	-0,0845
Fact. de mult.	$\frac{qa^4}{EA^3}$	$\frac{qa^4}{EA^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2

Tabla 1.11

$\mu = 0,15$

$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{x0\min} = M_{xb\min}$

$M_{yas} = \mu M_{xus}$

$M_{x0\min} = \mu M_{yv\min}$

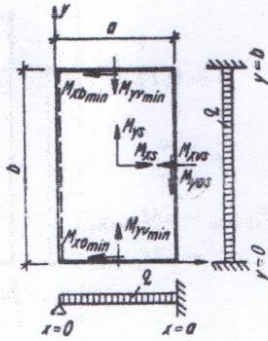


Tabla 1.12

$\mu = 0,15$

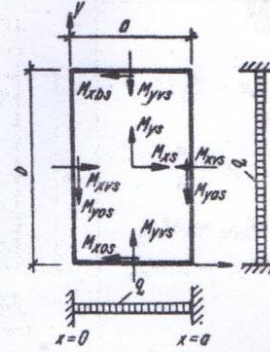
$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{x0s} = M_{xbs}$

$M_{y0s} = M_{yas}$

$M_{x0s} = \mu M_{yvs}$

$M_{y0s} = \mu M_{xvs}$

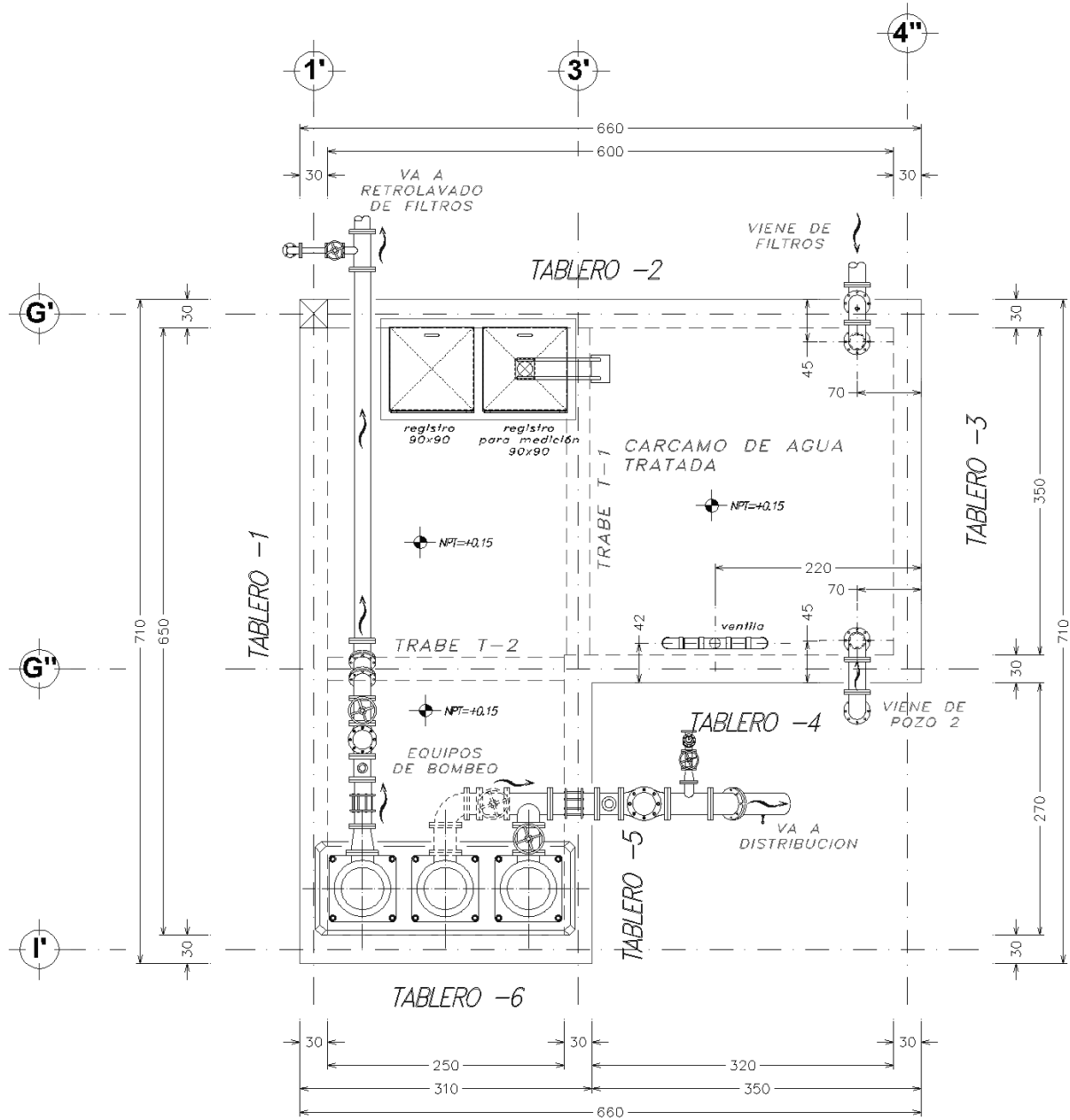


γ	w_s	M_{xs}	M_{xvs}	M_{ys}	$M_{yv\min}$
0,50	0,0528	0,0550	0,1135	0,0045	0,0203
0,55	0,0489	0,0514	0,1078	0,0062	0,0247
0,60	0,0450	0,0476	0,1021	0,0081	0,0291
0,65	0,0411	0,0436	0,0964	0,0101	0,0336
0,70	0,0373	0,0398	0,0906	0,0122	0,0381
0,75	0,0336	0,0359	0,0845	0,0145	0,0427
0,80	0,0300	0,0323	0,0881	0,0169	0,0471
0,85	0,0266	0,0289	0,0720	0,0191	0,0513
0,90	0,0236	0,0257	0,0661	0,0211	0,0551
0,95	0,0209	0,0228	0,0603	0,0232	0,0586
1,00	0,0184	0,0202	0,0546	0,0252	0,0617
1,10	0,0142	0,0158	0,0467	0,0287	0,0676
1,20	0,0110	0,0123	0,0399	0,0316	0,0722
1,30	0,0086	0,0096	0,0341	0,0340	0,0757
1,40	0,0068	0,0075	0,0293	0,0359	0,0782
1,50	0,0054	0,0060	0,0254	0,0374	0,0800
1,60	0,0043	0,0048	0,0221	0,0386	0,0814
1,70	0,0034	0,0039	0,0193	0,0395	0,0825
1,80	0,0027	0,0031	0,0171	0,0402	0,0834
1,90	0,0022	0,0026	0,0154	0,0408	0,0842
2,00	0,0018	0,0022	0,0141	0,0412	0,0847
Fact. de mult.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2

γ	w_s	M_{xs}	M_{xvs}	M_{ys}	M_{yvs}
0,50	0,0296	0,0405	0,0833	0,0024	0,014
0,55	0,0286	0,0394	0,0817	0,0033	0,017
0,60	0,0275	0,0378	0,0794	0,0046	0,020
0,65	0,0261	0,0360	0,0767	0,0061	0,024
0,70	0,0246	0,0339	0,0737	0,0079	0,028
0,75	0,0231	0,0315	0,0704	0,0098	0,032
0,80	0,0214	0,0293	0,0668	0,0103	0,036
0,85	0,0196	0,0269	0,0631	0,0139	0,040
0,90	0,0180	0,0247	0,0593	0,0160	0,044
0,95	0,0164	0,0224	0,0554	0,0181	0,048
1,00	0,0149	0,0202	0,0515	0,0202	0,0515
1,10	0,0121	0,0164	0,0449	0,0242	0,0585
1,20	0,0098	0,0131	0,0388	0,0287	0,0643
1,30	0,0078	0,0105	0,0336	0,0306	0,0690
1,40	0,0063	0,0084	0,0291	0,0332	0,0728
1,50	0,0051	0,0066	0,0254	0,0353	0,0757
1,60	0,0041	0,0053	0,0223	0,0369	0,0779
1,70	0,0033	0,0042	0,0198	0,0383	0,0797
1,80	0,0027	0,0035	0,0176	0,0392	0,0812
1,90	0,0022	0,0028	0,0158	0,0399	0,0824
2,00	0,0018	0,0024	0,0143	0,0405	0,0833
Factor de multiplicación	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2

7.6.2.14 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MUROS (TABLEROS)

Distribución de tableros – para fines de cálculo estructural



El cárcamo es un cajón de concreto de sección rectangular que se analiza para soportar las presiones de una sobrecarga de $W = 1.70 \text{ ton/m}^2$, sin empuje activo del suelo ya que como es un suelo cohesivo se presenta una altura vertical crítica sin empuje activo:

$$H_{\text{crít.}} = 4 \times C / \delta t =$$

$$H_{\text{crít.}} = 4 \times 4.5 / 1.30 = 13.84 \text{ m}$$

Considerando un factor conservador igual a 4.0

La altura máxima vertical del suelo sin que se presente empuje activo:

$$H_{\text{crít.}} = 13.84 / 4.0 = 3.46 \text{ m}$$

El cárcamo tiene una altura mínima de 3.20 m y una máxima de 3.95 m, está dentro de la altura vertical estable sin producir empuje activo.

El cortante máximo en los muros debido a la sobrecarga.

Para el tablero máximo analizado, continuo en tres lados y apoyado en la parte superior (losa tapa de concreto).

De la Tabla 1.25 (que no se presenta) se obtiene el cortante máximo.

$$V_{\text{máx.}} = K \times W \times a = 0.6218 \times 1.700 \times 3.10 = 3.277 \text{ ton}$$

Se diseñarán los muros considerando este tablero máximo, por lo que los elementos mecánicos máximos son los siguientes:

$$M_{\text{máx.}} = 1.854 \text{ ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = 3.277 \text{ ton}$$

CARCAMO DE AGUA TRATADA
ANÁLISIS DE LOS MUROS TRABAJANDO COMO TABLEROS

PERALTE EFECTIVO DEL MURO DE CONCRETO
EL PERALTE EFECTIVO DEL MURO TABLERO (tablero máximo)

LADO CORTO	a =	3.10	m
LADO LARGO	b =	6.50	m
AREA DEL TABLERO	A =	20.15	m ²
PERIMETRO DEL TABLERO	P =	19.20	m
PERALTE MINIMO POR REGLAMENTO	d =	8.5	cm

$$d = (650 \times 1.25 + 310 \times 2 + 650) / 250 = 8.33 \text{ cm}$$

RECUBRIMIENTO	R =	7	cm
ESPELOR MINIMO DEL MURO	e =	15.5	cm
ESPELOR CONSIDERADO DEL MURO	E =	30	cm

ANALIZANDO EL MURO TABLERO 1 - TABLA 1.11 (tablero máximo)

LADO CORTO	a =	3.10	m
LADO LARGO	b =	6.50	m
	$m = a / b =$	0.48	

	MOMENTO	K	W ton/m ²	a m	b m	MOMENTO ton m
$M_{xs} = K \times W \times a \times a =$	M_{xs}	0.0550	1.700	3.10	6.50	0.899
$M_{xvs} = K \times W \times a \times a =$	M_{xvs}	0.1135	1.700	3.10	6.50	1.854
$M_{ys} = K \times W \times b \times b =$	M_{ys}	0.0045	1.700	3.10	6.50	0.323
$M_{yvs} = K \times W \times b \times b =$	M_{yvs}	0.0203	1.700	3.10	6.50	1.458

ANALIZANDO EL MURO TABLERO 2 - TABLA 1.11

LADO CORTO	a =	3.10	m
LADO LARGO	b =	6.00	m
	$m = a / b =$	0.52	

	MOMENTO	K	W ton/m ²	a m	b m	MOMENTO ton m
$M_{xs} = K \times W \times a \times a =$	M_{xs}	0.0550	1.700	3.10	6.00	0.899
$M_{xvs} = K \times W \times a \times a =$	M_{xvs}	0.1135	1.700	3.10	6.00	1.854
$M_{ys} = K \times W \times b \times b =$	M_{ys}	0.0045	1.700	3.10	6.00	0.275
$M_{yvs} = K \times W \times b \times b =$	M_{yvs}	0.0203	1.700	3.10	6.00	1.242

CARCAMO PARA AGUA TRATADA
DISEÑO DEL MURO CON CLARO MÁXIMO

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

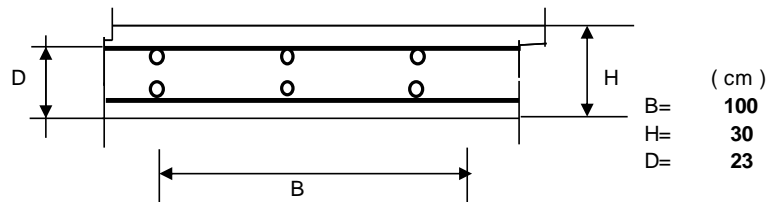
$$M_d = (1.50)(1.854) = \quad \quad \quad (-) MF = \quad 2.781 \quad \text{ton m}$$

$$V_d = (1.50)(3.277) = \quad \quad \quad VF = \quad 4.916 \quad \text{ton}$$

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

$$(-) MF = \quad 2.781 \quad \text{ton m}$$

$$VF = \quad 4.916 \quad \text{ton}$$



$$M_{\text{máx.}} = \quad 2.781 \quad \text{ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = \quad 4.916 \quad \text{ton}$$

DISEÑO POR EL METODO DE RESISTENCIA ULTIMA DEL ACI-318-83

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

$f'_c =$	350	kg/cm ²	
$f_y =$	4200	kg/cm ²	
$z =$	25895	kg/cm ²	EXPOSICION EXTERIOR
$k =$	0.85		
$f^*_c =$	280	kg/cm ²	

EL PORCENTAJE BALANCEADO:

$$P_b = (0.85 \cdot k \cdot f'_c / f_y) (6000 / (6000 + f_y)) =$$

$$P_b = \quad 0.0354$$

$$P_{\text{máx.}} = 0.75 \cdot P_b = \quad \mathbf{0.0266}$$

LA RESISTENCIA NECESARIA

$$R_n = ((P_{\text{máx.}})(f_y)) (1 - ((0.50 \cdot P_{\text{máx.}} \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c)))$$

$$R_n = \quad 90.64 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\phi = \quad 0.90$$

$$BD^2 = \quad MU / (\phi \cdot R_n) = \quad 3408.92 \quad \text{cm}^3$$

$$BD^2 = \quad 3408.92 \quad \text{cm}^3$$

$$B = \quad \mathbf{100.00} \quad \text{cm}$$

$$\Rightarrow \quad D = \quad 5.84 \quad \text{cm} \quad \quad \mathbf{23.00} \quad \text{cm}$$

DETERMINANDO:

$$R_n = \frac{M_U}{(\phi \cdot B D^2)} = 5.84 \text{ kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE: (METODO EXACTO):

$$P = \left(\frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \right) \left(1 - \text{RAIZ} \left(1 - \left(\frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c} \right) \right) \right) = 0.0014$$

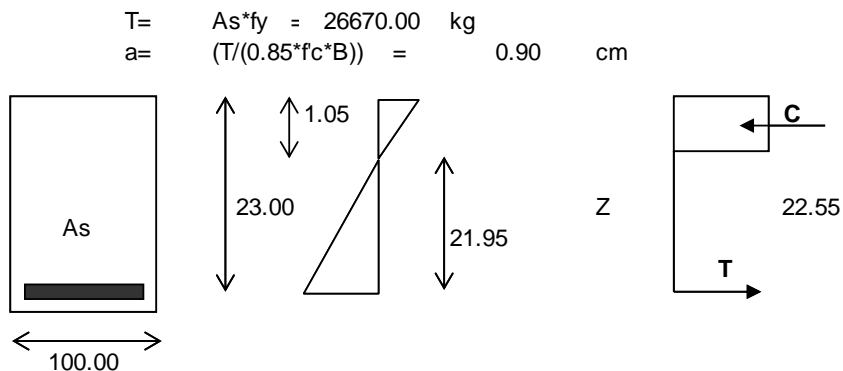
EL REFUERZO REQUERIDO

$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot B \cdot D & 3.23 & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{mín}} &= (0.0025)(B \cdot L) & 5.75 & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{real}} &= & 6.35 & \text{cm}^2 \end{aligned}$$

REFUERZO POR PROYECTO :

vars. # 4 (1/2") Ø @ 20 cm

REVISION DE LA PRECISION DE LOS CALCULOS:



RESISTENCIA A MOMENTO DE DISEÑO.

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= (0.90)(T \cdot (D - (a/2))) = 541310 \text{ kg cm} \\ \phi \cdot M_n &= 5.413 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 2.781 \text{ ton m} \\ \phi \cdot M_n &= 5.413 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

ACEPTABLE

SELECCIONAR EL REFUERZO POR FLEXION.

núm.	diámetro	As=cm ²
# 1/4"	0.635	0.32
# 5/16"	0.79	0.49
# 3/8"	0.95	0.71
# 1/2"	1.27	1.27
# 5/8"	1.59	1.98
# 3/4"	1.91	2.85

$$A_{st} = 6.35 \quad 6.35 \quad \text{cm}^2 > \quad 5.75 \quad \text{cm}^2$$

DETERMINACION DE Z:

$$Z = f_s \cdot \text{RAIZ CUBICA}(d_c \cdot A) =$$

$$d_c = 5.63 \quad \text{cm}$$

$$f_s = 0.60 f_y = 2520 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$A = 2 \cdot d_c \cdot B / (\text{núm. vars.}) = 187.50 \quad \text{cm}^2/\text{varilla}$$

$$Z = (f_s) \cdot \text{RAIZ CUB.}(d_c \cdot A) = 25651 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$25651 < 25895$$

ACCEPTABLE

REVISION POR CORTANTE

DATOS:

$$V_U = 4.916 \quad \text{ton} \quad 4916 \quad \text{kg}$$

$$M_U = 2.781 \quad \text{ton m} \quad 278100 \quad \text{kg cm}$$

CUANTIA (ρ) DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

$$\rho = A_s / A_c = \rho = A_s \text{ real} / B \times D = 0.00276$$

PARA ELEMENTOS ANCHOS

EL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA NO SERA MAYOR DE 60 cm

$$\text{ADEMAS LA RELACION} \quad M/V_d < 2.00 \quad M/V_d = 2.46 < 2.00$$

POR LO TANTO LA FUERZA RESISTENTE SERA.

$$V_{cr} = (0.50) \times F_r \times B \times D \times \sqrt{f'_c} =$$

$$V_{cr} = 15395 \quad \text{kg}$$

CONTRIBUCION DEL CONCRETO

CORTANTE RESISTENTE:

$$V_{cr} = 15395 \quad \text{kg}$$

$$\text{CORTANTE ACTUANTE :} \quad V_U = 4916 \quad \text{kg}$$

$$V_U < V_{cr}$$

ACCEPTABLE EL ESPESOR

7.6.2.15 LAS CARGAS EN LA LOSA DE FONDO

Pesos del cárcamo

De la losa superior. esp = 15cm	$W1 = (6.00 \times 3.50 + 3.00 \times 2.5) (0.15) (2.40) = 10.260 \text{ ton}$
Del Tablero-1. esp = 30 cm	$W2 = (3.35 \times 4.95 + 4.10 \times 2.05) (0.30) (2.40) = 17.991 \text{ ton}$
Del Tablero-2. esp = 30 cm	$W3 = 6.50 \times 3.35 \times 0.30 \times 2.40 = 15.678 \text{ ton}$
Del Tablero-3. esp = 30 cm	$W4 = 4.00 \times 3.35 \times 0.30 \times 2.40 = 9.648 \text{ ton}$
Del Tablero-4. esp = 30 cm	$W5 = 3.75 \times 3.35 \times 0.30 \times 2.40 = 9.045 \text{ ton}$
Del Tablero-5. esp = 30 cm	$W6 = 3.25 \times 4.10 \times 0.30 \times 2.40 = 9.594 \text{ ton}$
Del Tablero-6. esp = 30 cm	$W7 = 3.00 \times 4.10 \times 0.30 \times 2.40 = 8.856 \text{ ton}$
Del muro eje G'' esp = 30 cm	$W8 = 1.00 \times 2.50 \times 0.30 \times 2.40 = 1.800 \text{ ton}$
De los muros int. esp = 15 cm	$W9 = 1.80 \times 1.30 \times 0.15 \times 2.40 \times 2 = 1.685 \text{ ton}$
De la losa de fondo. esp = 30 cm	$W10 = (6.00 \times 3.50 + 3.00 \times 2.5) (0.30) (2.40) = 20.520$
De la trabe T-1	$W11 = 0.30 \times 0.25 \times 3.50 \times 2.40 = 0.630 \text{ ton}$
De la trabe T-2	$W12 = 0.30 \times 0.25 \times 2.50 \times 2.40 \times 3 = 1.350 \text{ ton}$
Peso total	$WT = 107.057 \text{ ton}$

7.6.2.16 ESFUERZOS EN EL TERRENO POR CARGA VERTICAL

Para el diseño de la losa de fondo considerando vacío el cárcamo de agua.

Cimentación rectangular $4.00 \times 6.50 \text{ m} + 3.00 \times 3.00 \text{ m}$

Área de la cimentación $A = 4.00 \times 6.50 + 3.00 \times 3.00 = 35.00 \text{ m}^2$

Los esfuerzos en el terreno.

$$F_t = WT / A_t = 107.057 / 35.00 = 3.06 \text{ ton/m}^2$$

$$F_t = 3.06 \text{ ton/m}^2 < F_p = 11.50 \text{ ton/m}^2$$

La carga para el diseño de la cimentación.

$$\omega = 3.06 \text{ ton/m}^2$$

Para el cálculo de los elementos mecánicos máximos en los tableros se utilizan las “Tablas para el cálculo de placas y vigas pared”.

7.6.2.17 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN (TABLEROS)

Esfuerzos actuantes.

La losa de cimentación se analiza con la reacción del terreno, considerando una carga uniforme de $\omega = 3.06 \text{ ton/m}^2$. El espesor de la losa de cimentación es de 30 cm. La carga de diseño será:

$$\omega_d = 3.06 - 2.40 \times 0.30 = 2.34 \text{ ton/m} \quad (\text{analizada por metro lineal})$$

Los elementos mecánicos de diseño, analizados por metro lineal:

Utilizando la Tabla 1.11

Tablero 3.50 x 6.00 m

La carga de diseño $\omega_d = 3.06 - 2.40 \times 0.30 = 2.34 \text{ ton/m}$

De la siguiente hoja se obtiene la siguiente información.

El momento máximo $M = 2.276 \text{ ton m}$

El cortante máximo $V = 2.586 \text{ ton}$

El momento máximo factorizado $M_f = 1.50 \times 2.276 = 3.414 \text{ ton m}$

El cortante máximo factorizado $V_f = 1.50 \times 2.586 = 3.879 \text{ ton}$

NOTA. -

No se distribuirán los momentos flexionantes ya que son muy parecidos a los demás de los otros tableros y por tal motivo éstos se utilizan para el diseño de los elementos estructurales.

CARCAMO DE AGUA TRATADA
ANALISIS DE LA LOSA DE FONDO TRABAJANDO COMO TABLERO

PERALTE EFECTIVO DE LA LOSA DE FONDO DE CONCRETO
EL PERALTE EFECTIVO DEL TABLERO.

LADO CORTO	a =	3.50	m
LADO LARGO	b =	6.00	m
AREA DEL TABLERO	A =	21.00	m ²
PERIMETRO DEL TABLERO	P =	19.00	m
PERALTE MINIMO POR REGLAMENTO	d =	9.5	cm

$$d = (600 \times 1.25 \times 2 + 350 \times 1.25 \times 2) / 250 = 9.5 \text{ cm}$$

RECUBRIMIENTO	R =	5.0	cm
ESPEJOR MINIMO DE LA LOSA	e =	14.5	cm
ESPEJOR CONSIDERADO DE LA LOSA	E =	30	cm

ANALIZANDO LA LOSA DE FONDO - TABLA 1.12

LADO CORTO	a =	3.50	m
LADO LARGO	b =	6.00	m
	m = a / b =	0.58	

	MOMENTO	K	W ton/m ²	a m	b m	MOMENTO ton m
Mxs=KxWxaxa=	Mxs	0.0378	2.340	3.50	6.00	1.084
Mxvs=KxWxaxa=	Mxvs	0.0794	2.340	3.50	6.00	2.276
Mys=KxWxbxb=	Mys	0.0046	2.340	3.50	6.00	0.388
Myvs=KxWxbxb=	Myvs	0.0202	2.340	3.50	6.00	1.702

CALCULO DELCORTANTE UNIFORME.

$$WT = 2.34 \times 3.50 \times 6.00 = 49.140 \text{ ton}$$

PERIMETRO TOTAL

$$P = 19.00 \text{ m}$$

CORTANTE UNIFORME

$$W = 49.140 / 19.00 = 2.586 \text{ ton}$$

CARCAMO PARA AGUA TRATADA DISEÑO DE LA LOSA DE FONDO

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

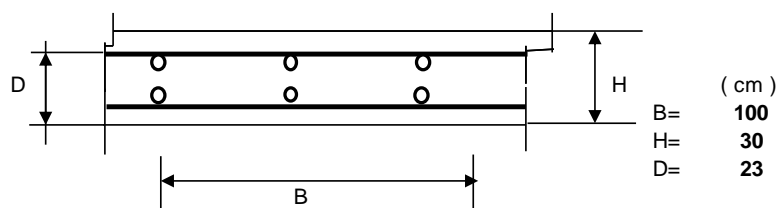
$$Md = (1.50)(2.276) = \quad (-) MF = \quad 3.414 \quad \text{ton m}$$

$$Vd = (1.50)(2.586) = \quad VF = \quad 3.879 \quad \text{ton}$$

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

$$(-) MF = \quad 3.414 \quad \text{ton m}$$

$$VF = \quad 3.879 \quad \text{ton}$$



$$M_{\text{máx.}} = \quad 3.414 \quad \text{ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = \quad 3.879 \quad \text{ton}$$

DISEÑO POR EL METODO DE RESISTENCIA ULTIMA DEL ACI-318-83

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

$f'_c =$	350	kg/cm ²	
$f_y =$	4200	kg/cm ²	
$z =$	25895	kg/cm ²	EXPOSICION EXTERIOR
$k =$	0.85		
$f^*c =$	280	kg/cm ²	

EL PORCENTAJE BALANCEADO:

$$P_b = (0.85 \cdot k \cdot f'_c / f_y) (6000 / (6000 + f_y)) =$$

$$P_b = \quad 0.0354$$

$$P_{\text{máx.}} = 0.75 \cdot P_b = \quad \mathbf{0.0266}$$

LA RESISTENCIA NECESARIA

$$R_n = ((P_{\text{max}})(f_y)) (1 - ((0.50 \cdot P_{\text{max}} \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c)))$$

$$R_n = \quad 90.64 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\phi = \quad 0.90$$

$$BD^2 = MU / (\phi \cdot R_n) = \quad 4184.85 \quad \text{cm}^3$$

$$BD^2 = \quad 4184.85 \quad \text{cm}^3$$

$$B = \quad \mathbf{100.00} \quad \text{cm}$$

$$\Rightarrow \quad D = \quad 6.47 \quad \text{cm} \quad \mathbf{23.00} \quad \text{cm}$$

DETERMINANDO:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot B \cdot D^2} = 7.17 \quad \text{kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE: (METODO EXACTO):

$$P = \left(\frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \right) \left(1 - \text{RAIZ} \left(1 - \left(\frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c} \right) \right) \right) = 0.0017$$

EL REFUERZO REQUERIDO

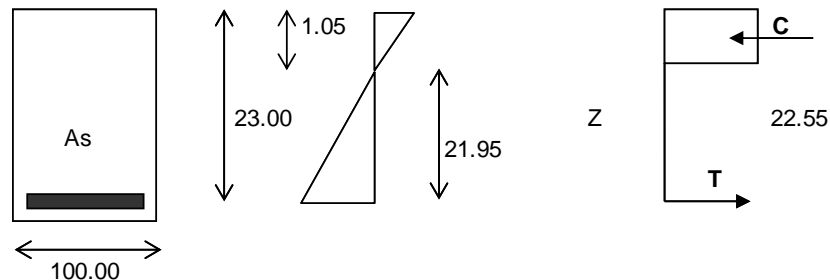
$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot B \cdot D & 3.98 & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{mín}} &= (0.0025) \cdot (B \cdot L) & 5.75 & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{real}} &= & 6.35 & \text{cm}^2 \end{aligned}$$

REFUERZO POR PROYECTO :

vars. # 4 (1/2") Ø @ 20 cm

REVISION DE LA PRECISION DE LOS CALCULOS:

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y = 26670.00 \quad \text{kg} \\ a &= \left(\frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot B} \right) = 0.90 \quad \text{cm} \end{aligned}$$



RESISTENCIA A MOMENTO DE DISEÑO.

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= (0.90) \cdot (T \cdot (D - (a/2))) = 541310 \quad \text{kg cm} \\ \phi \cdot M_n &= 5.413 \quad \text{ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3.414 \quad \text{ton m} \\ \phi \cdot M_n &= 5.413 \quad \text{ton m} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

ACEPTABLE

SELECCIONAR EL REFUERZO POR FLEXION.

núm.	diámetro	$A_s = \text{cm}^2$
# 1/4"	0.635	0.32
# 5/16"	0.79	0.49
# 3/8"	0.95	0.71
# 1/2"	1.27	1.27
# 5/8"	1.59	1.98
# 3/4"	1.91	2.85

$$A_{st} = 6.35 \quad 6.35 \quad \text{cm}^2 > \quad 5.75 \quad \text{cm}^2$$

DETERMINACION DE Z:

$$Z = f_s * \text{RAIZ CUBICA}(d_c * A) =$$

$$d_c = 5.63 \quad \text{cm}$$

$$f_s = 0.60 f_y = 2520 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$A = 2 * d_c * B / (\text{núm. vars.}) = 187.50 \quad \text{cm}^2 / \text{varilla}$$

$$Z = (f_s) * \text{RAIZ CUB.}(d_c * A) = \mathbf{25651} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\mathbf{25651} < 25895$$

ACEPTABLE

REVISION POR CORTANTE

DATOS:

$$V_U = \mathbf{3.879} \quad \text{ton} \quad 3879 \quad \text{kg}$$

$$M_U = \mathbf{3.414} \quad \text{ton m} \quad 341400 \quad \text{kg cm}$$

CUANTIA (ρ) DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

$$\rho = A_s / A_c = \quad \rho = A_s \text{ real} / B \times D = 0.00276$$

PARA ELEMENTOS ANCHOS

EL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA NO SERA MAYOR DE 60 cm

$$\text{ADEMAS LA RELACION} \quad M/V_d < 2.00 \quad M/V_d = 0.88 < 2.00$$

POR LO TANTO LA FUERZA RESISTENTE SERA.

$$V_{cr} = (0.50) \times F_r \times B \times D \times \sqrt{f'_c} =$$

$$V_{cr} = \mathbf{15395} \quad \text{kg}$$

CONTRIBUCION DEL CONCRETO

CORTANTE RESISTENTE:

$$V_{cr} = \mathbf{15395} \quad \text{kg}$$

$$\text{CORTANTE ACTUANTE :} \quad V_U = 3879 \quad \text{kg}$$

$$V_U < V_{cr}$$

ACEPTABLE EL ESPESOR

7.6.2.18 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA TRABE T-1

CARCAMO DE AGUA TRATADA

CARGAS EN LA LOSA

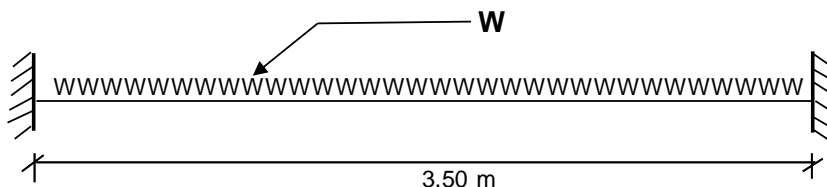
CARGAS NOMINALES MUERTAS Y VIVAS

CARGA EN LOSA TAPA - LOSA MACIZA (esp= 15 cm).

LOSA DE CONCRETO ESP. = 15 cm	W1=	0.36	ton/m ²
ACABADO EXTERIOR	W2=	0.02	ton/m ²
ACABADO INTERIOR	W3=	0.02	ton/m ²
INCREMENTO DE CARGA (R. D. F.)	W4=	0.04	ton/m ²
RELLENO CON MATERIAL LIGERO	W5=	0.00	ton/m ²
IMPERMEABILIZANTE	W6=	0.01	ton/m ²
CARGA TOTAL MUERTA	WT=	0.45	ton/m ²
CARGA VIVA	WV=	0.25	ton/m ²
CARGA TOTAL GRAVITACIONAL	WF1=	0.70	ton/m²
CARGA VIVA CON SISMO	WV=	0.10	ton/m ²
CARGA TOTAL PARA SISMO	WF2=	0.55	ton/m²

CARCAMO DE AGUA TRATADA

ANALISIS DE LA TRABE T-1



LA CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA (FACTORIZADA)

$$W_{tf} = 1.050 \text{ ton/m}^2$$

LA CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA (NO FACTORIZADA)

$$W_t = 0.700 \text{ ton/m}^2$$

CARGAS EN LA TRABE T-1

LOSA DE CUBIERTA -1-	$W_1 = (1.050) (3.50/3) = 1.225$
LOSA DE CUBIERTA -2-	$W_2 = (1.050) (2.50/2) = 1.313$
PESO PROPIO	$W_3 = (0.45) (0.25) (2.40) (1.50) = 0.405$

CARGA TOTAL FACT.	$W_T = 2.943$	ton/m
-------------------	---------------	-------

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES .

$$M (-) = (2.943) (3.50)^2 / 12 = 3.004 \text{ ton m}$$

$$V = (2.943) (3.50) / 2 = 5.150 \text{ ton}$$

LA DEFLEXION MAXIMA ACTUANTE

SECCION PROPUESTA DE LA TRABE	25 x 45	B	H
		25	45

$$F = 1 \times W \times L^4 / 384 \times E \times I =$$

W =	19.62	kg/ cm	19.62
-----	-------	--------	-------

L =	350^4	cm ⁴	15006250000
-----	---------	-----------------	-------------

E =	261,916	kg/cm ²	261916
-----	---------	--------------------	--------

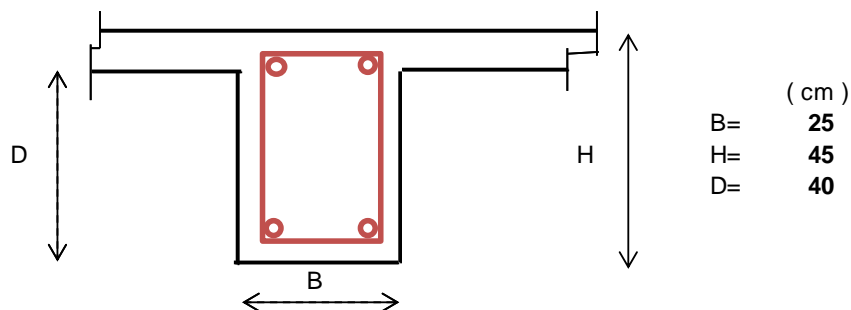
I =	$25 \times 45^3 / 12$	cm ⁴	189844
-----	-----------------------	-----------------	--------

$$F = 0.02 \text{ cm}$$

SECCION ACEPTABLE POR DEFLEXION

CARCAMO DE AGUAS TRATADAS

DISEÑO DE LA TRABE T-1



MOMENTO MAXIMO. $M_{\text{máx.}} = 3.004$ ton m
CORTANTE MAXIMO $V_{\text{máx.}} = 5.150$ ton

DISEÑO POR EL METODO DE RESISTENCIA ULTIMA DEL ACI-318-83

CEMENTO PORTLAND TIPO I

CARACTERISTICAS:

$f'_c = 350$ kg/cm²
 $f_y = 4200$ kg/cm²
 $z = 25895$ kg/cm² EXPOSICION EXTERIOR
 $k = 0.85$
 $f^*c = 280$ kg/cm²

EL PORCENTAJE BALANCEADO:

$$P_b = (0.85 * k * f'_c / f_y) (6000 / (6000 + f_y)) =$$

$$P_b = 0.0354$$

$$P_{\text{máx.}} = 0.75 * P_b = 0.0266$$

LA RESISTENCIA NECESARIA

$$R_n = ((P_{\text{max}})(f_y)) / (1 - ((0.50 * P_{\text{max}} * f_y) / (0.85 * f'_c)))$$

$$R_n = 90.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.90$$

$$BD^2 = MU / (\phi * R_n) = 3682.27 \text{ cm}^3$$

$$BD^2 = 3682.27 \text{ cm}^3$$

$$B = 25.00 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow D = 12.14 \text{ cm} \quad 40.00 \text{ cm}$$

DETERMINANDO:

$$R_n = \frac{M_U}{(\phi \cdot B D^2)} = 8.34 \text{ kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE: (METODO EXACTO):

$$P = \left(\frac{0.85 f_c}{f_y} \right) \left(1 - \text{RAIZ} \left(1 - \left(\frac{2 R_n}{0.85 f_c} \right) \right) \right) = 0.0020$$

EL REFUERZO REQUERIDO

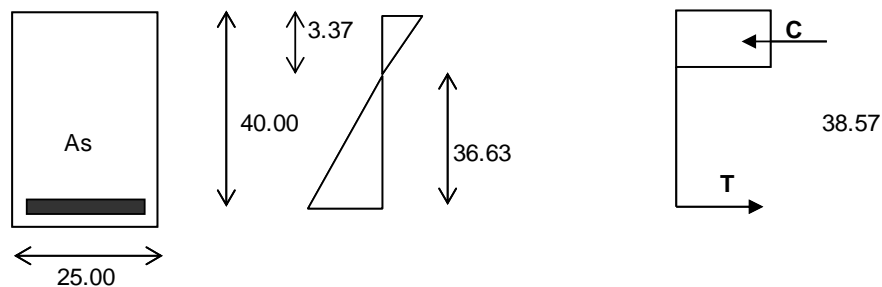
$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot B \cdot D & 2.02 & \text{cm}^2 \\ A_{s \text{ min}} &= (0.0025) (B \cdot D) & 2.50 & \text{cm}^2 \\ A_s \text{ real} &= & 5.08 & \text{cm}^2 \end{aligned}$$

REFUERZO EN EL LECHO SUPERIOR

4 Vars. # 4

REVISION DE LA PRECISION DE LOS CALCULOS:

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y = 21336.00 \text{ kg} \\ a &= \left(\frac{T}{0.85 f_c \cdot B} \right) = 2.87 \text{ cm} \end{aligned}$$



RESISTENCIA A MOMENTO DE DISEÑO.

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= (0.90) (T \cdot (D - (a/2))) = 740552.98 \text{ kg cm} \\ \phi \cdot M_n &= 7.406 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3.004 \text{ ton m} \\ \phi \cdot M_n &= 7.406 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

ACEPTABLE

SELECCIONAR EL REFUERZO POR FLEXION.

num.	diámetro	$A_s = \text{cm}^2$
# 1/4"	0.635	0.32
# 5/16"	0.79	0.49
# 3/8"	0.95	0.71
# 1/2"	1.27	1.27
# 5/8"	1.59	1.98
# 3/4"	1.91	2.85

$$Ast = 5.08 \quad \mathbf{5.08} \quad \text{cm}^2 > 2.02 \quad \text{cm}^2$$

DETERMINACION DE Z:

$$Z = fs * \text{RAIZ CUBICA}(dc * A) =$$

$$dc = 5.27 \quad \text{cm}$$

$$fs = 0.60fy = 2520 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$A = 2 * dc * B / (\text{num. vars.}) = \mathbf{65.88} \quad \text{cm}^2 / \text{VARILLA}$$

$$Z = (fs) * \text{RAIZ CUB.}(dc * A) = \mathbf{17711} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\mathbf{17711} < 25895$$

ES CORRECTO

REVISION POR CORTANTE

DATOS:

$$\begin{aligned} VU &= \mathbf{5.150} \quad \text{ton} && 5150 \quad \text{kg} \\ MU &= \mathbf{3.004} \quad \text{ton m} && 300400 \quad \text{kg cm} \end{aligned}$$

CUANTIA (p) DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

$$p = As / Ac = \quad p = As \text{ real} / B \times D = \quad 0.00508$$

$$\text{Si } p < 0.015 \quad Vcr = (0.20 + 20p) \times Fr \times B \times D \times \sqrt{f'c} =$$

$$Vcr = \mathbf{4037} \quad \text{kg}$$

$$\text{Si } p > 0.015 \quad Vcr = (0.50) \times Fr \times B \times D \times \sqrt{f'c} =$$

$$Vcr = \mathbf{6693} \quad \text{kg}$$

CORTANTE RESISTENTE DEL CONCRETO:

$$Vcr = \mathbf{4037} \quad \text{kg}$$

CORTANTE DEL ACERO DE REFUERZO:

$$Var = \mathbf{VU - Vcr} = 1113 \quad \text{kg}$$

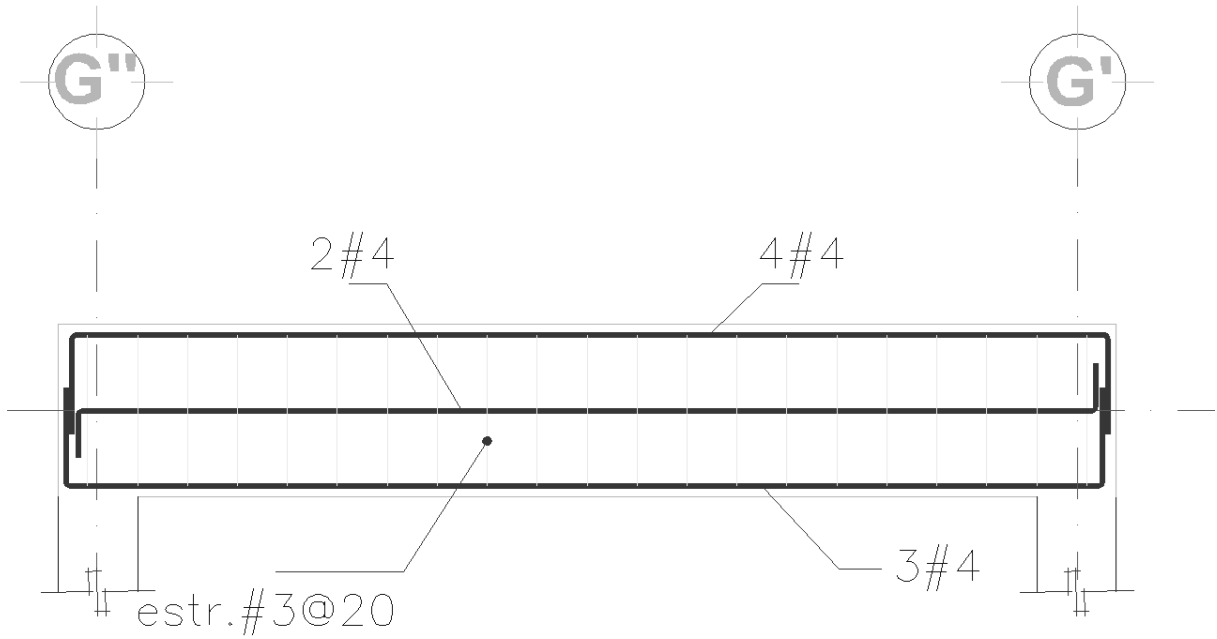
SE PROPONEN ESTRIBOS EN LA TRABE

CONSIDERANDO ESTRIBOS CON VARS, # 3

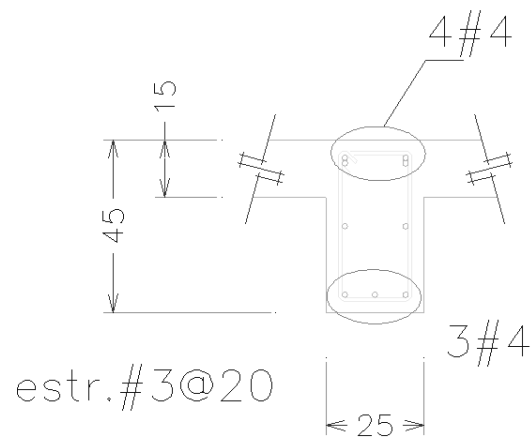
$$S = (2 \times As \times Fr \times fy \times d) / Var =$$

$$S = \mathbf{20} \quad \text{cm}$$

ESTRIBOS # 3 @ 20 cm

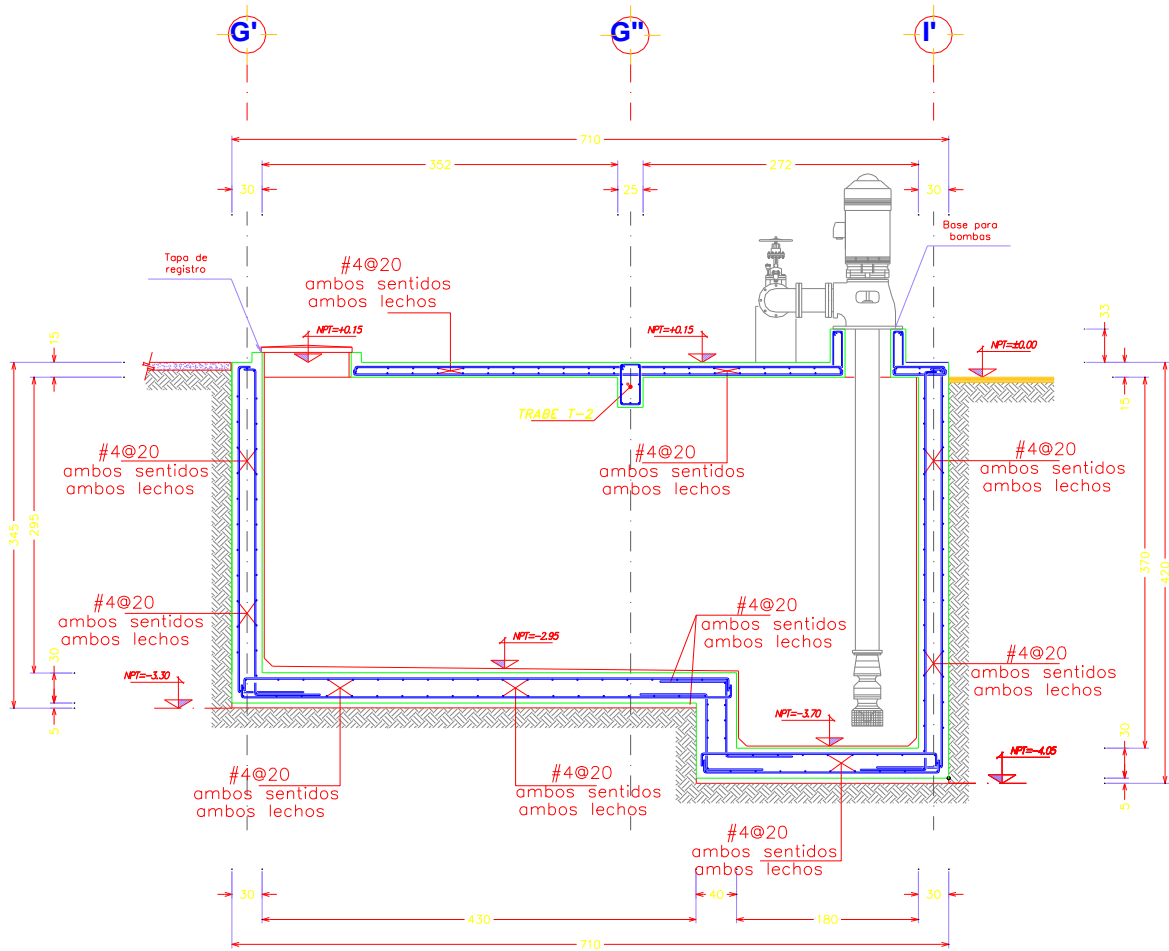


TRABE T-1

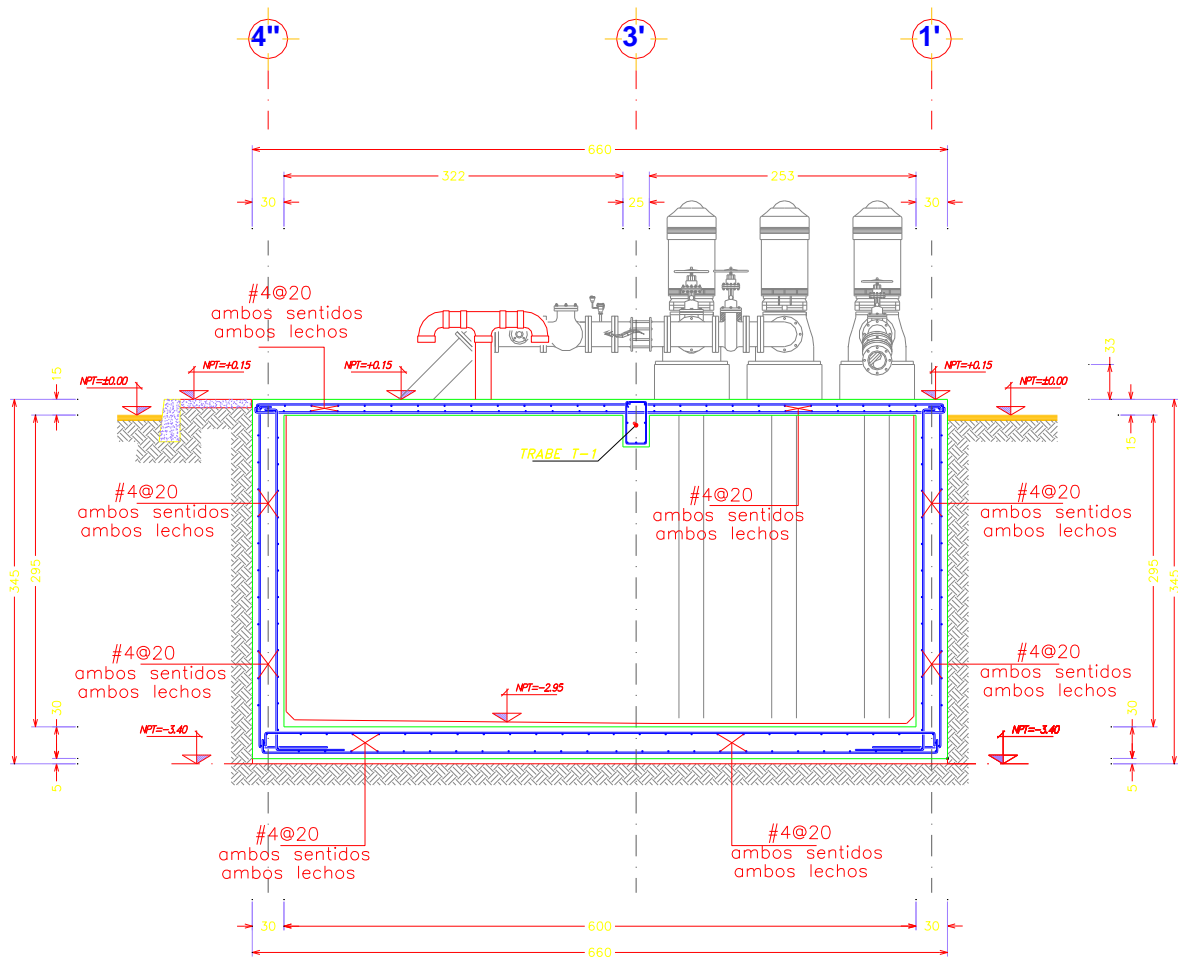


SECC. T-1

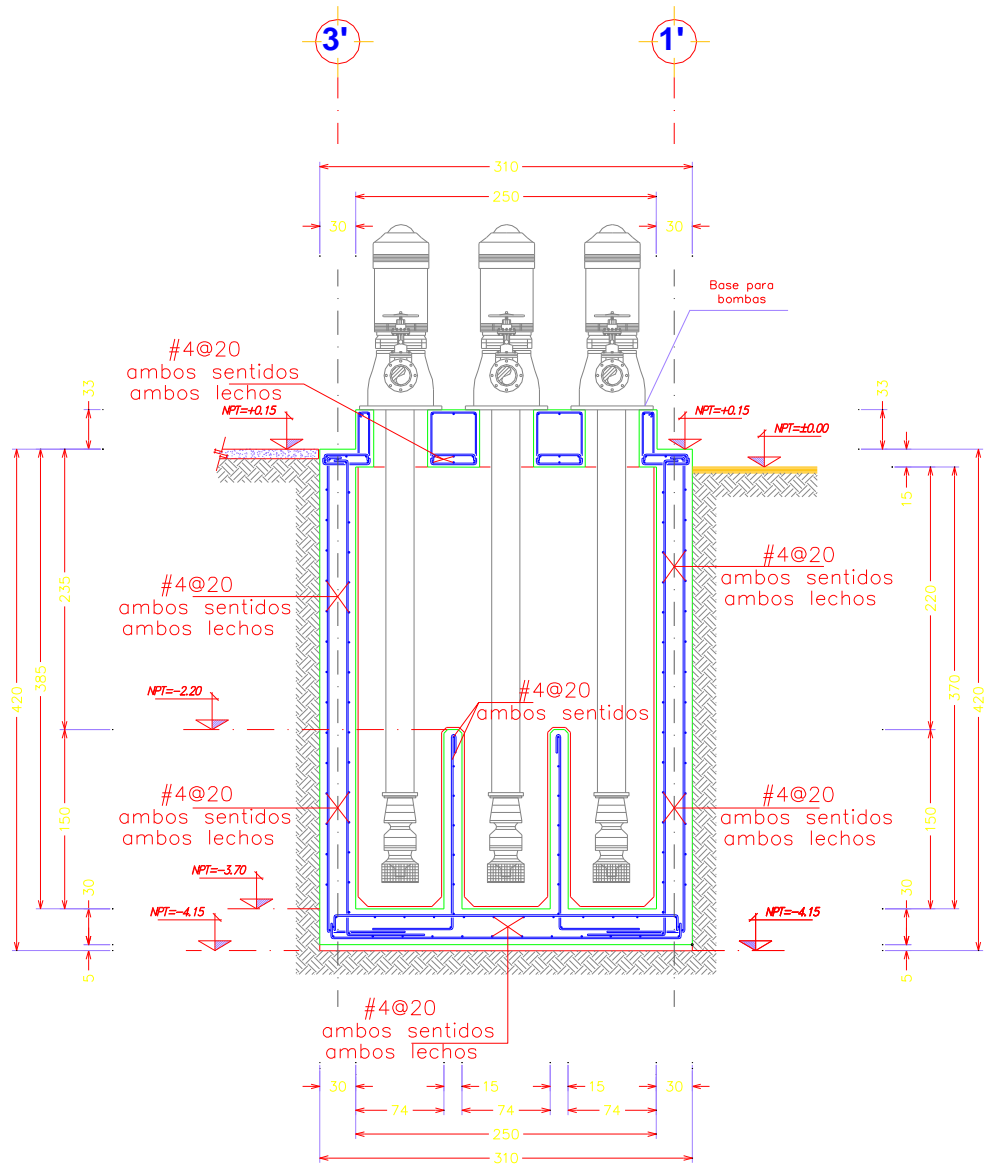
7.6.2.19 REFUERZO EN LOS MUROS Y LOSAS



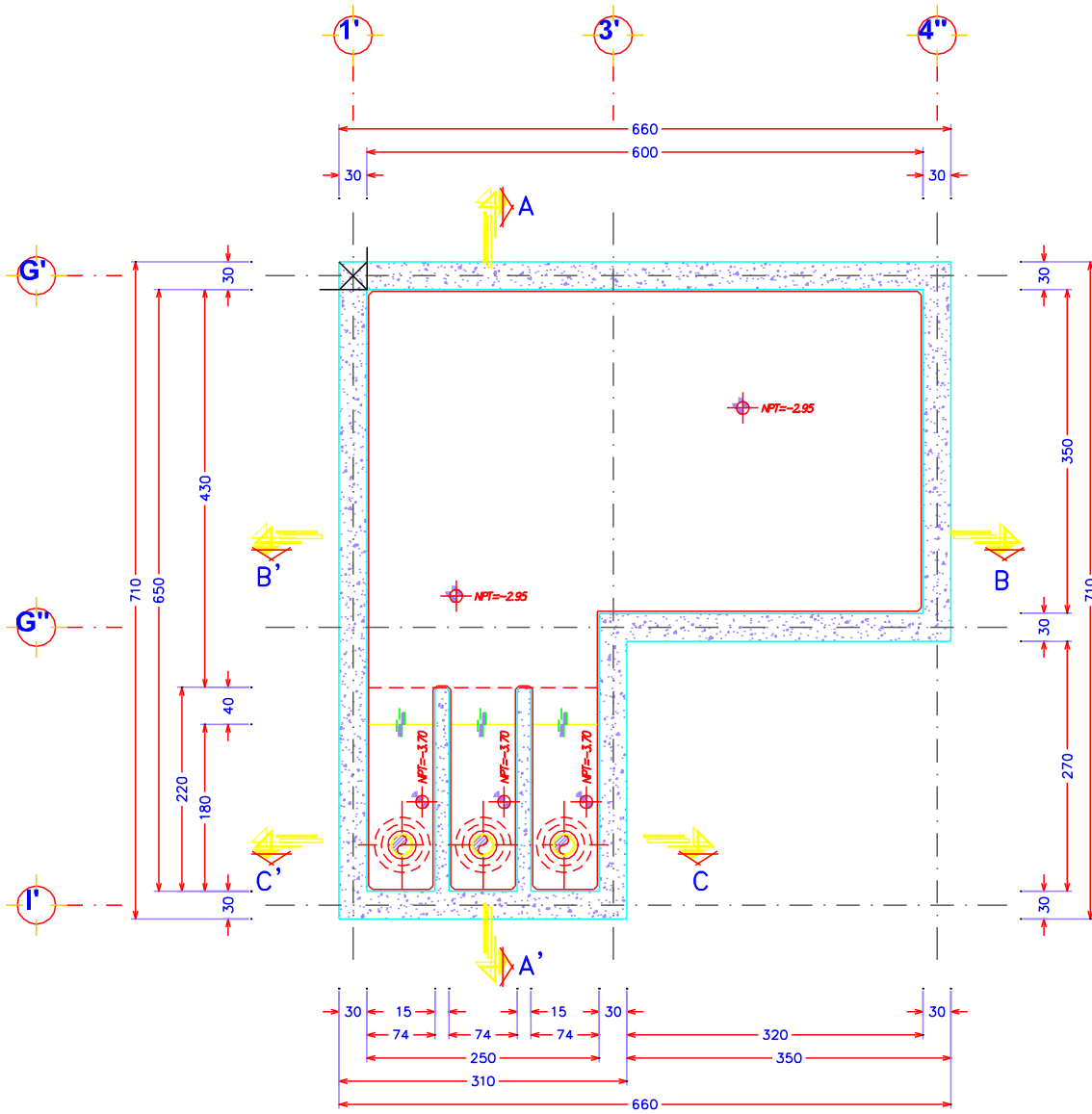
CARCAMO DE AGUA TRATADA
REFUERZO EN CORTE A-A



CARCAMO DE AGUA TRATADA
REFUERZO EN CORTE B-B



CARCAMO DE AGUA TRATADA
REFUERZO EN CORTE C-C



CARCAMO DE AGUA TRATADA
NIVEL LOSA DE FONDO

7.6.3 DISEÑO DEL CÁRCAMO DE LODOS

7.6.3.1 DESCRIPCIÓN

El “**cárcamo de lodos**” es una caja de concreto reforzado de sección rectangular de 1.80 x 3.15 m, con una profundidad variable de 1.20 a 1.50 m. Está dividida en dos cámaras separadas por un muro interior de 15 cm de espesor, se comunican con tuberías de 2” de Ø. Está totalmente enterrado en un suelo firme sin nivel freático. Las medidas indicadas son internas. Los espesores de los muros y losa de fondo se consideran de 15 cm. Por lo tanto, las dimensiones exteriores de la “caja de lodos” son de 2.10 x 3.45 m.

La tapa del cárcamo es de losa de concreto reforzado de 10 cm de espesor, cubriendo una cámara y la otra zona se cubre con la tapa metálica que será el registro.

7.6.3.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

La estructura del cárcamo está formada por muro perimetral de sección constante de 15 cm de espesor, ya que la profundidad es de 1.50 m. La losa de fondo o de cimentación también de concreto es de 15 cm espesor y la losa tapa lleva un área de concreto de 10 cm de espesor., otra área se cubrirá con tapa metálica de acero. Dentro de la caja o cárcamo de concreto se tiene un muro divisorio de concreto reforzado de 15 cm de espesor, según el proyecto funcional.

7.6.3.3 MATERIALES

Concreto en plantillas	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en las losas de fondo y superior	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en los muros	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural de la tapa	$f_y = 2,530 \text{ kg/cm}^2$

7.6.3.4 CARGAS UTILIZADAS

Se calculan las cargas muertas conforme al peso específico de los materiales y se considera una carga viva en la losa tapa de concreto de 250 kg/m^2 . El empuje activo del suelo es debido a una sobrecarga del suelo considerando un metro de altura de material con peso volumétrico de 1.70 ton/m^3 , lo que origina una sobrecarga de 1.70 ton/m^2 .

7.6.3.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El cárcamo es un cajón de concreto de sección rectangular que se analiza para soportar las presiones de una sobrecarga de $W = 1.70 \text{ ton/m}^2$, sin empuje activo del suelo ya que es un suelo pasivo y tiene una altura de estabilidad vertical de 3.50 m , siendo hasta esta altura la que no presenta empuje activo. No se presenta nivel de agua freática.

Los muros y la losa de fondo son analizados como tableros, de que de acuerdo a sus dimensiones trabajarán en dos direcciones.

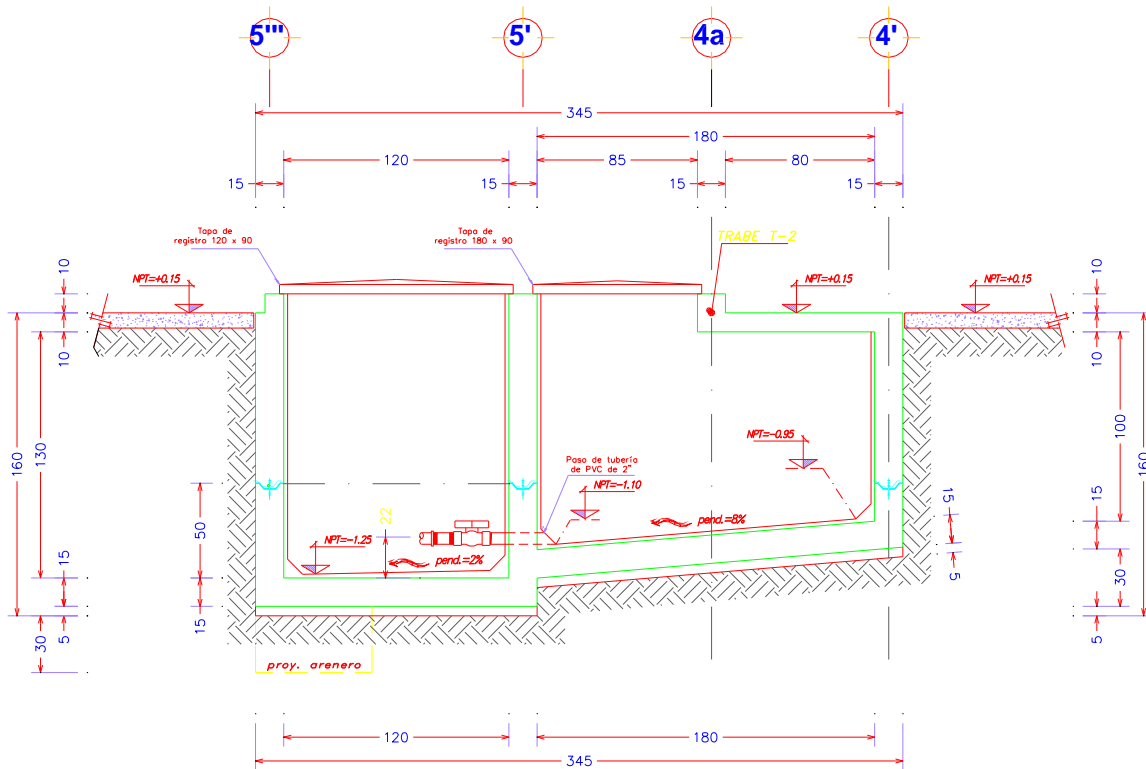
Cuando trabaja el tablero en dos direcciones se utiliza el libro de “Tablas para el cálculo de placas y vigas pared” del autor Richard Bares.

La losa de cimentación se analiza para las descargas totales producidas por el peso propio del cárcamo y de una carga viva de $W = 250 \text{ kg/m}^2$, actuando en la losa tapa.

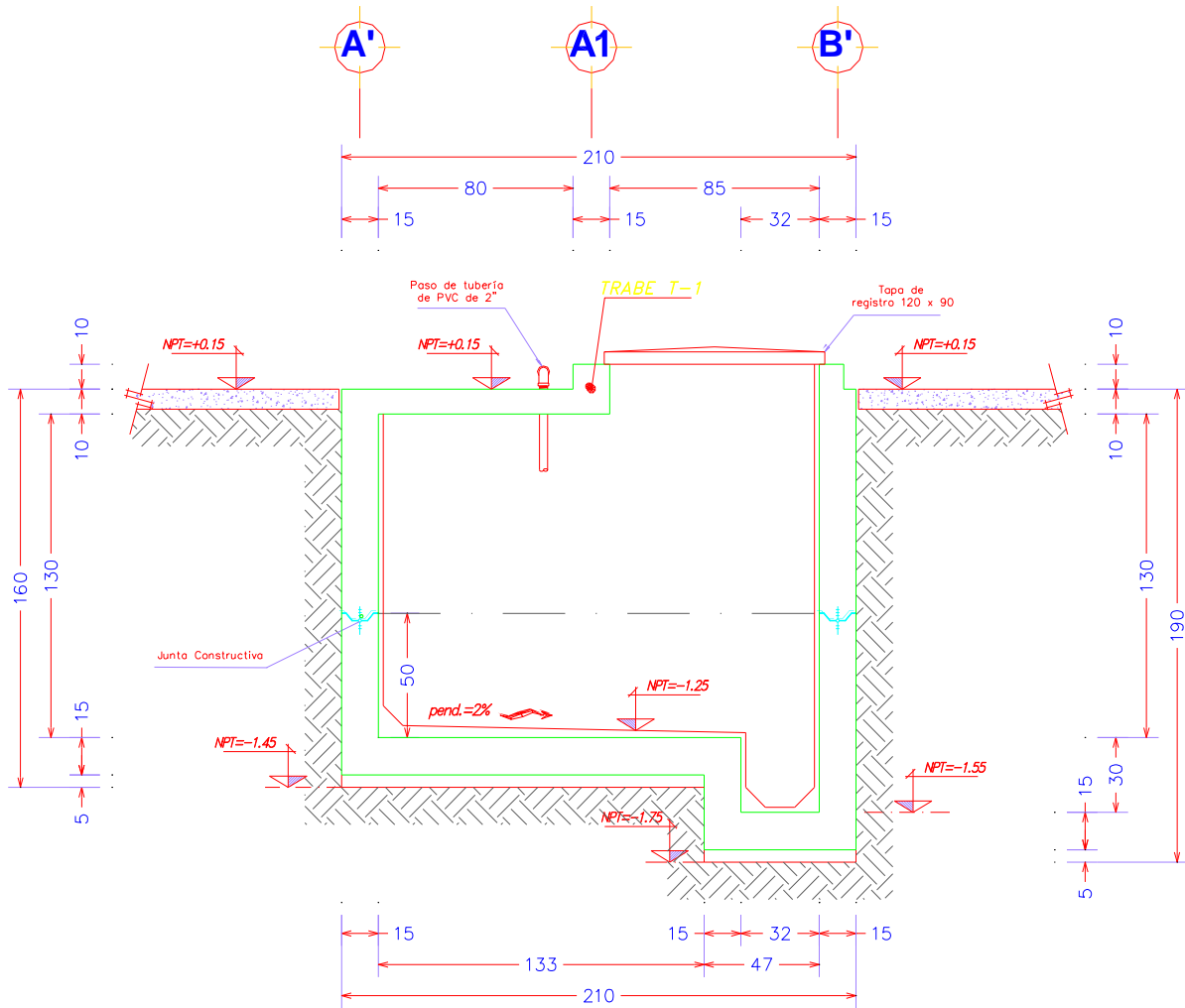
7.6.3.6 ESPECIFICACIONES

Tanto el análisis como el diseño estructural se llevó a cabo atendiendo a las disposiciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, en vigor, y a los Manuales para diseño y construcción de la Comisión Nacional del Agua, (C.N.A.).

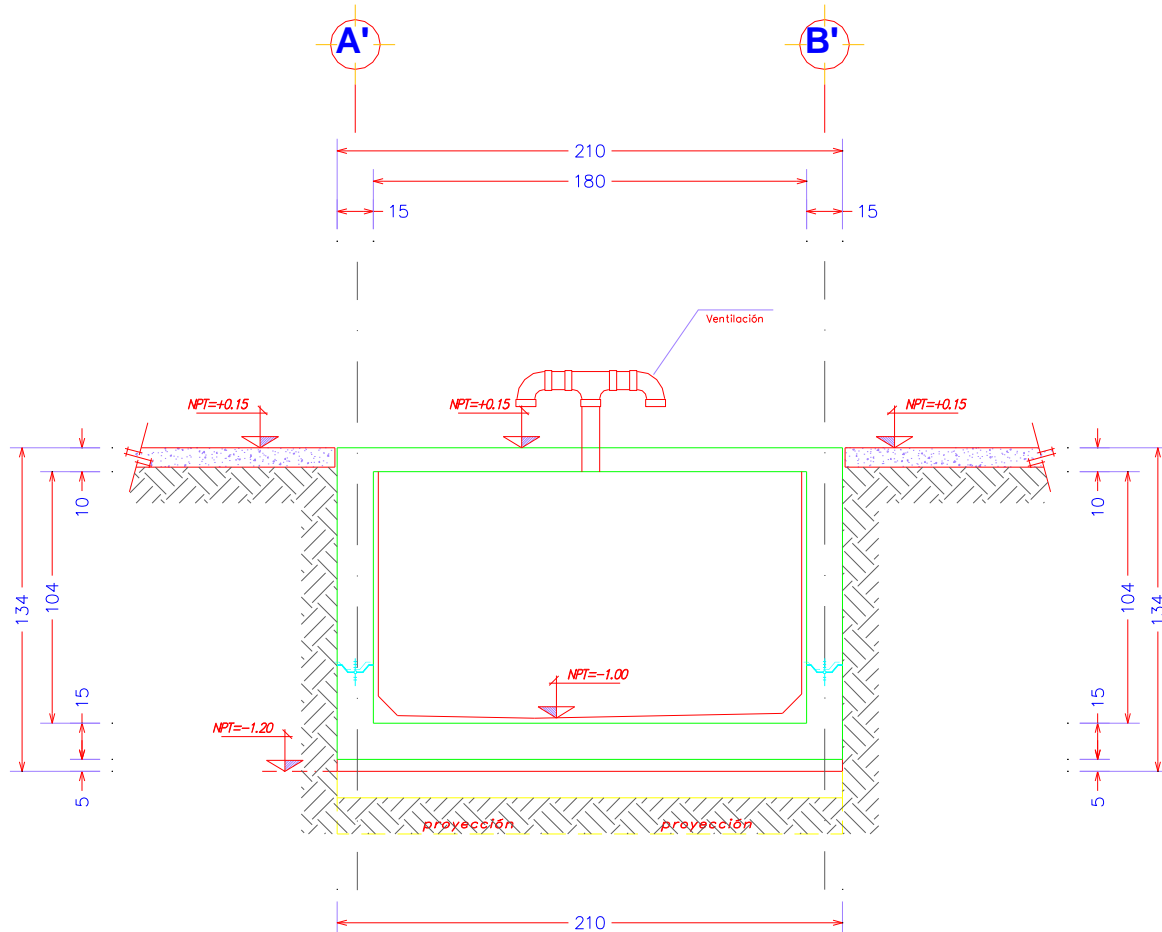
El método que se utiliza es el de “carga última” del Reglamento de Construcciones del D. F. y el del American Institute Concrete (A.C.I.), para el diseño de elementos de concreto reforzado.



CARCAMO DE LODOS
CORTE B-B



CARCAMO DE LODOS
CORTE A-A



CÁRCAMO DE LODOS
CORTE C-C

7.6.3.8 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CÁRCAMO DE LODOS

El cárcamo está formado por placas de concreto reforzado con espesor uniforme y por tal motivo los muros y las losas de fondo y superior trabajan como un conjunto con elementos estructurales continuos, por lo tanto, para calcular los elementos mecánicos de diseño se utilizarán “Las Tablas para el cálculo de placas y vigas pared” del autor Richard Bares.

En las hojas siguientes se presentan Tablas de este libro en especial las que se utilizan para éstos análisis estructurales.

Las cargas que actúan a los muros serán las de la sobrecarga considerada de $W = 1.70 \text{ ton/m}^2$, ya que por las condiciones del suelo es en donde se puede realizar un corte vertical estable de 3.50 m, y no se produce empuje activo. Este se obtiene de la siguiente expresión.

Altura crítica de estabilidad vertical.

$$H_c = 4 \times C / \delta t =$$

$$H_c = 4 \times 4.50 / 1.30 = 13.84 \text{ m}$$

$$H_{perm} = 13.84 / 4 = 3.46 \text{ m} \sim 3.50 \text{ m}$$

Dónde: $\delta t = 1.30 \text{ ton/m}^3$

$C = 4.50 \text{ ton/m}^2$

$F_s = 4$

Las cargas que actúan en la losa superior.

Peso de la losa de esp = 10 cm	$W_1 = 0.240 \text{ ton/m}^2$
Peso de terminado de la cubierta	$W_2 = 0.070 \text{ ton/m}^2$
Incremento por Reglamento	$W_3 = 0.040 \text{ ton/m}^2$
Carga viva considerada	$W_v = 0.250 \text{ ton/m}^2$
Carga total	$W_T = 0.600 \text{ ton/m}^2$

7.6.3.9 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS SÍSMICO

Información obtenida del Manual de Obras Civiles para sismo, de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.)

Estado	Guanajuato
Localidad	Centro de Guanajuato
Estructura grupo	- A -
Tipo de suelo	- II -
Regionalización sísmica	- B -

Para las estructuras que componen los sistemas de agua potable, que pertenecen al grupo A, los valores de las ordenadas espectrales se multiplican por 1.5 a fin de tomar la importancia de la estructura.

Aceleración	$a_0 = 1.50 \times 0.08 = 0.12$
Periodo inicial característico	$T_a = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Periodo final característico	$T_b = 1.50 \times 1.50 = 2.25$
Coefficiente sísmico	$C_s = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Coefficiente sísmico de diseño	$C_{sd} = 0.45$

7.6.3.10 MATERIALES

Concreto y acero de refuerzo.

El cemento especificado cumplirá con las normas y sus características serán las necesarias para alcanzar la resistencia del concreto y durabilidad, que será:

Concreto en plantillas	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en el cárcamo: muros y losas.	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad kg/cm ² .	$E_c = 14,000(350)^{1/2} = 261,916$

Agregado grueso de origen volcánico y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Arena con baja potencialidad a la reacción álcali agregado

Cemento tipo I

Resistencia a la compresión, a los 28 días, de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico del concreto reforzado. $\delta c = 2.40 \text{ ton/m}^3$

Acero de refuerzo, varilla corrugada. $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad $E_s = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$

7.6.3.11 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de Mecánica de Suelos, realizado el Ing. Roberto Roiz Hernández, reportó los siguientes resultados:

Se determinó un ángulo de fricción interna " ϕ "=0° y un peso volumétrico $t = 1.30 \text{ ton/m}^3$.

La cohesión para este suelo es de $C = 4.50 \text{ ton/m}^2$.

No se detectó agua freática.

Para fines de diseño estructural se considera que el subsuelo en el predio corresponde al de Tipo II, es decir, un suelo firme.

El cárcamo de Lodos se ubica dentro de las estructuras "Tipo A", que son esencialmente importantes para servicio público.

La capacidad admisible del suelo para estas cimentaciones es de $F_t = 11.5 \text{ ton/m}^2$.

Al suelo se le puede hacer un corte vertical en donde no se produce empuje activo, esto es debido a la cohesión propia del suelo. La altura máxima vertical del suelo se calcula con la siguiente fórmula:

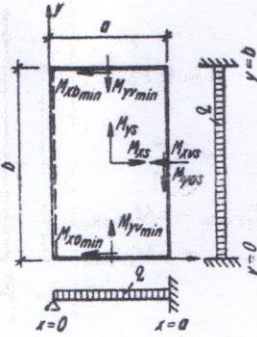
$$H_{crit.} = 4 \times C / \delta t =$$

$$H_{crit.} = 4 \times 4.5 / 1.30 = 13.84 \text{ m}$$

Considerando un factor conservador igual a 4.0

Tabla 1.11

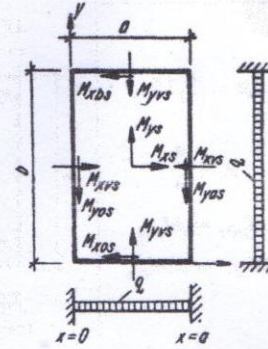
$\mu = 0,15$
 $\gamma = \frac{a}{b}$
 $M_{x0min} = M_{xbmin}$
 $M_{yas} = \mu M_{xus}$
 $M_{x0min} = \mu M_{yumin}$



γ	w_s	M_{xs}	M_{xus}	M_{ys}	M_{yumin}
0,50	0,0528	0,0550	0,1135	0,0045	0,0203
0,55	0,0489	0,0514	0,1078	0,0062	0,0247
0,60	0,0450	0,0476	0,1021	0,0081	0,0291
0,65	0,0411	0,0436	0,0964	0,0101	0,0336
0,70	0,0373	0,0398	0,0906	0,0122	0,0381
0,75	0,0336	0,0359	0,0845	0,0145	0,0427
0,80	0,0300	0,0323	0,0881	0,0169	0,0471
0,85	0,0266	0,0289	0,0720	0,0191	0,0513
0,90	0,0236	0,0257	0,0661	0,0211	0,0551
0,95	0,0209	0,0228	0,0603	0,0232	0,0586
1,00	0,0184	0,0202	0,0546	0,0252	0,0617
1,10	0,0142	0,0158	0,0467	0,0287	0,0676
1,20	0,0110	0,0123	0,0399	0,0316	0,0722
1,30	0,0086	0,0096	0,0341	0,0340	0,0757
1,40	0,0068	0,0075	0,0293	0,0359	0,0782
1,50	0,0054	0,0060	0,0254	0,0374	0,0800
1,60	0,0043	0,0048	0,0221	0,0386	0,0814
1,70	0,0034	0,0039	0,0193	0,0395	0,0825
1,80	0,0027	0,0031	0,0171	0,0402	0,0834
1,90	0,0022	0,0026	0,0154	0,0408	0,0842
2,00	0,0018	0,0022	0,0141	0,0412	0,0847
Fact. de mult.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2

Tabla 1.12

$\mu = 0,15$
 $\gamma = \frac{a}{b}$
 $M_{x0s} = M_{xbs}$
 $M_{y0s} = M_{yas}$
 $M_{x0s} = \mu M_{yus}$
 $M_{y0s} = \mu M_{xvs}$



γ	w_s	M_{xs}	M_{xus}	M_{ys}	M_{yus}
0,50	0,0296	0,0405	0,0833	0,0024	0,014
0,55	0,0286	0,0394	0,0817	0,0033	0,017
0,60	0,0275	0,0378	0,0794	0,0046	0,020
0,65	0,0261	0,0360	0,0767	0,0061	0,024
0,70	0,0246	0,0339	0,0737	0,0079	0,028
0,75	0,0231	0,0315	0,0704	0,0098	0,032
0,80	0,0214	0,0293	0,0668	0,0103	0,036
0,85	0,0196	0,0269	0,0631	0,0139	0,040
0,90	0,0180	0,0247	0,0593	0,0160	0,044
0,95	0,0164	0,0224	0,0554	0,0181	0,048
1,00	0,0149	0,0202	0,0515	0,0202	0,0515
1,10	0,0121	0,0164	0,0449	0,0242	0,0585
1,20	0,0098	0,0131	0,0388	0,0287	0,0643
1,30	0,0078	0,0105	0,0336	0,0306	0,0690
1,40	0,0063	0,0084	0,0291	0,0332	0,0728
1,50	0,0051	0,0066	0,0254	0,0353	0,0757
1,60	0,0041	0,0053	0,0223	0,0369	0,0779
1,70	0,0033	0,0042	0,0198	0,0383	0,0797
1,80	0,0027	0,0035	0,0176	0,0392	0,0812
1,90	0,0022	0,0028	0,0158	0,0399	0,0824
2,00	0,0018	0,0024	0,0143	0,0405	0,0833
Factor de multiplicación	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2

El cortante máximo en los muros debido a la sobrecarga.

Para la condición # 2, continuo en tres lados y libre en la parte superior (debido al registro).

De la Tabla 1.39 (que no se presenta) se obtiene el cortante máximo.

$$V_{\text{máx.}} = K \times W \times a = 0.4572 \times 1.700 \times 1.50 = 1.166 \text{ ton}$$

Por ser momentos tan pequeños no se distribuirán con los demás momentos flexionantes de los muros y losas continuas.

Se diseñarán los muros con los elementos mecánicos máximos.

$$M_{\text{máx.}} = 0.468 \text{ ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = 1.166 \text{ ton}$$

Las cargas en la losa de fondo.

Peso de la losa superior. esp = 10 cm 1.544 ton	W1 = 0.350 x 2.10 x 2.10 =
Peso de los muros laterales A. esp = 15 cm 1.50x0.15x1.65x2.40x2=1.782 ton	W2 =
Peso de los muros laterales B. esp = 15 cm 1.95x0.15x1.50x2.40x2= 2.106 ton	W3 =
Peso del muro interior esp = 15 cm 1.35x1.50x0.15x2.40=0.729 ton	W4 =
Peso del muro frontal. A. esp = 15 cm 2.10x1.65x0.15x2.40=1.247 ton	W5 =
Peso del muro frontal. B esp = 15 cm 2.10x1.35x0.15x2.40=1.021 ton	W6 =
Peso de la losa de fondo. esp = 15 cm 2.041 ton	W7 =3.15x1.80x0.15x2.40=

Peso total WT = 10.470 ton

7.6.3.14 ESFUERZOS EN EL TERRENO POR CARGA VERTICAL

Cimentación rectangular 2.10 x 3.45 x 0.15 m

Área de la cimentación A = 2.10 x 3.45 = 7.25 m²

Los esfuerzos en el terreno.

$$F_t = 10.470 / 7.25 = 1.44 \text{ ton/m}^2$$

$$F_t = 1.44 \text{ ton/m}^2 < F_p = 11.50 \text{ ton/m}^2$$

La carga para el diseño de la cimentación. $\omega = 1.44 \text{ ton/m}^2$

Los elementos mecánicos máximos de diseño son: $M_{\text{máx.}} = 0.240 \text{ ton m}$

Por tal motivo se diseñará el muro y se dejará el mismo espesor y armado a la losa de fondo.

7.6.3.15 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MUROS Y LOSA DE FONDO

CARCAMO DE LODOS

ANÁLISIS DE LA LOSA DE FONDO 1.80 x 1.80 m

PERALTE EFECTIVO DE LA LOSA DE FONDO DE CONCRETO

EL PERALTE EFECTIVO DEL MURO TABLERO

DEL REGLAMENTO PARA CONSTRUCCIONES EN EL DISTRITO FEDERAL

LADO CORTO	C =	1.80	m	
LADO LARGO	L =	1.80	m	
AREA DEL TABLERO	A =	3.24	m ²	
PERIMETRO DEL TABLERO	P =	7.20	m	
PERALTE MINIMO POR REGLAMENTO	d =	3	cm	
		$d = (180 \times 1.25 \times 3 + 180) / 250 = 3.42 \text{ cm}$		
RECUBRIMIENTO	R =	5	cm	
ESPELOR MINIMO DE LA LOSA	e =	8	cm	373
ESPELOR CONSIDERADO DE LA LOSA	E =	15	cm	

CARCAMO DE LODOS
ANALISIS DEL MURO DE 1.80 x 1.50 m

PERALTE EFECTIVO DEL MURO DE CONCRETO

EL PERALTE EFECTIVO DEL MURO TABLERO

DEL REGLAMENTO PARA CONSTRUCCIONES EN EL DISTRITO FEDERAL

LADO CORTO	C =	1.50	m
LADO LARGO	L =	1.80	m
AREA DEL TABLERO	A =	2.70	m ²
PERIMETRO DEL TABLERO	P =	6.60	m
PERALTE MINIMO POR REGLAMENTO	d =	3	cm

$$d = (180 \times 1.25 \times 2 + 150 \times 1.25 + 150) / 250 = 3.2 \text{ cm}$$

RECUBRIMIENTO	R =	5	cm
ESPESOR MINIMO DEL MURO	e =	8	cm
ESPESOR CONSIDERADO DEL MURO	E =	15	cm

ANALIZANDO EL MURO TABLERO condición # 1 TABLA 1.11

$$m = C / L = 0.83$$

	MOMENTO	K	W ton/m ²	a m	b m	MOMENTO ton m
Mxs=KxWxaxa=	Mxs	0.0389	1.700	1.50	1.80	0.149
Mxvs=KxWxaxa=	Mxvs	0.0720	1.700	1.50	1.80	0.275
Mys=KxWxbxb=	Mys	0.0191	1.700	1.50	1.80	0.105
Myvs=KxWxbxb=	Myvs	0.0513	1.700	1.50	1.80	0.283

ANALIZANDO EL MURO TABLERO condición # 2 TABLA 1.35

$$m = C / L = 0.83$$

	MOMENTO	K	W ton/m ²	a m	b m	MOMENTO ton m
Mxs=KxWxaxa=	Mxs	0.0164	1.700	1.50	1.80	0.063
Mxvs=KxWxaxa=	Mxvs	0.0778	1.700	1.50	1.80	0.298
Mys=KxWxbxb=	Mys	0.0259	1.700	1.50	1.80	0.143
Myvs=KxWxbxb=	Myvs	0.0849	1.700	1.50	1.80	0.468

DISEÑO DEL MURO DEL CARCAMO CARCAMO DE LODOS

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

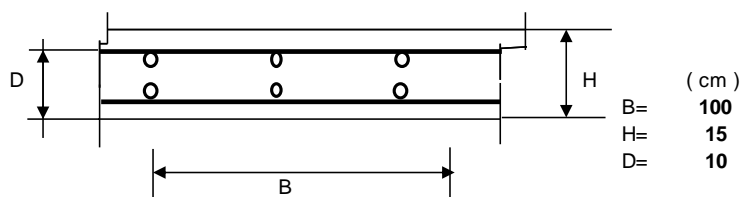
$$(-) MF = 0.468 \times 1.50 = 0.702 \quad \text{ton m}$$

$$VF = 1.166 \times 1.50 = 1.749 \quad \text{ton}$$

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

$$(-) MF = 0.702 \quad \text{ton m}$$

$$VF = 1.749 \quad \text{ton}$$



$$M_{\text{máx.}} = 0.702 \quad \text{ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = 1.749 \quad \text{ton}$$

DISEÑO POR EL METODO DE RESISTENCIA ULTIMA DEL ACI-83

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

$$f'_c = 350 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$z = 25895 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{EXPOSICION EXTERIOR}$$

$$k = 0.85$$

$$f^*c = 280 \quad \text{kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE BALANCEADO:

$$P_b = (0.85 \cdot k \cdot f'_c / f_y) (6000 / (6000 + f_y)) =$$

$$P_b = 0.0354$$

$$P_{\text{máx.}} = 0.75 \cdot P_b = 0.0266$$

LA RESISTENCIA NECESARIA

$$R_n = ((P_{\text{máx.}})(f_y)) (1 - ((0.50 \cdot P_{\text{máx.}} \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c)))$$

$$R_n = 90.64 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.90$$

$$BD^2 = MU / (\phi \cdot R_n) = 860.50 \quad \text{cm}^3$$

$$BD^2 = 860.50 \quad \text{cm}^3$$

$$B = 100.00 \quad \text{cm}$$

$$\Rightarrow D = 2.93 \quad \text{cm} \quad \mathbf{10.00} \quad \text{cm}$$

DETERMINANDO:

$$R_n = \frac{M_U}{(\phi \cdot B D^2)} = 7.80 \text{ kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE: (METODO EXACTO):

$$P = \left(\frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c} \right)} \right) = 0.0019$$

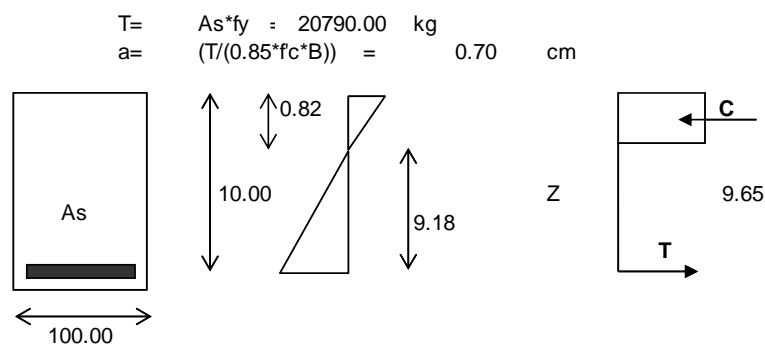
EL REFUERZO REQUERIDO

$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot B \cdot D & 1.88 & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{mín}} &= (0.0025) \cdot B \cdot l & 2.50 & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{real}} &= & 4.95 & \text{cm}^2 \end{aligned}$$

REFUERZO POR PROYECTO :

vars. # 3 (3/8") Ø @ 15 cm

REVISION DE LA PRECISION DE LOS CALCULOS:



RESISTENCIA A MOMENTO DE DISEÑO.

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= (0.90) \cdot (T \cdot (D - (a/2))) = 180572 \text{ kg cm} \\ \phi \cdot M_n &= 1.806 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0.702 \text{ ton m} \\ \phi \cdot M_n &= 1.806 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

ACEPTABLE

SELECCIONAR EL REFUERZO POR FLEXION.

núm.	diámetro	$A_s = \text{cm}^2$
# 1/4"	0.635	0.32
# 5/16"	0.79	0.49
# 3/8"	0.95	0.71
# 1/2"	1.27	1.27
# 5/8"	1.59	1.98
# 3/4"	1.91	2.85

$$A_{st} = 4.95 \quad 4.95 \text{ cm}^2 > 2.50 \text{ cm}^2$$

DETERMINACION DE Z:

$$Z = fs * \text{RAIZ CUBICA}(dc * A) =$$

$$dc = 5.63 \text{ cm}$$

$$fs = 0.60fy = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 2 * dc * B / (\text{núm. vars.}) = 160.71 \text{ cm}^2/\text{varilla}$$

$$Z = (fs) * \text{RAIZ CUB.}(dc * A) = 24366 \text{ kg/cm}^2$$

$$24366 < 25895$$

ACCEPTABLE

REVISION POR CORTANTE

DATOS:

$$VU = 1.749 \text{ ton} = 1749 \text{ kg}$$

$$MU = 0.702 \text{ ton m} = 70200 \text{ kg cm}$$

CUANTIA (p) DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

$$p = As / Ac = p = As \text{ real} / B \times D = 0.00495$$

PARA ELEMENTOS ANCHOS

EL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA NO SERA MAYOR DE 60 cm

$$\text{ADEMAS LA RELACION } M/Vd < 2.00 \quad M/Vd = 4.01 < 2.00$$

POR LO TANTO LA FUERZA RESISTENTE SERA.

$$Vcr = (0.50) \times Fr \times B \times D \times \sqrt{f'c} =$$

$$Vcr = 6693 \text{ kg}$$

CONTRIBUCION DEL CONCRETO

CORTANTE RESISTENTE:

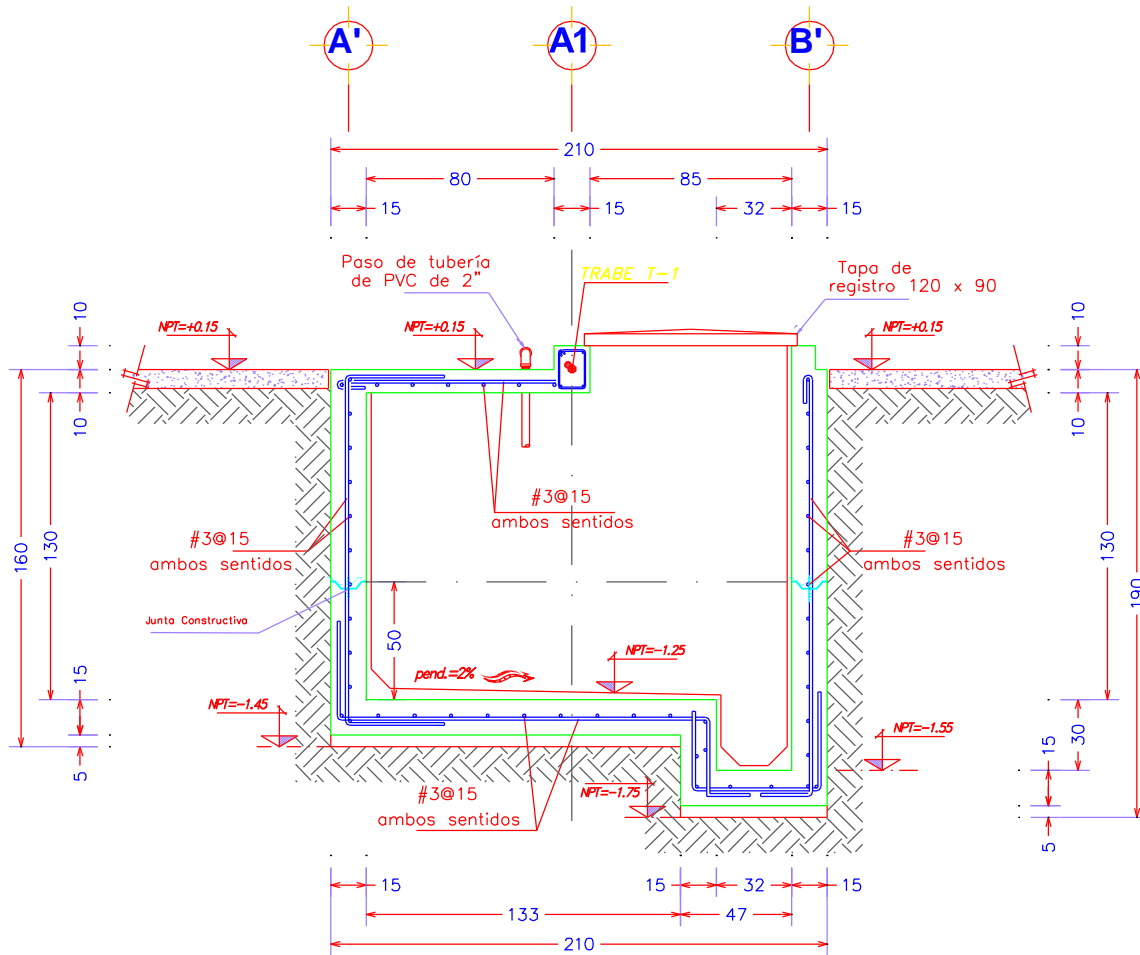
$$Vcr = 6693 \text{ kg}$$

$$\text{CORTANTE ACTUANTE : } VU = 1749 \text{ kg}$$

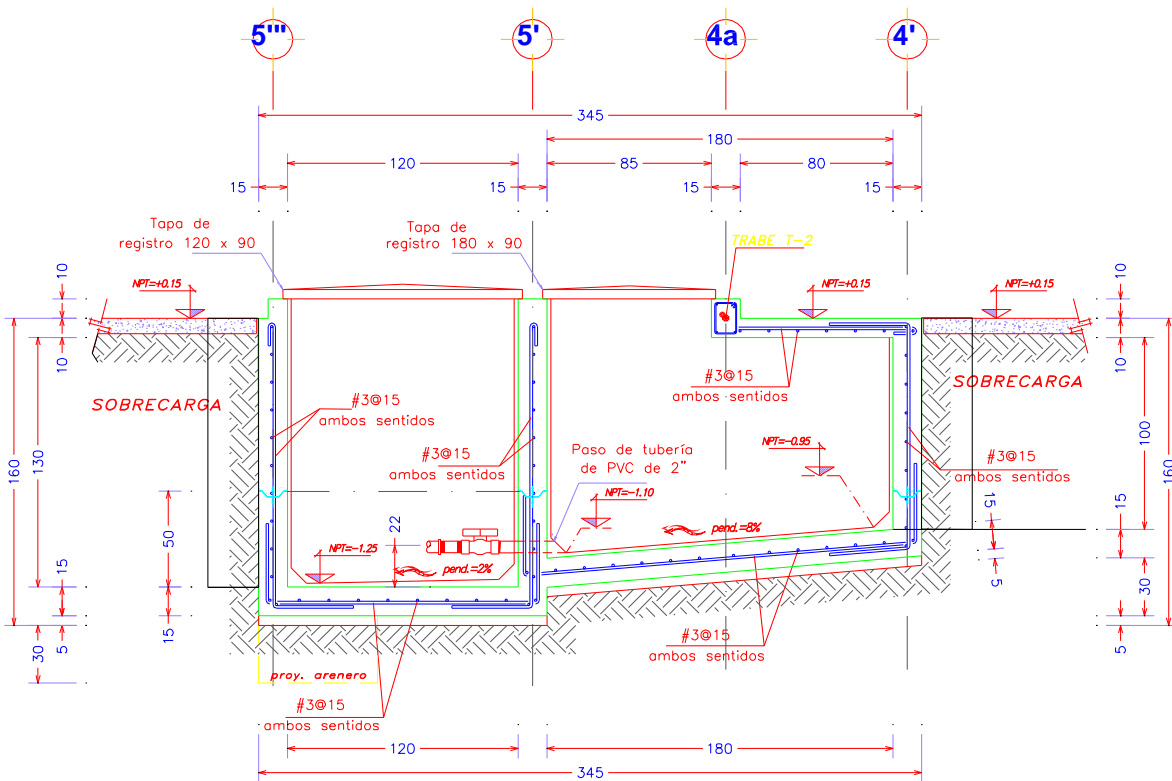
$$VU < Vcr$$

ACCEPTABLE EL ESPESOR

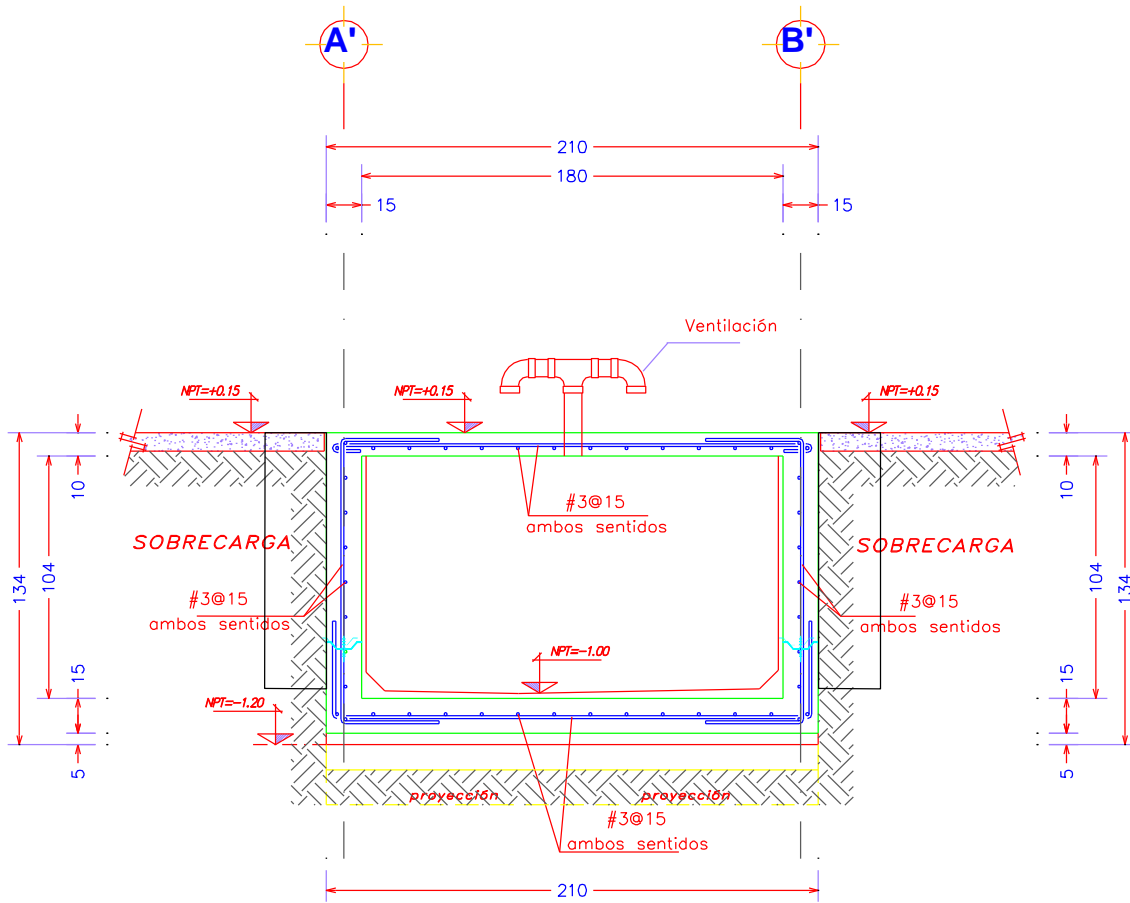
7.6.3.16 LOS REFUERZOS DE LOS MUROS Y LOSAS



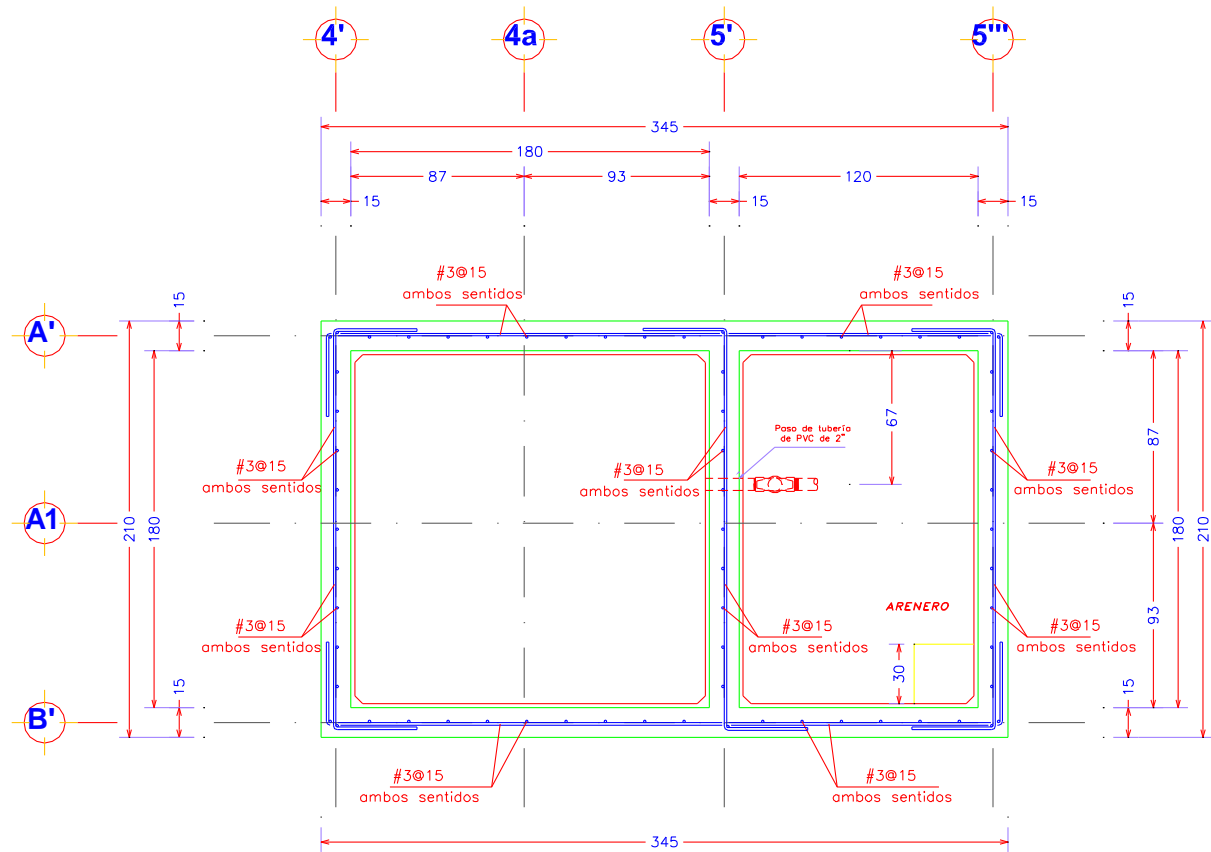
CARCAMO DE LODOS
REFUERZO EN CORTE A-A



CARCAMO DE LODOS
REFUERZO EN CORTE B-B



CARCAMO DE LODOS
REFUERZO EN CORTE C-C



CARCAMO DE LODOS
REFUERZO EN LOS MUROS

7.6.4 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN PARA LOS FILTROS

7.6.4.1 DESCRIPCIÓN

Se proyecta una losa de cimentación de concreto reforzado que apoyará a dos Filtros de acero de 1.85 m de diámetro y una altura de 2.36 m, cada uno. Trasmite la carga a través de cuatro apoyos en cada filtro, perimetralmente distribuidos en el diámetro del filtro.

Los apoyos del filtro transmiten las cargas a dados o columnas cortas, también son de concreto reforzado. La losa de cimentación es de sección rectangular de 2.50 x 5.80 m y espesor de 25 cm, ya que soportará dos filtros.

7.6.4.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

La losa de cimentación transmitirá las descargas de los filtros llenos de agua más el peso propio de los Filtros, al suelo. Esta losa de cimentación deberá transmitir las cargas verticales y las cargas producidas por el efecto del sismo, al suelo.

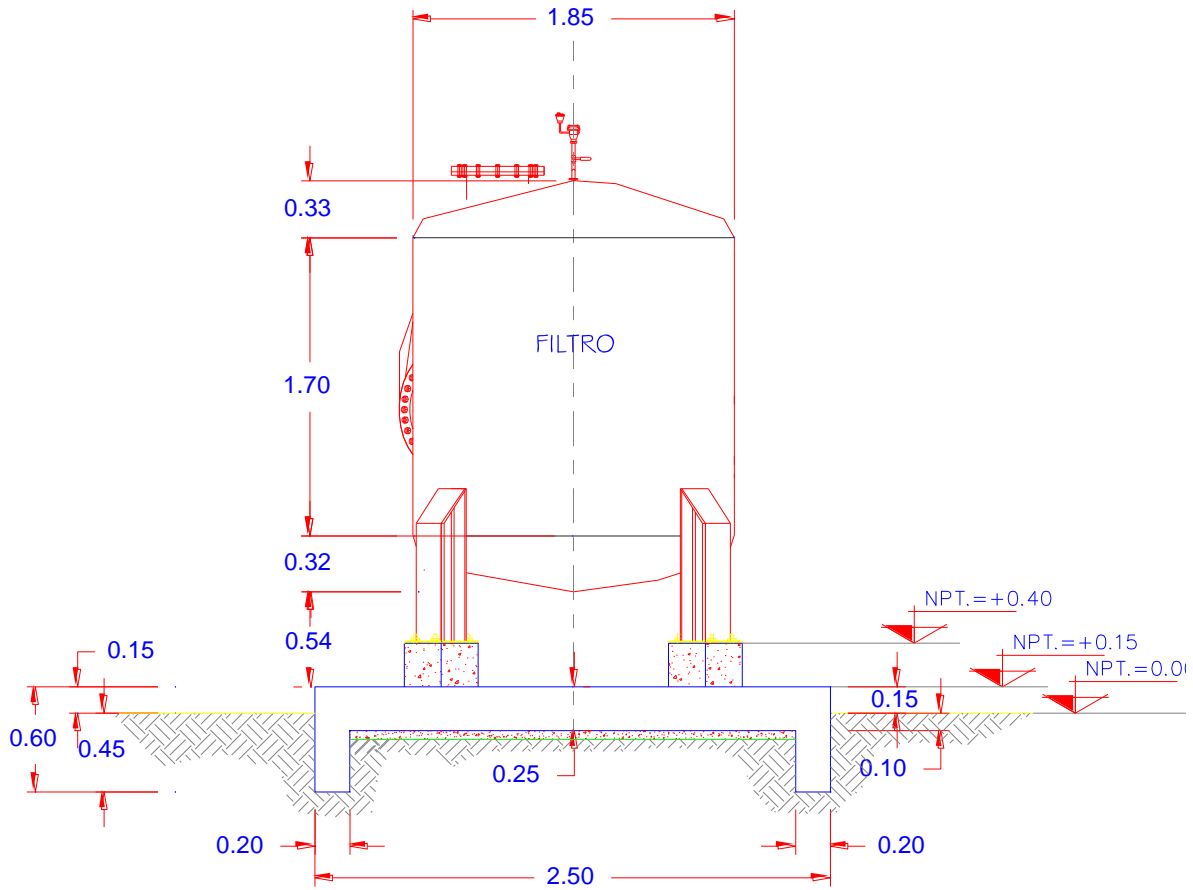
La losa de cimentación tiene un dentellón perimetral y apoyos de concreto reforzado.

7.6.4.3 MATERIALES

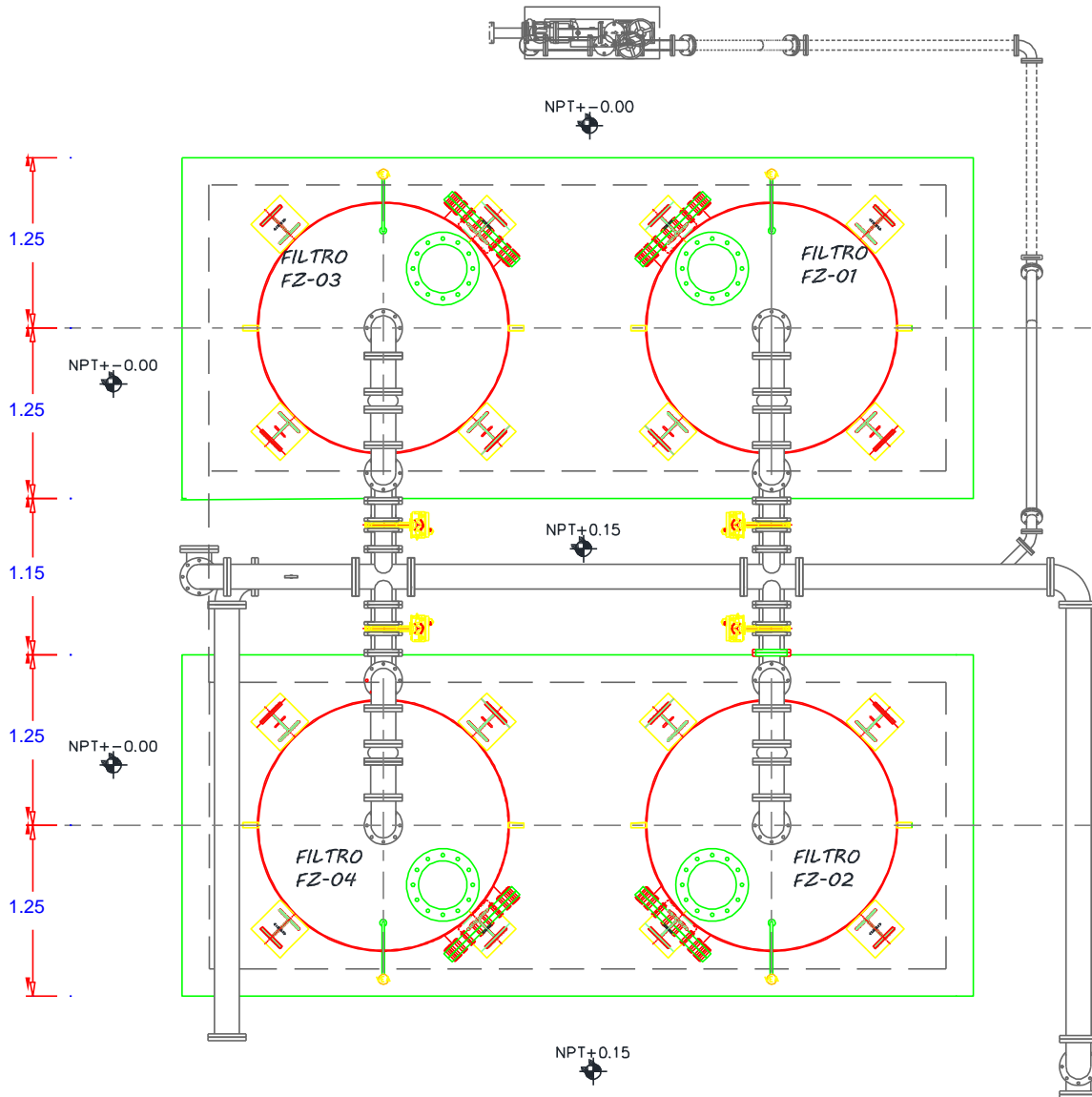
Concreto en la losa de cimentación	$f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo de varilla corrugada	$f_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de las anclas de varilla corrugada	$f_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$

7.6.4.4 CARGAS DE DISEÑO

Se calculan las cargas muertas conforme al peso específico de los materiales las cuales son el peso propio de los filtros de acero más el peso del agua contenida en el filtro. Se analiza también el efecto del sismo considerando el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

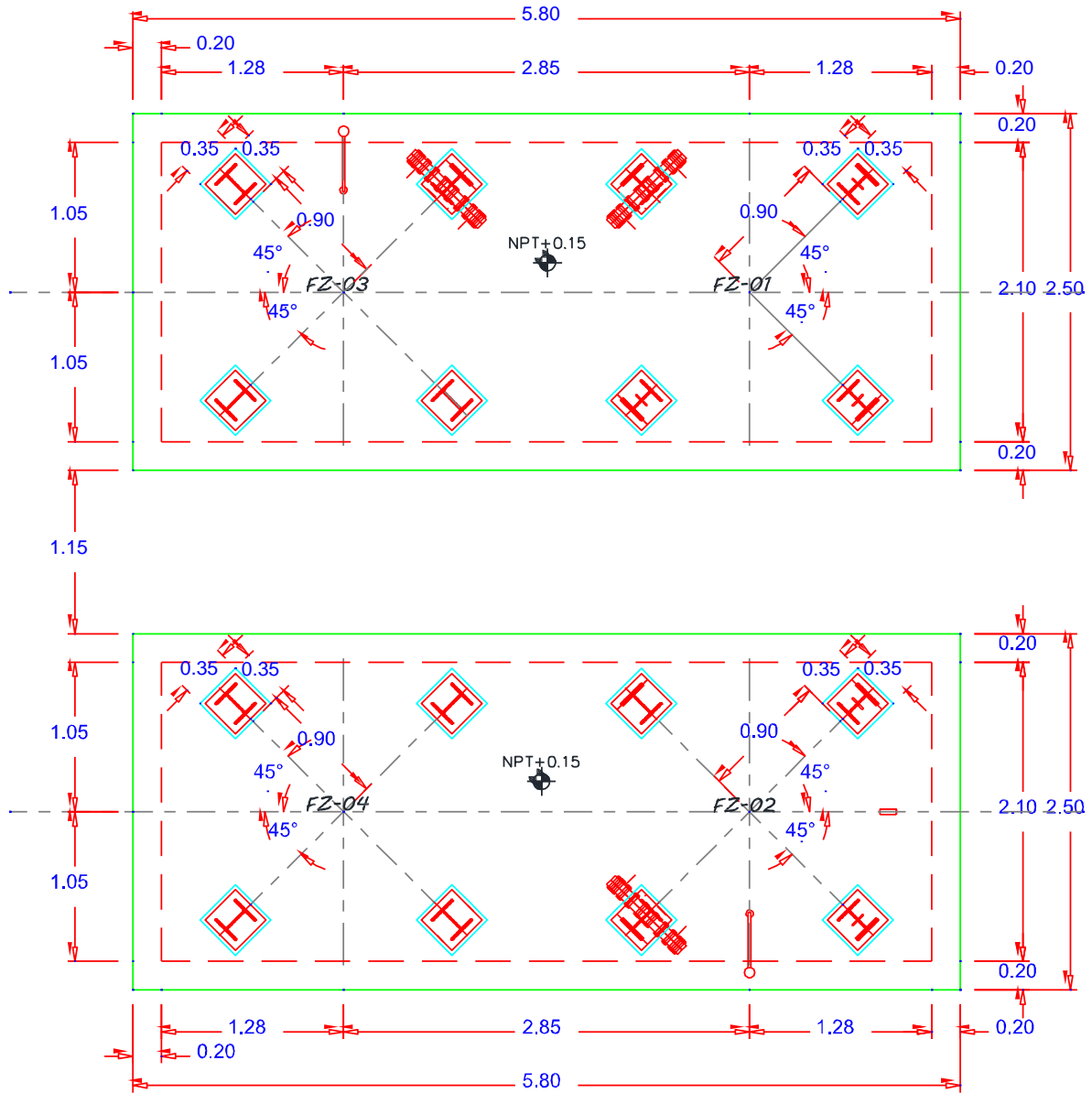


ELEVACION TRANSVERSAL DE LOS FILTROS



PLANTA GENERAL PARA LOS FILTROS

CONJUNTO DE FILTROS



CIMENTACION GENERAL PARA LOS FILTROS

CONJUNTO DE FILTROS

7.6.4.6 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS SÍSMICO

Información obtenida del Manual de Obras Civiles para sismo, de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.)

Estado	Guanajuato
Localidad	Centro de Guanajuato
Estructura grupo	- A -
Tipo de suelo	- II -
Regionalización sísmica	- B -

Para las estructuras que componen los sistemas de agua potable, que pertenecen al grupo A, los valores de las ordenadas espectrales se multiplican por 1.5 a fin de tomar la importancia de la estructura.

Aceleración	$a_0 = 1.50 \times 0.08 = 0.12$
Periodo inicial característico	$T_a = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Periodo final característico	$T_b = 1.50 \times 1.50 = 2.25$
Coefficiente sísmico	$C_s = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Factor de Comportamiento	$Q = 2.0$
Coefficiente sísmico de diseño	$C_{sd} = 0.45 / 2.0 = 0.225$

7.6.4.7 MATERIALES

Concreto y acero de refuerzo.

El cemento especificado cumplirá con las normas y sus características serán las necesarias para alcanzar la resistencia del concreto y durabilidad, que será:

Concreto en plantillas $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$

Concreto en losa de piso (cimentación) $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad $E_c = 14,000(250)^{1/2} = 221,360 \text{ kg/cm}^2$.

Agregado grueso de origen volcánico y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Arena con baja potencialidad a la reacción álcali agregado

Cemento tipo I

Resistencia a la compresión, a los 28 días, de $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico del concreto reforzado. $\delta_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$

Acero de refuerzo, varilla corrugada. $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad $E_s = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$

7.6.4.8 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de Mecánica de Suelos, realizado el Ing. Roberto Roiz Hernández, reportó los siguientes resultados:

Se determinó un ángulo de fricción interna " ϕ " = 0° y un peso volumétrico $\delta_t = 1.30 \text{ ton/m}^3$.

La cohesión para este suelo es de $C = 4.50 \text{ ton/m}^2$.

No se detectó agua freática.

Para fines de diseño estructural se considera que el subsuelo en el predio corresponde al de "Tipo II", es decir, un suelo firme.

Los tanques de acero "Sedimentador" y "Filtro" se ubican dentro de las estructuras "Tipo A", que son esencialmente importantes para servicio público.

La capacidad admisible del suelo para estas cimentaciones es de $F_t = 11.5 \text{ ton/m}^2$.

7.6.4.9 TIPO DE CIMENTACIÓN

Con base en las propiedades mecánicas del subsuelo estudiado y con el tipo de apoyo de los filtros que son de acero, con cuatro (4) apoyos o columnas cortas para cada

filtro, distribuidas en un área de 1.85 m de diámetro, con descarga uniforme a través de los apoyos, con las cargas de los filtros llenos de agua, se propone una losa de cimentación superficial de 25 cm de espesor con un dentellón perimetral en la losa.

Esta losa de cimentación deberá tener un área suficiente para que las descargas producidas por los propios filtros y por el efecto sísmico sean menores o iguales a la capacidad admisible del suelo a la compresión.

7.6.4.10 PESO DEL FILTRO

El material de los filtros es acero.

El contenido del filtro es agua.

Peso del recipiente (filtro). $W_1 = 0.45 \text{ ton}$

Peso del agua en el recipiente. $W_2 = 5.65 \text{ ton}$

Peso total del filtro $W_t = 6.10 \text{ ton}$

Peso total de dos filtros $W_t = 12.20 \text{ ton}$

7.6.4.11 PESO DE LA CIMENTACIÓN PARA LOS DOS FILTROS

Peso de la losa de cimentación. $W_3 = 2.50 \times 5.80 \times 0.25 \times 2.40 = 8.700 \text{ ton}$

Peso de los dados. $W_4 = 0.35 \times 0.35 \times 0.25 \times 2.40 \times 8 = 0.588 \text{ ton}$

Peso total de la cimentación. $W_c = 9.288 \text{ ton}$

7.6.4.12 ESFUERZOS EN EL TERRENO POR CARGA VERTICAL

Considerando una cimentación rectangular $2.50 \times 5.80 \times 0.25 \text{ m}$

Área de la cimentación $A = 2.50 \times 5.80 = 14.50 \text{ m}^2$

Peso total de los filtros $W_t = 12.200 \text{ ton}$

Peso total de la cimentación. $W_c = 9.288 \text{ ton}$

Peso total $W_f = 12.200 + 9.288 = 21.488 \text{ ton}$

Los esfuerzos en el terreno.

$$F_t = 21.488 / 14.50 = 1.48 \text{ ton/m}^2$$

$$F_t = 1.48 \text{ ton/m}^2 < F_p = 11.50 \text{ ton/m}^2$$

7.6.4.13 *ESFUERZOS EN EL TERRENO POR EFECTO SÍSMICO*

Peso total de los filtros $W_t = 12.200 \text{ ton}$

Peso total del Filtro para análisis por sismo. $W_f = 0.45 + (80\% \times 5.65) = 4.97 \text{ ton}$

Peso total $W_F = 2 \times 4.97 + 9.288 = 19.228 \text{ ton}$

Coefficiente sísmico de diseño $C_{sd} = 0.225$

Fuerza sísmica $F = 2 \times 4.97 \times 0.225 = 2.237 \text{ ton}$

Distancia a la fuerza sísmica $d = 2.56 \text{ m}$

Momento por efecto sísmico $M = 2.237 \times 2.56 = 5.727 \text{ ton m}$

Momento de inercia de la cimentación

en el sentido corto. $I = 7.552 \text{ m}^4$

Los esfuerzos en el terreno.

$$F_t = (W_F/A) \pm (M \times Y/I)$$

$$F_t = (19.228/ 14.50) \pm ((5.727 \times 1.25) / 7.552) = 1.32 \pm 0.95 =$$

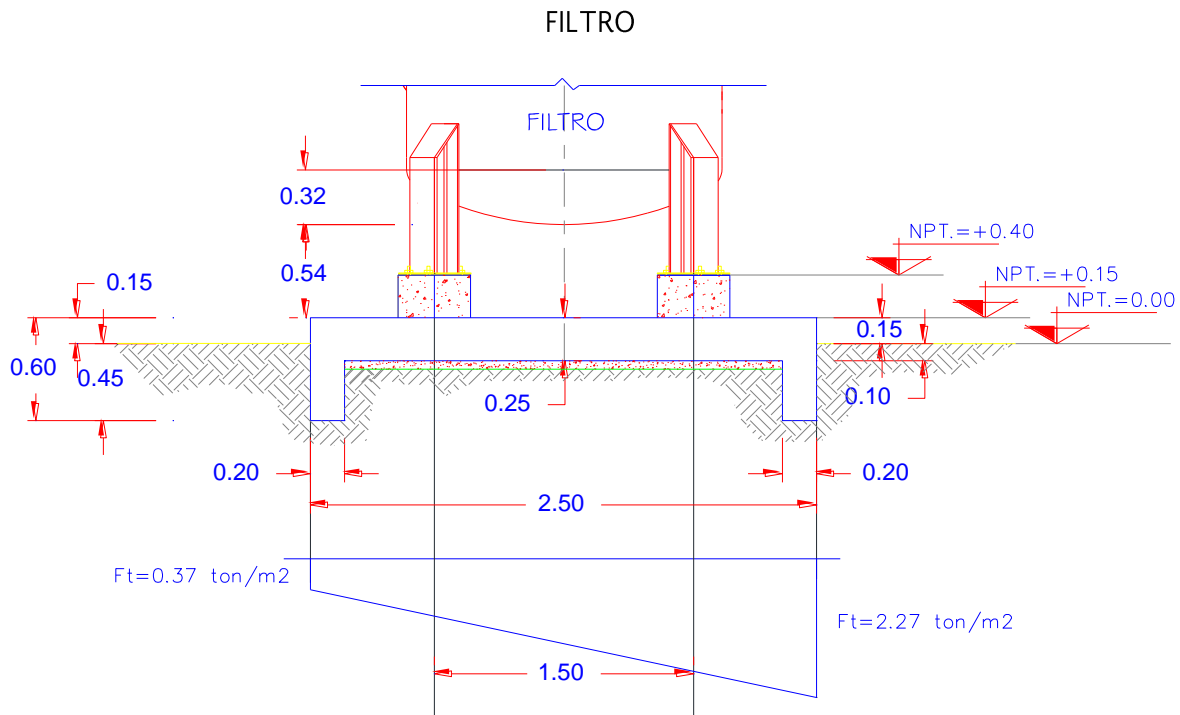
$$F_{t\text{máx.}} = 2.27 \text{ ton/m}^2 < F_p = 11.50 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{t\text{mín.}} = 0.37 \text{ ton/m}^2$$

7.6.4.14 *LOS PESOS VOLUMÉTRICOS*

Peso volumétrico del agua	$\gamma_a = 1.00 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico de la losa	$\gamma_w = 2.40 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del acero	$\gamma_t = 7.85 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del relleno	$\gamma_r = 1.70 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del concreto ref.	$\gamma_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$

7.6.4.15 DISEÑO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN



ESFUERZOS ACTUANTES EN EL TERRENO

La losa de cimentación se analiza con la reacción del terreno, considerando una carga uniforme de 1.60 ton/m^2 , en el centro del claro. Se analiza el claro central ya que está limitado por las franjas de los apoyos. El claro es de aproximadamente de 1.50 m . El espesor de la losa de cimentación es de 25 cm .

Los elementos mecánicos de diseño, analizados por metro lineal:

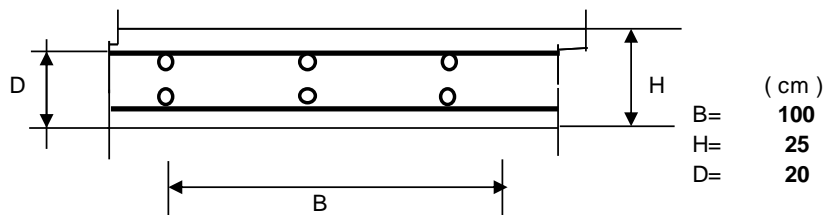
La carga uniforme	$\omega = 1.60 \text{ ton/m}$
La carga de diseño	$\omega_d = 1.60 - 2.40 \times 0.25 = 1.00 \text{ ton/m}$
El momento máximo	$M = 1.00 \times 1.50^2 / 12 = 0.188 \text{ ton m}$
El cortante máximo	$V = 1.00 \times 1.50 / 2 = 0.75 \text{ ton}$
El momento máximo factorizado	$M_f = 1.50 \times 0.188 = 0.282 \text{ ton m}$
El cortante máximo factorizado	$V_f = 1.50 \times 0.75 = 1.125 \text{ ton}$

LOSA DE CIMENTACION PARA FILTRO LOSA DE CIMENTACION

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

$$M_d = (1.50)(0.188) = \quad (-) MF = \quad 0.282 \quad \text{ton m}$$

$$V_d = (1.50)(0.750) = \quad VF = \quad 1.125 \quad \text{ton}$$



$$M_{\text{máx.}} = \mathbf{0.282} \quad \text{ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = \mathbf{1.125} \quad \text{ton}$$

DISEÑO POR EL METODO DE RESISTENCIA ULTIMA DEL ACI-83

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

$f'_c =$	250	kg/cm ²	
$f_y =$	4200	kg/cm ²	
$z =$	25895	kg/cm ²	EXPOSICION EXTERIOR
$k =$	0.85		
$f^*_c =$	200	kg/cm ²	

EL PORCENTAJE BALANCEADO:

$$P_b = (0.85 * k * f'_c / f_y) (6000 / (6000 + f_y)) =$$

$$P_b = \quad 0.0253$$

$$P_{\text{máx.}} = 0.75 * P_b = \quad \mathbf{0.0190}$$

LA RESISTENCIA NECESARIA

$$R_n = ((P_{\text{máx.}})(f_y)) / (1 - ((0.50 * P_{\text{máx.}} * f_y) / (0.85 * f'_c)))$$

$$R_n = \quad 64.75 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\phi = \quad 0.90$$

$$BD^2 = MU / (\phi * R_n) = \quad 483.94 \quad \text{cm}^3$$

$$BD^2 = \quad 483.94 \quad \text{cm}^3$$

$$B = \quad \mathbf{100.00} \quad \text{cm}$$

$$\Rightarrow \quad D = \quad 2.20 \quad \text{cm} \quad \mathbf{20.00} \quad \text{cm}$$

DETERMINANDO:

$$R_n = \frac{M_U}{(\phi \cdot B D^2)} = 0.78 \quad \text{kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE: (METODO EXACTO):

$$P = \left(\frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c} \right)} \right) = 0.0002$$

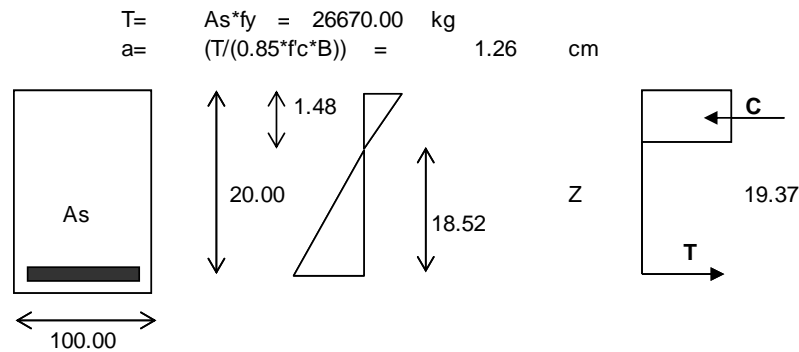
EL REFUERZO REQUERIDO

$$\begin{aligned} A_s &= P \cdot B \cdot D & \mathbf{0.37} & \text{cm}^2 \\ A_{s\text{mín}} &= (0.003)(B \cdot D) & 6.00 & \text{cm}^2 \\ A_s \text{ real} &= & \mathbf{6.35} & \text{cm}^2 \end{aligned}$$

REFUERZO POR PROYECTO :

vars. # 4 (1/2") Ø @ 20

REVISION DE LA PRECISION DE LOS CALCULOS:



RESISTENCIA A MOMENTO DE DISEÑO.

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= (0.90)(T \cdot (D - (a/2))) = 464997.41 \quad \text{kg cm} \\ \phi \cdot M_n &= 4.650 \quad \text{ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0.282 \quad \text{ton m} \\ \phi \cdot M_n &= 4.650 \quad \text{ton m} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi \cdot M_n$$

ACEPTABLE

SELECCIONAR EL REFUERZO POR FLEXION.

núm.	diámetro	$A_s = \text{cm}^2$
# 1/4"	0.635	0.32
# 5/16"	0.79	0.49
# 3/8"	0.95	0.71
# 1/2"	1.27	1.27
# 5/8"	1.59	1.98
# 3/4"	1.91	2.85

$$A_{st} = 6.35 \quad 6.35 \quad \text{cm}^2 > 6.0 \quad \text{cm}^2$$

DETERMINACION DE Z:

$$Z = f_s \cdot \text{RAIZ CUBICA}(d_c \cdot A) =$$

$$d_c = 5.63 \quad \text{cm}$$

$$f_s = 0.60 f_y = 2520 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$A = 2 \cdot d_c \cdot B / (\text{núm. vars.}) = 187.50 \quad \text{cm}^2/\text{varilla}$$

$$Z = (f_s) \cdot \text{RAIZ CUB.}(d_c \cdot A) = 25651 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$25651 < 25895$$

ACCEPTABLE

REVISION POR CORTANTE

DATOS:

$$V_U = 1.125 \quad \text{ton} \quad 1125 \quad \text{kg}$$

$$M_U = 0.282 \quad \text{ton m} \quad 28200 \quad \text{kg cm}$$

CUANTIA (ρ) DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

$$\rho = A_s / A_c = \rho = A_s \text{ real} / B \times D = 0.0032$$

$$\text{SI } \rho < 0.015 \quad V_{cr1} = (0.20 + 20\rho) \times F_r \times B \times D \times \sqrt{f^*c} =$$

$$V_{cr1} = 5962 \quad \text{kg}$$

$$\text{SI } \rho > 0.015 \quad V_{cr2} = (0.50) \times F_r \times B \times D \times \sqrt{f^*c} =$$

$$V_{cr2} = 11314 \quad \text{kg}$$

CONTRIBUCION DEL CONCRETO

CORTANTE RESISTENTE:

$$V_{cr} = (V_{cr1} + V_{cr2}) / 2 = 8638 \quad \text{kg}$$

CORTANTE ACTUANTE :

$$V_U = 1125 \quad \text{kg}$$

$$V_U < V_{cr}$$

ACCEPTABLE EL ESPESOR

7.6.4.16 DISEÑO DE LAS ANCLAS

Cortante sísmico total (1 filtro)	$V_S = 2.237 / 2 = 1.118 \text{ ton}$
Momento sísmico total	$M_S = 1.118 \times 2.31 = 2.584 \text{ ton m}$
Distancia a ejes de anclas	$d = 1.60 \text{ m}$
Fuerza de tensión actuante ton	$T = M / d = 2.584 / 1.60 = 1.615$
Total de anclas en los dos apoyos	8 anclas
Fuerza de tensión actuante en cada ancla	$T_a = 1.615 / 8 = 0.202 \text{ ton}$
Factorizando la fuerza de tensión	$T_f = 0.202 \times 1.50 = 0.303 \text{ ton}$
Utilizando varilla corrugada	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo permisible a la tensión	$f_s = 0.80 \times 4,200 = 3,360 \text{ kg/cm}^2$

Tensión resistente para varillas:

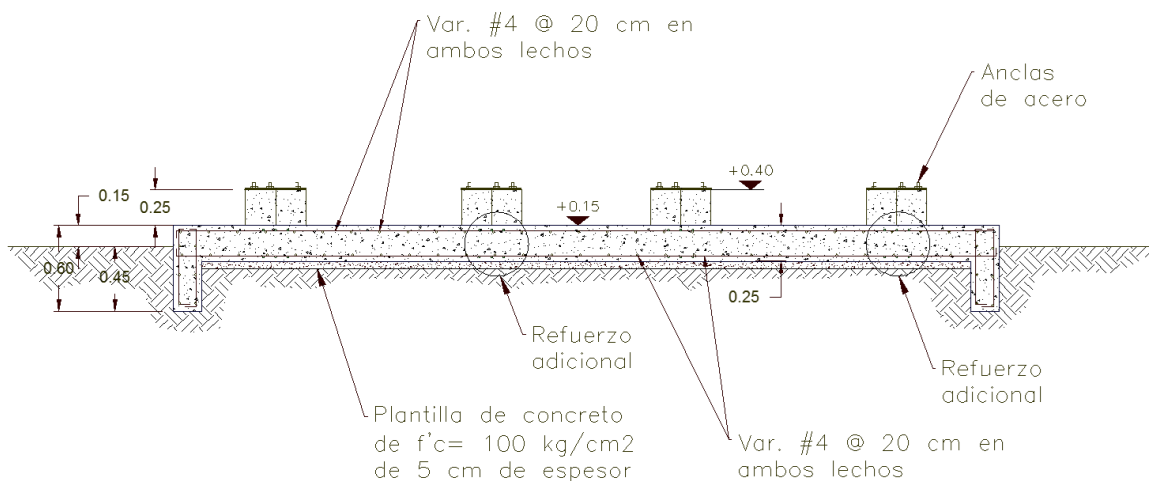
1 Vars. # 4 (1/2")	TR = 4,267 kg
1 Vars. # 5 (5/8")	TR = 6,652 kg
1 Vars. # 6 (3/4")	TR = 9,576 kg
1 Vars. # 8 (1")	TR = 17,035 kg

Se proponen anclas de vars. # 4 (1/2"Ø)

Tensión resistente total para 8 anclas de 1/2" Ø de $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$

$$T_T = 8 \times 4.267 = 34.14 \text{ ton}$$

7.6.4.17 REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN



REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN

7.6.5 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN PARA TANQUE SEDIMENTADOR

7.6.5.1 DESCRIPCIÓN

Se proyecta una losa de cimentación de concreto reforzado que apoyara al tanque sedimentador de acero que tiene 3.00 m de diámetro y una altura de 5.16 m. Trasmite la carga a través de seis apoyos perimetralmente distribuidos en el tanque.

Los apoyos del tanque transmiten las cargas a dados o columnas cortas, también son de concreto reforzado. La losa de cimentación es de sección cuadrada de 3.90 x 3.90 m y espesor de 25 cm.

7.6.5.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

La losa de cimentación transmitirá las descargas con tanque lleno de agua más el peso propio del tanque al suelo. Esta losa de cimentación deberá transmitir las cargas verticales y las cargas producidas por el efecto del sismo al suelo.

La losa de cimentación tiene un dentellón perimetral a la losa de cimentación.

7.6.5.3 MATERIALES

Concreto en la losa de cimentación	$f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo de varilla corrugada	$f_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de las anclas de varilla corrugada	$f_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$

7.6.5.4 CARGAS DE DISEÑO

Se calculan las cargas muertas conforme al peso específico de los materiales y éstas son el peso propio del Tanque de acero más el peso del agua contenida en el tanque.

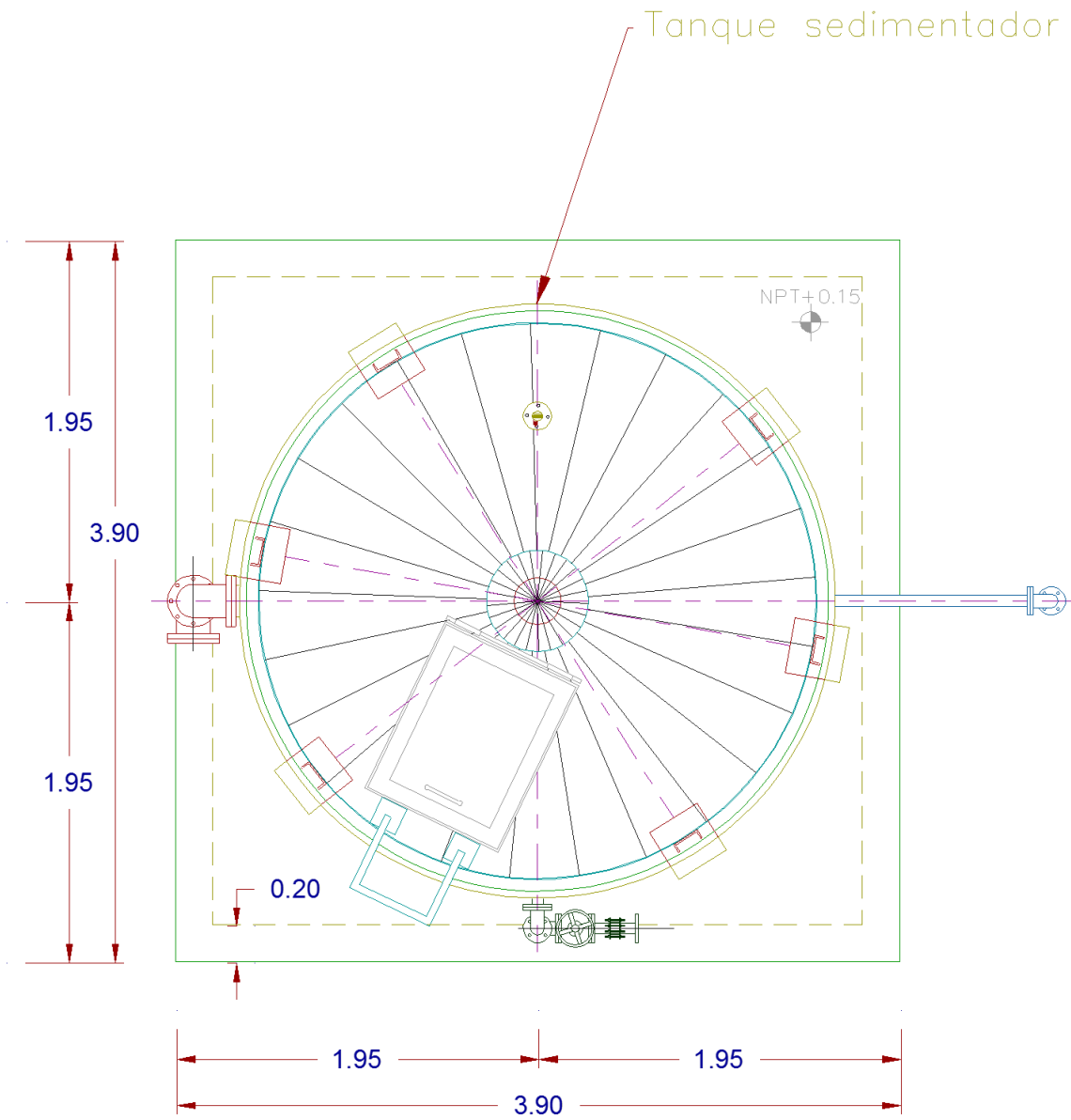
Se analiza también el efecto del sismo considerando el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Para los pesos propios de la cimentación son el concreto reforzado con un peso volumétrico considerado de 2.40 ton/m^3 .

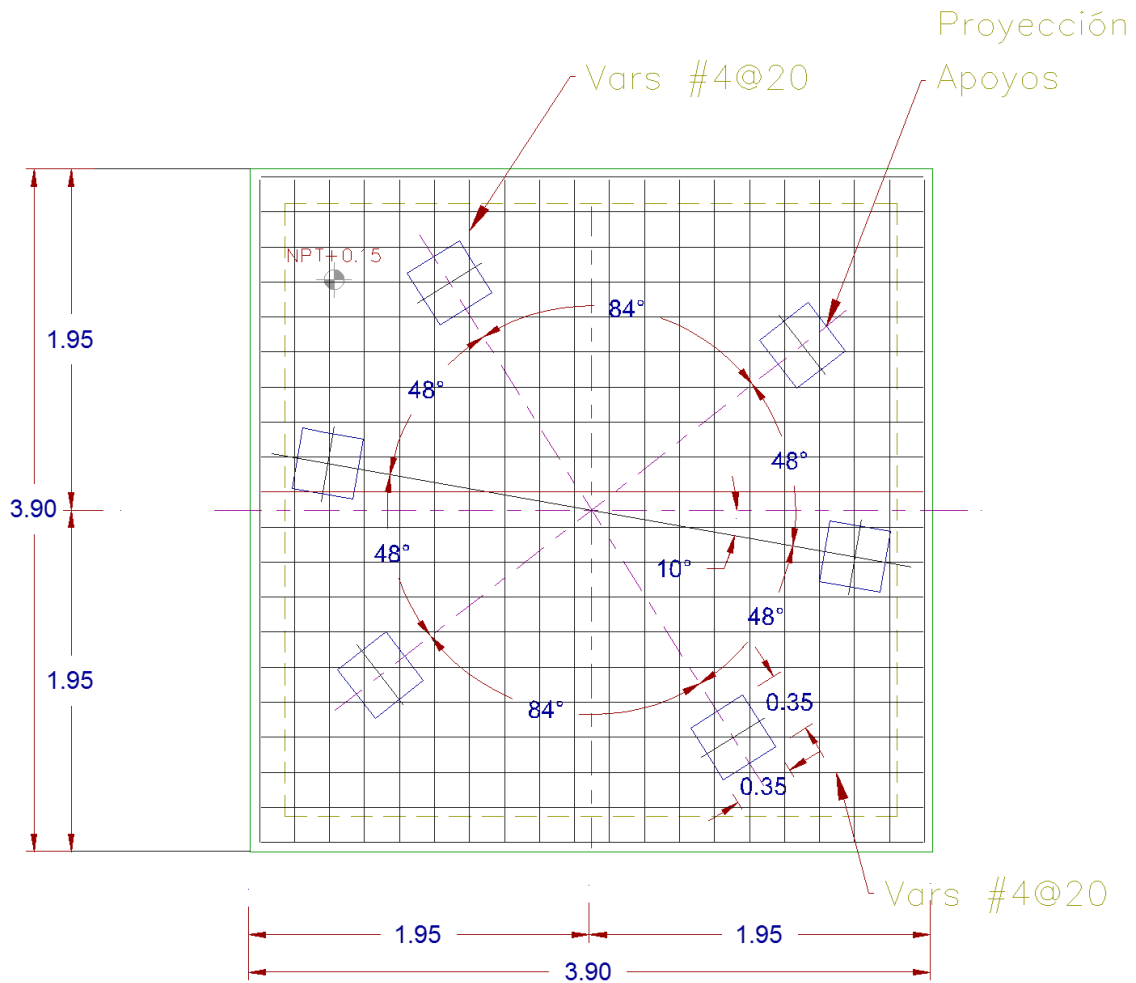
7.6.5.5 REGLAMENTACIÓN

Tanto el análisis como el diseño estructural se llevaron a cabo atendiendo las disposiciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias (2004), en vigor, así como a las indicadas en el Reglamento del American Institute of Concrete (A.C.I.) (2002) y en el American Institute of Steel Construction (A.I.S.C.). (2002)

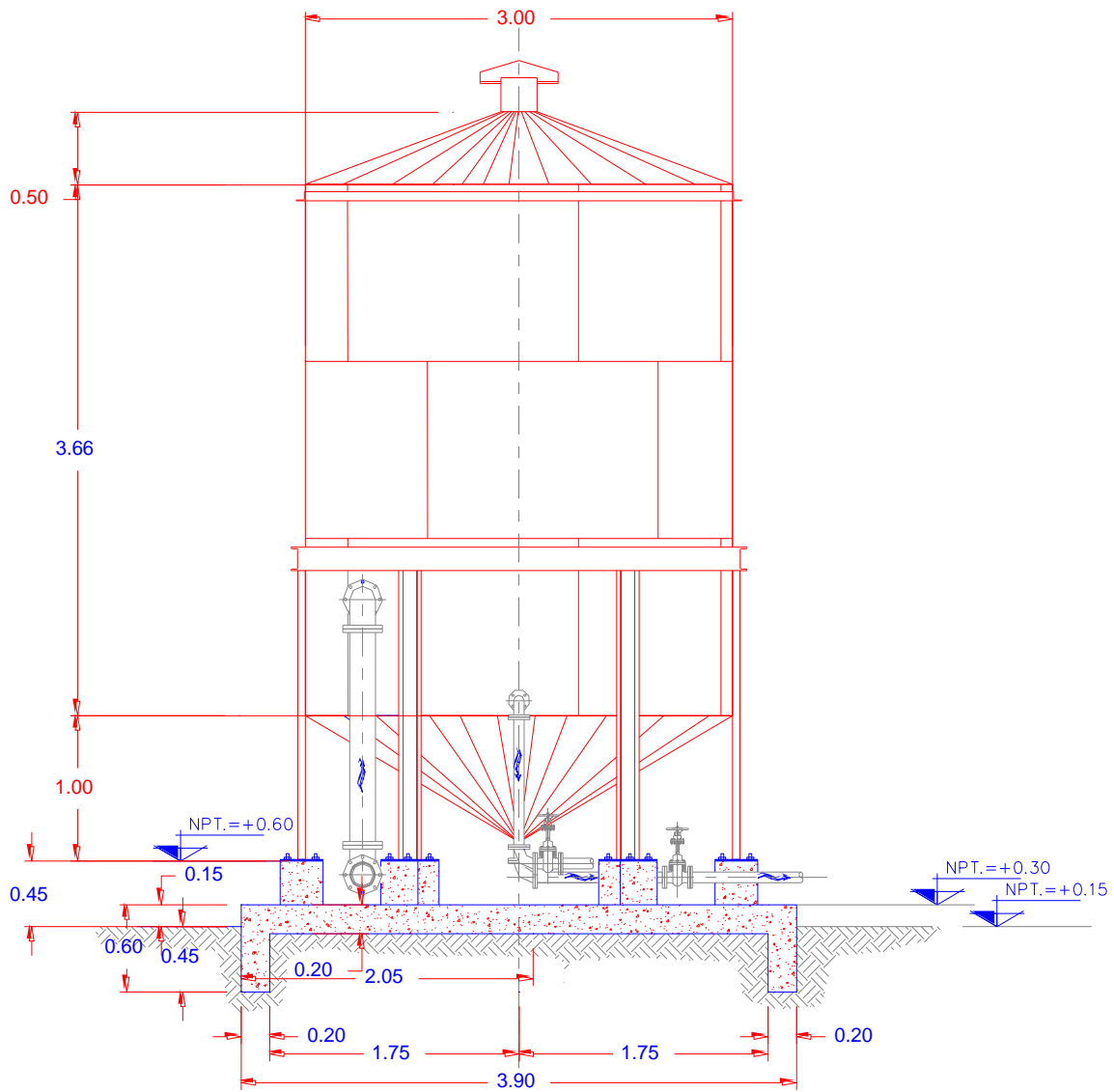
El método que se utiliza para el diseño de los elementos estructurales de concreto reforzado y de acero estructural es el de “Resistencia última “.



PLANTA TANQUE SEDIMENTADOR



PLANTA LOCALIZACION DE APOYOS



ELEVACION DEL TANQUE SEDIMENTADOR

7.6.5.6 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS SÍSMICO

Información obtenida del Manual de Obras Civiles para sismo, de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.)

Estado

Guanajuato

Localidad	Centro de Guanajuato
Estructura grupo	- A -
Tipo de suelo	- II -
Regionalización sísmica	- B -

Para las estructuras que componen los sistemas de agua potable, que pertenecen al grupo A, los valores de las ordenadas espectrales se multiplican por 1.5 a fin de tomar la importancia de la estructura.

Aceleración	$a_0 = 1.50 \times 0.08 = 0.12$
Periodo inicial característico	$T_a = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Periodo final característico	$T_b = 1.50 \times 1.50 = 2.25$
Coefficiente sísmico	$C_s = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Factor de Comportamiento	$Q = 2.0$
Coefficiente sísmico de diseño	$C_{sd} = 0.45 / 2.0 = 0.225$

7.6.5.7 MATERIALES

Concreto y acero de refuerzo.

El cemento especificado cumplirá con las normas y sus características serán las necesarias para alcanzar la resistencia del concreto y durabilidad, que será:

Concreto en plantillas	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en losa de piso (cimentación)	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_c = 14,000(250)^{1/2} = 221,360 \text{ kg/cm}^2$.

Agregado grueso de origen volcánico y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Arena con baja potencialidad a la reacción álcali agregado

Cemento tipo I.

Resistencia a la compresión, a los 28 días, de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico del concreto reforzado. $\delta_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$

Acero de refuerzo, varilla corrugada. $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad $E_s = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$

7.6.5.8 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de Mecánica de Suelos, realizado el Ing. Roberto Roiz Hernández, reportó los siguientes resultados:

Se determinó un ángulo de fricción interna " ϕ " = 0° y un peso volumétrico $\delta_t = 1.30 \text{ ton/m}^3$. La cohesión para este suelo es de $C = 4.50 \text{ ton/m}^2$.

No se detectó agua freática.

Para fines de diseño estructural se considera que el subsuelo en el predio corresponde al de "Tipo II", es decir, un suelo firme.

Los tanques de acero "Sedimentador" y "Filtro" se ubican dentro de las estructuras "Tipo A", que son esencialmente importantes para servicio público. La capacidad admisible del suelo para estas cimentaciones es de $F_t = 11.5 \text{ ton/m}^2$.

7.6.5.9 TIPO DE CIMENTACIÓN

En consideración a las propiedades mecánicas del subsuelo reportado en el informe mecánica de suelos y a las características de las 6 descargas diseñadas en el tanque sedimentador de acero, asimilables a columnas cortas distribuidas en un círculo de 3.00 m de diámetro, con descarga directa al apoyo, se propone una losa de cimentación superficial de 25 cm de espesor con un dentellón perimetral.

Esta losa de cimentación deberá tener un área suficiente para que las descargas producidas por el propio tanque y por el efecto sísmico sean menores o iguales a la capacidad admisible del suelo a la compresión.

7.6.5.10 PESO DEL TANQUE SEDIMENTADOR

El material del tanque es de acero.

El contenido del Tanque es agua.

Peso del recipiente (Tanque).	$W1 = 1.96 \text{ ton}$
Peso del agua en el recipiente.	$W2 = 29.30 \text{ ton}$
Peso total del Tanque sedimentador	$Wt = 31.26 \text{ ton}$

7.6.5.11 PESO DE LA CIMENTACIÓN PARA EL TANQUE SEDIMENTADOR

Peso de la losa de cimentación. ton	$W3 = 3.90 \times 3.90 \times 0.25 \times 2.40 = 9.126$
Peso de los dados. 0.529 ton	$W4 = 0.35 \times 0.35 \times 0.30 \times 2.40 \times 6 =$ 0.529 ton
Peso total de la cimentación.	$Wc = 9.655 \text{ ton}$

7.6.5.12 ESFUERZOS EN EL TERRENO POR CARGA VERTICAL

Considerando una cimentación cuadrada	$3.90 \times 3.90 \times 0.25 \text{ m}$
Área de la cimentación	$A = 3.90 \times 3.90 = 15.21 \text{ m}^2$
Peso total del Tanque sedimentador	$Wt = 31.260 \text{ ton}$
Peso total de la cimentación.	$Wc = 9.655 \text{ ton}$
Peso total	$Wf = 31.260 + 9.655 = 40.915 \text{ ton}$

Los esfuerzos en el terreno.

$$Ft = 40.915 / 15.21 = 2.69 \text{ ton/m}^2$$

$$Ft = 2.69 \text{ ton/m}^2 < Fp = 11.50 \text{ ton/m}^2$$

7.6.5.13 ESFUERZOS EN EL TERRENO POR EFECTO SÍSMICO

Peso total del Tanque sedimentador	$W_t = 31.260 \text{ ton}$
Peso total del Tanque para análisis por sismo.	$W_f = 1.96 + (80\% \times 29.30) = 25.40 \text{ ton}$
Peso total	$W_F = 25.400 + 9.655 = 35.055 \text{ ton}$
Coefficiente sísmico de diseño	$C_{sd} = 0.225$
Fuerza sísmica	$F = 25.40 \times 0.225 = 5.715 \text{ ton}$
Distancia a la fuerza sísmica	$d = 4.66 \text{ m}$
Momento por efecto sísmico	$M = 5.715 \times 4.66 = 26.632 \text{ ton m}$
Momento de inercia de la cimentación	$I = 19.279 \text{ m}^4$

Los esfuerzos en el terreno.

$$F_t = (35.055 / 15.21) \pm ((26.632 \times 1.95) / 19.279) =$$

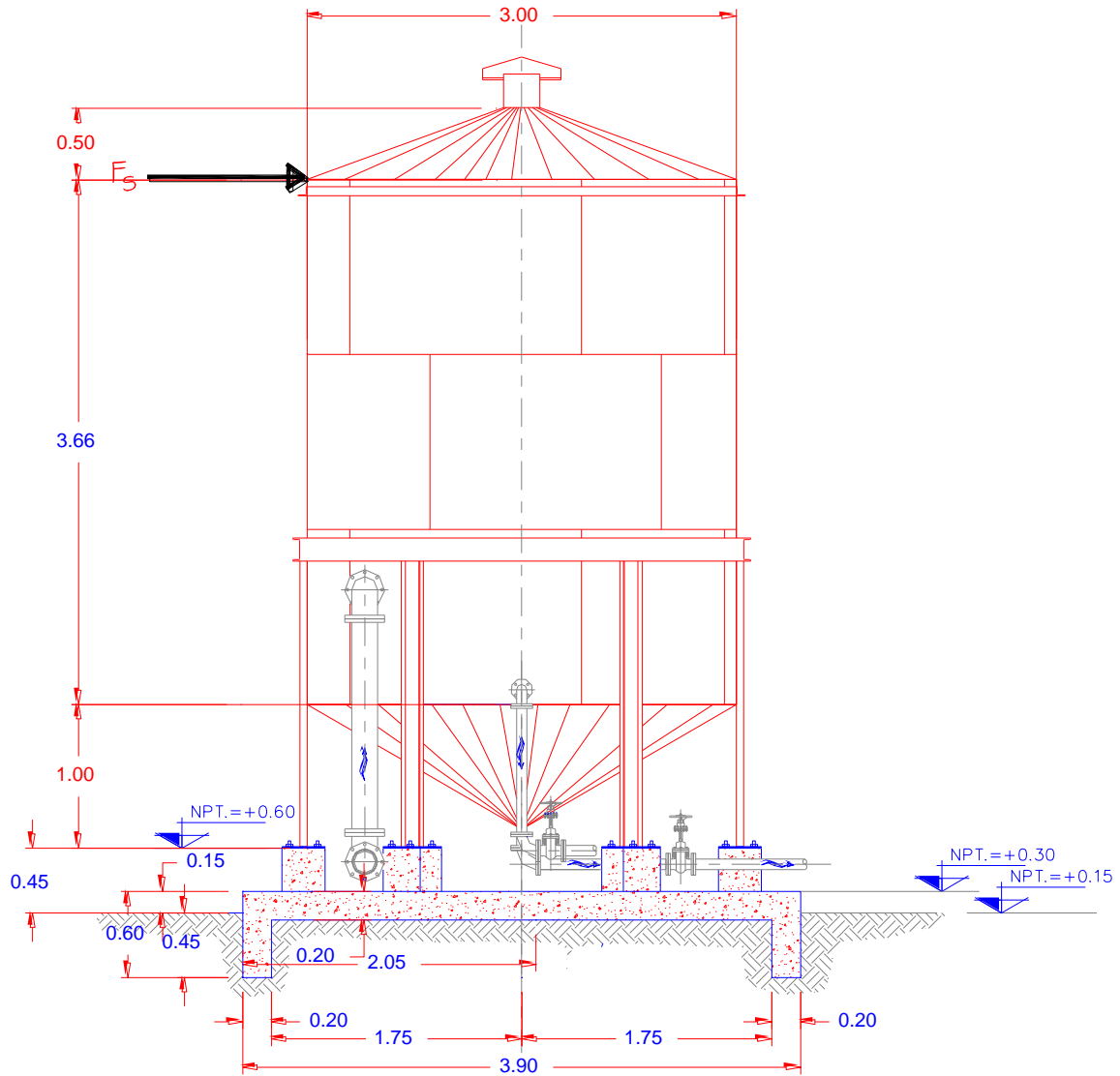
$$F_t = 2.30 \pm 2.70 =$$

$$F_{t\text{máx.}} = 5.00 \text{ ton/m}^2 < F_p = 11.50 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{t\text{mín.}} = -0.40 \text{ ton/m}^2$$

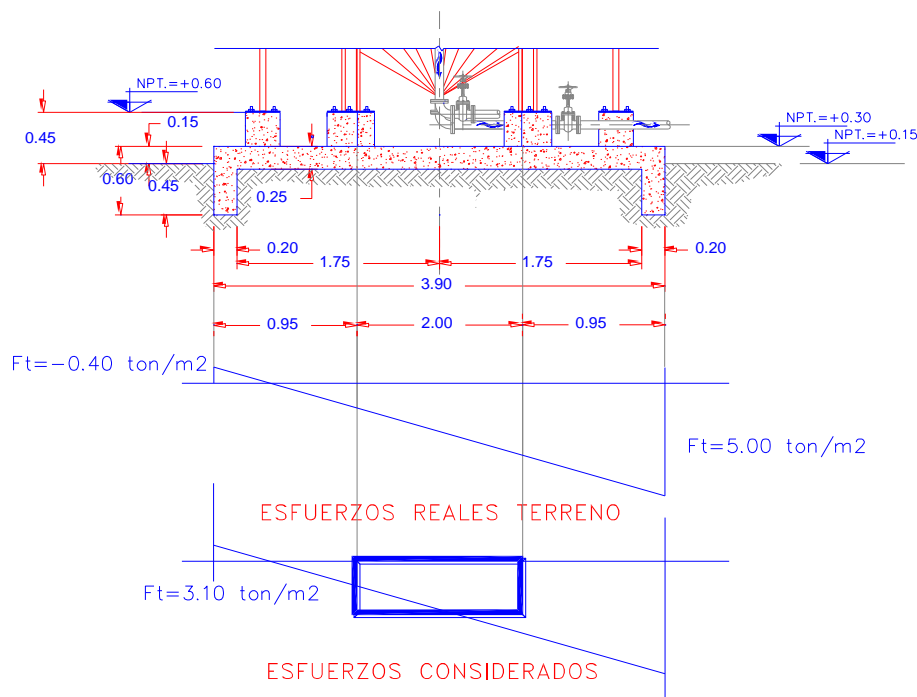
7.6.5.14 LOS PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso volumétrico del agua	$\gamma_a = 1.00 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico de la losa	$\gamma_w = 2.40 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del acero	$\gamma_t = 7.85 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del relleno	$\gamma_r = 1.70 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del concreto ref.	$\gamma_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$



FUERZA SISMICA

7.6.5.15 DISEÑO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN



ESFUERZOS ACTUANTES EN EL TERRENO

La losa de cimentación se analiza con la reacción del terreno, considerando una carga uniforme de 3.10 ton/m², en el centro del claro. Se analiza el claro central ya que está limitado por las franjas de los apoyos. El claro es de aproximadamente 2.00 m. El espesor de la losa de cimentación es de 25 cm.

Los elementos mecánicos de diseño, analizados por metro lineal:

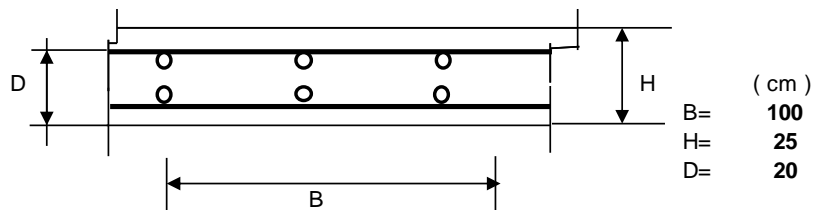
La carga uniforme	$\omega = 3.10 \text{ ton/m}$
La carga de diseño	$\omega_d = 3.10 - 2.40 \times 0.25 = 2.50 \text{ ton/m}$
El momento máximo	$M = 2.50 \times 2.00^2 / 12 = 0.833 \text{ ton m}$
El cortante máximo	$V = 2.50 \times 2.00 / 2 = 2.50 \text{ ton}$
El momento máximo factorizado	$M_f = 1.50 \times 0.833 = 1.250 \text{ ton m}$
El cortante máximo factorizado	$V_f = 1.50 \times 2.50 = 3.750 \text{ ton}$

LOSA DE CIMENTACION PARA TANQUE LOSA DE CIMENTACION

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES PARA DISEÑO

$$M_d = (1.50)(0.833) = \quad (-) MF = \quad 1.250 \quad \text{ton m}$$

$$V_d = (1.50)(2.500) = \quad VF = \quad 3.750 \quad \text{ton}$$



$$M_{\text{máx.}} = \quad 1.250 \quad \text{ton m}$$

$$V_{\text{máx.}} = \quad 3.750 \quad \text{ton}$$

DISEÑO POR EL METODO DE RESISTENCIA ULTIMA DEL ACI-83

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

$f'_c =$	250	kg/cm ²	
$f_y =$	4200	kg/cm ²	
$z =$	25895	kg/cm ²	EXPOSICION EXTERIOR
$k =$	0.85		
$f'_c =$	200	kg/cm ²	

EL PORCENTAJE BALANCEADO:

$$P_b = (0.85 \cdot k \cdot f'_c / f_y) (6000 / (6000 + f_y)) =$$

$$P_b = \quad 0.0253$$

$$P_{\text{máx.}} = 0.75 \cdot P_b = \quad \mathbf{0.0190}$$

LA RESISTENCIA NECESARIA

$$R_n = ((P_{\text{max}})(f_y)) / (1 - ((0.50 \cdot P_{\text{max}} \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c)))$$

$$R_n = \quad 64.75 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\phi = \quad 0.90$$

$$BD^2 = MU / (\phi \cdot R_n) = \quad 2145.13 \quad \text{cm}^3$$

$$BD^2 = \quad 2145.13 \quad \text{cm}^3$$

$$B = \quad \mathbf{100.00} \quad \text{cm}$$

$$\Rightarrow \quad D = \quad 4.63 \quad \text{cm} \quad \mathbf{20.00} \quad \text{cm}$$

DETERMINANDO:

$$R_n = \frac{M_U}{(\phi * B D^2)} = 3.47 \text{ kg/cm}^2$$

EL PORCENTAJE: (METODO EXACTO):

$$P = \left(\frac{0.85 * f_c}{f_y} \right) \left(1 - \text{RAIZ} \left(1 - \left(\frac{2 * R_n}{0.85 * f_c} \right) \right) \right) = 0.0008$$

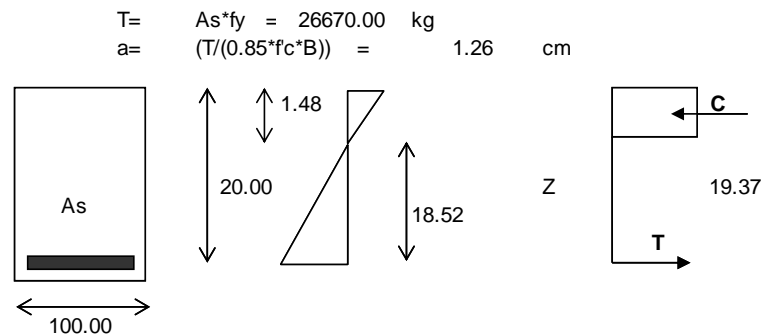
EL REFUERZO REQUERIDO

$$\begin{aligned} A_s &= P * B * D && 1.67 && \text{cm}^2 \\ A_{s \text{ m\u00edn}} &= (0.003)(B * D) && 6.00 && \text{cm}^2 \\ A_s \text{ real} &= && 6.35 && \text{cm}^2 \end{aligned}$$

REFUERZO POR PROYECTO :

vars. # 4 (1/2") Ø @ 20

REVISION DE LA PRECISION DE LOS CALCULOS:



RESISTENCIA A MOMENTO DE DISEÑO.

$$\begin{aligned} \phi * M_n &= (0.90)(T * (D - (a/2))) = 464997.41 \text{ kg cm} \\ \phi * M_n &= 4.650 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1.250 \text{ ton m} \\ \phi * M_n &= 4.650 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi * M_n$$

ACEPTABLE

SELECCIONAR EL REFUERZO POR FLEXION.

n\u00fam.	di\u00e1metro	$A_s = \text{cm}^2$
# 1/4"	0.635	0.32
# 5/16"	0.79	0.49
# 3/8"	0.95	0.71
# 1/2"	1.27	1.27
# 5/8"	1.59	1.98
# 3/4"	1.91	2.85

$$A_{st} = 6.35 \quad 6.35 \text{ cm}^2 > 6.0 \text{ cm}^2$$

DETERMINACION DE Z:

$$Z = f_s \cdot \text{RAIZ CUBICA}(d_c \cdot A) =$$

$$d_c = 5.63 \text{ cm}$$

$$f_s = 0.60 f_y = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 2 \cdot d_c \cdot B / (\text{núm. vars.}) = 187.50 \text{ cm}^2/\text{varilla}$$

$$Z = (f_s) \cdot \text{RAIZ CUB.}(d_c \cdot A) = 25651 \text{ kg/cm}^2$$

$$25651 < 25895$$

ACCEPTABLE

REVISION POR CORTANTE

DATOS:

$$\begin{aligned} VU &= 3.750 \text{ ton} && 3750 \text{ kg} \\ MU &= 1.250 \text{ ton m} && 125000 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

CUANTIA (ρ) DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

$$\rho = A_s / A_c = \rho = A_s \text{ real} / B \times D = 0.0032$$

$$\text{SI } \rho < 0.015 \quad V_{cr1} = (0.20 + 20\rho) \times F_r \times B \times D \times \sqrt{f'_c} =$$

$$V_{cr1} = 5962 \text{ kg}$$

$$\text{SI } \rho > 0.015 \quad V_{cr2} = (0.50) \times F_r \times B \times D \times \sqrt{f'_c} =$$

$$V_{cr2} = 11314 \text{ kg}$$

CONTRIBUCION DEL CONCRETO

CORTANTE RESISTENTE:

$$V_{cr} = (V_{cr1} + V_{cr2}) / 2 = 8638 \text{ kg}$$

CORTANTE ACTUANTE :

$$VU = 3750 \text{ kg}$$

$$VU < V_{cr}$$

ACCEPTABLE EL ESPESOR

7.6.5.16 DISEÑO DE LAS ANCLAS

Cortante sísmico total	$V_S = 5.715 \text{ ton}$
Momento sísmico total	$M_S = 26.632 \text{ ton m}$
Distancia a ejes de anclas	$d = 2.20 \text{ m}$
Fuerza de tensión actuante	$T = M / d = 26.632 / 2.20 = 12.10 \text{ ton}$
Total de anclas en los dos apoyos	8 anclas
Fuerza de tensión actuante en cada ancla	$T_a = 12.10 / 8 = 1.513 \text{ ton}$
Factorizando la fuerza de tensión	$T_f = 1.513 \times 1.50 = 2.269 \text{ ton}$
Utilizando varilla corrugada	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo permisible a la tensión	$f_s = 0.80 \times 4,200 = 3,360 \text{ kg/cm}^2$

Tensión resistente para varillas:

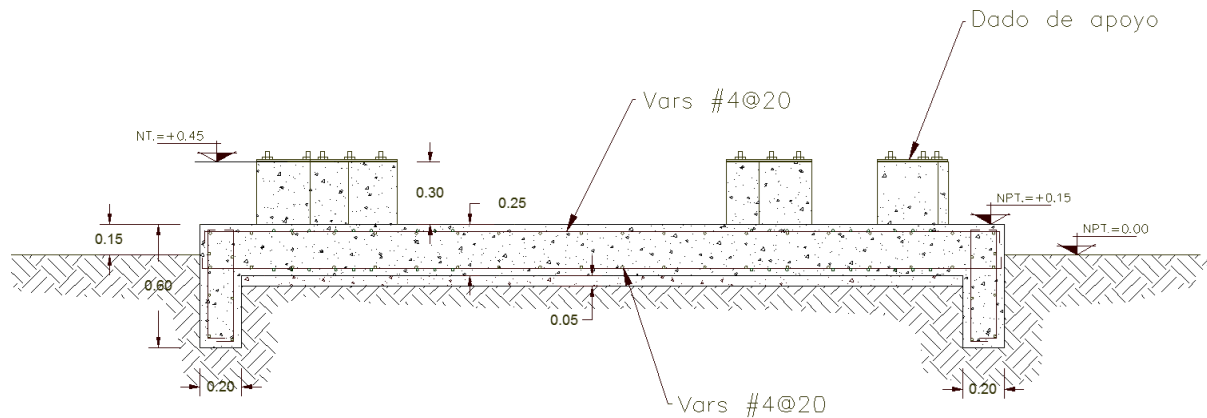
1 Vars. # 4 (1/2")	TR = 4,267 kg
1 Vars. # 5 (5/8")	TR = 6,652 kg
1 Vars. # 6 (3/4")	TR = 9,576 kg
1 Vars. # 8 (1")	TR = 17,035 kg

Se proponen anclas de vars. # 6 (3/4"Ø)

Tensión resistente total para 8 anclas de 3/4" Ø de $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$

$$T_T = 8 \times 9.576 = 76.60 \text{ ton}$$

7.6.5.17 REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN



REFUERZO PARA LA CIMENTACION

7.6.6 DISEÑO DEL COBERTIZO PARA LODOS

7.6.6.1 DESCRIPCIÓN

El “Cobertizo para lodos” es una estructura con un área de 3.60 x 4.40 m, a ejes principales, es de un solo nivel, tiene una altura de 3.90 m en un extremo y de 4.85 m en el otro. Tiene una cubierta de lámina acanalada de fibrocemento que cubre toda el área. El cobertizo es un módulo de la Potabilizadora, protegerá al equipo de Filtro Prensa y al Compresor. Comprende en el piso parte del cárcamo de lodos.

Es una estructura de un solo nivel que tiene cuatro columnas de concreto que soportará la cubierta del Cobertizo, no tiene muros de fachada en tres lados, el cuarto lado es un muro que corresponde a la barda, el cual ya existe.

7.6.6.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El Cobertizo es una estructura compuesta por cuatro columnas de concreto reforzado construidas una en cada esquina, formando marcos en los dos sentidos ortogonales con las traveses de acero estructural pertenecientes al soporte de la cubierta, que es a base de lámina de “fibrocemento”. Las traveses soportarán el peso

propio y el de la lámina y como carga viva se considera el peso del granizo, que de acuerdo al Reglamento se considerará una carga de 100 kg/m².

Las descargas se envían por las columnas a la cimentación que es a base de zapatas cuadradas aisladas de concreto reforzado, éstas se diseñan para transmitir las cargas verticales y los momentos flexionantes, éstos últimos producidos por el efecto sísmico.

7.6.6.3 MATERIALES

Concreto en plantillas	$f'c= 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en la cimentación, zapatas y dados	$f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en las columnas	$f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en el piso	$f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo al concreto	$f_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural ASTM A-36, en la techumbre	$f_y= 2,530 \text{ kg/cm}^2$
Láminas de fibrocemento en la techumbre	

7.6.6.4 CARGAS UTILIZADAS

Se calculan las cargas muertas conforme al peso específico de los materiales y se considera una carga de granizo de 100 kg/m². Se analiza el Cobertizo para el efecto sísmico, utilizando el Manual para Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad.

7.6.6.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El Cobertizo se analiza estructuralmente como marcos ortogonales formados por las columnas de concreto reforzado y trabes de perfiles de acero estructural A.S.T.M. A-

36, soportando la lámina de “fibrocemento”. Las columnas en el análisis se consideran empotradas en las zapatas aisladas de concreto armado.

Las trabes se analizarán apoyadas en las columnas y éstas enviarán las cargas verticales a la cimentación y cuando se presenta el efecto sísmico se repartirá por partes iguales a las cuatro columnas la fuerza sísmica y por la altura del cobertizo se producirá el momento flexionante sísmico, considerando el 100% en un sentido y el 30% en el otro sentido, de acuerdo al Reglamento del D. F.

7.6.6.6 *ESPECIFICACIONES*

Tanto el análisis como el diseño estructural se llevó a cabo atendiendo a las disposiciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias y a las indicadas en el Reglamento del American Institute of Concrete (A.C.I.) y en el American Institute of Steel Construction (A.I.S.C.), para las estructuras de concreto reforzado y de acero estructural, respectivamente.

El método que se utiliza es el de “carga última “del Reglamento de Construcciones del D. F. y el del American Institute Concrete (A.C.I.), para el diseño de elementos de concreto reforzado y para elementos de acero estructural.

7.6.6.7 *PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO*

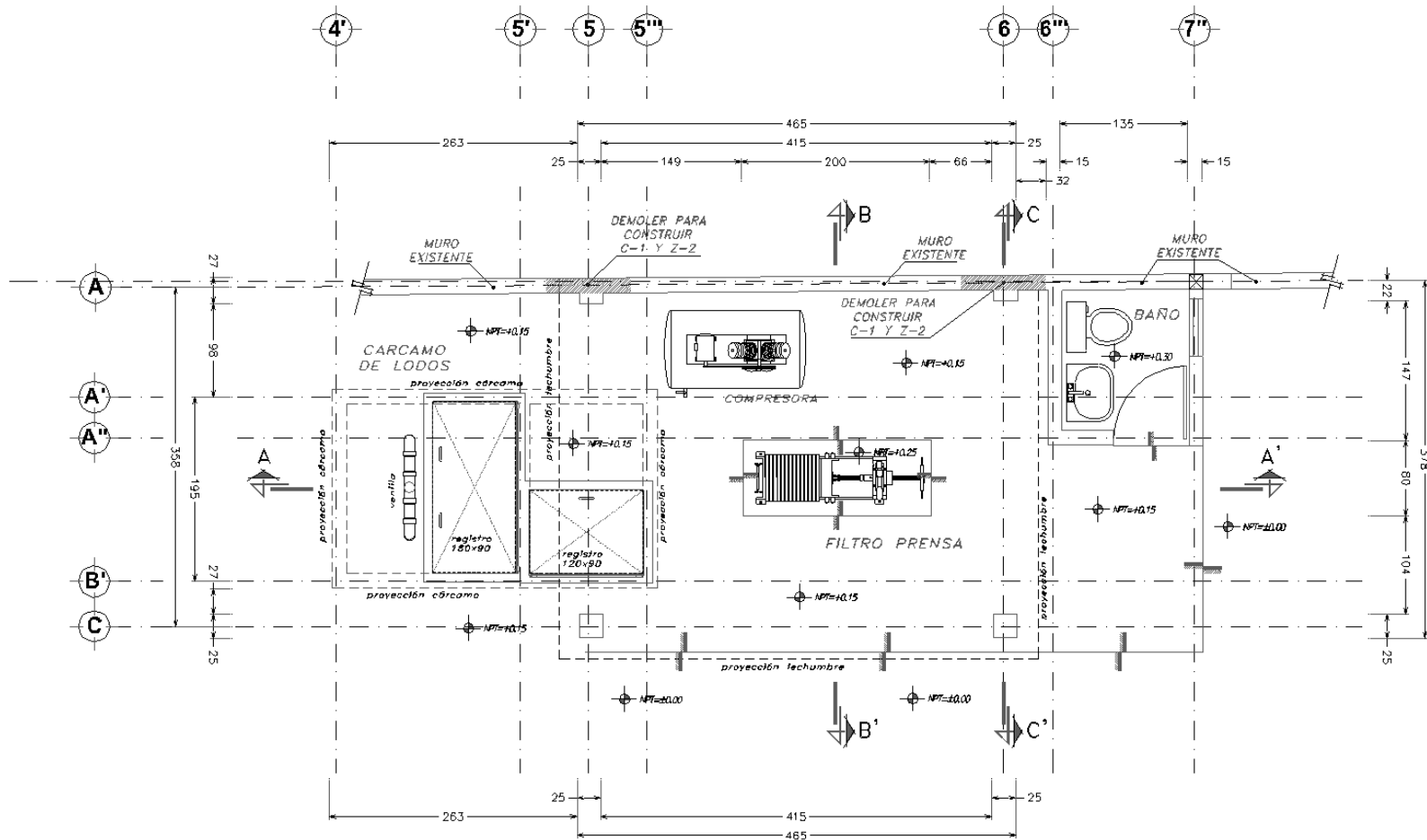
El procedimiento constructivo será realizando la excavación para el desplante de las zapatas y sus dados de concreto reforzado. Posteriormente se colocará el acero de refuerzo de las zapatas y dados para que seguidamente se coloque el concreto.

La siguiente etapa constructiva será la de habilitar el acero de refuerzo de las columnas, ligándolo a la cimentación.

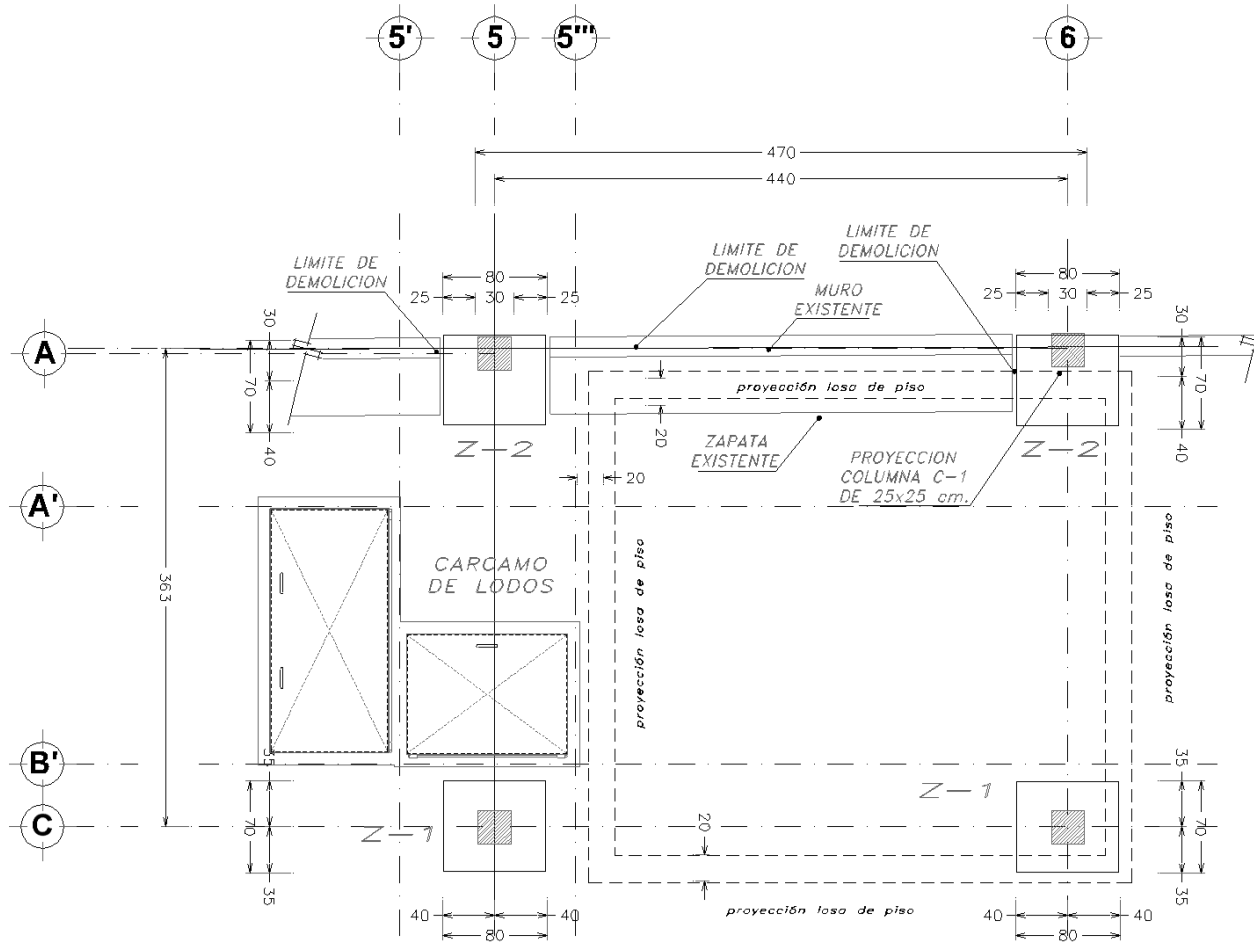
Se colocará el concreto para las columnas hasta el nivel indicado en los planos.

En la corona de las columnas se les colocará una placa de acero que tendrá la pendiente de la techumbre, la cual recibirá y será soldado un bastidor de perfiles de acero teniendo los elementos o trabes principales en los ejes de la estructura, los que formarán los marcos ortogonales en los dos sentidos.

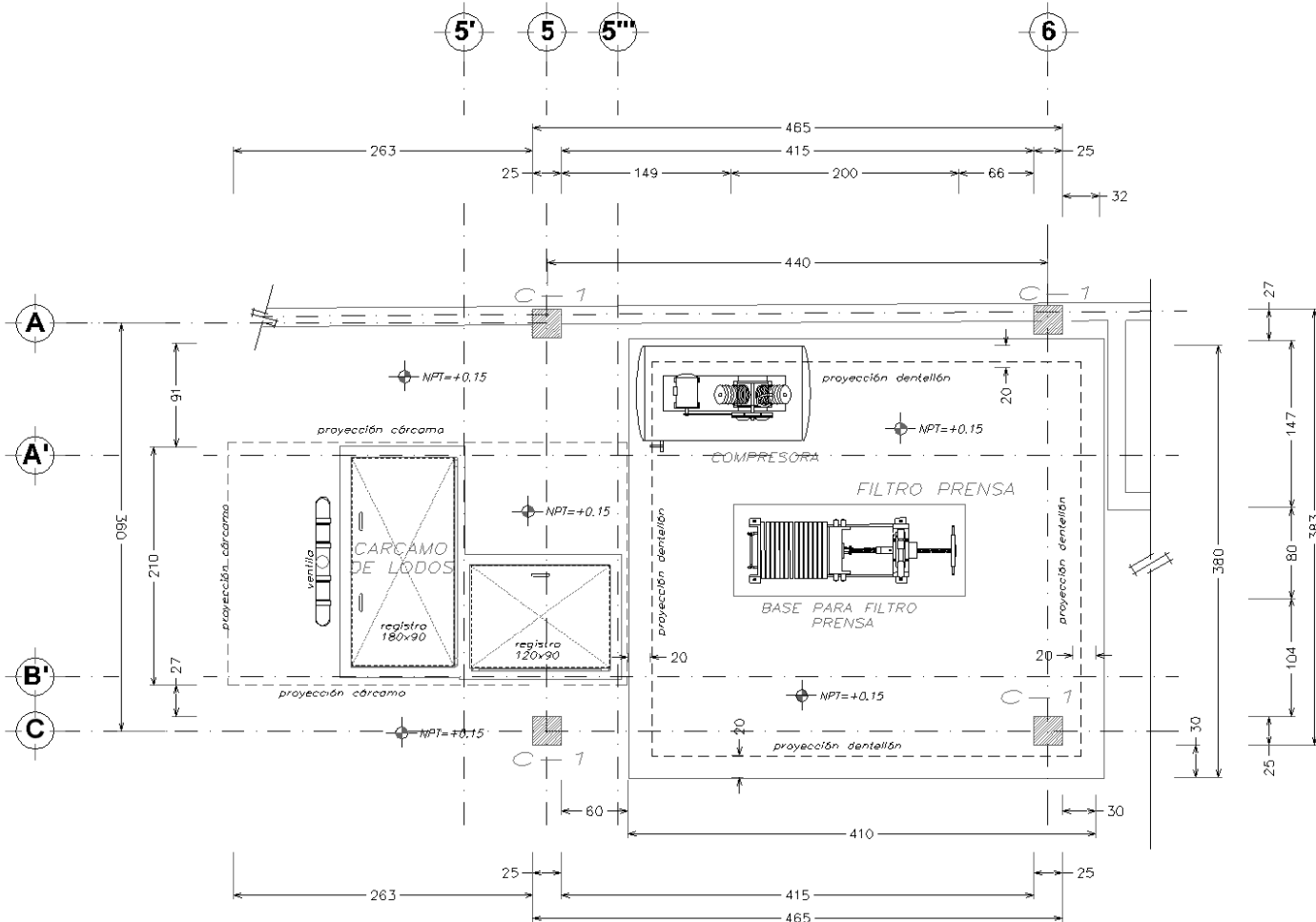
Al final estando soldado el bastidor en la corona de las columnas, se procederá a instalar la lámina de “fibrocemento”.



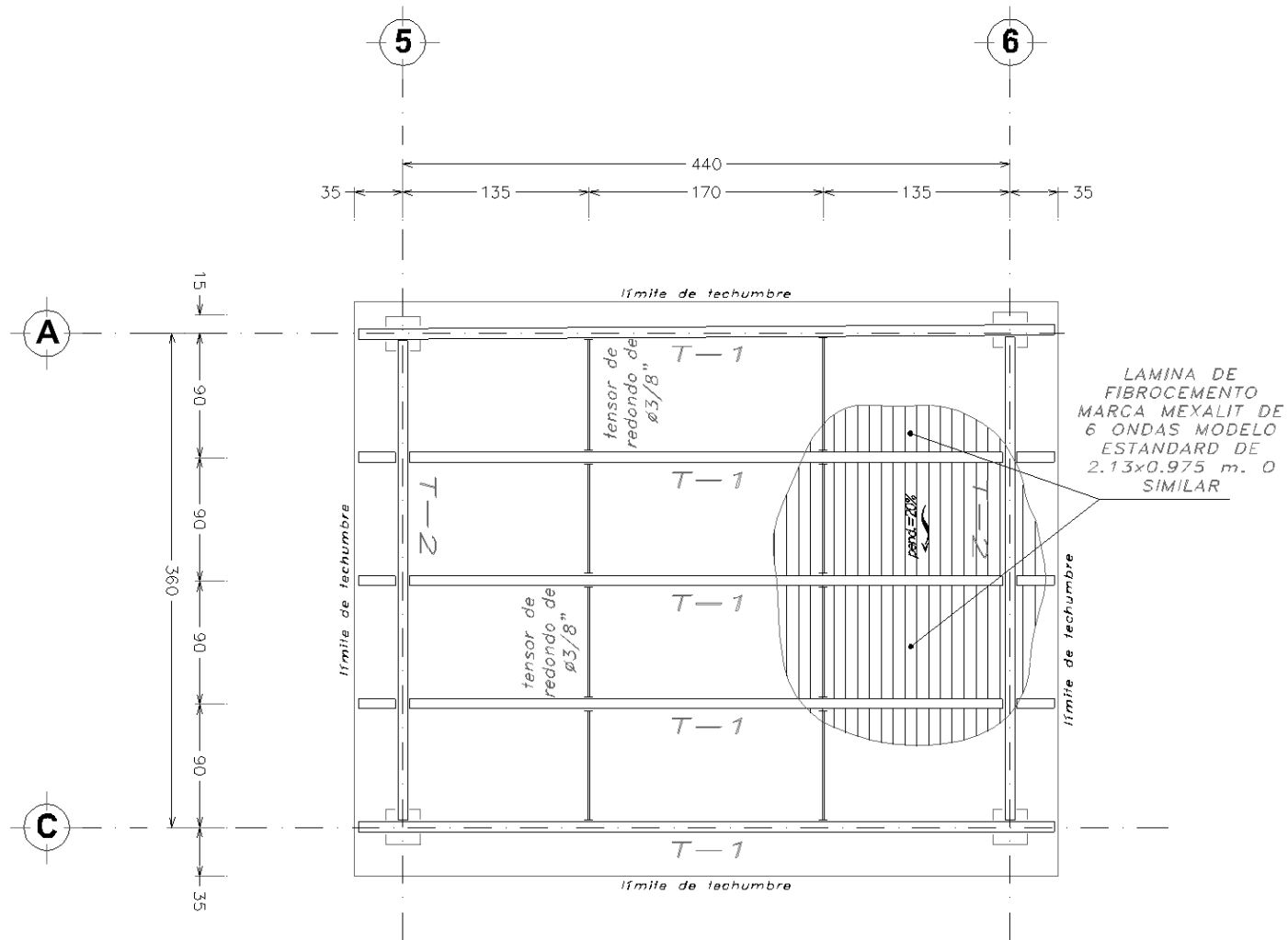
PLANTA COBERTIZO PARA LODOS
G E N E R A L



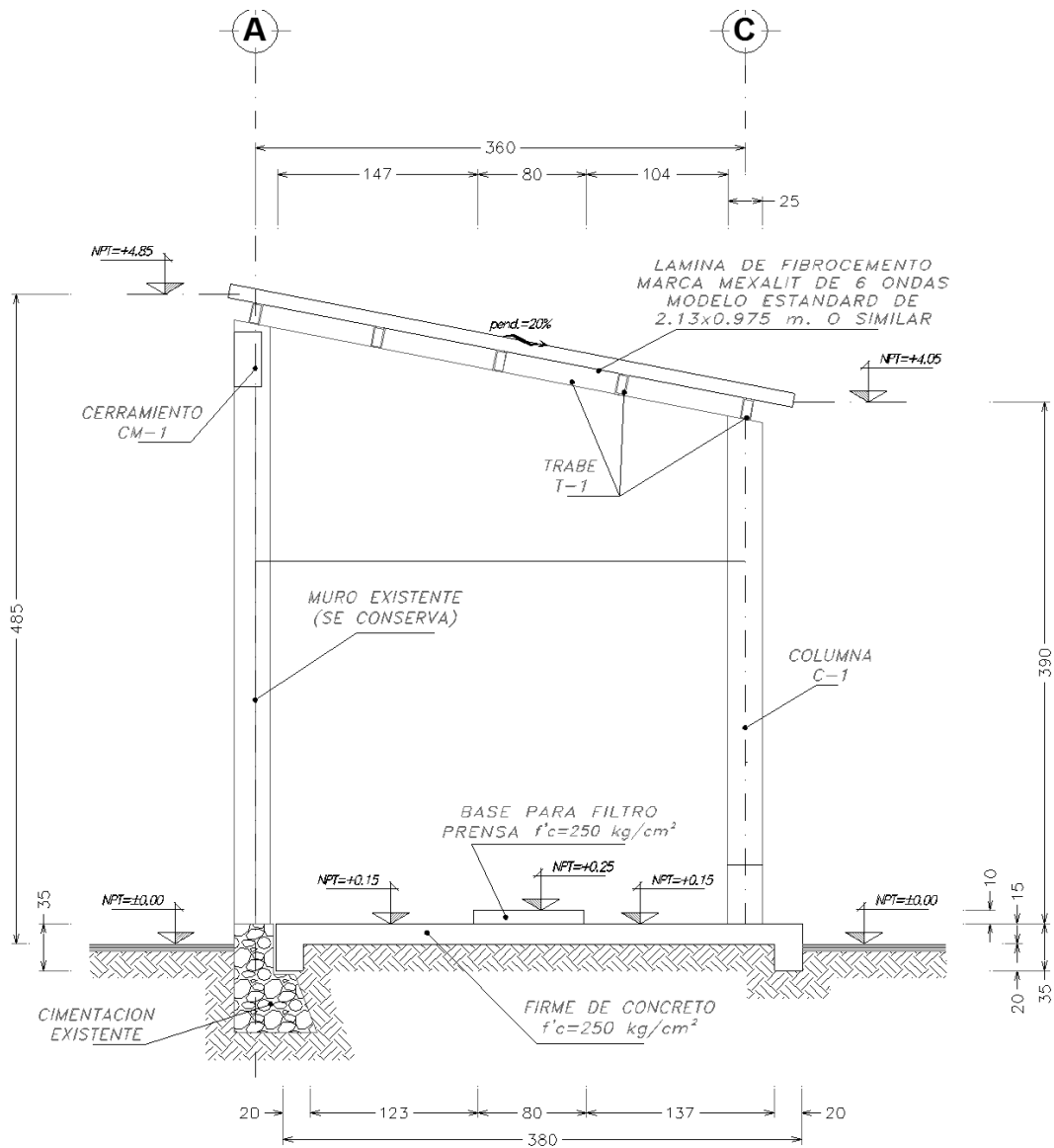
PLANTA COBERTIZO PARA LODOS
NIVEL CIMENTACION -0.75



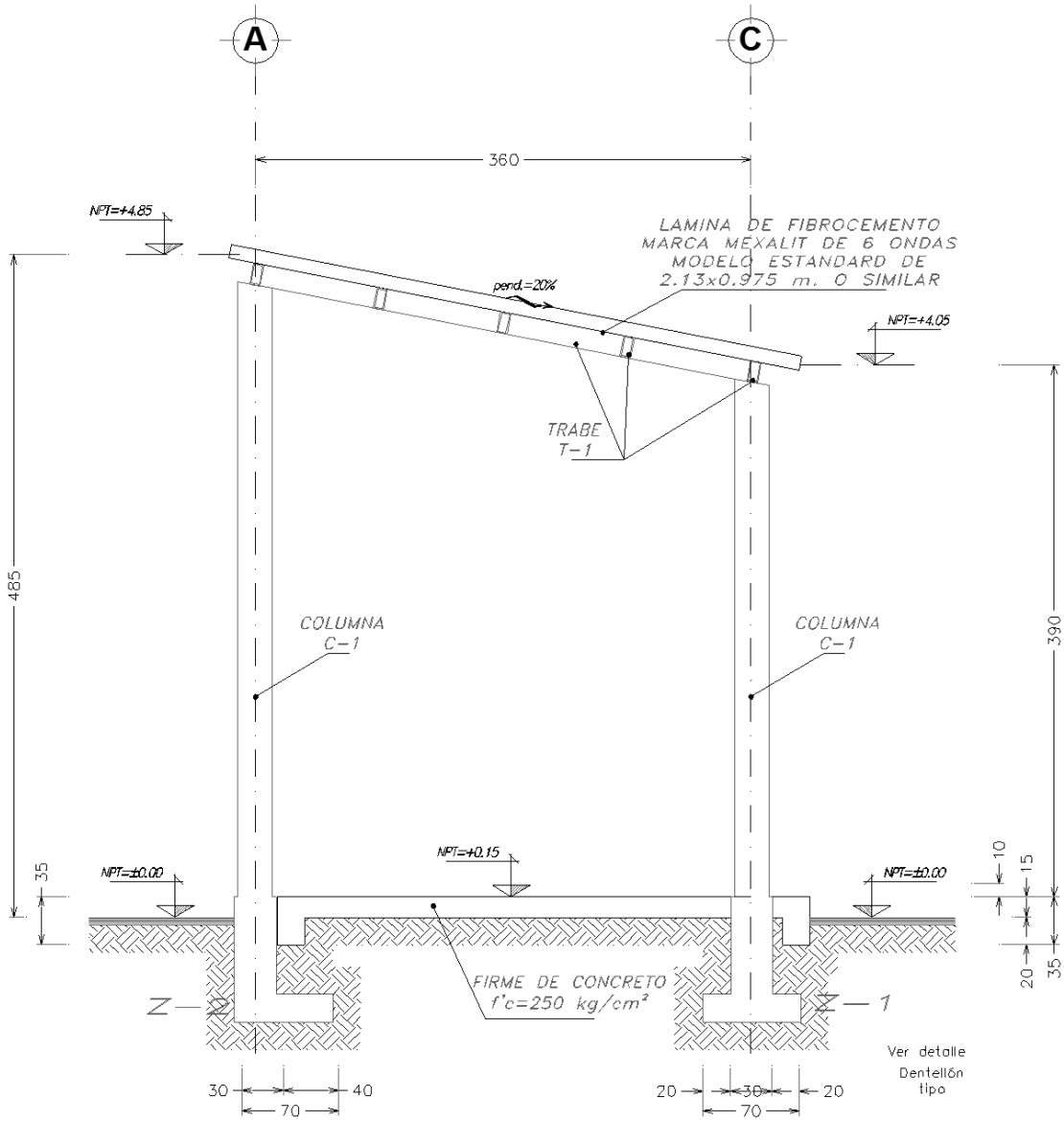
PLANTA COBERTIZO PARA LODOS
NIVEL PISO +0.15



PLANTA COBERTIZO PARA LODOS
NIVEL TECHUMBRE +4.85



COBERTIZO PARA LODOS
CORTE TRANSVERSAL B-B'



COBERTIZO PARA LODOS
CORTE TRANSVERSAL C-C'

7.6.6.8 ANÁLISIS DE LAS CARGAS

Las cargas que actúan en la Techumbre.

Para carga vertical

Peso de la lámina “fibrocemento”	$W_1 = 0.015 \text{ ton/m}^2$
Peso del bastidor de acero	$W_2 = 0.010 \text{ ton/m}^2$
Instalaciones	$W_3 = 0.010 \text{ ton/m}^2$
Incremento por Reglamento	$W_4 = 0.015 \text{ ton/m}^2$
Carga muerta	$W_M = 0.050 \text{ ton/m}^2$
Carga viva (granizo)	$W_v = 0.100 \text{ ton/m}^2$
Carga total	$W_T = 0.150 \text{ ton/m}^2$

Para carga vertical con sismo

Peso de la lámina “fibrocemento”	$W_1 = 0.015 \text{ ton/m}^2$
Peso del bastidor de acero	$W_2 = 0.010 \text{ ton/m}^2$
Instalaciones	$W_3 = 0.010 \text{ ton/m}^2$
Incremento por Reglamento	$W_4 = 0.015 \text{ ton/m}^2$
Carga muerta	$W_M = 0.050 \text{ ton/m}^2$
Carga viva	$W_v = 0.020 \text{ ton/m}^2$
Carga total	$W_T = 0.070 \text{ ton/m}^2$

7.6.6.9 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS SÍSMICO

Información obtenida del Manual de Obras Civiles para sismo, de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.)

Estado	Guanajuato
Localidad	Centro de Guanajuato
Estructura grupo	- A -
Tipo de suelo	- II -
Regionalización sísmica	- B -

Para las estructuras que componen los sistemas de agua potable y sanitaria, que pertenecen al grupo A, los valores de las ordenadas espectrales se multiplican por 1.5 a fin de tomar la importancia de la estructura.

Aceleración	$a_0 = 1.50 \times 0.08 = 0.12$
Periodo inicial característico	$T_a = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Periodo final característico	$T_b = 1.50 \times 1.50 = 2.25$
Coefficiente sísmico	$C_s = 1.50 \times 0.30 = 0.45$
Factor de comportamiento sísmico.	$Q = 2.0$
Coefficiente sísmico de diseño	$C_{sd} = 0.45 / 2.0 = 0.225$

7.6.6.10 MATERIALES

Concreto - acero de refuerzo – acero estructural

El cemento especificado cumplirá con las normas y sus características serán las necesarias para alcanzar la resistencia del concreto y durabilidad, que será:

Concreto en plantillas	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en cimentación y columnas	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = 14,000(250)^{1/2} =$ $E_c = 221,360 \text{ kg/cm}^2$

Agregado grueso de origen volcánico y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Arena con baja potencialidad a la reacción álcali agregado

Cemento tipo I

Resistencia a la compresión, a los 28 días:	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Peso volumétrico del concreto reforzado.	$\delta c = 2.40 \text{ ton/m}^3$
Acero de refuerzo, varilla corrugada.	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural A.S.T.M. A-36	$f_y = 2,530 \text{ kg/cm}^2$
Peso volumétrico del agua	$\gamma_a = 1.00 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del concreto reforzado	$\gamma_c = 2.40 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico de la varilla	$\gamma_s = 7.85 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del acero estructural	$\gamma_s = 7.85 \text{ ton/m}^3$
Peso volumétrico del relleno	$\gamma_r = 1.70 \text{ ton/m}^3$

7.6.6.11 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de Mecánica de Suelos, realizado por el Ing. Roberto Roiz Hernández, reportó los siguientes resultados:

Ángulo de fricción interna	$\phi'' = 0^\circ$
Peso volumétrico del suelo	$\gamma_t = 1.30 \text{ ton/m}^3$.
Cohesión para este suelo	$C = 4.50 \text{ ton/m}^2$.
Agua freática	no se detectó
Capacidad admisible del suelo	$F_T = 11.50 \text{ ton/m}^2$
Factor de seguridad para la capacidad del suelo	$F_s = 4.0$

7.6.6.12 CARGAS SOBRE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las cargas sobre las traveses metálicas

Área de la cubierta: $L = 4.40 + 0.70 = 5.10 \text{ m}$

$B = 3.60 + 0.70 = 4.30 \text{ m}$

Peso de la cubierta para carga vertical $W_T = 0.150 \text{ ton/m}^2$

Peso de la cubierta para carga vertical + sismo $W_T = 0.070 \text{ ton/m}^2$

Carga para la trabe t-1

Es una trabe simplemente apoyada en sus extremos, el área tributaria es:

$$A = 0.90 \times 1.00 = 0.90 \text{ m}^2$$

La carga uniforme es: $W = 0.150 \times 0.90 = 0.135 \text{ ton/m}$

Longitud de la trabe: $L = 4.40 \text{ m}$

Carga para la trabe t-2

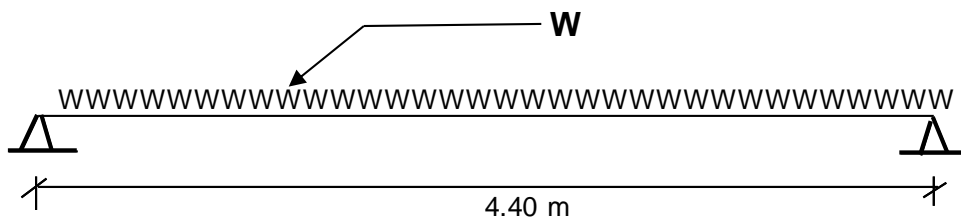
Es una trabe simplemente apoyada en sus extremos, el área tributaria es:

$$A = ((4.40 / 2) + 0.35) \times 1.00 = 2.55 \text{ m}^2$$

La carga uniforme es: $W = 0.150 \times 2.55 = 0.383 \text{ ton/m}$

Longitud de la trabe: $L = 3.60 \text{ m}$

7.6.7 DISEÑO DE LA TRABE METÁLICA T-1



CARGAS SOBRE LA TRABE METALICA.

CUBIERTA	$W1 =$	0.135	ton/m
PESO PROPIO	$W2 =$	0.020	ton/m
CARGA TOTAL NO FACT	$Wt =$	0.155	ton/m

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES .

$$M (-) = (0.155) (4.40)^2 / 8 = 0.375 \quad \text{ton m}$$

$$V = (0.155) (4.40) / 2 = 0.341 \quad \text{ton}$$

LOS ELEMENTOS MECANICOS FACTORIZADOS .

$$M_f (-) = (1.5) (0.375) = 0.563 \quad \text{ton m}$$

$$V_f = (1.5) (0.341) = 0.512 \quad \text{ton}$$

EL MODULO DE SECCION REQUERIDO.

$$S = M_f / 0.90 \times 2,530 = 24.71 \quad \text{cm}^3$$

EL MODULO DE SECCION DEL PERFIL SELECCIONADO.

PERFIL OR 15.2x7.6 - 15.93 kg / m

$$S = 73.30 \quad \text{cm}^3$$

$$I = 557.80 \quad \text{cm}^4$$

LA DEFLEXION MAXIMA ACTUANTE

SECCION PROPUESTA OR 15.2X7.6 - 15.93 kg / m

$$F = 5 \times W \times L^4 / 384 \times E \times I =$$

$$W = 1.55 \quad \text{kg / cm} \quad 1.55$$

$$L = 440^4 \quad \text{cm}^4 \quad 37480960000$$

$$E = 2,039,000 \quad \text{kg/cm}^2 \quad 2039000$$

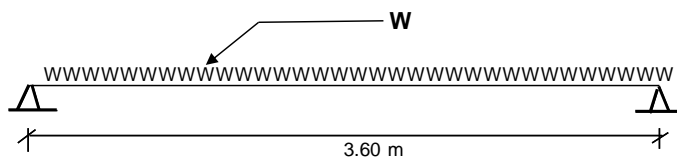
$$I = 557.8 \quad \text{cm}^4 \quad 557.8$$

$$F = 0.67 \quad \text{cm}$$

FLECHA PERMISIBLE $F_p = 440 / 360 = 1.22 \text{ cm}$

SECCION ACEPTABLE POR FLEXION Y POR DEFLEXION

7.6.8 DISEÑO DE LA TRABE METÁLICA T-2



CARGAS SOBRE LA TRABE METALICA.

CUBIERTA	W1 =	0.383	ton/m
PESO PROPIO	W2 =	0.020	ton/m
CARGA TOTAL NO FACT	Wt =	0.403	ton/m

LOS ELEMENTOS MECANICOS FINALES .

$$M (-) = (0.383) (3.60)^2 / 8 = 0.653 \text{ ton m}$$

$$V = (0.383) (3.60) / 2 = 0.725 \text{ ton}$$

LOS ELEMENTOS MECANICOS FACTORIZADOS .

$$Mf (-) = (1.5) (0.653) = 0.979 \text{ ton m}$$

$$Vf = (1.5) (0.725) = 1.088 \text{ ton}$$

EL MODULO DE SECCION REQUERIDO.

$$S = Mf / 0.90 \times 2,530 = 43.01 \text{ cm}^3$$

EL MODULO DE SECCION DEL PERFIL SELECCIONADO.

PERFIL OR 15.2x7.6 - 15.93 kg / m

$$S = 73.30 \text{ cm}^3$$

$$I = 557.80 \text{ cm}^4$$

LA DEFLEXION MAXIMA ACTUANTE

SECCION PROPUESTA OR 15.2X7.6 - 15.93 kg / m

$$F = 5 \times W \times L^4 / 384 \times E \times I =$$

W =	4.03	kg / cm	4.03
L =	360 ⁴	cm ⁴	16796160000
E =	2,039,000	kg/cm ²	2039000
I =	557.8	cm ⁴	557.8
F =	0.77	cm	

FLECHA PERMISIBLE $Fp = 360 / 360 = 1.00 \text{ cm}$

SECCION ACEPTABLE POR FLEXION Y POR DEFLEXION

7.6.9 DISEÑO DE LA COLUMNA DE CONCRETO C-1

Para el diseño de la columna será necesario considerar el efecto del sismo en la cubierta.

Carga factorizada en la losa de cubierta. $W_F = 0.070 \times 1.10 = 0.08 \text{ ton/m}^2$

Área tributaria por la columna. $A = (5.10 \times 4.30)/4 = 5.48 \text{ m}^2$

Peso del área tributaria. $W = (0.08) (5.48) = 0.438 \text{ ton.}$

Coefficiente sísmico de diseño. $C.S.d = CS / Q = 0.45 / 2 = 0.225$

Fuerza sísmica. $F.S. = (0.438) (0.225) = 0.100 \text{ ton.}$

Distancia de la fuerza sísmica. $H = 4.70 \text{ m.}$

Momento flexionante por efecto sísmico. $M_S = (0.100) (4.70) = 0.470 \text{ ton m.}$

Peso total en la base de la columna.

Peso de la cubierta $W_1 = 0.438 \text{ ton.}$

Peso de la columna $W_2 = (0.25)^2 (4.70) (2.40) = 0.705 \text{ ton}$

Peso total $W_T = 1.143 \text{ ton} = 1,143 \text{ kg}$

Utilizando las grafica para diseño de columnas.

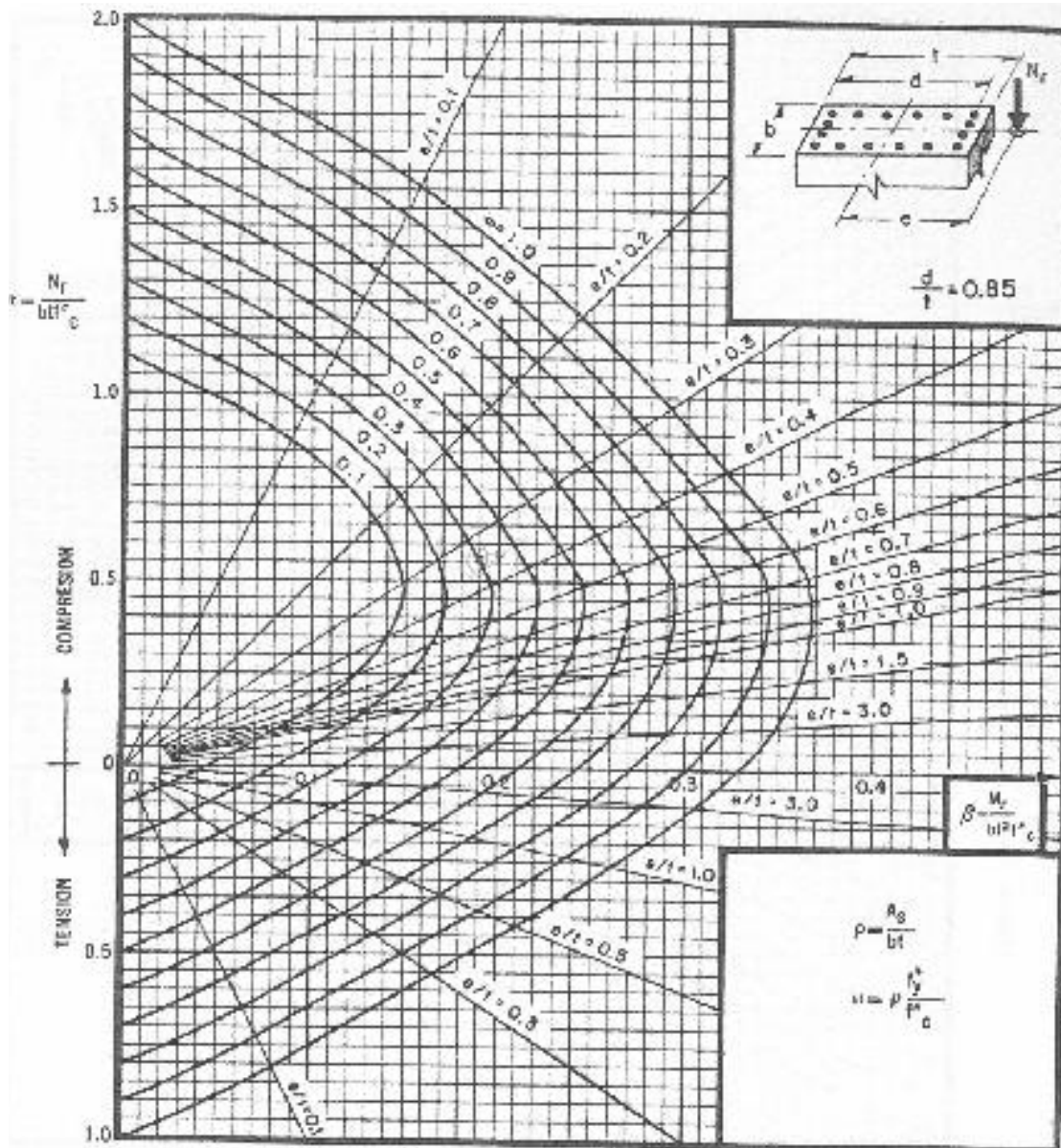
$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc^* = (0.85) (250) = 212.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc'' = (0.85) (212.50) = 180.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy^* = (0.9) (4,200) = 3780 \text{ kg/cm}^2$$



A_s = área total de acero

$$f'_c = 0.85 f'_c \text{ si } f'_c \leq 250 \text{ kg/cm}^2; f'_c = \left(1.05 - \frac{f'_c}{1400}\right) f'_c \text{ si } f'_c > 250 \text{ kg/cm}^2$$

M_r = momento flexionante último

N_r = carga axial última

Figura B-7

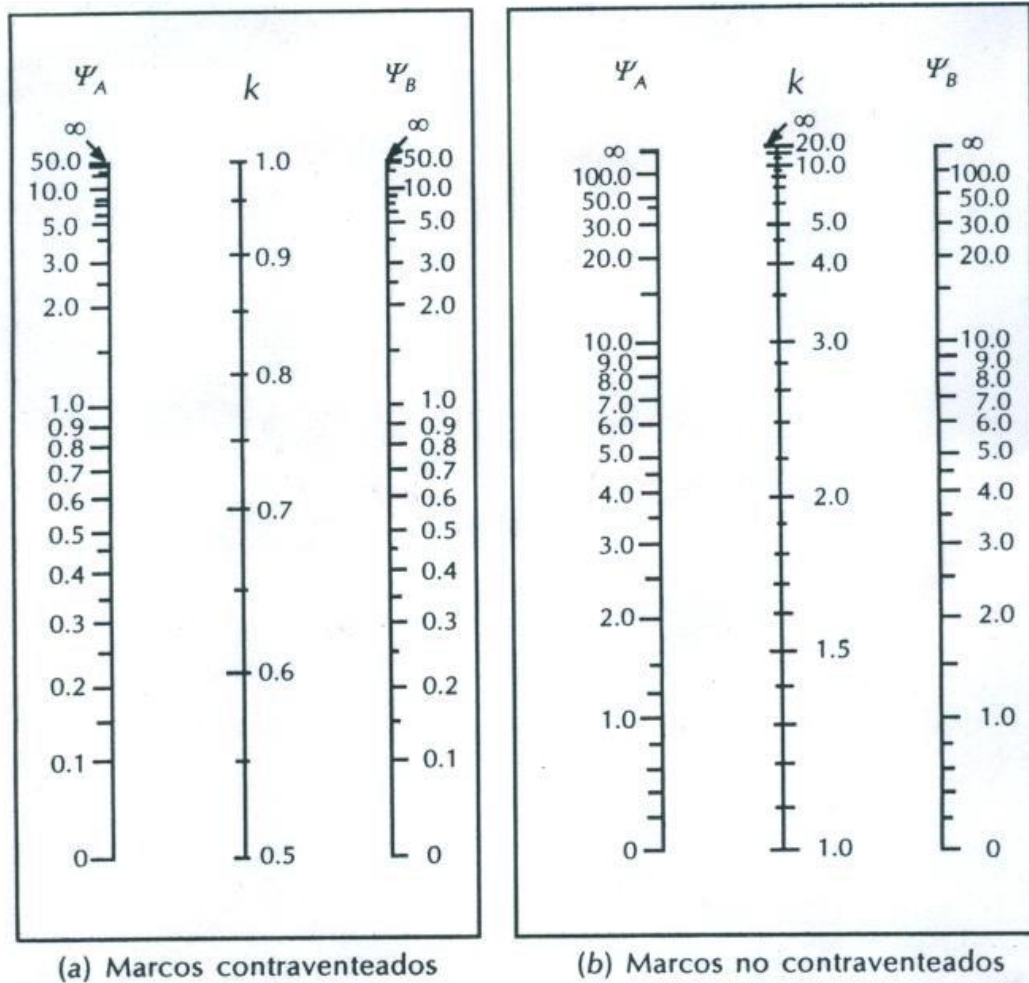


Figura 13.14 Factores para obtener las longitudes efectivas del pandeo.

Columna cuadrada

$$a = 25 \text{ cm.}$$

$$b = 25 \text{ cm.}$$

$$d = 21 \text{ cm.}$$

$$d / a = 0.85$$

Longitud efectiva de pandeo

$$L_t = k \times L = 2.0 \times 4.70 = 9.40 \text{ m}$$

El factor de amplificación

$$\delta = 1.00$$

Incremento de momento por efecto de la esbeltez.

$$\Delta M = (1.00) (0.470) = 0.470 \text{ ton m}$$

Momento total

$$M_T = 0.470 + 0.470 = 0.940 \text{ ton m.}$$

De la gráfica para diseño de columnas

$$\alpha = \frac{1,143}{25 \times 25 \times 180} = 0.010$$

$$\beta = \frac{94,000}{25 \times 25 \times 25 \times 180} = 0.033$$

Con α y β se entra a la gráfica:

De la gráfica encontramos: $\omega = 0.10$

$$\rho \equiv \frac{0.10 \times 180}{3780} = 0.005$$

El área de acero (el porcentaje de acero de refuerzo).

$$\rho \equiv 0.005 \leq 0.010 \text{ por reglamento}$$

Área de acero mínima. $A_s \equiv 0.010 \times 25 \times 25 = 6.25 \text{ cm}^2$

\therefore se colocarán 4vars. #5 + 4vars. #4

Área total de acero de refuerzo con 8 vars. = $A_s = 13.00 \text{ cm}^2$

Revisión por cortante.

Esfuerzo cortante actuante.

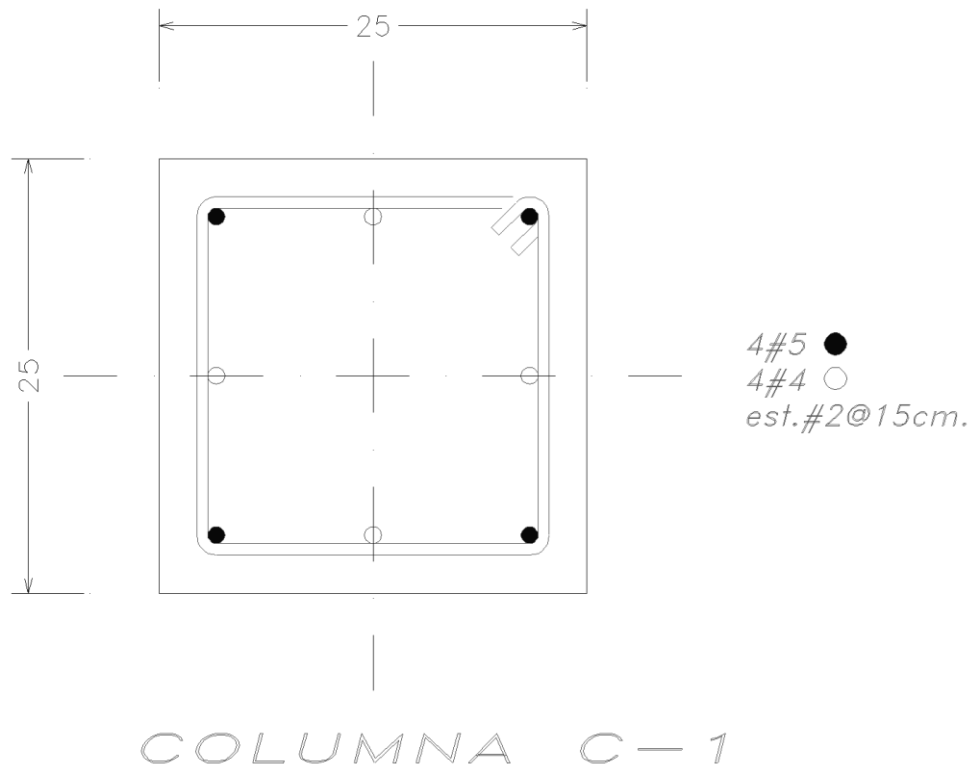
$$F.S. = (0.438) (0.225) = 0.100 \text{ ton} = 100 \text{ kg}$$

$$v_a \equiv \frac{100}{21 \times 25} = 0.20 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante permisible.

$$v_p \cdot 0.29 \sqrt{250} = 4.59 \text{ kg/cm}^2 > v_a$$

∴ se colocarán estribos por construcción.



7.6.10 DISEÑO DE LA ZAPATA Z-1

Carga vertical.

Peso de cubierta $W_1 = 0.438$ ton.

Peso columna $W_2 = (0.25) (0.25) (3.75) (2.40) (1.1) = 0.619$ ton.

Peso zapata $W_3 = (0.70) (0.80) (0.20) (2.40) (1.1) = 0.296$ ton

Peso dado $W_4 = (0.30) (0.30) (0.70) (2.40) (1.1) = 0.166$ ton

Peso relleno $W_5 = (0.56-0.09) (0.70) (1.70) (1.1) = 0.615$ ton

PESO TOTAL $W_T = 1.696$ ton.

Fuerza sísmica. $F.S. = (0.438) (0.225) = 0.100$ ton.

Distancia de la fuerza sísmica. $H = 3.75$ m.

Momento flexionante por efecto sísmico. $M_S = (0.100) (3.75) = 0.375$ ton m.

Los esfuerzos en el terreno.

$$\gamma_T = \frac{W}{A} \pm \frac{M}{I} Y =$$

Considerando una zapata de $0.70 \times 0.80 \times 0.20$ m $A = (0.70) (0.80) = 0.56$ m²

$$I \equiv \frac{0.80 \times 0.70^3}{12} = 0.023 \text{ m}^4$$

$$Y \equiv \frac{0.70}{2} = 0.35 \text{ m}$$

$$\gamma \equiv \frac{1.696}{0.56} \pm \frac{0.375}{0.023} \times 0.35 = 3.03 \pm 5.71 =$$

$$\gamma_{\max} \equiv 8.74 \text{ ton/m}^2 \quad < \quad \gamma_p \equiv 11.50 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma_{\min} \equiv -2.68 \text{ ton/m}^2$$

La cimentación no es aceptable = 0.70 x 0.80 x 0.20 m

Se utilizará el empuje pasivo para disminuir el esfuerzo negativo.

Aplicaremos el empuje pasivo del suelo considerando que el relleno deberá ser compactado para transmitir las cargas horizontales (momento flexionante sísmico) al suelo en el área del dado, para disminuir el esfuerzo negativo al terreno.

El empuje pasivo del suelo, para un suelo cohesivo.

$$E_p = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times H^2 \times L + 2 \times C \times \frac{1}{2} \times H \times L =$$

γ_t = peso volumétrico del suelo = 1.30 ton/m³

H = altura del dado = 0.70 m

L = longitud del dado = 0.30 m

Φ = ángulo de fricción interna = 0°

C = cohesión del suelo = 4.50 ton/m²

$$E_p = \frac{1}{2} \times 1.30 \times (0.70)^2 \times 0.30 + 2 \times 4.50 \times 0.50 \times 0.70 \times 0.30 = 1.04 \text{ ton}$$

Momento resistente debido al empuje pasivo.

$$M_p = (1/3) (0.70) \times 1.041 = 0.243 \text{ ton m}$$

Momento flexionante máximo actuante.

$$M_{\text{máx.}} = 0.375 - 0.243 = 0.132 \text{ ton m.}$$

Los esfuerzos en el terreno.

$$\gamma_T = \frac{W}{A} \pm \frac{M}{I} Y =$$

Considerando una zapata de 0.70 x 0.80 x 0.20 m $A = (0.70) (0.80) = 0.56 \text{ m}^2$

$$I \equiv \frac{0.80 \times 0.70^3}{12} = 0.023 \text{ m}^4$$

$$Y \equiv \frac{0.70}{2} = 0.35 \text{ m}$$

$$\gamma \equiv \frac{1.696}{0.56} \pm \frac{0.132}{0.023} \times 0.35 = 3.03 \pm 2.00 =$$

$$\gamma_{\text{max}} \equiv 5.03 \text{ ton/m}^2 \quad < \quad \gamma_p \equiv 11.50 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma_{\text{min}} \equiv 1.03 \text{ ton/m}^2$$

La cimentación es aceptable = 0.70 x 0.80 x 0.20 m

Considerando un esfuerzo uniforme del suelo (en realidad es triangular).

$$\omega_{\max} \equiv 5.03 \text{ ton/m}^2$$

La carga de diseño a la zapata.

$$\omega_d \equiv 5.03 - 0.20 \times 2.40 \times 1.1 - 0.70 \times 1.70 \times 1.1 = 3.193 \text{ ton/m}^2$$

Los elementos mecánicos de diseño, en el volado de la zapata.

$$M_{\max} \equiv 3.193 \times 0.20^2 \times \frac{1}{2} = 0.064 \text{ tonm}$$

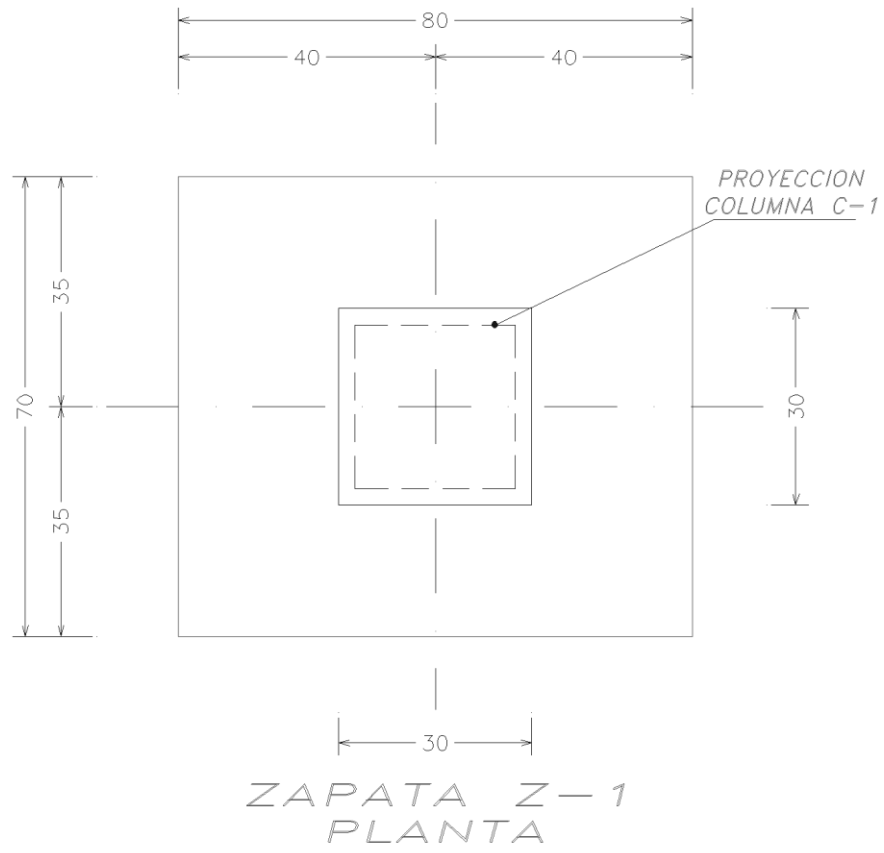
$$V_{\max} \equiv 3.193 \times 0.20 = 0.639 \text{ ton}$$

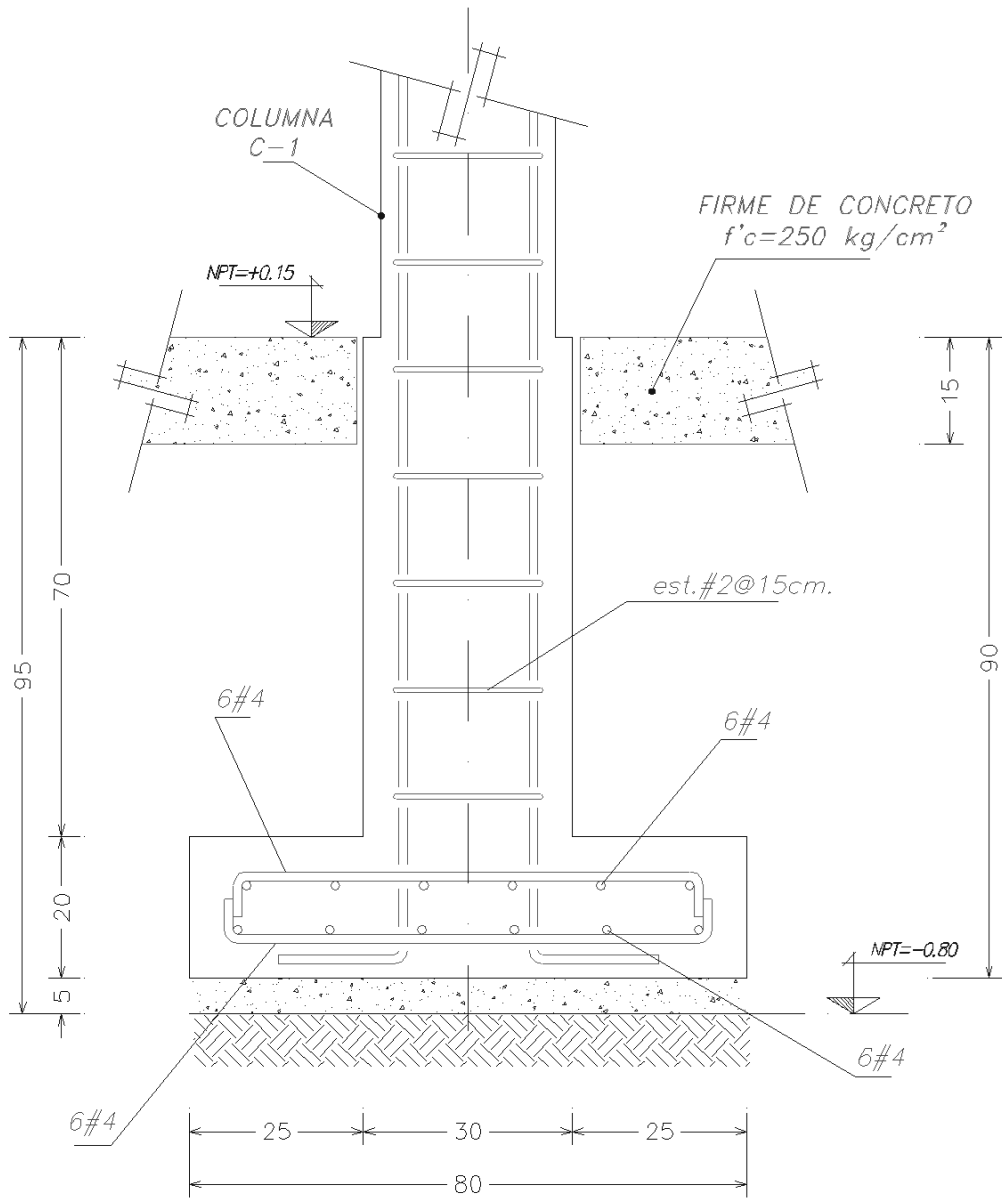
El momento flexionante es pequeño por lo tanto regirá el refuerzo mínimo por flexión.

$$A_{sflex} \equiv 0.0033 \times 100 \times 15 = 4.95 \text{ cm}^2$$

El refuerzo que se colocará en la zapata z-1 será:

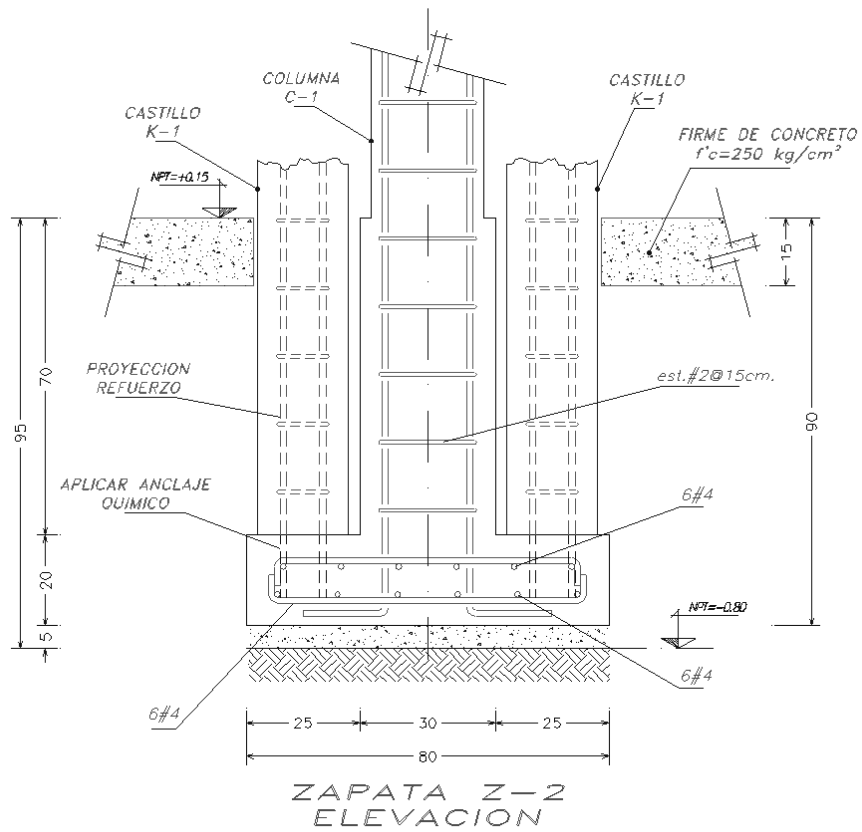
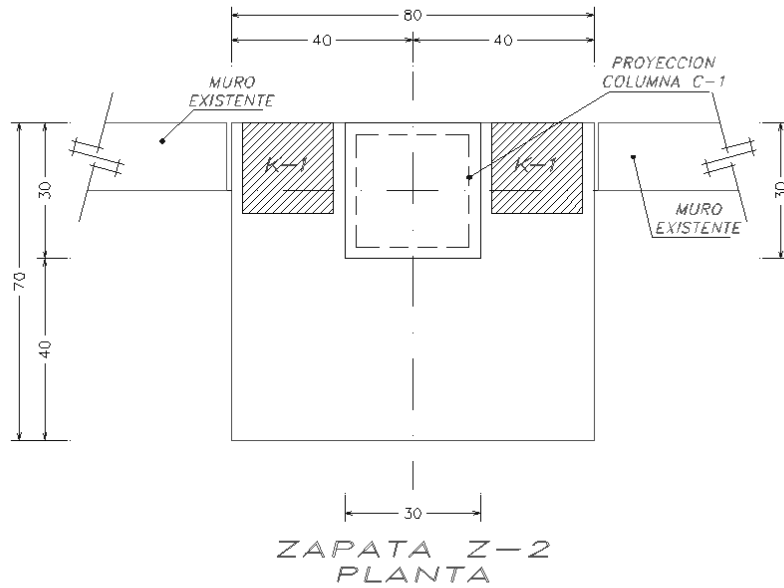
6 vars. #4 en cada sentido y en cada lecho





ZAPATA Z-1
ELEVACION

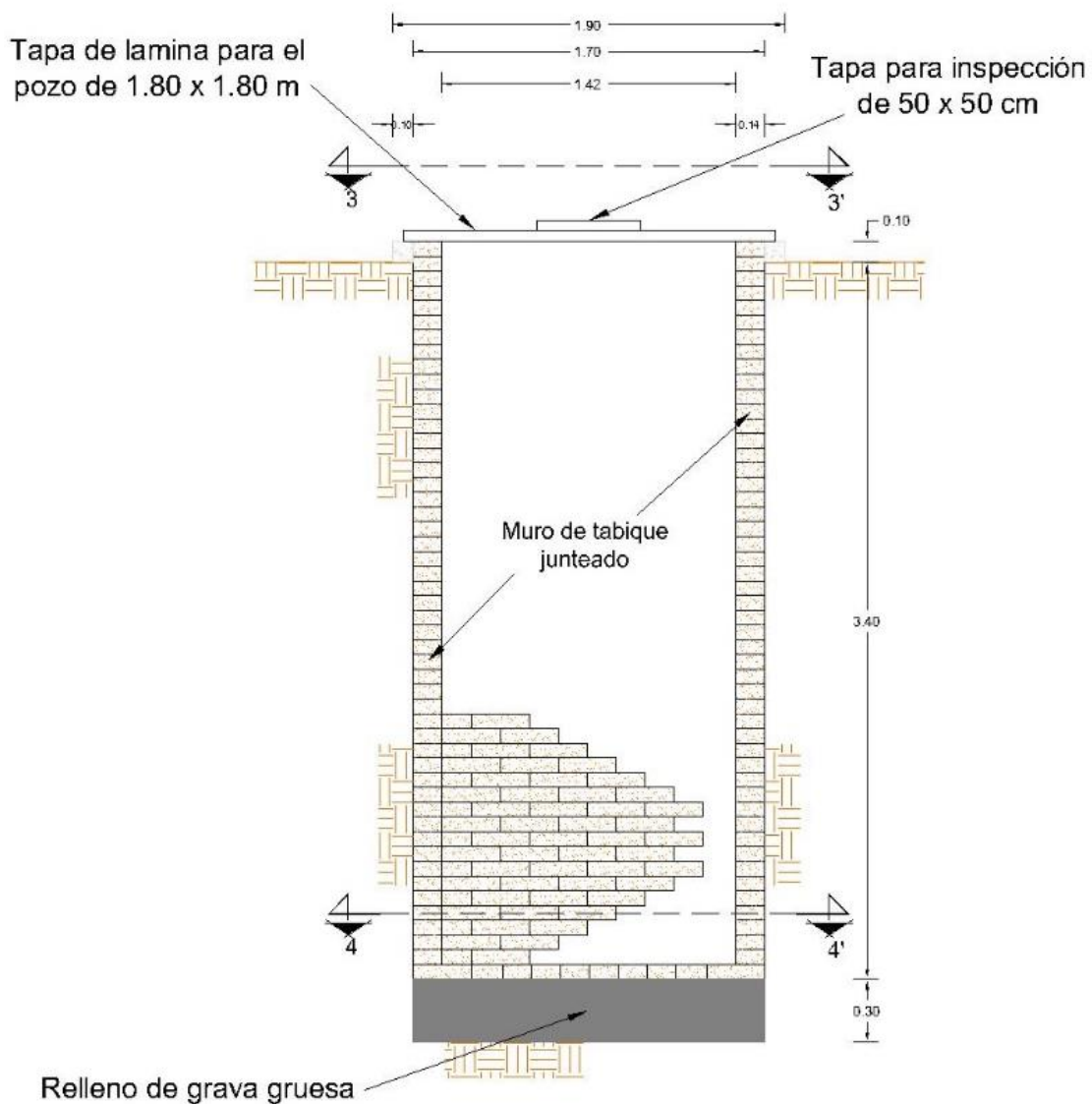
7.6.11 DISEÑO DE LA ZAPATA Z-2



7.6.12 DISEÑO DEL POZO DE ABSORCIÓN

7.6.12.1 INTRODUCCIÓN

En el proyecto funcional se propuso la siguiente estructura en forma conceptual para su diseño estructural.



Pozo de absorción (elevación), espesor de muro 14 cm

7.6.12.2 DATOS GENERALES

Material	Arcilla CH
Peso volumétrico de la mampostería	1.8 ton/m ³
Peso volumétrico del suelo (seco)	1.296 ton/m ³
Peso volumétrico del suelo (máximo)	1.59 ton/m ³
Peso volumétrico saturado	1.816 ton/m ³
Ángulo de fricción interna del relleno	0°
Cohesión	4.1 ton/m ²
Esfuerzo de diseño de mampostería	40 kg/cm ²
Profundidad de desplante	3.15 m
Peso volumétrico del muro	1.5 ton/m ³
Condición de análisis	Depósito vacío

7.6.12.3 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Cálculo del Empuje (Teoría de Rankine para suelos cohesivos)

La teoría de Rankine para la evaluación de la presión del empuje activo está dada por la fórmula:

$$P_A = \gamma z - 2c'$$

Dónde:

Pa: Presión horizontal provocada por el empuje activo (ton/m²)

γ: Peso volumétrico del material (ton/m³)

z: Profundidad (m)

c: Cohesión del material en ton/m³

De donde, aplicando a los datos para el caso de material seco se tiene:

$$P_A = 1.296 \times 3.150 - (2 \times 4.1) = -4.1176 \text{ ton/m}^2$$

El signo negativo del resultado, se da porque la cohesión logra sostener verticalmente la excavación y el empuje no se presenta, esta circunstancia no se mantiene, ya que cuando se humedece el material, además de aumentar el peso volumétrico, el valor de la cohesión disminuye, al grado de ser poco significativa, por lo que para este caso se tendría:

$$P_A = 0.5\gamma z$$

$$P_A = 0.5 \times 1.816 \times 3.150 = 2.8602 \text{ ton/m}^2$$

Considerando la sección circular en la base del pozo y que se construya de tabique rojo:

Diámetro interior del pozo =	142 cm
Primera opción: muro de espesor =	14 cm
Diámetro exterior =	170 cm
Peso volumétrico del muro =	1.5 ton/m ³
Espesor efectivo del muro =	14 cm

Cálculo del esfuerzo de compresión en el anillo

$$\sigma_h = \frac{P_A D}{2e}$$

Dónde:

ϕ: Esfuerzo horizontal en el muro

D: Diámetro del pozo

e: Espesor del muro

$$\sigma_h = \frac{(2.8602/10) \times 170}{2 \times 14} = 1.74 \text{ kg/cm}^2$$

f^*m : Esfuerzo admisible a compresión = 40 kg/cm²

$$\sigma_h < f^*m$$

Por tanto, es correcto.

Esfuerzos en la base del muro

H: Altura del muro =	315 cm
e: Espesor del muro =	14 cm
a: Ancho del muro =	100 cm
γ : Peso volumétrico del muro =	1.5 ton/m ³
W: Peso del muro/m =	661.5 kg/m
A: Área de 1 m de muro =	1400 cm ²
α : Esfuerzo vertical en el muro =	0.4725 kg/cm ²

Esfuerzo crítico en el muro (pandeo tomado como columna)

La fuerza crítica está dada por:

$$F_{crit} = \pi^2 \frac{EI_{min}}{L^2}$$

Dónde:

Fcrit: Fuerza crítica

E: Módulo de elasticidad del material = 21,000 kg/cm²

Imin: Módulo de inercia mínimo = 22,867 kg/cm²

L: Longitud de pandeo = 630 cm

$$F_{crit} = (3.1416)^2 \times \left(\frac{21000 \times 22867}{630^2} \right) = 11,941 \text{ kg}$$

Y el esfuerzo crítico será:

$$\sigma_{crit} = \frac{(11,941/100)}{14} = 8.53 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_v < \sigma_{crit}$$

Por tanto, es correcto.

Considerando el esfuerzo por flexión

Momento actuante:

Fuerza total en 1 m de ancho

Pa: Presión máxima en la base = 2.86 ton/m²

Hmax: Altura total = 3.15 m

F: Fuerza en 1 m de ancho = 4.50 ton

Hc: Altura de aplicación = 1.05 m

M: Momento en la base = 4.73 ton-m

Calculando el esfuerzo máximo (σ_{max}) por la fórmula de la escuadría:

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} y_{max}$$

P: Fuerza vertical = 661.5 kg

A: Área de la sección = 1,400 cm²

y_{max}: Semiancho de la sección = 7 cm

I: Módulo de inercia de sección = 22,867 cm⁴

$$\sigma_{max} = \frac{661.5}{7} + \frac{4.73 \times 1000 \times 100}{22,867} \times 7 = 145.27 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{min} = \frac{661.5}{1400} - \frac{4.73 \times 10}{22867 \times 7} = 0.46 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{max} > f_m^*$$

Por tanto, no cumple.

Cálculo del cortante en la base

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{4.5 \times 1000}{1400} = 3.22 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible al cortante en el muro

$$v_m = 0.8\sqrt{f_m^*}$$

f_m^* : Esfuerzo admisible a compresión = 40 kg/cm²

$$v_m = 0.8\sqrt{40} = 5.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau < v_m$$

Por tanto, es correcto.

El espesor no pasa por esfuerzo de compresión en la base.

Considerando la sección circular en la base del pozo, y que se construya de tabique rojo, pero ahora con un espesor de 28 cm:

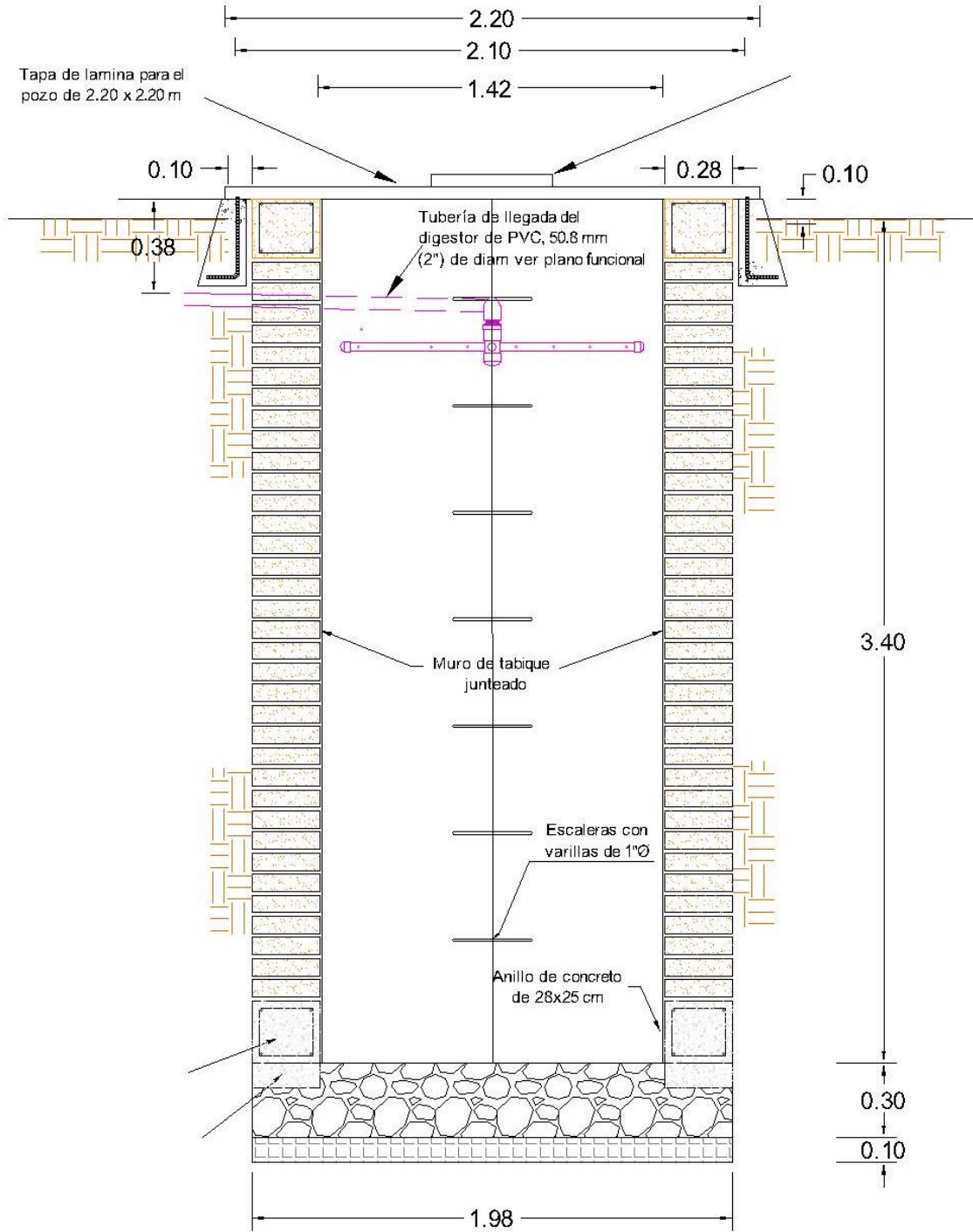
Diámetro interior del pozo = 142 cm

Segunda opción: muro de espesor = 28 cm

Diámetro exterior = 198 cm

Peso volumétrico del muro = 1.5 ton/m³

Espesor efectivo del muro = 28 cm



Pozo de absorción (elevación), espesor de muro de 28 cm.

Cálculo del esfuerzo de compresión en el anillo

$$\sigma_h = \frac{P_A D}{2e}$$

Dónde:

σ_h : Esfuerzo horizontal en el muro

D: Diámetro del pozo

e: Espesor del muro

$$\sigma_h = \frac{(2.8602/10) \times 198}{2 \times 28} = 1.01 \text{ kg/cm}^2$$

f^*m : Esfuerzo admisible a compresión = 40 kg/cm²

$$\sigma_h < f^*m$$

Por tanto, es correcto.

Esfuerzos en la base del muro

H: Altura del muro = 315 cm

e: Espesor del muro = 28 cm

a: Ancho del muro = 100 cm

γ Peso volumétrico del muro =	1.5 ton/m ³
W: Peso del muro/m =	1,323 kg/m
A: Área de 1 m de muro =	2,800 cm ²
α: Esfuerzo vertical en el muro =	0.4725 kg/cm ²

Esfuerzo crítico en el muro (pandeo tomado como columna)

La fuerza crítica está dada por:

$$F_{crit} = \pi^2 \frac{EI_{min}}{L^2}$$

Dónde:

Fcrit: Fuerza crítica

E: Módulo de elasticidad del material = 21,000 kg/cm²

Imin: Módulo de inercia mínimo = 182,933 kg/cm²

L: Longitud de pandeo = 630 cm

$$F_{crit} = (3.1416)^2 \times \left(\frac{21000 \times 182,933}{630^2} \right) = 95,528 \text{ kg}$$

Y el esfuerzo crítico será:

$$\sigma_{crit} = \frac{(95,528/100)}{28} = 34.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_v < \sigma_{crit}$$

Por tanto, es correcto.

Considerando el esfuerzo por flexión

Momento actuante:

Fuerza total en 1 m de ancho

Pa: Presión máxima en la base = 2.86 ton/m²

Hmax: Altura total = 3.15 m

F: Fuerza en 1 m de ancho = 4.50 ton

Hc: Altura de aplicación = 1.05 m

M: Momento en la base = 4.73 ton-m

Calculando el esfuerzo máximo (σ_{max}) por la fórmula de la escuadría:

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} y_{max}$$

P: Fuerza vertical = 1,323 kg

A: Área de la sección = 2,800 cm²

y_{max}: Semiancho de la sección = 14 cm

I: Módulo de inercia de sección = 182,933 cm⁴

$$\sigma_{max} = \frac{1,323}{14} + \frac{4.73 \times 1000 \times 100}{182,933} \times 14 = 36.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{min} = \frac{1,323}{2,800} - \frac{4.73 \times 10}{182,933 \times 14} = 0.47 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{max} > f_m^*$$

Por tanto, cumple.

Cálculo del cortante en la base

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{4.5 \times 1000}{2,800} = 1.61 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible al cortante en el muro

$$v_m = 0.8\sqrt{f_m^*}$$

f*m: Esfuerzo admisible a compresión = 40 kg/cm²

$$v_m = 0.8\sqrt{40} = 5.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau < v_m$$

Por tanto, es correcto.

Conclusión: El pozo con muro de espesor de 28 cm es adecuado.

7.6.13 DISEÑO DEL TANQUE DE ACERO

7.6.13.1 DATOS BASE

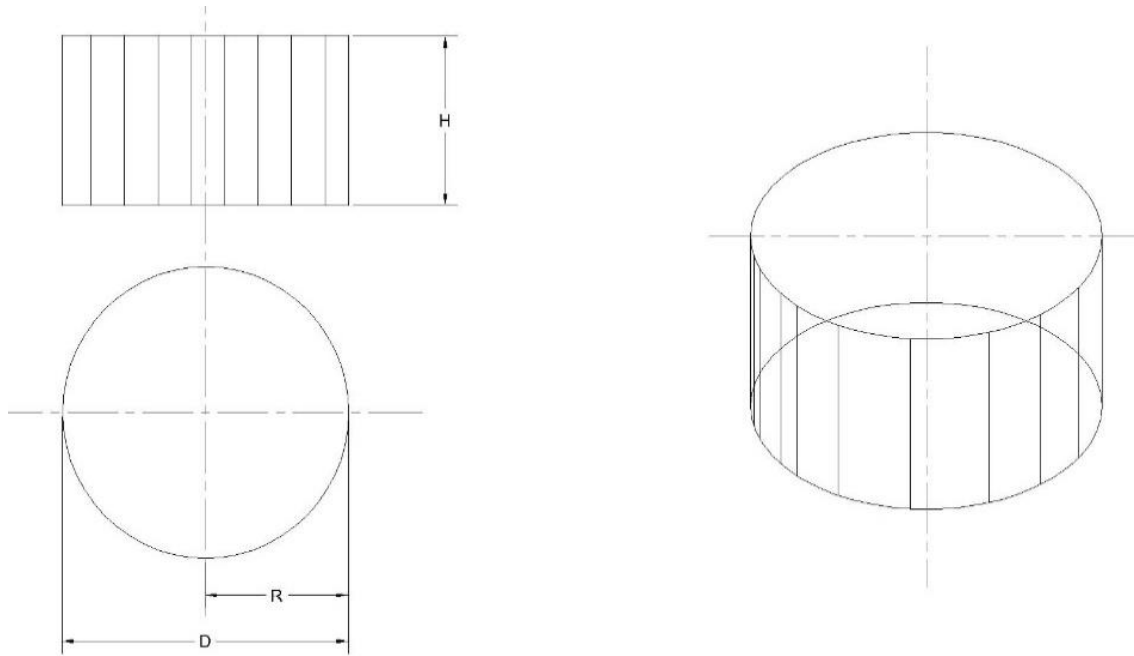
<i>Material del cuerpo del tanque:</i>	Acero			
<i>Especificación del material:</i>	ASTM A-283 Gr. C			
<i>Esfuerzo de fluencia (fy)</i>	30000	psi =	2111.1	kg/cm ²
<i>Esfuerzo de diseño (fd)</i>	20000	psi =	1407.4	kg/cm ²
<i>Esfuerzo de prueba hidrostática (ft)</i>	22500	psi =	1583.3	kg/cm ²
<i>Peso volumétrico del acero</i>	7850.0 kg/m ³			
<i>Peso volumétrico del agua</i>	1000.0 kg/m ³			

Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses
(Pounds per Square Inch)

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress S_d	Hydrostatic Test Stress S_t
ASTM Specifications					
A 283	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 285	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 131	A, B, CS	34,000	58,000	22,700	24,900
A 36	—	36,000	58,000	23,200	24,900
A 131	EH 36	51,000	71,000 ^a	28,400	30,400
A 573	58	32,000	58,000	21,300	24,000
A 573	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 573	70	42,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 516	55	30,000	55,000	20,000	22,500
A 516	60	32,000	60,000	21,300	24,000
A 516	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 516	70	38,000	70,000	25,300	28,500
A 662	B	40,000	65,000	26,000	27,900
A 662	C	43,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	1	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	2	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 633	C, D	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	A	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	B	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 737	B	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 841		50,000	70,000 ^a	28,000	30,000

* Tabla obtenida de la Norma API 650 "Welded Steel Tanks For Oil Storage" pág. 3-7

7.6.13.2 DIMENSIONAMIENTO PROPUESTO

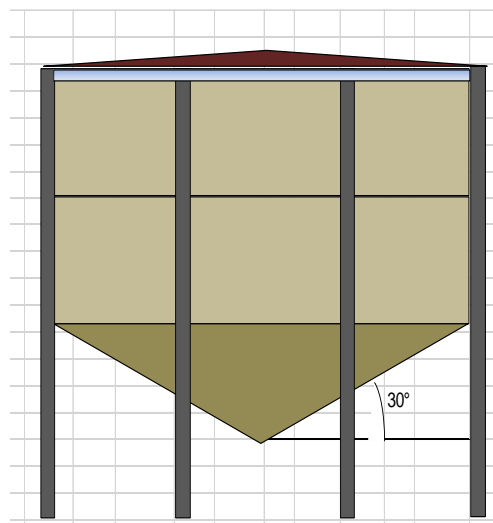


Alto (H) = 3.66 m

Radio (R) = 1.50 m

Diámetro (D) = 3.00 m

Volumen calculado = 25.9 m³



7.6.13.3 CÁLCULO DE ESPESORES POR EL MÉTODO "1-FOOT" (1 PIE)

El método de 1-FOOT calcula los espesores de las placas requeridos a un pie del fondo del tanque. Este método se utilizará para tanques con diámetros menores a 60 m (200 pies).

El mínimo espesor requerido será el mas grande obtenido de las siguientes dos fórmulas:

$$t_d = \frac{2.6D(H - 1)G}{S_d} + CA \quad * \text{Fórmulas obtenidas del Norma API-650}$$

$$t_t = \frac{2.6D(H - 1)}{S_t}$$

Dónde:

t_d =	Espesor de diseño del tanque (in)			
t_t =	Espesor de diseño por prueba hidrostática del tanque (in)			
D =	Diámetro nominal del tanque (pies)	3.00	m	9.84 pies
H =	Altura del tanque (pies)	3.66	m	12.01 pies
G =	Gravedad específica del líquido contenido	1.34		
S_d =	Esfuerzo admisible (psi)	1407.40	kg/cm ²	20000.00 psi
S_t =	Esfuerzo admisible en prueba hidrostática (psi)	1583.33	kg/cm ²	22500.00 psi
CA =	Espesor agregado por corrosión (in)	0.16	cm	1/16 in

sustituyendo:

$$t_d = \frac{2.6D(H - 1)G}{S_d} + CA \quad t_d = \quad 0.08 \quad in \quad \quad 0.21 \quad cm$$

$$t_t = \frac{2.6D(H - 1)}{S_t} \quad t_t = \quad 0.01 \quad in \quad \quad 0.03 \quad cm$$

de los valores obtenidos el mayor es $t = \quad 0.08 \quad in = \quad 0.21 \quad cm$

El valor comercial de la placa próximo al espesor calculado será $t = 1/8 in (0.32 cm)$, pero en el apartado 3.6.1.1 de la Norma API-650 muestra las condiciones mínimas de los espesores requeridos en tanques abiertos

Nominal Tank Diameter (feet) (See Note 1)	Nominal Plate Thickness (inches) (See Note 2)
< 50	3/16
50 to < 120	1/4
120 to 200	5/16
> 200	3/8

Según la tabla anterior el espesor mínimo requerido para tanques de diámetro menor a 50 pies (15.2 m) es $t = 3/16$ in (0.48 cm)

Espesor calculado $t = 0.08$ in = 0.21 cm

Espesor adoptado $t = 3/16$ in = 0.48 cm

7.6.13.4 DIMENSIONAMIENTO DE PLACAS Y ESPESOR POR ANILLOS

Las dimensiones propuestas para las placas son:

Ancho = 4.00 pie 1.22 m 47.999998
Largo = 10.00 pie 3.05 m 120

Como se adoptó una placa de 5 pies de ancho, cada anillo tendrá ese ancho, por lo que para obtener el número de anillos se dividirá la altura entre el ancho de anillos

Altura total del tanque = 12.01 pie

12.01 / 4.00 = 3.00 por lo tanto se redondea a 3 anillos

Anillo 1

H = 12.01 pie

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.08 \text{ in} \quad 0.21 \text{ cm}$$

Anillo 2

$$H = 8.01 \text{ pie}$$

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.07 \text{ in} \quad 0.19 \text{ cm}$$

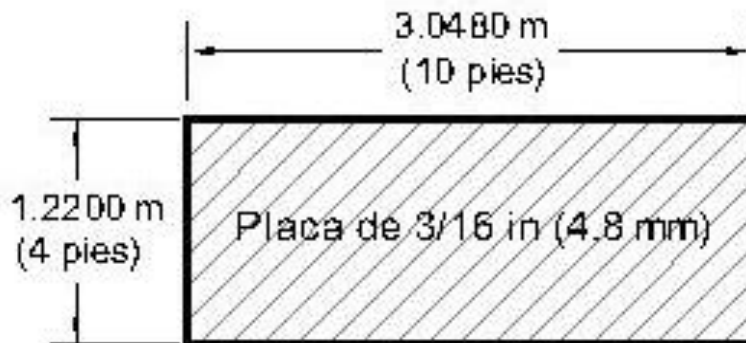
Anillo 3

$$H = 4.01 \text{ pie}$$

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA \quad t_d = 0.07 \text{ in} \quad 0.17 \text{ cm}$$

Para los tres anillos resultantes el espesor adoptado según el apartado 3.6.1.1 para la placas es según de

Espesor adoptado $t = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$



Para saber el número de placas se requiere saber el perímetro del tanque

$$\text{Diámetro interior} = 3.00 \text{ m}$$

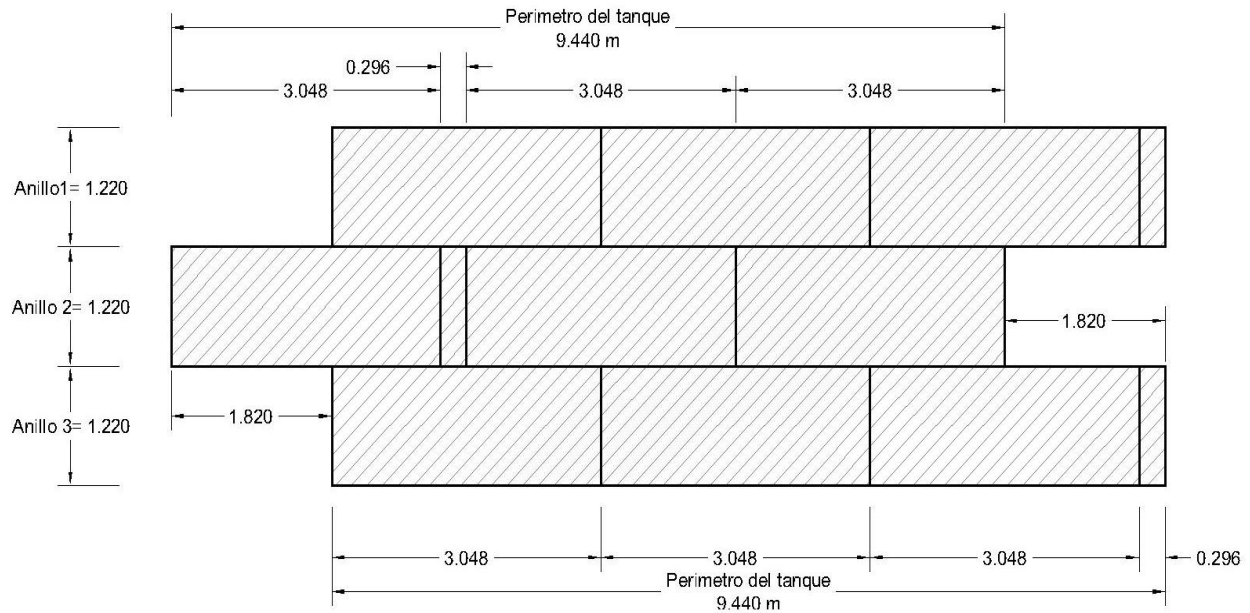
$$\text{Espesor (t)} = 3/16 \text{ in} = 0.0048 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro exterior} = 3.0095 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro medio} = \frac{3.0000 + 3.0095}{2} = 3.0048 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro medio} = \pi \times 3.0048 \text{ m} = 9.44 \text{ m}$$

por lo tanto el acomodo de las placas sería el siguiente:



7.6.13.5 PESO DE LAS PLACAS

Peso volumétrico del acero = 7850.00 kg/m³

Placa pared de dimensiones 3/16 in x 4.00 pie x 10.00 pie

Número de placas = 9.00

$$0.0048 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 3.05 \text{ m} \times 7850.00 \text{ kg/m}^3 = 138.93 \text{ kg}$$

$$= 138.93 \text{ kg} \times 9.00 = \underline{1250.37 \text{ kg}}$$

Placa pared de dimensiones 3/16 in x 4.00 pie x 0.97 pie

Número de placas = 3.00

$$0.0048 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 0.296 \text{ m} \times 7850.00 \text{ kg/m}^3 = 13.49 \text{ kg}$$

$$= 13.49 \text{ kg} \times 9.00 = \underline{121.43 \text{ kg}}$$

$$\text{Peso total de las placas del cuerpo} = 1250.37 + 121.43 = \underline{1371.79 \text{ kg}}$$

7.6.13.6 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL ANILLO SUPERIOR DE REFUERZO

Para determinar la sección mínima requerida del anillo de coronamiento utilizaremos la relación recomendada por API estándar 6-50 párrafo 3.9.6.1

$$Z = 0.0001D^2H_2 \quad * \text{Fórmulas obtenidas del Norma API-650}$$

Dónde:

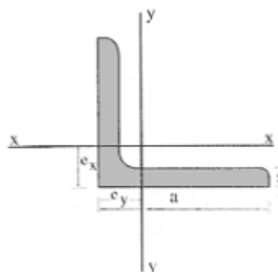
Z =	Módulo de sección mínimo requerido (in)			
D =	Diámetro nominal del tanque (pies)	3.00	m	9.84 pies
H ₂ =	Altura del tanque (pies)	3.66	m	12.01 pies

sustituyendo: $Z = 0.0001D^2H_2$ $Z = 0.12 \text{ in}^3$ 1.91 cm^3

según el API-650 en el apartado 3.9.3.1 el módulo de sección no deberá ser menor al del perfil angular 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 in

Perfil ángulo alas iguales

F= Sección
G= Peso
U= Superficie exterior por metro de perfil
J= Momento de inercia
W= Momento resistente
I= Radio de giro



Denominación	Dimensiones			F	G	Eje flexión x-x'=y-y'		
	a	b	ex=ey			J _x =J _y	W _x =W _y	i _x =i _y
	mm	mm	cm			cm ²	Kg./m	cm ⁴
5/8" x 1/8"	15.9	3.2	0.51	0.91	0.7	0.20	0.18	0.46
3/4" x 1/8"	19.1	3.2	0.58	1.11	0.9	0.37	0.28	0.58
7/8" x 1/8"	22.2	3.2	0.66	1.31	1.0	0.58	0.37	0.66
1" x 1/8"	25.4	3.2	0.75	1.51	1.2	0.91	0.51	0.77
1" x 3/16"	25.4	4.8	0.81	2.19	1.8	1.25	0.72	0.75
1" x 1/4"	25.4	6.4	0.86	2.83	2.2	1.66	0.98	0.73
1 1/4" x 1/8"	31.7	3.2	0.91	1.92	1.5	1.83	0.80	0.98
1 1/4" x 3/16"	31.7	4.8	0.97	2.80	2.2	2.54	1.16	0.96
1 1/4" x 1/4"	31.7	6.4	1.01	3.61	2.8	3.32	1.47	0.93
1 1/2" x 1/8"	38.1	3.2	1.07	2.32	1.8	3.25	1.18	1.18
1 1/2" x 3/16"	38.1	4.8	1.13	3.40	2.7	4.58	1.70	1.16
1 1/2" x 1/4"	38.1	6.4	1.18	4.44	3.4	5.78	2.19	1.14
1 3/4" x 1/8"	44.4	3.2	1.23	2.73	2.1	5.24	1.62	1.39
1 3/4" x 3/16"	44.4	4.8	1.29	4.00	3.1	7.45	2.36	1.36
2" x 1/8"	50.8	3.2	1.39	3.13	2.4	7.91	2.14	1.59
2" x 3/16"	50.8	4.8	1.45	4.61	3.6	11.33	3.12	1.57
2" x 1/4"	50.8	6.4	1.50	6.05	4.7	14.48	4.04	1.55
2 1/4" x 3/16"	57.1	4.8	1.60	5.21	4.1	16.23	3.93	1.78
2 1/4" x 1/4"	57.1	6.4	1.68	6.85	5.4	21.23	5.24	1.75
2 1/2" x 3/16"	63.5	4.8	1.76	5.82	4.6	22.77	4.96	1.98
2 1/2" x 1/4"	63.5	6.4	1.82	7.66	6.1	29.26	6.45	1.95
3" x 1/4"	76.2	6.4	2.14	9.27	7.3	51.60	9.46	2.36

Para el perfil recomendado de 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 in, el módulo de sección es:

$$Z = W_x = W_y = 6.45 \text{ cm}^3 = 0.39 \text{ in}^3 > 0.12 \text{ in}^3 \quad \text{OK}$$

Peso por metro del perfil es: 6.10 kg/m

7.6.13.7 FONDO CÓNICO DEL TANQUE

Se diseñará un fondo cónico con ángulo de 30°, se calculará como tapa de un recipiente a presión para definir su espesor, y el material de las tapas será de especificación ASTM A-283 Gr. C

$$t_T = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)}$$

* Fórmula obtenida del Manual de recipientes a presión- Megyesy

Dónde:

t_T	=	Espesor de la tapa		
D	=	Diámetro nominal del tanque (pies)	3.00 m	300.00 cm
P	=	Presión interior del tanque	3.66 mca	0.37 kg/cm ²
		*Nota: para esta presión se tomará la altura del tanque como m.c.a		
S	=	Esfuerzo de trabajo del material	20000.00 psi	1406.14 kg/cm ²
E	=	Eficiencia de la junta	1.00	
α	=	Ángulo del cono	30°	0.52 rad

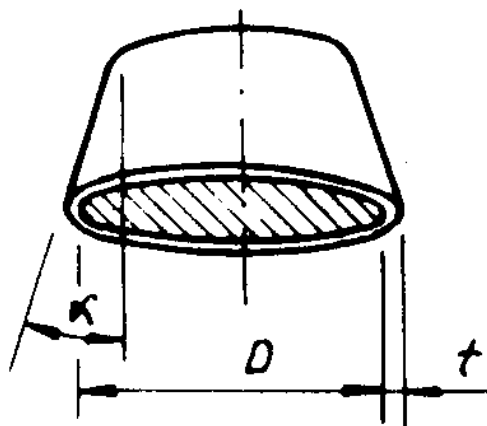


Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses
(Pounds per Square Inch)

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress S_d	Hydrostatic Test Stress S_t
ASTM Specifications					
A 283	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 285	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 131	A, B, CS	34,000	58,000	22,700	24,900
A 36	—	36,000	58,000	23,200	24,900
A 131	EH 36	51,000	71,000 ^a	28,400	30,400
A 573	58	32,000	58,000	21,300	24,000
A 573	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 573	70	42,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 516	55	30,000	55,000	20,000	22,500
A 516	60	32,000	60,000	21,300	24,000
A 516	65	35,000	65,000	23,300	26,300
A 516	70	38,000	70,000	25,300	28,500
A 662	B	40,000	65,000	26,000	27,900
A 662	C	43,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	1	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 537	2	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 633	C, D	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	A	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 678	B	60,000	80,000 ^a	32,000	34,300
A 737	B	50,000	70,000 ^a	28,000	30,000
A 841		50,000	70,000 ^a	28,000	30,000

* Tabla obtenida de la Norma API 650 "Welded Steel Tanks For Oil Storage" pág. 3-

sustituyendo

$$t_T = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)} \quad t_T = 0.05 \text{ cm} \quad 0.02 \text{ in}$$

Tomando en cuenta que el espesor del cuerpo es mayor, se adoptará el mismo para las tapas

por lo tanto: $t = t_T = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$

A continuación, se calculará el área y el peso

$D = 3.00 \text{ m}$

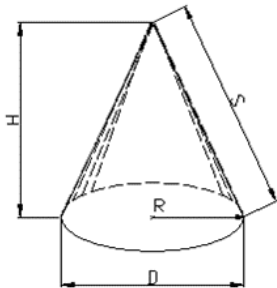
$R = 1.50 \text{ m}$

$\alpha = 30^\circ \quad 0.52 \text{ rad}$

por lo tanto:

$H = R \tan \alpha \quad H = 0.87 \text{ m}$

$S = \frac{R}{\cos \alpha} \quad S = 1.73 \text{ m}$



En el caso de la tapa inferior, el área de placa del codo se calcula:

$A = \pi SR \quad A = 8.16 \text{ m}^2$

Volumen de placa $V = A(t) = 0.0389 \text{ m}^3$

Peso volumétrico del acero = 7850.00 kg/cm^3

por lo tanto $0.04 \times 7850.00 = 305.15 \text{ kg}$

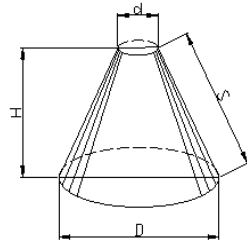
7.6.13.8 TAPA CÓNICA

Para la tapa se supondrá para el análisis el mismo espesor que el fondo cónico y el material será acero de especificación ASTM A-283 Gr. C. la diferencia serán las dimensiones de la tapa con una altura de 50 cm hasta la sección truncada del cono.

El espesor será: $t = t_r = 3/16 \text{ in} = 0.48 \text{ cm}$

A continuación, se calculará el área y el peso

$D = 3.00 \text{ m}$
 $R = 1.50 \text{ m}$
 $H = 0.50 \text{ m}$
 $d = 0.25 \text{ m}$
 $r = 0.13 \text{ m}$



por lo tanto:

$$S = \sqrt{H^2 + (R - r)^2} \quad S = 1.46 \text{ m}$$

En el caso de la tapa inferior el área de placa del codo truncado se calcula:

$$A = \frac{\pi S(D + d)}{2} \quad A = 7.47 \text{ m}^2$$

Volumen de placa $V = A(t) = 0.0356 \text{ m}^3$

Peso volumétrico del acero = 7850.00 kg/cm^3

por lo tanto $0.04 \times 7850.00 = 279.24 \text{ kg}$

7.6.13.9 ESFUERZOS EN LA PARED DEL TANQUE

Los esfuerzos que se generan en la pared del tanque son lo siguientes:

$$\text{Esfuerzo crítico} \quad \sigma_{crit} = 0.6 E \left(\frac{t}{r} \right)$$

$$\text{Esfuerzo admisible} \quad \sigma_{adm} = 1.5 \times 10^6 \left(\frac{t}{r} \right)$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} \quad \sigma_{trab} = \frac{\gamma RH}{2t}$$

Dónde:

$E =$	Módulo de elasticidad (psi)	3.E+07	psi		
$t =$	Espesor de la pared de la placa (in)	3/16	in		
$R=r =$	Radio del tanque (in)	1.50	m	59.06	in
$\gamma =$	Peso específico del agua	9810.00	N/m ³	0.04	lb/in ³
$H =$	Altura del tanque	3.66	m	144.09	in

sustituyendo:

$$\text{Esfuerzo crítico} \quad \sigma_{crit} = 0.6 E \left(\frac{t}{r} \right) \quad \sigma_{crit} = 57150.00 \text{ psi}$$

$$\text{Esfuerzo admisible} \quad \sigma_{adm} = 1.5 \times 10^6 \left(\frac{t}{r} \right) \quad \sigma_{adm} = 4762.50 \text{ psi}$$

$$\text{Esfuerzo de trabajo} \quad \sigma_{trab} = \frac{\gamma RH}{2t} \quad \sigma_{trab} = 820.08 \text{ psi}$$

condición:

$$\sigma_{trab} < \sigma_{adm} < \sigma_{crit}$$

$$820.08 < 4762.50 < 57150.00 \quad \text{OK}$$

7.6.13.10 COLUMNAS DE SOPORTE DEL TANQUE

Se dispone a soportar el tanque en 6 columnas distribuidas en el perímetro. Para este análisis se calculará el peso total del tanque lleno de agua

$$\text{Peso del acero del tanque: } W_{ac} = 1371.79 + 305.15 + 279.24 = 1,956.18 \text{ kg}$$

Se procederá a calcular el volumen total de agua que contendrá el tanque lleno

Volumen de agua contenida en el cuerpo del tanque: $V_a = 25.87 \text{ m}^3$

Volumen de agua contenida en la tapa inferior (cono):

$$V_a = \frac{\pi R^2 H}{3} \quad \text{por lo tanto:} \quad V_a = 2.04 \text{ m}^3$$

Volumen de agua contenida en la tapa superior (cono truncado):

$$V_a = \frac{\pi(R^2 + r^2 + Rr)H}{3} \quad \text{por lo tanto:} \quad V_a = 1.28 \text{ m}^3$$

$$V_{at} = 25.87 + 2.04 + 1.28 = 29.20 \text{ m}^3$$

Peso total del agua: $W_{ag} = 29.20 \times 1000.00 = 29,195.99 \text{ kg}$

PESO TOTAL DEL TANQUE: $1956.18 + 29195.99 = 31,152.17 \text{ kg}$

El peso en cada columna corresponde a:

$$W_c = \frac{31152.17}{6} = 5192.03 \text{ kg}$$

Longitud de la columna $L = 2.25 \text{ m}$

Para calcular el área necesaria de la columna se utilizará la siguiente fórmula:

$$An = \frac{n(W_c)}{\sigma}$$

Dónde:

$An =$	Área necesaria de la sección de la columna	
$n =$	Factor de seguridad	4.00
$W_c =$	Carga soportada por la columna	5192.03 kg
$\sigma =$	Esfuerzo de diseño del material	23200.00 psi
		1631.12 kg/cm ²

Para el diseño de las columnas se utilizará acero de especificación ASTM A-36



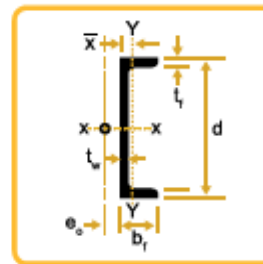
Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses
(Pounds per Square Inch)

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress S_d	Hydrostatic Test Stress S_t
ASTM Specifications					
A 283	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 285	C	30,000	55,000	20,000	22,500
A 131	A. B. CS	34,000	58,000	22,700	24,900
A 36	—	36,000	58,000	23,200	24,900

* Tabla obtenida de la Norma API 650 "Welded Steel Tanks For Oil Storage" pág. 3-7

sustituyendo: $An = \frac{n(Wc)}{\sigma}$ $An = 12.73 \text{ cm}^2$

Con el valor del área necesaria obtenida se buscará un perfil que cumpla con esta área de sección transversal



Canal CPS (CE)

Dimensiones teóricas y propiedades de diseño (milímetros)

Canal Perfil estandar CPS (CE)	Peso	Area	Peralte	Patin		Alma	k_{flange}		Distancia	
	kg/m	A mm ²	d mm	b _f mm	t _f mm	t _w mm	mm	mm	X mm	e _s mm
C 150	12.201	1540	152	48.80	8.71	5.08	20.7	20.6	13.0	15.2
	15.624	1990	152	51.60	8.71	7.98	20.7	20.6	12.7	12.3
	19.344	2480	152	54.90	8.71	11.10	20.7	20.6	13.1	9.66
C 200	17.112	2170	203	57.40	9.91	5.59	23.8	23.8	14.5	17.7
	20.460	2610	203	59.40	9.91	7.70	23.8	23.8	14.1	15.3
	27.900	3550	203	64.30	9.91	12.40	23.8	23.8	14.4	10.90
C 250	22.766	2890	254	66.00	11.10	6.10	25.4	25.4	16.1	20.2
	29.760	3790	254	69.60	11.10	9.63	25.4	25.4	15.4	16.2
	37.200	4740	254	73.40	11.10	13.40	25.4	25.4	15.7	12.5
	44.640	5680	254	77.00	11.10	17.10	25.4	25.4	16.5	9.36
C 310	30.802	3920	306	74.70	12.70	7.16	28.7	28.6	17.7	22.1
	37.200	4740	306	77.50	12.70	9.83	28.7	28.6	17.1	18.9
	44.640	5680	306	80.50	12.70	13.00	28.7	28.6	17.1	15.7

Canal Perfil estandar CPS (CE)	X_z mm	I_z mm ⁴ / 10 ⁶	Z_z mm / 10 ²	S_z mm / 10 ²	r_z mm	I_y mm ⁴ / 10 ⁶	Z_y mm / 10 ²	S_y mm / 10 ²	r_y mm
C 150	5.05	5.45	84.6	71.3	59.4	0.286	16.2	8.0	13.6
	6.50	6.29	101.0	82.6	56.4	0.358	18.7	9.2	13.4
	8.08	7.20	119.0	94.7	54.1	0.437	22.1	10.5	13.3
C 200	5.36	13.50	158.0	133.0	79.0	0.545	25.7	12.7	15.8
	6.40	15.00	180.0	148.0	75.9	0.633	28.3	13.9	15.6
	8.74	18.30	228.0	180.0	71.6	0.820	36.6	16.6	15.2
C 250	5.69	28.00	261.0	221.0	98.3	0.945	38.3	18.8	18.1
	7.47	32.80	318.0	259.0	93.0	1.170	44.2	21.5	17.5
	9.32	37.90	379.0	298.0	89.4	1.390	52.1	24.1	17.1
	11.2	42.90	438.0	339.0	86.9	1.640	61.9	27.0	17.0
C 300	6.43	53.70	420.0	352.0	117.0	1.610	56.9	28.2	20.2
	7.77	59.90	482.0	393.0	113.0	1.850	62.6	30.6	19.8
	9.32	67.40	554.0	442.0	109.0	2.130	70.8	33.6	19.4

Se seleccionó un perfil CPS de: **150 x 5.16 mm** con características:

$$\begin{aligned} A &= 19.90 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 629.00 \text{ cm}^4 & I_y &= 35.80 \text{ cm}^4 \\ r_x &= 5.64 \text{ cm} & r_y &= 1.34 \text{ cm} \end{aligned}$$

Se calcula la relación de esbeltez

$$Re = \frac{kL}{r_x}$$

Dónde:

$$k = \text{Constante dependiendo del apoyo de la columna} \quad 0.65$$

(suponiendo doble empotrada)

sustituyendo: $Re = \frac{kL}{r_x} \quad Re = 25.93$

Se calcula la constante crítica de la columna

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} Cc &= \text{Constante crítica de la columna} \\ E &= \text{Modulo de elasticidad del acero} && 2100000.00 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_y &= \text{Esfuerzo de Fluencia del material} && 30000.00 \text{ psi} && 2109.21 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Sustituyendo: $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}}$ $C_c = 140.19$

Para calcular la carga crítica de la columna, se debe establecer si la columna es larga o corta con la siguiente:

si $kL > C_c$ por lo tanto es columna **Larga** y la fórmula de la carga crítica será:
rx

FORMULA EULER: $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$

si $kL < C_c$ por lo tanto es columna **Corta** y la fórmula de la carga crítica será:
rx

FORMULA J.B. JOHNSON: $P_{cr} = A\sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y \left(\frac{KL}{r}\right)^2}{4\pi^2 E} \right]$

sustituyendo: $25.93 < 140.19$ por lo tanto la columna es: **CORTA**

la fórmula es: $P_{cr} = A\sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y \left(\frac{KL}{r}\right)^2}{4\pi^2 E} \right]$ Resolviendo: $P_{cr} = 41255.24 \text{ kg}$

La carga crítica de la columna es la carga con la cual la columna empezará a pandearse, por lo que deberá ser mayor a la carga que soporta la columna. Por cuestiones de diseño se utiliza un factor para determinar la carga admisible de la columna

Factor de diseño (N) = 2

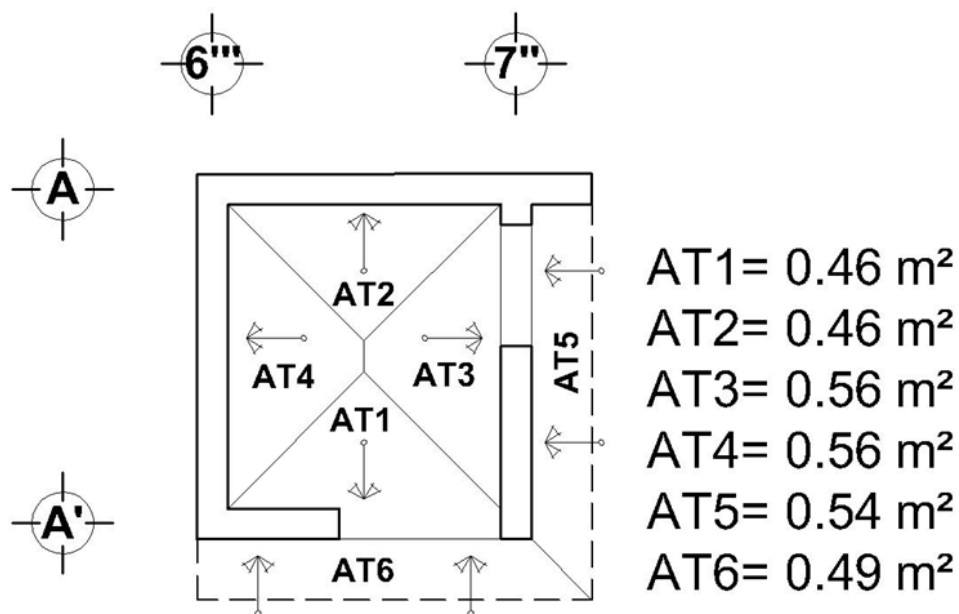
Carga admisible (Wca) = $\frac{P_{cr}}{N} = \frac{41255.24}{2} = 20627.62 \text{ kg}$

$P_{cr} > W_c$
 $20627.62 > 5192.03$ **OK**

La columna de perfil CPS de 150 x 5.16 mm **OK**

7.6.14 DISEÑO DEL BAÑO

7.6.14.1 ÁREAS TRIBUTARIAS



DISTRIBUCION DE AREAS TRIBUTARIAS

7.6.14.2 BAJADA DE CARGAS

BAJADA DE CARGAS EN LOSAS DE AZOTEA

EJE	TRAMO	LONG. CLARO	AT	PESO DE LOSA (kg/ml)	PESO DE PRETIL (kg/ml)	LONGITUD DE PRETIL (m)	PESO DE PRETIL EN EJE (kg/ml)
A'	6 ^m -7 ^m	1.35	1-6	458.11	329.28	1.80	439.04
A	6 ^m -7 ^m	1.35	2	221.82	329.28	0.00	0.00
7 ^m	A-A'	1.50	3-5	477.40	329.28	1.95	428.06
6 ^m	A-A'	1.50	4	243.04	329.28	0.00	0.00

BAJADA DE CARGAS EN TRABES Y CERRAMIENTOS

EJE	TRAMO	LONG. CLARO	SECCION TRABE	PESO DE TRABE (kg/ml)	SECCION CERRAMIENTO	PESO DE CERRAMIENTO (kg/ml)
A'	6'''-7''	1.35	15 x 30	108.00	NO HAY	0.00
A	6'''-7''	1.35	15 x 30	108.00	15 x 30	108.00
7''	A-A'	1.50	15 x 30	108.00	NO HAY	0.00
6'''	A-A'	1.50	15 x 30	108.00	15 x 30	108.00

BAJADA DE CARGAS EN MUROS

EJE	TRAMO	LONG. CLARO	TIPO DE MURO	PESO DE MURO (kg/m ²)	ALTO DE MURO (m)	PESO DE MURO (kg/ml)
A'	6'''-7''	1.35	MORTERO-MORTERO	351.00	2.30	807.30
A	6'''-7''	1.35	MORTERO-MORTERO	351.00	4.30	1509.30
7''	A-A'	1.50	MORTERO-MORTERO	351.00	2.30	807.30
6'''	A-A'	1.50	MORTERO-MORTERO	351.00	4.30	1509.30

BAJADA DE CARGAS TOTAL POR EJE (PARA DESPLANTE EN TERRENO)

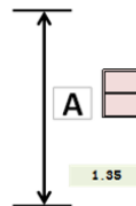
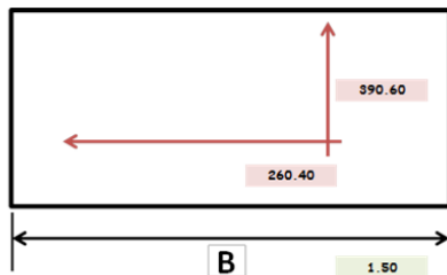
EJE	TRAMO	PESO DE LOSA	PESO DE PRETIL	PESO DE TRABES	PESO DE CERRAMIENTOS	PESO DE MUROS	Σ PESOS (kg/ml)	PESOS EN TRABES (kg/ml)
A'	6'''-7''	458.11	439.04	108.00	0.00	807.30	1812.45	1005.15
A	6'''-7''	221.82	0.00	108.00	108.00	1509.30	1947.12	1031.82
7''	A-A'	477.40	428.06	108.00	0.00	807.30	1820.76	1013.46
6'''	A-A'	243.04	0.00	108.00	108.00	1509.30	1968.34	1053.04



EJE CRÍTICO Y TRABE DE BORDE CRÍTICA

7.6.14.3 LOSA DE AZOTEA

A/B	W _A	W _B	w _A	w _B	LOSA (kg/m ²)	P.U. (kg/m ²)
0.90	0.60	0.40	390.60	260.40	651.00	651.00

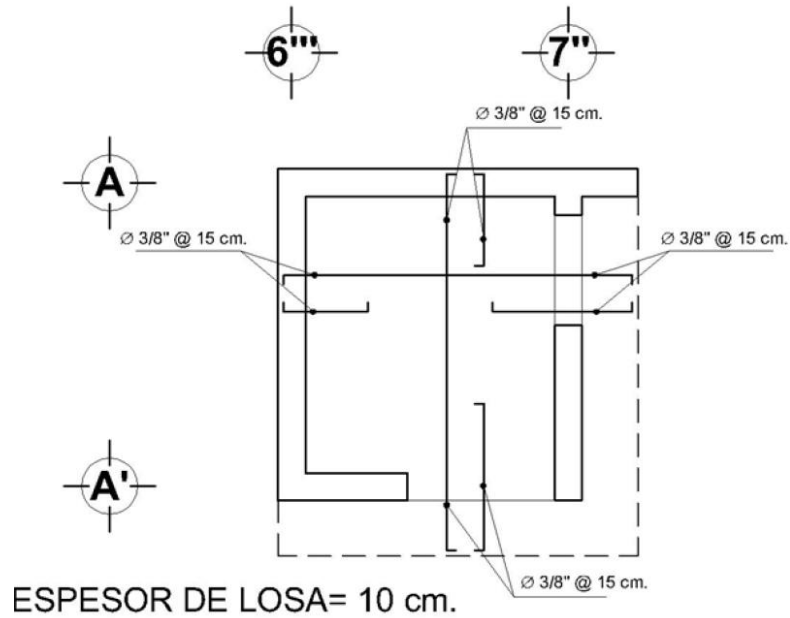


PERALTE EFECTIVO "d" (cm)	7.00	7.00
PERALTE "h" (cm)	10.00	

EJE X-X (CLARO CORTO)				(PESO) w= 390.60
LONGITUD (l)	w (kg/m)	MOMENTO (-) (kg-m)	MOMENTO (+) (kg-m)	CORTANTE (kg)
1.35	624.96	151.87	75.93	674.96

EJE Y-Y (CLARO LARGO)				(PESO) w= 260.40
LONGITUD (l)	w (kg/m)	MOMENTO (-) (kg-m)	MOMENTO (+) (kg-m)	CORTANTE (kg)
1.50	416.64	124.99	62.50	499.97

DISEÑO A FLEXION	DATOS	
$f'c$	250.00	
F_y	4200.00	
P_b	0.026	
P_{min}	0.002	
P_{max}	0.0195	
AREA DE ACERO MINIMO (A_{smin})	2.00	
AREA DE ACERO MAXIMO (A_{smax})	13.65	
α	0.05060	
β	0.00002676	
$A_s (+)$ EJE X-X	0.29	
$A_s (-)$ EJE X-X	0.58	
$A_s (+)$ EJE Y-Y	0.24	
$A_s (-)$ EJE Y-Y	0.48	
A_s FINAL (+)	2.00	OK
A_s FINAL (-)	2.00	OK
VARILLA PROPUESTA (a_s)	3/8 pulg	
AREA DE VARILLA PROPUESTA (a_s)	0.71	
SEPARACION DE VARILLAS (+)	35.50	
SEPARACION DE VARILLAS (-)	35.50	
EN EL LECHO SUPERIOR (cm)	35	separación máxima
EN EL LECHO INFERIOR (cm)	35	2.5 d = 17.50
PERALTE DE LOSA	10.00	sep. @ 15 cm.
CORTANTE MAXIMO (V_u)	674.96	
CORTANTE ULTIMO (ϕV_u)	809.95	
CORTANTE DE LA LOSA (V_{cr})	3959.80	
SI PASA POR CORTANTE		
DEFORMACION PERMISIBLE (Δ_{PERM}) (cm)	1.06	
DEFORMACION CALCULADA (Δ_{CALC}) (cm)	0.01	
SI PASA POR DEFORMACION		

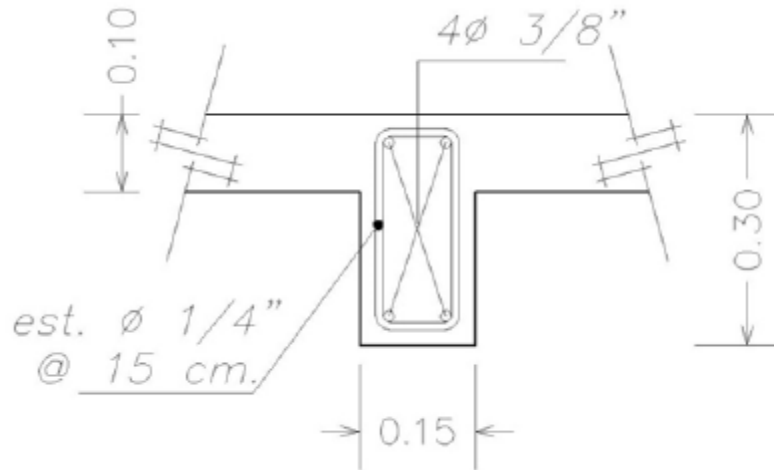


7.6.14.4 TRABE DE BORDE

TRABE DE BORDE EN LOSA				(PESO) $w = 1053.04$	
SECCION		LONGITUD	w	MOMENTO	CORTANTE
b	h	(l)	(kg/m)	(kg-m)	(kg)
0.15	0.30	1.00	1625.46	203.18	812.73

LECHO	No. VARS.	DIAMETRO	AREA
SUPERIOR	2	3	1.425
INFERIOR	2	3	1.425
MEDIO	0	0	0.000
AREA TOTAL DE ACERO			2.850

DISEÑO A FLEXION	DATOS	
f'c	250.00	
Fy	4200.00	
MOMENTO (kg-m)	203.18	
CORTANTE (kg)	812.73	
LONGITUD DEL CLARO (l)	1.00	
w (kg/ml)	1625.46	
COEFICIENTE SISMICO (Cs)	0.16	
FACTOR SISMICO (Fs)	2.00	
CORTANTE SISMICO (Fh)	130.04	
MOMENTO SISMICO (Ms)	65.02	
MOMENTO ULTIMO DE DISEÑO (Mu)	268.20	
CORTANTE ULTIMO DE DISEÑO (Vf)	942.76	
BASE (b)	15.00	
PERALTE EFECTIVO (d)	25.00	
AREA DE VARILLA PROPUESTA (as)	0.71	3/8 pulg
f*c	200.00	
f''c	170.00	
F*y	3360.00	
VALOR "q"	0.4151	
AREA DE ACERO (As)	0.36	OK
AREA DE ACERO MINIMO (Asmin)	0.99	
AREA DE ACERO MAXIMO (Asmax)	5.69	
AREA DE ACERO DE ESTRIBOS (As)	0.32	1/4 pulg.
PORCENTAJE BALANCEADO (p)	0.0076	p < 0.015.
CORTANTE DE LA TRABE (Ver)	448.04	1er. COND.
SEPARACION DE ESTRIBOS (S)	32.00	Vf > Ver
SEPARACION MAXIMA DE ESTRIBOS	15.00	
Fy DE ACERO PARA ESTRIBOS	2530	
SECCION FINAL DE TRABE		
BASE	15.00	
PERALTE	30.00	
SEPARACION FINAL DE ESTRIBOS	15.00	



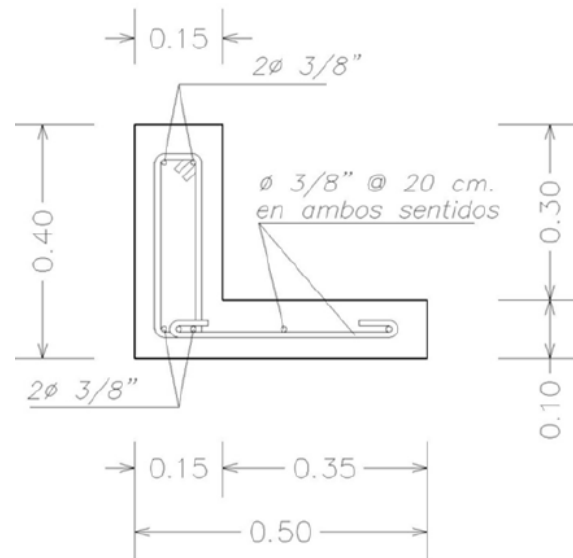
7.6.14.5 CIMENTACIÓN

DALA DE REPARTICION			(PESO) $w = 1968.34$		
SECCION		LONGITUD	w	MOMENTO	CORTANTE
b	h	(l)	(kg/m)	(kg-m)	(kg)
0.15	0.40	1.00	2534.81	316.85	1267.40

LECHO	No. VARS.	DIAMETRO	AREA
SUPERIOR	2	3	1.425
INFERIOR	2	3	1.425
MEDIO	0	0	0.000
AREA TOTAL DE ACERO			2.850

DISEÑO A FLEXION	DATOS	
$f'c$	250.00	
F_y	4200.00	
MOMENTO (kg-m)	316.05	
CORTANTE (kg)	1267.40	
LONGITUD DEL CLARO (l)	1.00	
w (kg/m)	2534.81	
COEFICIENTE SISMICO (C_s)	0.16	
FACTOR SISMICO (F_s)	2.00	
CORTANTE SISMICO (F_h)	202.78	
MOMENTO SISMICO (M_s)	101.39	
MOMENTO ULTIMO DE DISEÑO (M_u)	418.24	
CORTANTE ULTIMO DE DISEÑO (V_f)	1470.19	
BASE (b)	15.00	
PERALTE EFECTIVO (d)	35.00	
AREA DE VARILLA PROPUESTA (a_s)	0.71	3/8 pulg
$f'c$	200.00	
$f''c$	170.00	
F_y	3360.00	
VALOR "q"	0.4151	
AREA DE ACERO (A_s)	0.40	OK
AREA DE ACERO MINIMO (A_{smin})	1.38	
AREA DE ACERO MAXIMO (A_{smax})	7.97	
AREA DE ACERO DE ESTRIBOS (A_s)	0.32	1/4 pulg.
PORCENTAJE BALANCEADO (p)	0.0054	p < 0.015.
CORTANTE DE LA TRABE (V_{cr})	549.86	1er. COND.
SEPARACION DE ESTRIBOS (s)	24.00	$V_f > V_{cr}$
SEPARACION MAXIMA DE ESTRIBOS	20.00	
F_y DE ACERO PARA ESTRIBOS	2530	
SECCION FINAL DE CONTRATRADE		
BASE	15.00	
PERALTE	40.00	
SEPARACION FINAL DE ESTRIBOS	20.00	

ZAPATA DE LINDERO	
DISEÑO A FLEXION	DATOS
PESO (TON/m)	2.53
RESISTENCIA DEL TERRENO (TON/m ²)	11.5
PESO PROPIO DEL CEMENTO (TON/m)	0.76
f'c=	250
Fy	4200
ANCHO DE CONTRAABE (m)	0.15
ESPESOR DE LA ZAPATA= h (cm)	10
RECUBRIMIENTO (cm)	5
PESO ULTIMO (TON/m)	4.61
BASE (m)	0.40
BASE FINAL (m)	0.50
ESFUERZO EFECTIVO (TON/m ²)	9.227
LONGITUD DE CANTILIVER= l (m)	0.35
MOMENTO (TON-m)	0.57
CORTANTE (TON)	2.77
BASE LINEAL (cm)	100
PERALTE EFECTIVO (cm)	5
f*c=	200
f''c=	170
asmaximo	7.59
asminimo	1.32
ascalc (As)	3.25
asfinal (As)	3.25
DIAMETRO PROPUESTO (#)	3
AREA DE VARILLA (as)	0.71
PORCENTAJE (p)	0.0065
Vcr1	1.87
Vcr2 (CORTANTE RESISTENTE)	2.83
SI PASA POR CORTANTE	
SEPARACION DE VARILLAS (Sep)	21.9161
ESPESOR DE LA ZAPATA= h (cm)	10



ZAPATA DE LINDERO Z-1

As ES CORRECTO

3/8 pulg

20.00 cm.