



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Reforzamiento hidráulico de  
redes de agua potable y tratada  
como parte de la construcción de  
un centro comercial en Benito  
Juárez, CDMX**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Jorge Adalberto Hernández Acosta

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Cristian Emmanuel González Reyes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026

# INDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	<i>Objetivo</i> .....	2
1.2	<i>Justificación</i> .....	2
1.3	<i>Marco conceptual</i> .....	5
2	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA SERVICIO DE OPERACIÓN, INGENIERÍA E HIDRÁULICA 3R S.A DE C.V .....	9
3	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES .....	11
4	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	15
4.1	<i>Antecedentes</i> .....	16
1	CONCEPTOS TEÓRICOS DEL PROCESO DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	18
1	REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	26
6.1	<i>Participación profesional en el diseño e instalación de la red de distribución de agua potable</i> .....	26
6.1.1	<i>Trazo de la línea de agua potable</i> .....	26
6.1.2	<i>Corte con sierra</i> .....	28
6.1.3	<i>Demolición de carpeta asfáltica</i> .....	29
6.1.4	<i>Excavación</i> .....	31
6.1.5	<i>Termofusión de tubería</i> .....	34
6.1.6	<i>Prueba hidrostática</i> .....	37
6.1.7	<i>Colocación de tubería</i> .....	41
6.1.8	<i>Colocación de tomas domiciliarias</i> .....	41
6.1.9	<i>Relleno de zanja</i> .....	43
6.1.10	<i>Pruebas de compactación</i> .....	46
6.1.11	<i>Construcción de cajas de válvula</i> .....	55
6.1.12	<i>Atraques</i> .....	63
6.1.13	<i>Colocación de carpeta asfáltica</i> .....	64
6.2	<i>Red de distribución de agua tratada</i> .....	67
6.2.1	<i>Participación profesional en la red de distribución de agua tratada</i> .....	69
6.2.2	<i>Construcción de caja de válvulas de la red de distribución de agua tratada</i> .....	76
7	RESULTADOS DEL PROYECTO. ....	80
8	CONCLUSIONES.....	82
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>

# **REFORZAMIENTO HIDRÁULICO DE REDES DE AGUA POTABLE Y TRATADA COMO PARTE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN CENTRO COMERCIAL, EN BENITO JUAREZ, CDMX**

## **1 INTRODUCCIÓN**

A partir de la fundación de la gran Tenochtitlan, que evolucionaría en lo que se conoce como la zona metropolitana de la Ciudad de México, se ha mantenido una lucha constante por dar viabilidad a los asentamientos humanos existentes. Caracterizada desde su comienzo por el impacto y el control de los escurrimientos pluviales, el hundimiento paulatino de la superficie de la ciudad y por la creciente escasez del agua debido al crecimiento poblacional y de las actividades económicas en la región.

El rápido crecimiento de la población en la zona metropolitana, en los últimos cien años, se caracterizó por la expansión de áreas urbanas, áreas residenciales desarrolladas para las clases media y alta y los asentamientos no planificados en las áreas periféricas. Los gobiernos han prestado atención a este crecimiento proporcionando los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como una atención especial al drenaje pluvial, el tratamiento de aguas residuales y la disposición final de las aguas no reutilizadas.

Por lo anterior, Desde tiempo se ha tenido que lidiar a nivel mundial con la dotación de los servicios básicos tales como el agua potable, drenaje y saneamiento a toda la población, debido, al crecimiento poblacional y a los inconvenientes para realizar todas esas actividades.

Según (Abedrop, 2012), dentro de las prioridades a desarrollar por parte de muchas entidades encargadas de dar solución a estos problemas que agobian y preocupan a la población es incrementar y mejorar los servicios básicos de agua, alcantarillado, saneamiento y agua de reúso (tratada), lo que va a permitir en la posteridad a elevar la calidad de vida de la población, población que día a día sufre por el desabasto del vital líquido.

## 1.1 Objetivo

A partir de la descripción de las actividades desarrolladas en el presente proyecto se mostrarán las habilidades, conocimientos y aptitudes adquiridas durante la ejecución del proyecto descrito en este reporte de actividad profesional.

El informe que presento a continuación hace referencia a un reforzamiento hidráulico, el cual consiste en un proyecto integral de ampliación de diámetros de tubería, tanto para agua potable, como para drenaje y agua tratada. Incluye la instalación de tubería de 6” y 12” de PEAD RD17 para la conducción de agua potable; tubería de 4” PEAD RD17, para canalización de agua tratada; así como de tubería de PEAD corrugado de 45” y de 61 “, para la canalización de aguas pluviales y aguas negras; construcción de pozos de visita, cajas de válvulas, colocación de coladeras pluviales, rejillas de piso y, dentro de toda esta información, explícitamente el proceso constructivo y problemas que en la vida laborar un ingeniero se enfrenta día a día.

Las actividades preliminares que realicé fueron: recorrido para identificación de las áreas. Lo anterior con personal de la alcaldía Benito Juárez en conjunto con personal de mi representada. Posteriormente, el trazo y determinación de especificaciones para la demolición del pavimento asfáltico, la estructuración de los frentes de trabajo, todo lo anterior gracias a la experiencia adquirida en proyectos anteriores, tal como cuando me desempeñé como “residente de obra en la habilitación de tubería de 12” para agua potable en la alcaldía Iztapalapa, la cual cumple el objetivo de mitigar la escasez de agua. Asimismo, me desempeñé como supervisor externo de obras de infraestructura hidráulica en la colonia Vicente Guerrero. Cuento con las habilidades para llevar a cabo una planeación adecuada, así como control de obra, experiencia en cuantificaciones de obra, operación de maquinarias, habilidad para las relaciones sociales, desarrollar criterios y toma de decisiones. Lo anterior para proporcionar avances significativos en cada una de las actividades descritas en el presente, optimizando recursos y dando buenos resultados.

## 1.2 Justificación

La construcción del complejo MITIKA, el edificio más alto de la CDMX con una altura de 267.3 metros ubicado en Río Churubusco, fue una construcción significativa ya que es una de las obras más nuevas y de gran magnitud. Una problemática al inicio de las actividades consistió en la inconformidad de los vecinos de calles aledañas del denominado pueblo de Xoco, quienes solicitaron reuniones con las autoridades bloqueando la Avenida Universidad, avenida Coyoacán y otras vialidades, lo anterior para externar su rechazo a la ejecución del proyecto, este suceso se da por la idea de que la construcción implicaría problemas de movilidad tanto para la gente y vehículos, falta de agua potable, contaminación en la zona y el hecho que los servicios tuvieran un incremento en su costo.

El no tener, la poca presión y él va y ven del vital líquido ha llevado a mujeres y hombres integrantes del pueblo de Xoco a esperar el agua durante horas de la madrugada para poder

recolectarla en tinacos, tambos y cubetas, hacer uso de ella en el instante y, así, satisfacer la mayor parte de las necesidades básicas de consumo e higiene primordialmente.

Lo anterior llevó a la necesidad de proporcionar la seguridad a la gente de que las obras inducidas van a satisfacer las necesidades que ellos creen no se cubrirán.



Figura 1. Pueblo de Xoco en crisis de agua. (jornada).



Figura 2. Habitantes del pueblo de Xoco mostrando desacuerdo por escasez de agua.  
Fuente (reforma, 2023)



Figura 3. Protesta de la gente originaria del pueblo de Xoco, no quieren un impacto negativo que perjudique a su economía, su política y su cultura. Fuente (La jornada ).



Figura 4. Bloqueo por posible impacto ambiental por tala de aproximadamente 50 árboles Fuente Diario de (Vanguardia, 2022) .



Figura 5. Manifestantes argumentan impacto ambiental por tala de árboles. *Se aprecia inconformidad por la gente oriunda.* Fuente (Silla rota, 2019).

### 1.3 Marco conceptual

**Las aguas residuales** según (Romero Rojas, Marzo 2010), las define como las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las coladeras y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado del drenaje. por lo que se entiende, es el agua que ha sido utilizada en diferentes actividades, siendo de casa habitación, hospitales o industrias.

Las aguas residuales se conocen desde un punto de vista de ingeniería como aquella que es sostenible es su tratamiento y reúso. El tratamiento de aguas residuales se obtiene por medio de procedimientos para eliminar todo lo que contiene tal como impurezas y contaminantes, para que esta sea devuelta al medio para ser usada de manera segura para ciertos propósitos. (Romero Rojas, Marzo 2010).

Las aguas residuales se pueden clasificar en tres principales categorías así las define (Romero Rojas, Marzo 2010):

1. **Aguas Residuales Domésticas (ARD)** se consideran al flujo de agua proveniente de las diferentes fuentes como pueden ser industrias, instituciones de salud, comercios, viviendas.

Las aguas negras son aguas residuales que vienen de sanitarios, en su mayoría con sólidos suspendidos, coliformes fecales, también se cuenta con aguas grises provenientes del producto del agua cuando uno se baña, cuando se lava unos las manos y del uso de las lavadoras.

2. **Aguas Residuales municipales** son todo aquel producto de la población y van dirigidas a los drenajes y posterior son tratados en plantas especiales de tratamiento.
  
3. **Aguas residuales industriales** las aguas provenientes de las industriales que de igual manera son conducidas al drenaje general de la localidad.

Si la mala gestión de las aguas residuales existiera se tendría una serie de problemas ecológicos que afectaría indudablemente al medio ambiente y a los seres vivos que están en contacto con ella tal como: la contaminación del agua la que puede provocar la conducción de enfermedades, enriquecimiento excesivo de nutrientes en los ecosistemas acuáticos, lo que afectaría directamente a la vida acuática por falta de oxígeno, y el cambio climático.

**Agua potable** es el agua que sirve para que la población pueda consumirla, es con la que pueden sesear sus necesidades tales como agua para consumir, para lavar, para aseo o riego, en palabras resumidas, es aquella que no causa daño alguno a la salud no contando con contaminantes.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano debe ser apta para tal fin, para prevenir enfermedades que provengan de tal suministro de agua, para lo cual se ha venido informando que se requiere mantener actualizados los límites permisibles en cuanto a sus características radioactivas, químicas y físicas, lo anterior para garantizar que el agua llegue con calidad a los usuarios finales.

La presencia del agua potable en el mundo está constantemente afectada por la contaminación del vital líquido, del suelo y del aire, ya que las grandes cantidades de agua como los mares y océanos no son aptos para abastecer las necesidades del ser humano, ya que cuentan con demasiadas sales disueltas.

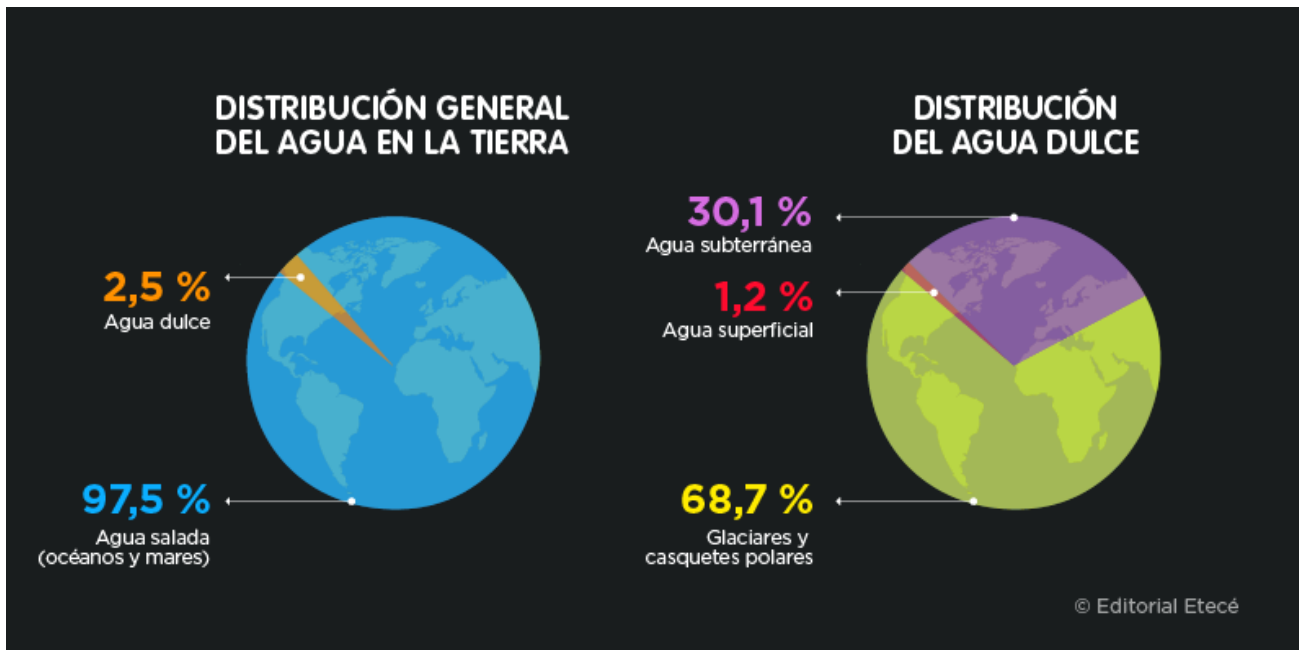


Figura 6. Distribución del agua en el planeta. Fuente (Concepto, 2013)

Tal como se ha venido mencionando, el agua potable es empleada principalmente para el consumo, cocinar. También es agua potable la que usamos para actividades de aseo personal.

Es necesaria para la industria alimenticia, ya que a nivel agrícola se suelen emplear aguas recicladas o tratadas. Se usa para elaborar alimentos y bebidas, también para manufacturar medicinas y otros productos químicos, para la limpieza de los hospitales, etc.

En términos generales, el agua de la CDMX proviene de dos fuentes principales: los acuíferos subterráneos y el sistema Cutzamala. El órgano operador de la Ciudad de México (SACMEX) asegura que esta agua es tratada antes de ser distribuida, cumpliendo con la (Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, 1997) que regulan los límites permisibles de contaminantes para aguas tratadas que se reúsen en servicios públicos.

**El agua tratada** es el agua residual en la vida académica nos enseñaron que es la que ha pasado por un proceso de tratamiento para eliminar contaminantes, microorganismos, químicos y radioactivos por medio de un proceso de purificación en una planta de tratamiento y su objetivo es obtener agua producto segura para la reutilización en diferentes zonas, cabe señalar que no necesariamente para consumo humano.

El tratamiento como lo indica (Conagua (MAPAS), 2019) persigue evitar:

- Contaminación a las fuentes de abastecimientos públicos, privados e industriales
- Contaminación a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento
- Contaminación a las actividades piscícolas
- Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra
- Impacto al entorno ecológico

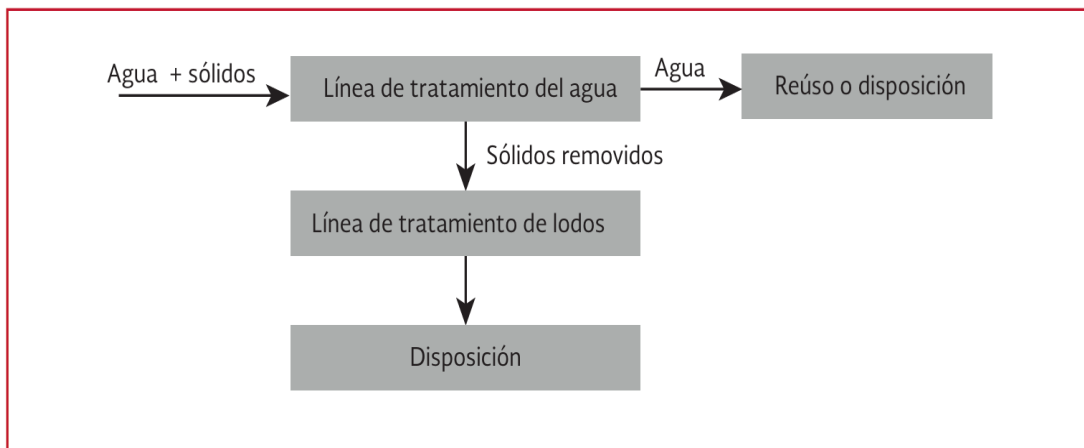


Figura 7. Representación esquemática del tratamiento de aguas. Fuente (Conagua (MAPAS), 2019)

Estas son algunas de las características del agua, una vez que ha pasado por el proceso de tratamiento:

- **Libre de contaminantes** se entiende el concepto que no debe contener bacterias, virus, químicos o partículas que puedan alterar la salud del ser humano cualquier ser vivo
- **Niveles de pH adecuados** El pH debe estar entre 6.5 y 8.5 para asegurar que no sea corrosiva ni cause daños a las tuberías.
- **Claridad** Se debe observar clara.
- **Olor y sabor** Debe ser inolora e insabora.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA SERVICIO DE OPERACIÓN, INGENIERÍA E HIDRÁULICA 3R S.A DE C.V

Es una empresa constituida para brindar servicios con los más altos estándares de calidad en el ramo de las obras hidráulicas y de construcción general.

La empresa legalmente registrada en la Notaría 5 en el libro Dos Mil Cuatrocientos Noventa y Ocho, Instrumento Ciento Veintisiete mil Setenta y Dos, el 12 de mayo del 2020.

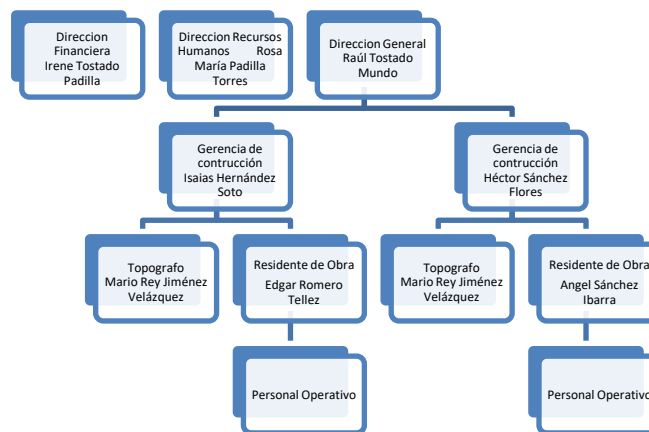


Figura 8. Organigrama Empresa Servicio de Operación, Ingeniería e Hidráulica 3R S.A de C.V  
Fuente: elaboración propia

Los objetivos particulares y generales de la empresa son:

- Facultades para los actos jurídicos relacionados con la industria hidráulica, ingeniería civil, supervisión, relación con los servicios y operación en cuestiones hidráulicas.
- Proyectar, calcular, presupuestar, supervisar, ejecutar por cuenta propia o ajena, obras de construcción de casas, edificios, bodegas, naves industriales, plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas industriales y eléctricas, entre otras.
- Proyectar, presupuestar, ejecutar o realizar por cuenta propia o ajena toda clase de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y mecánicas; en general cualquier tipo de obras que se utilicen en cualquier ramo de la construcción.

La empresa está ubicada en la Calle José Apolinar Nieto #29 Cedro II Col. Bosques de Tetlameya Alcaldía Coyoacán, C.P. 04730.

Participación en algunas obras importantes:

- Proyecto ejecutivo para la sustitución de la red de drenaje en calle Guadalupe Victoria Entre Venustiano Carranza y Pípila, así como proyecto ejecutivo de la red de drenaje en calle Hopelchén, Colonia popular Santa Teresa

Contrato: 0394-1º-IR-1-15-1928 “Sistemas de Agua de la Ciudad de México.

- Obra de emergencia líneas de presión para descarga de las plantas de bombeo de aguas negras San Sebastián y Quiahuatla, delegación Tláhuac, México D.F.

Contrato: 0325-2º-AE-DC-1-14-1928 “Sistema de Aguas de la Ciudad de México”

- Reforzamiento sanitario en avenidas primarias para el proyecto denominado Mitika ubicado en Rio Churubusco 601, colonia Xoco, delegación Benito Juárez, C.P. 03331

Contrato: MTK-90009-16095-744 y 745-18 “Mitikah Developers, S.A. de C.V.”

- Sustitución de colector para desalojo de aguas pluviales del Edificio I.

Contrato: DGAJ-OP-015/2023

- Sustitución de 320 metros de red secundaria de 6” de diámetro de fibrocemento por polietileno de alta densidad sobre calle Oriente 249 entre Avenida Ignacio Zaragoza hasta la calle sur 8

Gap Metropolitana, S.A. de C.V.

- Obra de reforzamiento hidráulico de 20” de agua potable para el predio ubicado en Av. Tamaulipas #460. Colonia Santa Fe delegación Cuajimalpa dentro de las instalaciones de la planta de bombeo Tlayacapan y sobre la calle paseo Tolsá hasta avenida Tamaulipas y Carlos Lazo.

Cañada de Santa Fe, S.A. de C.V.

- Obra de emergencia de reparación de fugas de red secundaria en diferentes diámetros causadas por movimientos telúricos en la colonia Tizapán pueblo y diversas colonias de la delegación Alvaro obregón

Contrato: 0557-2O-AE-F-DC-1-17-FONDEN “Sistemas de agua de la Ciudad de México”

- Obra de emergencia de reparación de fugas por fractura de la red secundaria de 4” a 18” de diámetro causadas por movimientos telúricos en la colonia portales norte, colonia Narvarte oriente, colonia Emiliano Zapata y diversas colonias de la Delegación Benito Juárez.

Contrato: 0586-2O-AE-F-DC-1-17-FONDEN “Sistemas de agua de la Ciudad de México”

- Reposición de diversos tramos de tubería colapsada de las líneas primarias y secundarias de agua potable, en varias colonias de la delegación Tláhuac. ACC. 84 zona VII B.

Contrato: 0146-2O-AE-L-DC-1-18-CREDITO-APORTE-FONDEN “Sistemas de agua de la Ciudad de México”.

- Reforzamiento Hidráulico en avenidas primarias para el proyecto denominado Mitikah, ubicado en Rio Churubusco 601, colonia Xoco, delegación Benito Juárez, C.P. 03331.

Contrato: MTK-90009-16095-744 Y 745-18 “Mitikah Developers, S.A. de C.V.”

- Conexión del pozo profundo de agua potable “Amado Nervo” con la red de distribución ubicada sobre avenida Universidad.
- Contrato: SOFT COST/DERECHOS AGUA DRENAJE/01.01.03 “Mitikah Developers, S.A. de C.V.”

### **3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

En mi estancia dentro la empresa fue del 18 de septiembre del 2016 al 23 de febrero del 2021, me desempeñé como “Supervisor y Residente de Obra”. Mi objetivo fue cumplir de la manera más adecuada las actividades a mi cargo en las obras que se me encomendaban por mi representada, llevando la planeación y ejecución de estas. Siempre en consideración de la normatividad, especificaciones particulares y generales del proyecto a ejecutar. Llevé el correcto manejo del personal a mi cargo y el óptimo desempeño de maquinarias, revisión de planos, revisión o ajustes de trazos, compra de suministros y piezas especiales como válvulas de seccionamiento, codos de fierro fundido de diferentes medidas de 11°, 22 y 45, empaques de neopreno, tornillería, carretes de fierro fundido, bridas, contrabridas, stub end, encargado de las nóminas y demás actividades administrativas.

Manejé la bitácora de obra convencional, di seguimiento al programa de obra de acuerdo con la supervisión, cuantificación, elaboración y seguimiento de estimaciones, así como el trato directo con sindicatos, transportistas y organizaciones civiles con los que se trataban los problemas sociales y donde se debía llegar a algún acuerdo para ejecutar los trabajos sin afectaciones. Realice visitas in situ con personal del SACMEX, alcaldía y supervisión externa para cambios de proyecto o alguna modificación extraordinaria levantando minutas para aceptación o rechazo de los mismos.

MINUTA DE TRABAJO

PROYECTO EJECUTIVO DE INSTALACION DE TUBERÍA DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, SOBRE LA CALLE DE BRUNO TRAVEN ENTRE AVENIDA MÉXICO COYOACÁN Y GENERAL RINCÓN, Y EN PROLONGACIÓN UXMAL ENTRE GENERAL RINCÓN Y POPOCATÉPETL, ALCALDÍA BENITO JUÁREZ

FECHA: 13/11/19

ASUNTO: ARMAJO DE ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE AGUA TRATADA (MUROS DE CONCRETO)

ASISTENTES

NOMBRE EMPRESA O AREA TELEFONO FIRMA

1. Ing. Javier Cerón V. SACHEX OP/AT 55 43 18 08 2
2. Ing. JOEL LAIZA DUE ESTUDIOS HUMANITARIOS Y URBANOS
3. Ing. Jorge Adalberto Hernandez Andin 38 55 44 73 86



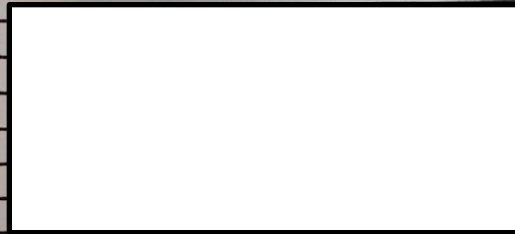
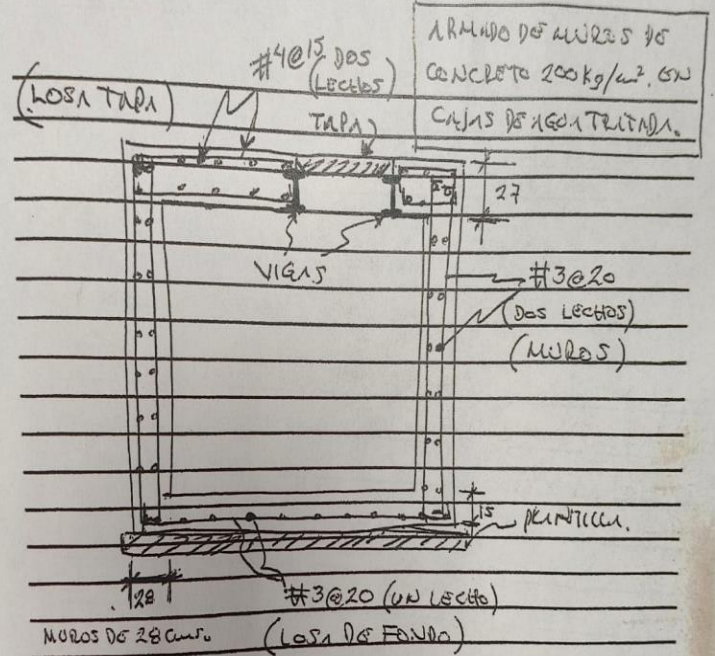
ACUERDOS

Se de acuerdo a las indicaciones del SACHEX (operación), de construir las cajas de agua tratada con concreto armado, se presenta por parte de la supervisión de obra, el armado de acero en muros de caja, conservando el armado de cajas tipo en losa de fondo y losa tapa, así como el tipo de vigas para el soporte de muros y contramuros su colocación por el SACHEX, omitiendo la placa D-1 (ver croquis).

HOJA: 1 DE 2

CONTINUA MINUTA DE TRABAJO

PROYECTO EJECUTIVO DE INSTALACION DE TUBERÍA DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, SOBRE LA CALLE DE BRUNO TRAVEN ENTRE AVENIDA MÉXICO COYOACÁN Y GENERAL RINCÓN, Y EN PROLONGACIÓN UXMAL ENTRE GENERAL RINCÓN Y POPOCATÉPETL, ALCALDÍA BENITO JUÁREZ



HOJA: 2 DE 2

Figura 9a.



SERVICIO DE OPERACIÓN, INGENIERÍA E HIDRÁULICA S.R. DE C.V.

OBRA

SUPERVISIÓN:  
CONTRATISTA: SERVICIO DE OPERACIÓN, INGENIERÍA E HIDRÁULICA S.R. DE C.V.

### MINUTA

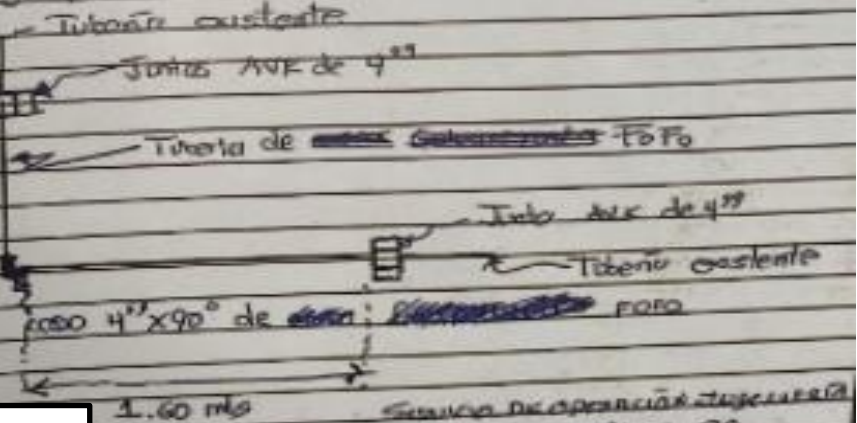
FECHA	DIA	MES	AÑO
A	24	ABRIL	20

HOJA 1 DE 1

NOMBRE DE LOS PARTICIPANTES	EMPRESA QUE REPRESENTAN	FECHA DE LOS PARTICIPANTES	TELÉFONO
1			
2			
3			
4			
5			

### ACUERDOS

Reparación de piezas dañadas en reparación



SERVICIO DE OPERACIÓN, INGENIERÍA E HIDRÁULICA S.R. DE C.V.

*[Signature]*  
DR. JOSE ANTONIO HERNANDEZ ALONSO

Figura 9b.

SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE  
SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE  
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE PROYECTOS

**MINUTA DE TRABAJO**

PROYECTO EJECUTIVO DE INSTALACION DE TUBERÍA DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, SOBRE LA CALLE DE BRUNO TRAVEN ENTRE AVENIDA MÉXICO COYOACÁN Y GENERAL RINCÓN, Y EN PROLONGACIÓN UXMAL ENTRE GENERAL RINCÓN Y POPOCATÉPETL, ALCALDÍA BENITO JUÁREZ

FECHA: 21/11/19

ASUNTO: INSTALACION DE TAPAS EN  
CAJA DE AGUA TRATADA DE  
4" DE Ø (DE PAV. TUBERIA)

ASISTENTES			
NOMBRE	EMPRESA O AREA	TELEFONO	FIRMA
1. Ing. JAVIER CERÓN V.	SACHEX OP/AT	5543180821	
2. ING. JOEL LANDA DUE	ESTUDIOS HIDRÁULICOS	5576523076	
3. Ing. Jorge A. Hernández Arzola	BR	554473896	
4.			
5.			
6.			

**ACUERDOS**

1.- EN SONDEDOS PERMISO PARA LA REALIZACION DE LA CONEXION DE LA LINEA DE PROYECTO CON LA LINEA EXISTENTE DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, UBICADA EN LA AV. POPOCATÉPETL Y UXMAL, LA LINEA EXISTENTE SE LOCALIZA A UNA PROFUNDIDAD DE 0.53 M. A COMO DE TUBO, LO QUE OCASIONA AL MOMENTO DE COLOCAR LA VALVULA DE LA LINEA DE PROYECTO, ESTE PUENTE ALZA Y NO PERMITE EL ACCESO AL PERSONAL DE OPERACION, POR LO QUE SE ACORDA: - COLOCAR UNA SEGUNDA TAPA A UN COSTADO DE LA PRIMERA, - PARA DEJAR EL ACCESO LIBRE A DICHO PERSONAL DEL SACHEX.

2.- EN LA CMA DE PROYECTO DE AGUA TRATADA, LOCALIZADA EN LA

HOJA: 1 DE 2

SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE  
SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE  
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE PROYECTOS

**CONTINUA MINUTA DE TRABAJO**

PROYECTO EJECUTIVO DE INSTALACION DE TUBERÍA DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, SOBRE LA CALLE DE BRUNO TRAVEN ENTRE AVENIDA MÉXICO COYOACÁN Y GENERAL RINCÓN, Y EN PROLONGACIÓN UXMAL ENTRE GENERAL RINCÓN Y POPOCATÉPETL, ALCALDÍA BENITO JUÁREZ

AV. MÉXICO - COYOACÁN y BRUNO TRAVEN, DE SER NECESARIO, TAMBIÉN SE PODRÁ REALIZAR LA COLOCACION DE UNA SEGUNDA TAPA PARA FACILITAR EL ACCESO AL PERSONAL DE OPERACION.

**PLANTA CMA DE AGUA TRATADA**

1. TAPA SOBRE VALVULA DE 4" Ø.

2. TAPA PARA ACCESO DEL PERSONAL DE OPERACION DEL SACHEX.

HOJA: 2 DE 2

Figura 9c. Ejemplos de minuta de trabajo, informe sobre adecuación de tapas de acceso.  
Fuente: elaboración propia

## 4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La problemática del agua potable en la colonia del Valle y en muchas colonias de la Ciudad de México se manifiesta principalmente en cortes frecuentes, baja presión, mala calidad del líquido. Esto afecta la salud, la higiene y la calidad de vida de miles de familias y de negocios que dependen del vital líquido.

Principales causas del problema

- Fugas y redes deterioradas: Muchas tuberías tienen décadas de antigüedad y presentan fugas que implican grandes volúmenes de agua antes de llegar a los hogares. (ver figura 11 y figura 12).
- Sistema de tandeo: En ciudades como CDMX, se aplica un sistema de distribución por horarios y días, lo que provoca escasez, ya que al realizar la apertura de las válvulas la distribución muchas veces no se deja el tiempo necesario para el almacenaje o uso en las viviendas o en las industrias.
- Falta de mantenimiento: Las reparaciones quizás por falta de presupuesto o de personal se vuelven lentas ocasionando deterioro inminente de la red de distribución y cajas de válvulas.

Haciendo referencia a la problemática de drenaje de la Colonia del Valle, lo que ha provocado inundaciones, suele deberse a la infraestructura obsoleta y falta de mantenimiento. Esto provoca acumulación de agua, daños materiales y riesgos sanitarios.

Lo que pude observar cómo causas de la problemática de drenaje lo enlisto a continuación: Infraestructura obsoleta o insuficiente: En la colonia del Valle tienen sistemas de drenaje diseñados hace décadas, que no soportaron el crecimiento poblacional ni el aumento en la intensidad de lluvias, lo que provoca inundaciones sobre arroyos vehiculares llegando en ocasiones al interior de las propias viviendas (ver figura 10).

Acumulación de basura: Los residuos sólidos mal dispuestos, aporte de los mismos ciudadanos, terminan en las alcantarillas, bloqueando la entrada del flujo del agua hacia ellas en días de lluvia.

Como consecuencia de las inundaciones las calles y viviendas se llenan de agua, afectando la movilidad de la gente y vehículos, la higiene de los pobladores afectados y la seguridad.

Las tuberías sufren colapsos en los servicios básicos, lo que provoca que el agua sucia se regrese por los desagües, impidiendo el uso de baños, tarjas, bajadas pluviales en el interior de las viviendas.

Algo muy importante son los daños estructurales que las viviendas sufren, desde la cimentación hasta los muros, lo que causa, en algunos casos, el colapso de esta y, en otros, el estancamiento de aguas negras, lo que puede provocar enfermedades gastrointestinales y dermatológicas.

La problemática son los problemas derivados de la existencia de la infraestructura original de suministro de agua potable y agua tratada, lo cual implica el reto de la instalación de nuevas redes de distribución para el óptimo funcionamiento para los usuarios finales, los cuales sufrían por falta de agua potable para cubrir las necesidades, aspirando a contar con por lo menos de 130 l/h/d, lo que cubriría alimentación, higiene, lavado y riego. De igual manera, se cuenta con hospital, industrias automotrices, colegios y negocios que tienen necesidades aproximadas de 50 l/h/d

Es importante mencionar que algunos parques aledaños a las colonias afectadas son regados con agua potable, lo que adicionalmente altera el abasto del vital líquido.

El reforzamiento hidráulico del proyecto para solucionar la problemática descrita se integra por:

- a) Trazo de la zanja, así como el levantamiento topográfico
- b) Demolición de la carpeta asfáltica existente
- c) Visitas con empresas para detección de infraestructura subterránea,
- d) Se realizaron calas de inspección para verificar aquellos elementos que no se cuenta con información
- e) Termofusión de tubería de PEAD RD17
- f) Prueba hidrostática (para tubería de agua potable y agua tratada)
- g) Verificación de pendiente (para tubería de drenaje)
- h) Proceso constructivo posterior a la demolición de carpeta asfáltica (excavación, mejoramiento de la plantilla a base de aren, colocación de tubería acostillamiento si así lo requiere, relleno con tepetate sano.
- i) Construcción de cajas de válvulas, según lo indicado en el proyecto
- j) Colocación de carpeta asfáltica de 7 centímetros de espesor con sello
- k) Conexiones domiciliarias a red de agua y drenaje

Al término de estos trabajos debe operar la infraestructura hidráulica para dotar a la colonia del Valle de agua potable y agua tratada para cubrir las necesidades en mención.

#### 4.1 Antecedentes.

En las inmediaciones a la torre Mítika, se contaba previamente con tubería de PEAD de 6" de diámetro para la conducción de agua potable y de 4" para agua tratada (únicamente en zonas puntuales). Con respecto al drenaje para el desahogo de las aguas negras y pluviales se contaba con deficiencias por roturas o azolves que reducían el flujo hacia las descargas, lo anterior se determinó en conjunto con delegación Benito Juárez, Mitikah,

Comité de personas del pueblo de Xoco y el sistema de aguas de la Ciudad de México, insuficiente para dar servicio a todas las colonias aledañas al complejo MITIKA. Es importante mencionar que se contaba con válvulas de seccionamiento, en su mayoría deterioradas por el tiempo, lo que provocaba aperturas inadecuadas de estas.



Figura 10. Encharcamiento por deficiencia en el sistema de drenaje, Fuente: elaboración propia



Figura 11. Tren de válvulas existentes con tubería de fibro-cemento, deteriorado por paso de los años, Fuente: elaboración propia



Figura 12. válvulas de compuerta existente con deterioro por paso de los años,  
Fuente: elaboración propia

## 1 CONCEPTOS TEÓRICOS DEL PROCESO DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

**Consumo de agua** es el gasto del agua utilizado para cubrir las necesidades de los pobladores de una zona. Hay diferentes tipos de consumos: doméstico, no doméstico y público. Ese consumo se puede obtener por medio de las mediciones en las lecturas de las tomas domiciliaria o de registros del organismo que opera el servicio.

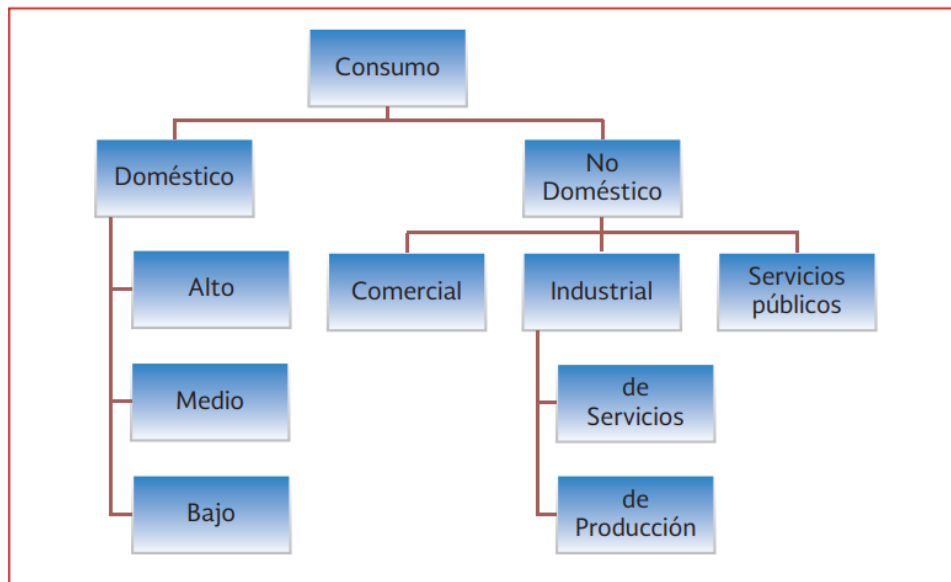


Figura 13. Diagrama de tipos de consumo fuente: (Conagua (MAPAS), 2019)

**Demanda de agua** es la cantidad de agua que se necesita para cubrir el consumo de una población, localidad o área proyectada, tomando en cuenta los diferentes usuarios, ya sean domésticos, comerciales, industriales, turísticos, entre otros que ahí tengan lugar, más las pérdidas físicas del sistema como bien se han estudiado pueden ser por fricción, por el tipo de tubería seleccionada.

**Hermeticidad** característica de una red de conductos (tuberías) esta implica el no permitir el paso del fluido a través de sus juntas de unión e interconexiones entre piezas especiales lo cual se verifica por medio de las pruebas hidrostáticas.

**Línea de conducción** es la unión de tubería que al final se vuelve un solo elemento y que sirve para el traslado el agua de un lugar a otro de manera continua y puede trabajar a presión en el caso de tuberías motivo de este trabajo.



Figura 14. Línea de conducción de agua potable de 12". Fuente: elaboración propia



Figura 15. Línea de conducción de agua potable de 4". Fuente: elaboración propia

**Dotación** La dotación es la cantidad de agua que le corresponde a cada persona, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/h/d.

**Obras de conducción** tubería, superficial o enterrada, y elementos de soporte como atraque y silleta son elementos que se relacionan directamente con el suelo. Las investigaciones que se realizan para evaluar las características y propiedades del suelo llamados estudios geotécnicos son importantes para que las obras de conducción cumplan con los requerimientos para un óptimo funcionamiento, así como de proporcionar seguridad a dicho proyecto.

En términos generales, el diseño geotécnico debe incluir los siguientes aspectos:

a) Asegurar que los soportes de las tuberías sean estables contra deslizamiento, volteo o flotación, eso nos garantizara la durabilidad, funcionalidad y seguridad de la obra en mención.

b) Cerciorar que los asentamientos diferenciales (hundimientos) a lo largo del eje de la tubería o movimientos del terreno transversales se encuentren dentro de los límites de tolerancia para las juntas.

c) Proporcionar los datos de cargas y empujes de tierra para el diseño estructural de las tuberías.

d) Revisar el comportamiento de las tuberías bajo cargas sísmicas Desde el punto de vista de su funcionamiento estructural las tuberías pueden ser flexibles o rígidas. Las rigideces de las tuberías se manifiestan en dos aspectos: por flexión o por compresión de anillo. Las tuberías rígidas son las que tienen altas rigideces en flexión y compresión de anillo con respecto al suelo que las rodea. En cambio, las tuberías flexibles son las que tienen menor rigidez en flexión respecto al suelo. Aunque existen varios sistemas de clasificación en cuanto a la rigidez de las tuberías, estas pueden catalogarse simplemente por su tipo de material. Las tuberías de concreto son rígidas y las de acero y materiales plásticos son flexibles. Por el tipo de enterramiento las tuberías subterráneas se distinguen por su instalación en zanja o en terraplén.



Figura 16. Obra de conducción, ensamble de piezas especiales como tee de fofo, codos de 45° y 90° de fofo, juntas de neopreno y plomo, tornillería, stub end, contrabridas. Fuente: elaboración propia



Figura 17. Obra de conducción ensamble de piezas especiales tales como codos de 90°, juntas de neopreno y tornillería. Fuente: elaboración propia



Figura 18. Obra de conducción demolición para paso de tubería. Fuente: elaboración propia



Figura 19. Obra de conducción reparación de tuberías existentes de tubo plus de 2". Fuente: elaboración propia

**Atraques** En el cambio de dirección de las tuberías surgen fuerzas de desequilibrio debidas a la presión interna, las que se deben compensar a través de atraques. En la Ilustración 2.52 se muestra arreglo general de un atraque para el cual las fuerzas que intervienen son: fuerza de presión, empujes debidos a fuerza de flotación El suelo resiste la flotación con una fuerza total Fuerza de flotación pasivos y activo, peso propio y fuerza de fricción en la base. Los empujes pasivo y activo se presentan en el lado exterior e interior del atraque. Se debe revisar la seguridad por deslizamiento. Cuando el nivel del agua subterránea o de agua exterior es alto también se debe contar con sus efectos en la verificación además de considerar la seguridad por flotación. lo anterior de acuerdo con (Conagua (MAPAS), 2019)

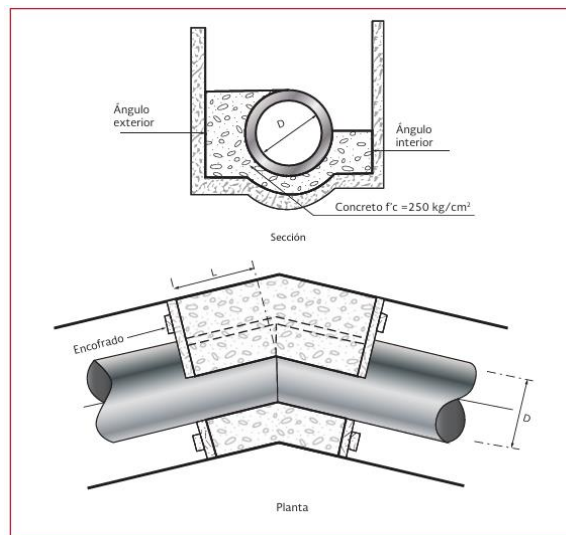


Figura 20. Arreglo de un atraque. (Conagua (MAPAS), 2019)

**Selección del relleno e instalación de tuberías** Se establece una serie de recomendaciones que a continuación se describen para la selección del relleno e instalación de tuberías según (Conagua (MAPAS), 2019):

- Se debe tener cuidado cuando el suelo nativo de la cimentación de la tubería es expansivo, blando o inestable. Se requiere tratamiento especial en tales condiciones a fin de estabilizar el material y evitar deformaciones excesivas.



Figura 21. Ejemplo de consecuencias por suelos expansivos. Fuente: (Hurtado)

- Se debe controlar sobre excavación debajo de la tubería porque la flexión longitudinal ocurre con mayor posibilidad cuando los asentamientos diferenciales de la plantilla se desarrollen a lo largo de la tubería.
- Se deben imponer restricciones en los tipos de materiales de relleno con preferencia a materiales granulares. En general los rellenos arcillosos se deben evitar en tuberías flexibles. El contenido de finos no debe exceder a 5% en los materiales granulares. El diseño de tuberías debe incluir especificaciones sobre pinzamientos de piedras cuando los granos de mayor tamaño se emplean para fines de drenaje.
- Se debe especificar anchos mínimos de zanjas que permitan la colocación y compactación efectiva de los materiales de relleno en los lados de la tubería. La colocación y compactación de este relleno es mucho más importante que trabajos que minimicen cargas por mantener estrecho el ancho de la zanja. Se requiere por lo general un espacio con ancho de 500 mm entre la tubería y las paredes de la zanja. Este ancho requerido será aún mayor para tuberías con diámetros mayores de 1 m. El espacio debe también ser más grande que el equipo de compactación en uso.

Para tuberías de PEAD (colocadas en forma individual).

Diámetro nominal cm.	Ancho pulg.	Ancho b ( cm.)	Profundidad mínima		H (cm.) camellón
			vialidad	banqueta	
5.1	2	40	70	60	50
6.3	2 1/2	40	70	60	50
7.5	3	40	70	60	50
10.0	4	40	70	60	50
15.0	6	50	90	80	70
20.0	8	60	90	80	70
25.0	10	60	100	90	80
30.0	12	65	100	90	80
35.0	14	70	120	110	100
40.0	16	70	120	110	100
45.0	18	80	140	120	110
50.0	20	80	140	120	110

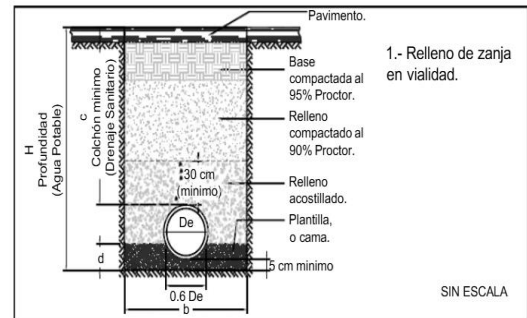


Figura 22. Especificaciones de dimensiones mínimas Fuente: (Comisión Estatal de Agua, 2013)

- Se deben especificar los anchos máximos de las zanjas, porque si el ancho de la zanja en construcción es mayor que el especificado en el diseño, se incrementan las cargas verticales sobre el techo de la tubería.
- Se debe colocar una plantilla uniforme en el fondo de la zanja y debajo de la tubería. La compactación de la plantilla directamente por debajo de la tubería genera cargas lineales que si no son consideradas pueden ocasionar daños. Se pueden reducir los momentos de flexión en la tubería si la plantilla no se compacta directamente por debajo de la tubería sino a través de la parte de la plantilla que queda fuera de la tubería. Ver figura 22
- La colocación de suelo bajo las ancas de la tubería y compactación de este reduce flexión local en la tubería. El material en esa área se debe colocar en rebanadas con pala o pisón.

Para las tuberías de agua únicamente se permitirá el uso de arena esparcida y compactada uniformemente a fin de contar con una superficie regular.

- Los pisones por lo general son mejor método de compactación en la vecindad de la tubería siendo considerablemente más efectivo que equipo vibratorio.
- La plantilla granular es permeable y puede servir como dren de aguas subterráneas. Tapones de zanja o drenes laterales pueden ser necesarios para controlar el flujo subterráneo.
- Se requiere un espacio mínimo de un diámetro exterior de la tubería de mayor tamaño o 600 mm entre tuberías paralelas, lo que permita la colocación de rellenos laterales.
- Se debe imponer restricciones en el uso de equipos de compactación de gran tamaño en la vecindad de la tubería, en función de la masa estática del equipo de compactación y la energía dinámica del mismo.
- Los suelos de relleno se colocan más de 300 mm o un diámetro de la tubería sobre la misma; pueden ser materiales nativos, pero cuidando que los granos grandes siempre queden lo más alejado de la tubería y sean correctamente compactados.

- Los suelos de relleno y nativos deben tener granulometrías compatibles para evitar migración de finos. Como una alternativa, se pueden emplear membranas geotextiles para separar diferentes zonas de suelo, cuidando la selección adecuada y un apropiado control de construcción.
- Se debe tener cuidado en la remoción de cajas de zanja u otros soportes temporales para la excavación de la zanja como tablestaca. El objetivo es evitar pérdida de soporte lateral a la tubería. Las paredes de la zanja deben tener adecuada resistencia 139 particularmente cuando de tuberías flexibles se trate.
- Se debe tener precaución con las juntas para evitar flujo del agua subterránea hacia el interior de la tubería y subsecuente pérdida del relleno.
- Por lo general no se permiten grandes variaciones en la colocación de la tubería, excavación de la zanja o selección del relleno. Por ello se requiere una adecuada supervisión de los trabajos de construcción. (Comision-Nacional-del-Agua)



Figura 23. Atrake en codo de 90 grados. Fuente: elaboración propia

## 1 REDES DE DISTRIBUCIÓN

### 6.1 Participación profesional en el diseño e instalación de la red de distribución de agua potable

#### 6.1.1 Trazo de la línea de agua potable

Realicé, en conjunto con personal de la empresa, el trazo sobre las avenida y calles según lo establecido en el proyecto ejecutivo, considerando un ancho de zanja que se realiza a 70 cm más ancho que la tubería para garantizar su correcta colocación y correcto apisonamiento.

Las ubicaciones en ciertos puntos tuvieron cambios ligeros en trayectorias, por interferencias como cajas, tuberías transversales (drenaje, agua, gas natural etc.) o algún otro elemento existente, lo que no permitía la continuidad de lo establecido en plano.



Figura 24. Proceso del trazo. Fuente: elaboración propia



Figura 25. Trazo concluido. Fuente: elaboración propia

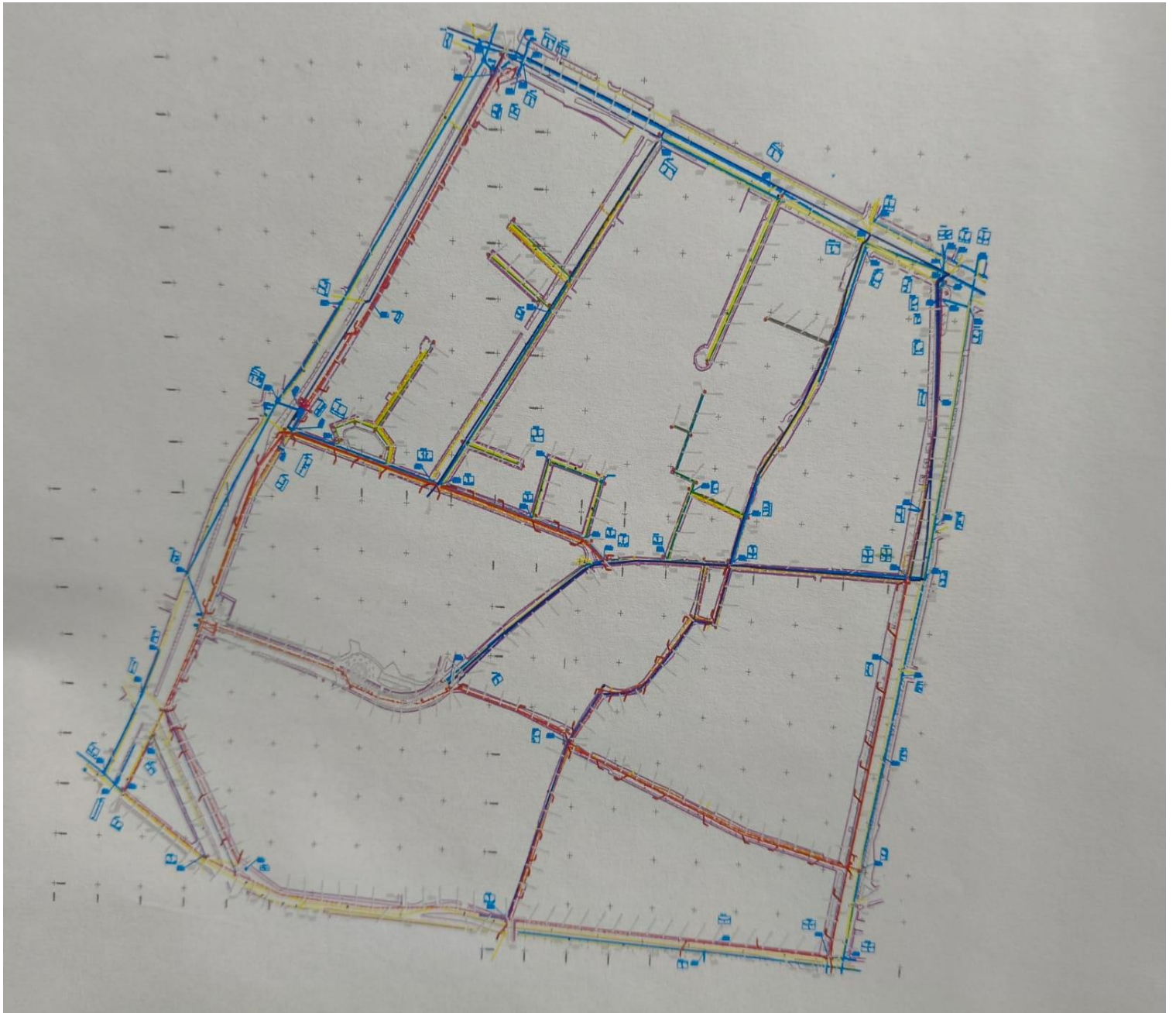


Figura 26. Plano de polígono de instalación agua potable (línea punteada roja). Fuente: elaboración propia

### 6.1.2 Corte con sierra

Durante los cortes sobre el pavimento supervisé la actividad para no interferir las trayectorias de las tomas de agua que se encuentran muy superficiales, así como por la presencia de instalaciones inducidas, como encofrados de luz, telefonía, ramales de gas natural, y todas aquellas que por la instalación propia estuvieran al paso del corte. Si por causas del trabajo se llegasen a dañar debíamos estar preparados con el material necesario para las reparaciones o con los contactos de las empresas que en calidad de responsables pudieran apoyar a la oportuna reparación de los suelos.



Figura 27. *Proceso de corte con disco.* Fuente: elaboración propia



Figura 28. *Reparación de tomas domiciliarias de ½" de suministro de agua potable con coples de reparación en ambos extremos y tramos de tubería dependiendo el desarrollo dañado.*

Fuente: elaboración propia

### 6.1.3 Demolición de carpeta asfáltica

Esta actividad como trabajo preliminar lo realicé para dar celeridad al proceso de excavación por medio de un proceso mecánico a través del uso de retroexcavadora case 580 M serie II con martillo hidráulico, lo que propició en conjunto con el corte un daño menor a los márgenes de la zanja que sería descubierta para la inserción de la tubería de 12".

Al igual que en el corte tuve en cuenta la supervisión de ciertas instalaciones que se encontraban a la profundidad en la que se realizó la demolición, ya que en algunas áreas el ancho de la carpeta llegó a ser de aproximadamente 40 cm de espesor, lo que dificultó la maniobra, ya que se requirió más tiempo de ejecución de la actividad en mención, por los cuidados al demoler a mayor profundidad.



Figura 29. Demolición de carpeta existente. Fuente: elaboración propia

Las consideraciones técnicas que se deben tener previstas y que utilizamos en todo momento fueron las siguientes:

- a. **Seguridad** se requirió señalización adecuada y protección para trabajadores y usuarios de la vía.
- b. **Brigada de bandereros:** los encargados de guiar las vialidades y paso a transeúntes
- c. **Recolección de material producto de demolición** concluida la actividad se recolecta el material para dejar limpia y acordonada el área.
- d. **Acordonamiento** durante los trabajos de demolición y posterior a él, se realiza la colocación de malla para evitar accidentes vehiculares y peatonales.



Figura 30. Evidencia de espesor de carpeta asfáltica. Fuente: elaboración propia.



Figura 31. Evidencia de espesor de carpeta asfáltica. Fuente: elaboración propia.

### 6.1.4 Excavación

El proceso de excavación se realizó con retroexcavadora a una profundidad aproximada de 1.25 metros para cumplir con las especificaciones conforme a proyecto de una zanja tipo. Lo anterior puede variar dependiendo la topografía y la ubicación de las cajas existentes. Nos fueron indicadas las dimensiones de las cajas que se tendrían que construir conforme se avanza en el programa de obra (ver figura 21).

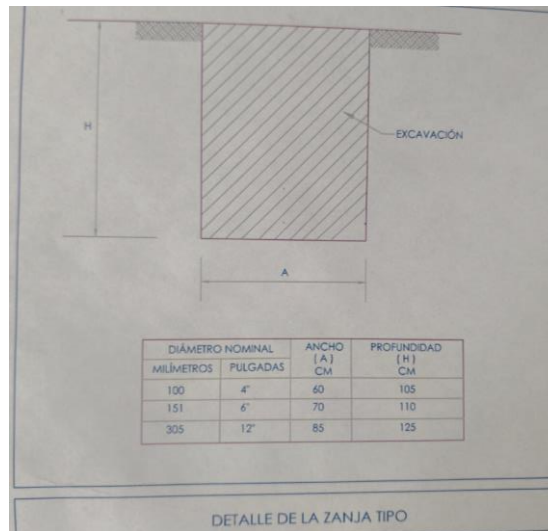


Figura 32. Especificaciones de una zanja tipo. Fuente: elaboración propia



Figura 33. Proceso de excavación. Fuente: elaboración propia



Figura 34. Carga y acarreo de material producto de excavación. Fuente: elaboración propia

Asimismo, realicé visitas periódicas al banco de tiro para verificar los recorridos, así como el lugar de disposición final del producto de demolición y excavación.



Figura 35. Verificación del banco de tepetate. Fuente: elaboración propia



Figura 36. Verificación de carga. Fuente: elaboración propia



Figura 37. Verificación del banco de arena. Fuente: elaboración propia

### 6.1.5 Termofusión de tubería

La termofusión de tubería de PEAD (polietileno de alta densidad) es una técnica de unión que se utiliza para unificar tuberías mediante el calentamiento por medio de una plancha y la aplicación de presión por medio de aparatos hidráulicos.

Los pasos realizados bajo mi supervisión con respecto a esa actividad fueron los siguientes:

- Selección de materiales y equipos: Seleccioné los materiales (tuberías de PEAD RD 17, bridas, contrabridas, *stub end*, etc.) y equipos necesarios.
- Alineación. Alinear los tramos de tubo o piezas especiales a termofusionar.
- Fronteado. Biselar los tubos (desbaste hasta encontrar que queden parejos) y aplicar presión.
- Aseguramiento de alineación: Verificar que los tubos estén correctamente alineados y bien prensados.
- Limpieza de la superficie. La recomendación es mantener las superficies de contacto limpias con alcohol isopropílico.
- Calentamiento. Aplicar calor adecuado para la fusión por medio de una plancha intermedia que proporciona la temperatura a ambos extremos de entre 250°C y 300°C. Una vez alcanzada la temperatura se retira y se une por medio de un equipo hidroneumático que ejerce presión horizontal para provocar la unión. La técnica visual para este paso es el escurrimiento aproximado de 2 cm (labio) al aplicar la presión, es entonces cuando se obtiene una unión correcta.
- Enfriamiento. Una vez concluida la termofusión se deja, en promedio un tiempo de 30 a 40 minutos de espera del periodo de enfriamiento, lo cual permite que se cuente con la resistencia necesaria para soportar la sobrepresión cuando se aplique la prueba hidrostática.



Figura 38. Revisión y almacenaje de tubería de PEAD RD17 de 12". Fuente: elaboración propia



Figura 39. Chequeo de cantos de tubería de PEAD RD17 de 12" antes de iniciar con el calentamiento.  
Fuente: elaboración propia



Figura 40. Ejemplo de extremo desalineado. Fuente: elaboración propia



Figura 41. Alineamiento de tubería de PEAD RD17 de 12" antes de iniciar con el calentamiento  
Fuente: elaboración propia



Figura 42. Colocación de plancha de termofusión entre tubería de PEAD RD17 de 12" y stub end.  
Fuente: elaboración propia

### 6.1.6 Prueba hidrostática

Las pruebas hidrostáticas son procedimientos utilizados para evaluar la resistencia y la capacidad de las tuberías para contener líquidos a presión. Este proceso implica llenar la tubería con un líquido, generalmente agua, y aplicar presión para detectar posibles fallas estructurales o fugas.

Dentro del contexto de las pruebas hidrostáticas en tuberías, existen dos términos que son la prueba de hermeticidad y el ensayo de presión hidrostática. La prueba de hermeticidad se centra en verificar la estanqueidad de la tubería, asegurando que no haya fugas de fluido, mientras que el ensayo de presión hidrostático evalúa la resistencia estructural de la tubería bajo presión (NOM-001-CONAGUA-2011, 2009)

Una vez termofusionada la tubería realicé las pruebas por tramos entre crucero y crucero. Se colocaron stub end en ambas puntas con sus respectivas bridas. En el extremo de la parte más baja se colocó una tapa ciega con una válvula que desfogará al concluir la actividad; mientras que en la parte alta otra tapa con una terminal, la cual permitiría realizar la conexión para el llenado con agua potable, tomando en cuenta purgar la línea para evitar que se quede con aire en el interior. Posterior a ese proceso se continúa inyectando agua potable hasta empezar a alcanzar la presión de prueba que será 1,5 veces su presión de trabajo. Es muy importante comentar, por experiencia propia, que la temperatura adecuada para realizar la prueba debe ser menor a 25°C, tal como lo marca la (NOM-001-CONAGUA-2011, 2009) en el apartado 6.1.5 Prellenado del tramo.

Durante el proceso de llenado de la tubería se coloca hipoclorito de sodio en relación de 40 PPM para realizar la desinfección.

El sistema de agua potable se considera hermético si después de haber realizado la prueba de presión hidrostática a los tramos y circuitos no se detecta ninguna fuga y la presión de prueba al finalizar, sea mayor o igual al 95% de la presión inicial. (NOM-001-CONAGUA-2011, 2009).



Figura 43. Arreglo del sistema de prueba hidrostática que consta de arreglo de tubería galvanizada, tapa ciega con barreno, tapa ciega, válvula de esfera y sistema de llenado a presión. Fuente: elaboración propia



Figura 44. Collage de toma de mediciones en horario nocturno donde se mantiene la presión. Fuente: elaboración propia



Figura 45. *Proceso de desfogue una vez concluida la prueba hidrostática.* Fuente: elaboración propia



Figura 46. *Falla de tubería en el proceso de prueba hidrostática, esta se realizó durante el día a una temperatura de 32°C)* Fuente: elaboración propia

### 6.1.7 Colocación de tubería

Durante este proceso, ejecuté la inserción de la tubería descrita ya probada dentro de la zanja. Es importante mencionar que dentro de esta actividad previamente se mejoró el suelo con una capa de 10 cm de arena apisonada para recepción del elemento, actividad realizada a lo largo de toda la trayectoria.

Dentro de las funciones que desempeñé estuvo la supervisión del material de mejoramiento (ver figuras 22,23 y 24), distribución en el claro de la zanja y el descenso de la tubería, lo cual juega un papel importante para evitar daños que pudiesen ocasionar un funcionamiento inadecuado y pudiendo provocar asentamientos diferenciales.

### 6.1.8 Colocación de tomas domiciliarias

Antes de iniciar los trabajos de instalación, se deberá contar con los procedimientos previamente aprobados y autorizados por el organismo operador o la autoridad local competente. La unión de los elementos deberá realizarse conforme al tipo de material y conexión especificados. Dichas uniones podrán efectuarse mediante soldadura, termofusión, roscado, compresión o combinaciones de estos métodos, siempre en función del diseño particular de cada conexión y conforme a las recomendaciones del fabricante.

Una vez colocada la tubería dentro de la zanja, se inicia la instalación de tomas domiciliarias mediante silletas, las cuales en este caso fueron termofusionadas a la tubería principal. Así como a la manguera de cada toma, la cual es tubo de PEAD RD-9 de 13mm o 1/2". Asimismo, algunas tomas fueron interconectadas hasta el cuadro dentro del domicilio con tubería de cobre y piezas especiales codo pipa y codo 90° hasta antes del medidor.

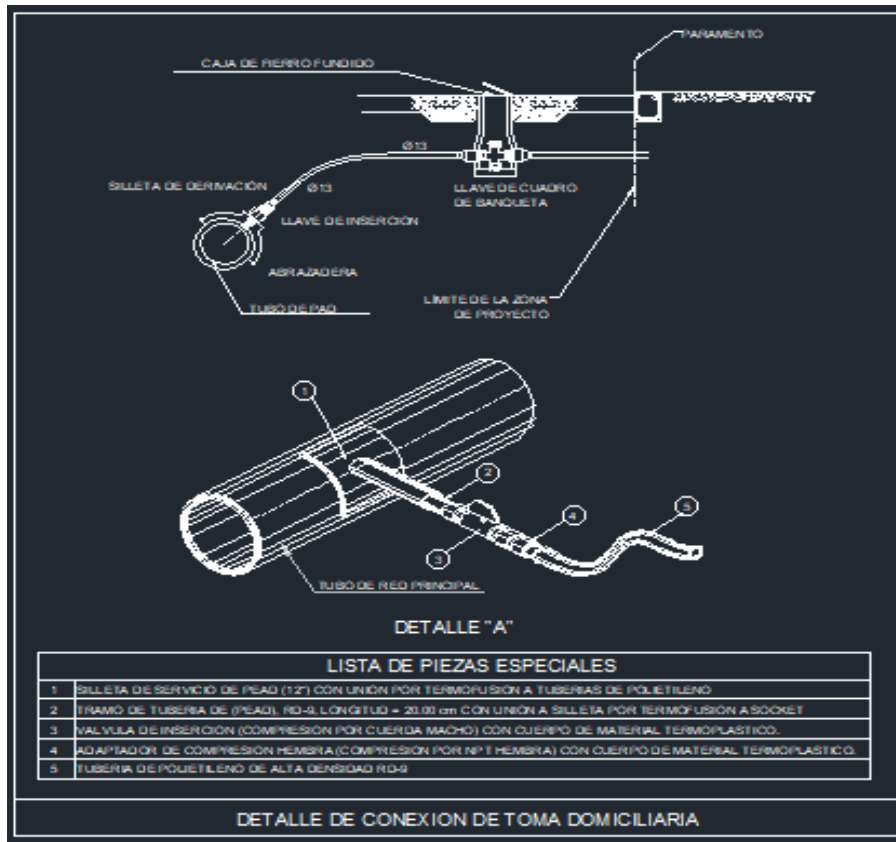


Figura 47. Detalle de instalación de tomas domiciliarias. Fuente: elaboración propia



Figura 48. Colocación de cama de arena para recepción de tubería Fuente: elaboración propia



Figura 49. Acostillamiento en la colocación de tubería. Fuente: elaboración propia

#### 6.1.9 Relleno de zanja

En el proceso de relleno se debe tomar en cuenta la supervisión de este, las revisiones constantes deben cumplir con que el material sea sano, con un grado de humedad óptimo y no contaminado, al igual que el almacenamiento in situ, el cual debía estar cubierto y en un lugar aislado a vialidades para evitar contaminación. Lo anterior garantizaba una compactación y que al realizar las pruebas de compactación el resultado estuviera dentro de los parámetros de aceptación. El espesor de las capas recomendadas para ejecutar una buena compactación oscila de entre 20 a 30 cm. Es importante seleccionar el banco de materiales adecuado para constatar que se cuente con la calidad necesaria para ejecutar los trabajos conforme a especificaciones de proyecto.

Una problemática común en vialidades primarias y secundarias de alto flujo y tránsito pesado son los asentamientos diferenciales, derivado de lo anterior se toma la decisión con criterio de ingeniería de utilizar material controlado para la subbase de la zanja conformado por 70% de arena y 30% de grava, lo que garantizaba que se contara con estabilidad en el relleno, y se presentaran, asentamientos permisibles, lo que diferencia del tepetate el cual al rebasar el 95% de compactación sufre de fatiga provocando con esto hundimientos, ya una vez concluida la colocación del asfalto. Lo anterior basado en la norma (N-CMT-4-02-000/11) que refiere a los materiales para subbases y bases en la construcción de pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico. Esta norma establece los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales utilizados en la capa de subbase, incluyendo:

- **Materiales naturales:** arenas, gravas y limos que no requieren tratamiento mecánico
  - **Materiales cribados:** que requieren un tratamiento mecánico de cribado para eliminar partículas mayores. (NOM-001-CONAGUA-2011, 2009).
  - **Materiales triturados** que requieren un tratamiento mecánico de trituración total y cribado. (NOM-001-CONAGUA-2011, 2009).
  - **Materiales mezclados** que se obtienen mediante la mezcla de dos o más materiales
- La norma también detalla las características granulométricas y los requisitos de calidad que deben cumplir estos materiales para asegurar la estabilidad y durabilidad de los pavimentos. (NOM-001-CONAGUA-2011, 2009).

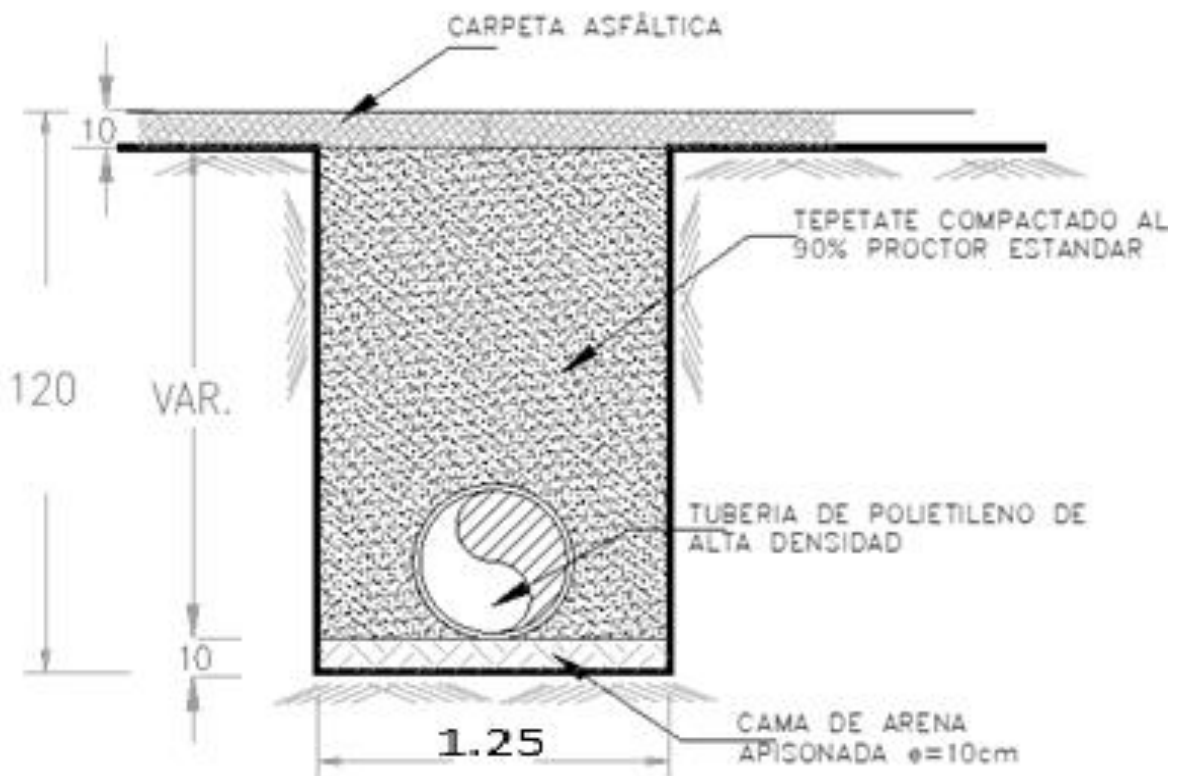


Figura 50 Detalle de proceso. Fuente: elaboración propia



Figura 51 Almacenamiento de material de relleno a pie de obra. Fuente: elaboración propia



Figura 52. Relleno de zanja en capas de 30 cm compactada. Fuente: elaboración propia

En esta etapa de relleno se utilizó el método por volteo para agilizar el proceso de terminación ya que el horario permitido solo fue de 20:00 h a 5:00 h no debían ser excedidos.



Figura 53. Relleno de zanja en capas de 30 cm compactada. Fuente: elaboración propia

#### 6.1.10 Pruebas de compactación

Derivado del requerimiento de contar con una compactación acorde a lo estipulado en el proyecto, se procedió a llevar a cabo la verificación por medio de un laboratorio externo el cual determinaría por medio de la prueba PROCTOR al 90% si los tramos concluidos cumplen las especificaciones requeridas. A continuación, se muestra a personal de la empresa realizando pruebas.



Figura 54. Proceso de prueba Proctor.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 55. Recolección de muestra a 30 cm debajo de piso terminado. Fuente: elaboración propia.

El ensayo Proctor, es una prueba esencial en el campo de la geotecnia e ingeniería civil. Se utiliza para determinar las propiedades de compactación de los suelos, lo que desempeña un papel crítico en el diseño y construcción de infraestructura. A través de un proceso meticuloso, el ensayo Proctor permite establecer la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo de un suelo, proporcionando información valiosa para garantizar la estabilidad y durabilidad de proyectos como carreteras, cimientos de edificios y estructuras civiles. (Construneic, 18/04/2024).

En nuestro caso la importancia de la prueba radica en cumplir con las normativas y estándares de calidad en la construcción, lo que garantiza la resistencia y durabilidad de la obra.

Para lo solicitado se emplea la prueba estándar o ensayo Proctor normal: Este ensayo, definido por la norma (ASTM D698 , 1978 REVISIONES 1991, 2000, 2007 Y 2012), se utiliza para determinar la densidad máxima alcanzable y el contenido óptimo de humedad de un suelo mediante compactación en un molde estándar con una energía de compactación normal.

Procedimiento general del ensayo Proctor según (ASTM D698 , 1978 REVISIONES 1991, 2000, 2007 Y 2012)

1. **Preparación del suelo:** El suelo se tamiza para eliminar partículas mayores a 19 mm o según la especificación de la norma. Puede mandarse al laboratorio en estado natural o secado al aire según el caso.
2. **Determinación de humedad** Se calcula la humedad inicial del suelo. Si es necesario, se ajusta agregando agua para obtener diferentes contenidos de humedad.

3. **Compactación en moldes** Se coloca el suelo en un molde cilíndrico de volumen conocido y se compacta en tres capas utilizando un martillo manual de 2,5 kg que cae desde 30,5 cm sobre cada capa, dando 25 golpes por capa
  
4. **Pesado y cálculo de densidad seca** Se determina el peso húmedo del suelo compactado y se calcula la densidad seca para cada contenido de humedad.
  
5. **Curva Proctor:** Se construye una curva de densidad seca vs. contenido de humedad, encontrando la humedad óptima (OMO) y la densidad seca máxima ( $\rho_d \text{ max}$ ) del suelo. ver figura 57.

A continuación, se presenta una tabla que describe los tres procedimientos utilizados en el Ensayo Proctor, junto con las especificaciones para cada uno de ellos. Estos procedimientos son fundamentales en la evaluación de la compactación de suelos y se eligen en función de las características del material que se va a ensayar. La tabla resume claramente las diferencias entre los procedimientos A, B y C, brindando una guía esencial para la correcta realización del ensayo según (Construneic, 18/04/2024).

Datos	Procedimiento A	Procedimiento B	Procedimiento C
Molde	101,6 mm (4 pulg)	101,6 mm (4 pulg)	152,4 mm (6 pulg)
Material	Pasa malla N° 4 (4,75 mm)	Pasa malla 9,5 mm (3/8 pulg)	Pasa malla 19,0 mm (¾ pulg)
Capas	Cinco	Cinco	Cinco
Golpes por capa	25	25	25
Uso	Si malla N° 4 retiene $\leq 20\%$ del peso	Si malla N° 4 retiene $> 20\%$ y 9,5 mm $\leq 20\%$	Si 9,53 mm retiene $> 20\%$ y 19,0 mm $< 30\%$

Datos	Procedimiento A	Procedimiento B	Procedimiento C
Otros usos	Si no se especifica procedimiento, usar B o C	Si no se especifica procedimiento, usar B o C	N/A

Figura 56 Tabla de procedimientos de prueba Proctor Fuente: (Construneic, 18/04/2024).

La entrega del documento del análisis del ensayo Proctor provee la información de la densidad máxima seca, así como el óptimo contenido de humedad (O.C.H.), y la gráfica de la curva de humedad – densidad seca con los valores de porcentaje de humedad ensayados tal como lo menciona en (Construneic, 18/04/2024).

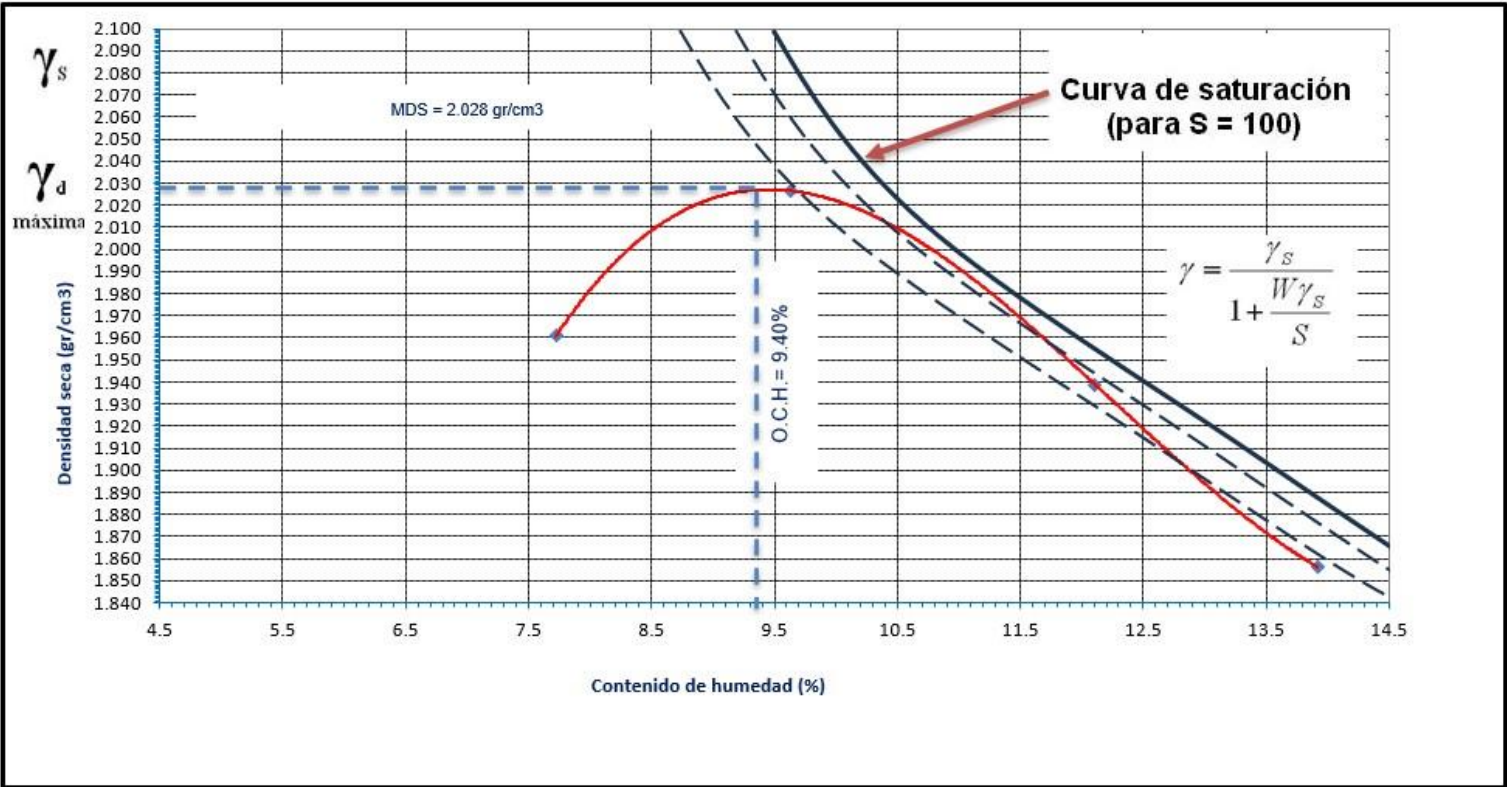







Figura 57. Ensayo Proctor, curva de densidad seca – humedad. Fuente: (Construneic, 18/04/2024)




## PRESENTACIÓN



Empresa Mexicana dedicada a ofrecer servicios de control de la calidad de los materiales utilizados en la industria de la construcción. Fundada en 1969 como   actualmente continua trabajando bajo el nombre de   más de 45 años de experiencia en pruebas de laboratorio nos respaldan.

La empresa cuenta con instalaciones propias, Personal Técnico capacitado y el equipo necesario para atender las necesidades de nuestros clientes; además de Ingenieros Supervisores titulados y acreditados en el American Concret Institute, lo que permite asegurar la calidad de nuestros servicios.

En  la dirección se compromete a proporcionar servicios de control de calidad para la industria de la construcción atendiendo a las buenas prácticas profesionales y con calidad en los ensayos realizados durante el servicio a los clientes, cumpliendo con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006; con el propósito de cubrir las necesidades del cliente aplicando las normas vigentes y estableciendo una mejora continua a fin de lograr la eficacia del sistema de gestión que involucre a los miembros de la empresa y a sus proveedores; y en el entendido de que el personal del laboratorio que realiza los ensayos conoce la documentación del sistema de calidad e implanta las políticas y procedimientos del sistema en su trabajo.

Las instalaciones y el equipo de la empresa están certificados por entidades como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, forma parte del padrón de contratistas del Gobierno del Distrito Federal y por empresas particulares como ICA Fluor Daniel, ABB Sistemas o ARB Arrendal, lo que nos ha permitido participar en el mercado de la Supervisión y Control de Obra.

Conscientes del desarrollo tecnológico de la Industria de la Construcción del país, se diseñan anualmente programas de capacitación y actualización para el personal técnico y de apoyo, a fin de mantener el nivel de excelencia en todas las áreas, cumpliendo así con altos estándares de satisfacción del cliente.

Actualmente el Laboratorio cuenta con la Acreditación C-056-022/11 Vigente a partir del 2012-03-23 por la Entidad Mexicana de Acreditación (ema).




Figura 58. Presentación de la empresa. Fuente: elaboración propia

acreditación



entidad mexicana de acreditación a.c.

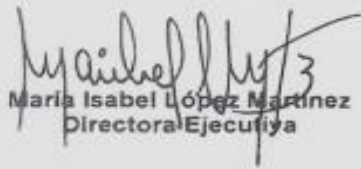
ACREDITA



Como Laboratorio de Ensayos de acuerdo a los  
Requisitos establecidos en la Norma Mexicana  
NMX-EC-17025-IMNC-2006  
(ISO/IEC 17025:2005) para las actividades de  
evaluación de la conformidad en la rama:

### CONSTRUCCIÓN\*

El cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados de ensayos y calibraciones técnicamente válidas. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."

  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva



Acreditación No: C-056-022/11  
Vigente a partir del 2012-03-23\*

\*En el alcance establecido en el anexo técnico correspondiente 12LP0019.  
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico.

FOR-LAB-011-01

Figura 59. Acreditación. Fuente: elaboración propia

acreditación



entidad mexicana de acreditación a.c.

## ACREDITA



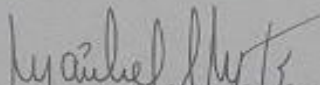
Como Laboratorio de Ensayo

De acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 ISO/IEC 17025:2005, para las actividades de evaluación de la conformidad en:

### Metal mecánica\*

Acreditación No: MM-0792-118/16  
Vigente a partir del: 2016/12/09  
No de referencia: 16LP3354

El cumplimiento de los requisitos de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados técnicamente válidos. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."

  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva



\*En el alcance establecido en el anexo técnico correspondiente 16LP3354  
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico.  
Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consultar la página electrónica de la ema.

FOR-LAS-011-01

Figura 60. Acreditación. Fuente: elaboración propia

INFORME DE CONTROL DE COMPACTACIONES										
No. Cliente :		Cliente :								
785		Servicios de Operación, Ingeniería e Hidráulica 3R S.A. de C.V.								
No. Obra :		Obra :								
23		Reforzamiento Hidráulico y Sanitario Para las Avenidas primarias para el proyecto denominado Mitikah, ubicado en Río Churubusco 601, Colonia Xoco, Benito Juárez, Ciudad de México, CDMX. (LINEA DE AGUA POTABLE 12")								
Procedencia : Banco El Tezoyo.					Fecha de ensayo : miércoles, 17 de octubre de 2018					
Descripción : Determinación del grado de compactación en zanja para tubería de agua potable.					Tipo de prueba : Dinámica Estándar.					
Sondeo Número	Localización			Espesor (cm)	Masa volumétrica (kg / m <sup>3</sup> )		Humedad (%)		Compactación (%)	
	Lugar	Estación	Ubicación		Máxima	Del lugar	Óptima	Del lugar	Proyecto	Del lugar
1	Zanja	-----	Centro	19,0	1 414	1 311	28,8	27,5	90,0	92,7
2	Zanja	-----	Centro	25,0	1 414	1 322	28,8	26,8	90,0	93,4
3	Zanja	-----	Centro	19,0	1 414	1 315	28,8	25,8	90,0	92,9
4	Zanja	-----	Centro	30,0	1 414	1 329	28,8	27,8	90,0	93,9
5	Zanja	-----	Centro	27,0	1 414	1 297	28,8	25,8	90,0	91,7
Observaciones :							Referencias :			
El grado de compactación obtenido del lugar de (los) sondeo (s) cumple con el grado de compactación de proyecto.							Métodos de prueba empleados *NMX-C-475-ONNCCE-2013 *NMX-C-476-ONNCCE-2013 *NMX-C-503-ONNCCE-2015 *NMX-C-507-ONNCCE-2015 Plan de muestreo GTE-15-055			
Recibió: Nombre: <i>Jorge A. Hernández Acosta</i> Cargo: <i>Resistente de Obras</i> Fecha: <i>29/10/2018</i> Firma: <i>[Signature]</i>					Número de informe : ISL/DI/09298/2018		Página : 1 de 1		Fecha de informe : lunes, 22 de octubre de 2018	
JDI-12-003 Revisión 03.										

\*Laboratorio de ensayo acreditado por em a con acreditación No. C-056/022/11. Miembro de la asociación nacional de laboratorios independientes al servicio de la construcción, AC. ( analysec ) Informe en conformidad con la Norma NOM-008-SCFI Vigente, no deberá reproducirse parcialmente y solo afecta al (los) objeto (s) sometido (s) a prueba. <http://www.inspectec.com.mx> Gafnia No. 233, Col. Álamos, Del. Benito Juárez, México D.F., C.P. 03400 TEL : 5536-6824 y 5536-6157, Fax : 5543-2289 e-mail: [presupuestos@inspectec.com.mx](mailto:presupuestos@inspectec.com.mx) COPIA

Figura 61. Informes de resultados de pruebas de compactación con aprobación.  
Fuente: elaboración propia

INFORME DE CONTROL DE COMPACTACIONES										
No. Cliente :		Cliente :								
785		Servicios de Operación, Ingeniería e Hidráulica 3R S.A. de C.V.								
No. Obra :		Obra :								
26		Calle Prof. Uxmal Esq. Coyoacan, Col. General Anaya Del. Benito Juárez, C.P. 03340 Ciudad de México, CDMX.								
Procedencia : Banco no Indicado. Material Tepetate.						Fecha de ensayo : viernes, 31 de mayo de 2019				
Descripción : Determinación del grado de compactación en capa ultima						Tipo de prueba : Dinámica Estándar Variante A.				
Sondeo Número	Localización			Espesor (cm)	Masa volumétrica (kg / m <sup>3</sup> )		Humedad (%)		Compactación (%)	
	Lugar	Estación	Ubicación		Máxima	Del lugar	Optima	Del lugar	Proyecto	Del lugar
11	Calle Prof. Uxmal	-----	Centro	20,0	1 414	1 275	28,0	26,5	90,0	90,1
12	Calle Prof. Uxmal	-----	Centro	20,0	1 414	1 273	28,0	27,0	90,0	90,0
13	Calle Prof. Uxmal	-----	Centro	20,0	1 414	1 290	28,0	25,1	90,0	91,2
14	Calle Prof. Uxmal	-----	Centro	20,0	1 414	1 288	28,0	25,7	90,0	91,0
15	Calle Prof. Uxmal	-----	Centro	20,0	1 414	1 315	28,0	26,9	90,0	92,9
Observaciones :						Referencias :				
El grado de compactación obtenido del lugar de (los) sondeo (s) cumple con el grado de compactación de proyecto.						Métodos de prueba empleados *NMX-C-475-ONNCCE-2013 *NMX-C-476-ONNCCE-2013 *NMX-C-503-ONNCCE-2015 *NMX-C-507-ONNCCE-2015				
						Recibió :		Número de informe :		Pagina
						Nombre: <i>Jorge A. Hernández</i>		ISL/DU/03476/2019		1 de 1
						Cargo: <i>Presidente de obra</i>		Fecha de informe :		
						Fecha: <i>03 Jun 2019</i>		lunes, 03 de junio de 2019		
						Firma: <i>[Signature]</i>		JDI-12-003 Revisión 03		

\*Laboratorio de ensayo acreditado por ema con acreditación No. C-056/022/11. Miembro de la asociación nacional de laboratorios independientes al servicio de la construcción, AC. ( analisec ) Informe en conformidad con la Norma NOM-008-SCFI Vigente, no deberá reproducirse parcialmente y solo afecta al (los) objeto (s) sometido (s) a prueba. <http://www.inspectec.com.mx> Galicia No. 233, Col. Álamos, Del. Benito Juárez, México D.F., C.P. 03400 TEL : 5536-6824 y 5536-6157, Fax : 5543-2289 e-mail: castelliinspectec@yahoo.com.mx COPIA

Figura 62. Informes de resultados de pruebas de compactación con aprobación. Fuente: elaboración propia

### 6.1.11 Construcción de cajas de válvula

Una caja de válvulas para agua potable es una estructura de resguardo y acceso que en su interior contiene una o más válvulas de control que sirven para gestionar el flujo en una red hidráulica. Su función principal es permitir la operación de las válvulas, mantenimiento por si se debe realizar algún reparación o ajuste y aislamiento de tramos específicos de tuberías sin necesidad de excavar o interrumpir todo el sistema.

Características principales

- **Ubicación** Se instala a nivel de banquetta o sobre arroyo vehicular o calle.
- **Materiales** Puede estar puede ser prefabricada, de mampostería, con acero de refuerzo polietileno de alta densidad (PEAD), acero galvanizado o hierro fundido.

Componentes internos. Válvulas de compuerta, tuberías de entrada y salida, marcos, contramarcos, tapas removibles o registros con seguridad, estas últimas pueden ser de Fofo o de polietileno.

Dimensiones. Varían según el tipo de válvula y el diámetro de la tubería, pero deben permitir el acceso manual o con herramientas.

Funciones

- **Control del flujo** Permite la manipulación de apertura o cierre de la Válvula.
- **Aislamiento de sectores** De gran importancia porque solo se secciona el sector a reparar o a adecuar.
- **Mantenimiento preventivo** Permite realizar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de piezas especiales y reparaciones preventivas.
- **Protección mecánica** Evita daños físicos a los componentes internos por vandalismo o del intemperismo.

Durante la construcción de la línea de conducción, se realizaron cruceros en 66 intersecciones, en donde se construyeron cajas tipo. En estas cajas alojan las piezas especiales que permiten la correcta operación y el mantenimiento de las líneas especificadas en planos. Los tipos de cajas empleadas fueron la 1-1-A, 1-1-B, de 1.56 x 1.62 m, 2-2-A, de 1.86 x 1.62, 2-2-B, de 1.70 x 1.85, 3-2-A, de 1.86 x 1.62 m con sus respectivos marco, contramarcos y tapas.

Para la construcción de las cajas se colocó una plantilla de 5 centímetros de espesor de concreto simple. Posteriormente se realizó el armado de la losa de fondo con varilla del No.3 a cada 20 centímetros en ambos sentidos para colarla con concreto  $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ . Los castillos fueron armados con varilla del 3 con estribos a cada 15 centímetros, y colados con concreto realizado en campo  $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$  hecho en sitio. Los muros fueron de tabique rojo recocido 7x14x28, colocado en forma aparejo a tizón para un espesor de muro de 40 centímetros aplanados con un acabado de forma aparente. La losa tapa es armada con varilla del No 4, colocada a cada 15 centímetros en ambos sentidos, colada con concreto realizado en campo  $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ , lo anterior siguiendo las indicaciones respecto a proyecto el cual se muestra a continuación:





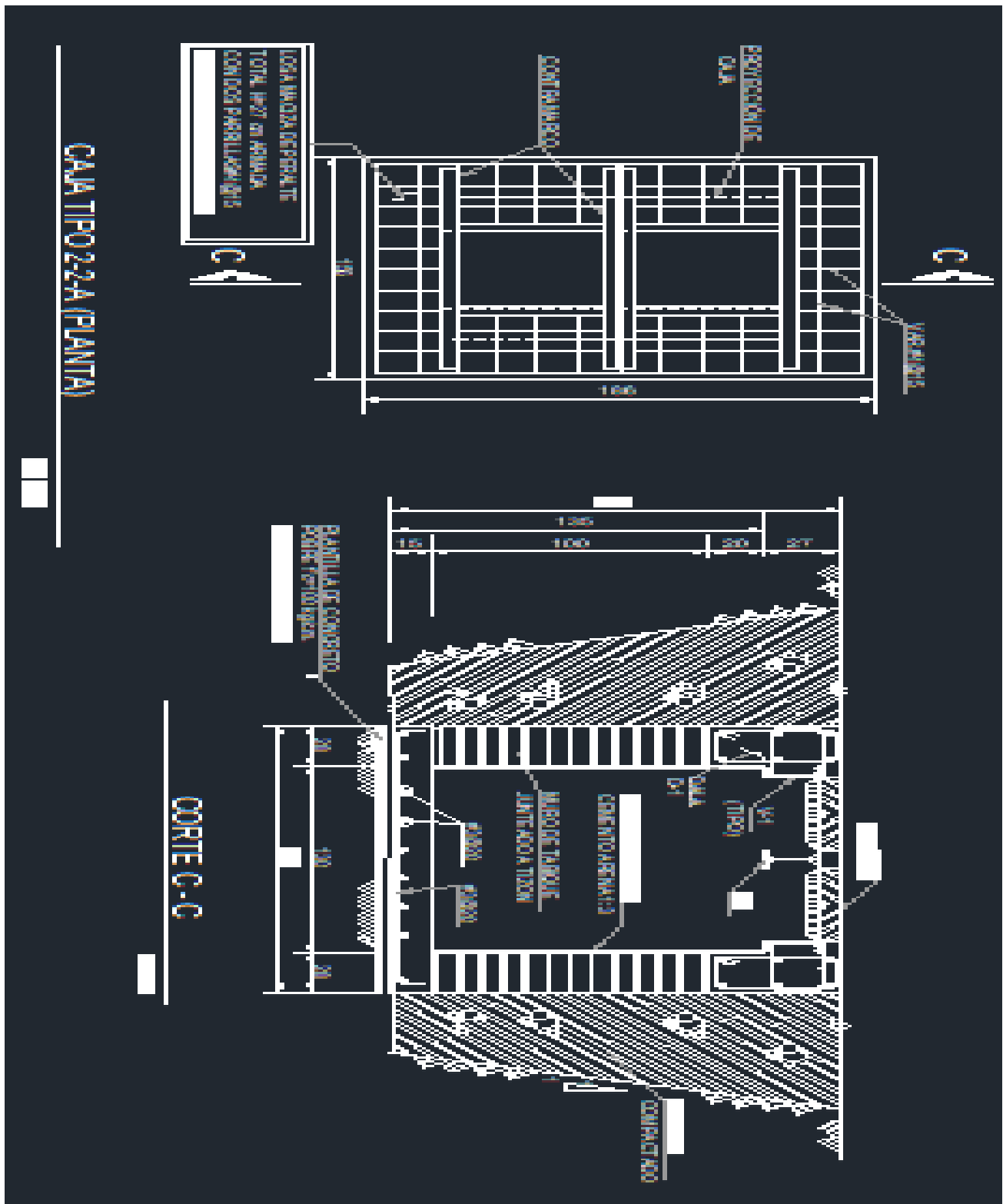


Figura 65. Especificación del proceso constructivo de caja tipo 2-2-A. Fuente: elaboración propia

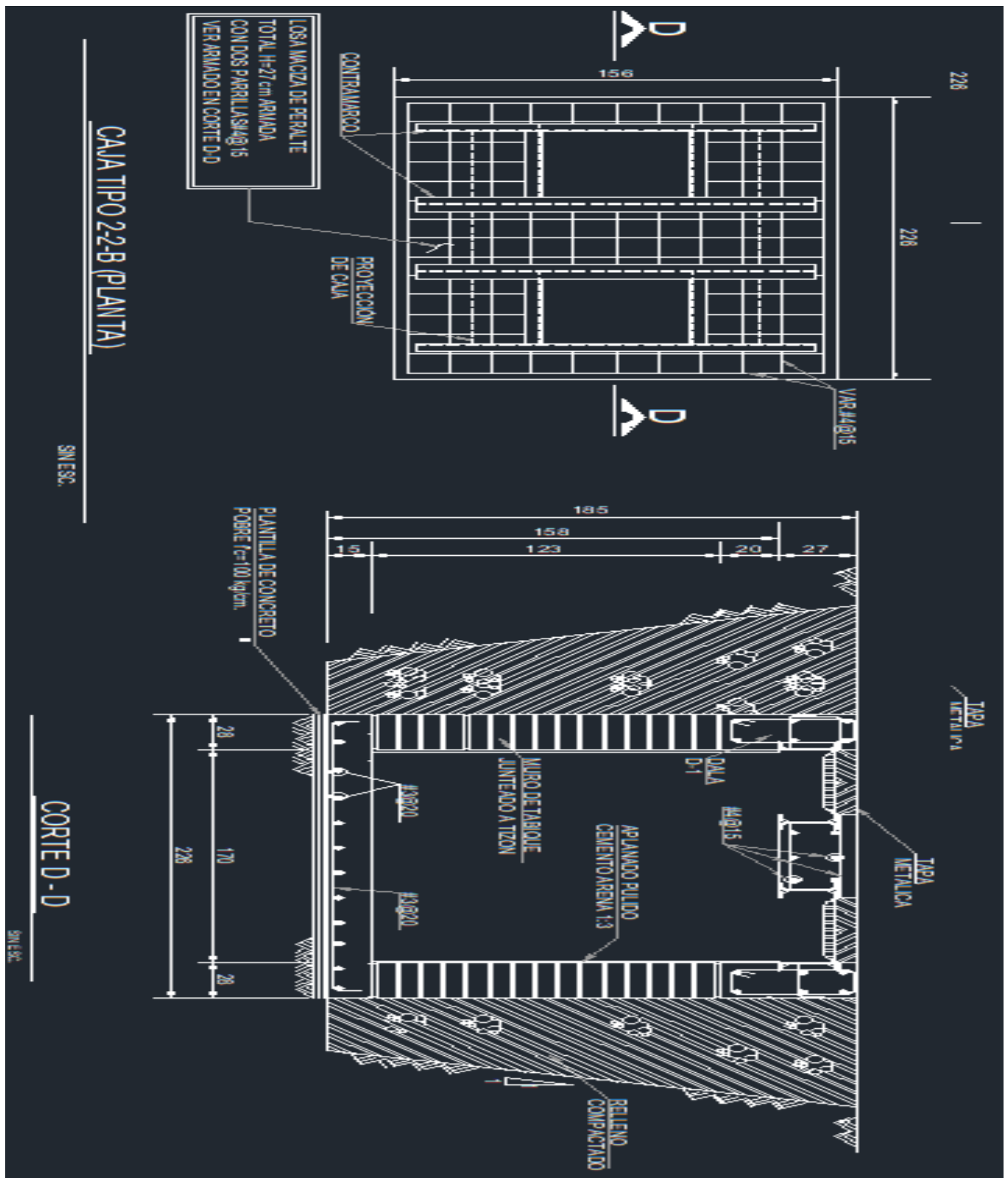


Figura 66. Especificación del proceso constructivo de caja tipo 2-2-B. Fuente: elaboración propia

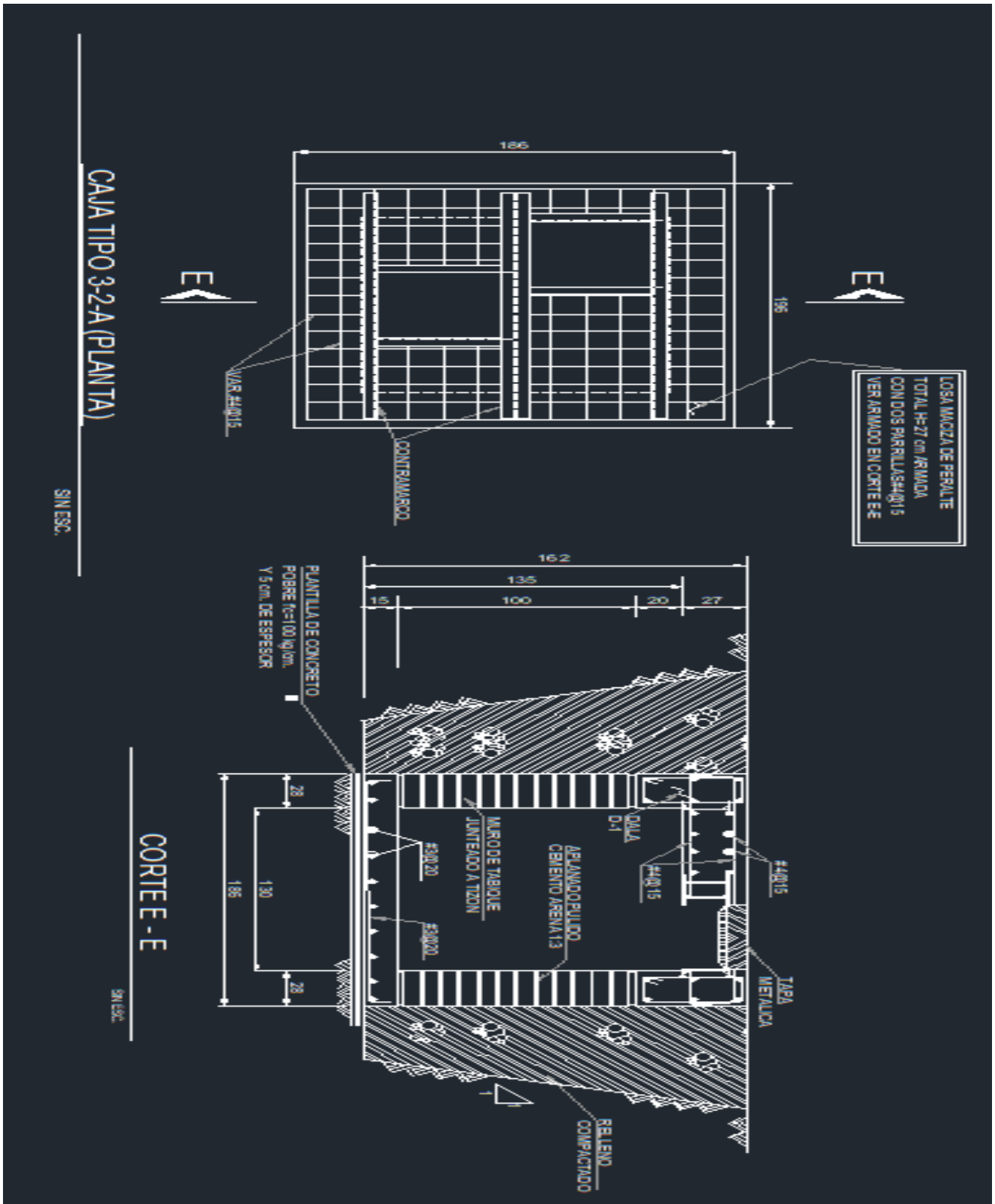


Figura 67. Especificación del proceso constructivo de caja tipo 3-2-A. Fuente: elaboración propia



Figura 68. Arreglo con piezas especiales de crueros al interior de las cajas de válvulas de agua potable.

Fuente: elaboración propia

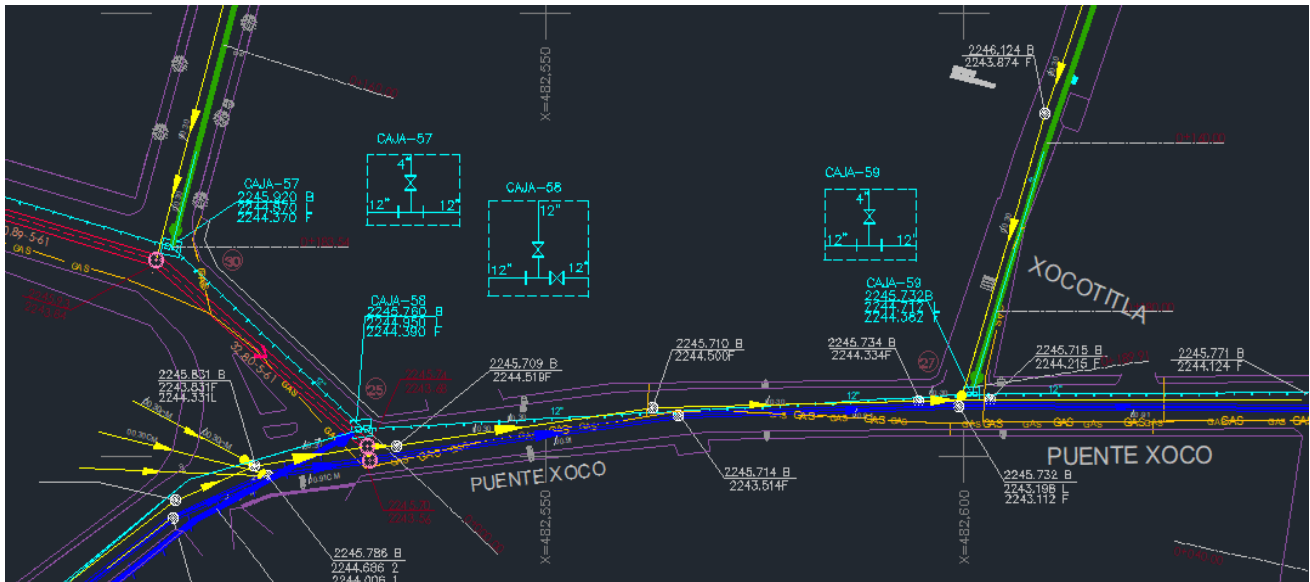


Figura 69. Plano de detalle donde se muestran algunos de los crucesos con arreglos a utilizar en agua potable. Fuente: elaboración propia

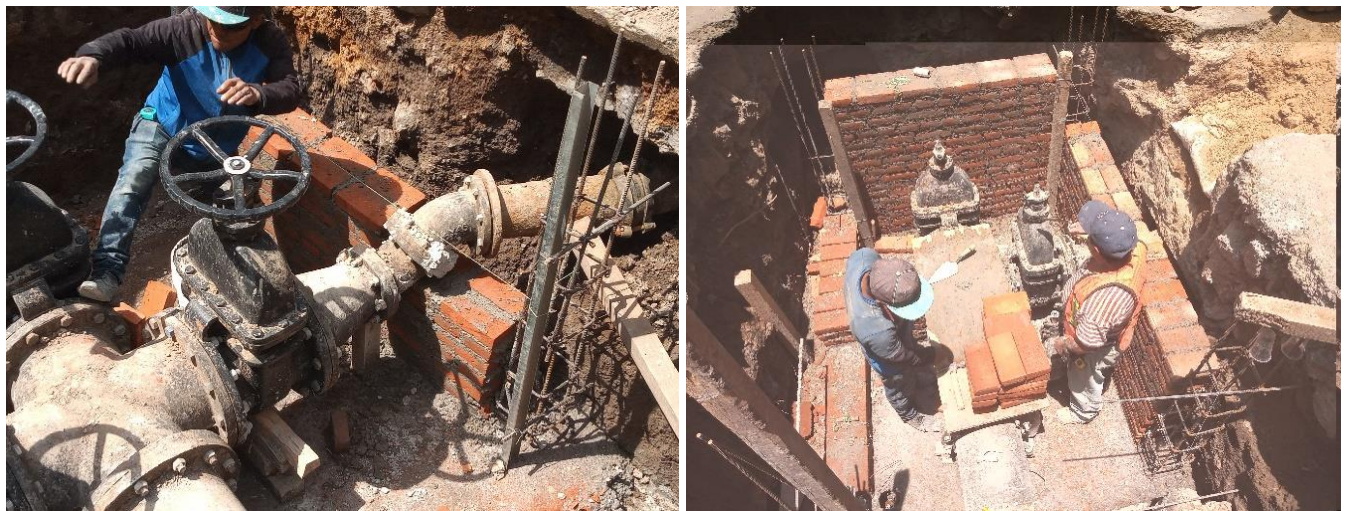


Figura 70. Habilitado de cajas de válvulas de agua potable en crucesos Fuente: elaboración propia

### 6.1.12 Atraques

**Los atraques de concreto** son estructuras de concretos colados en sitio que se utilizan para anclar piezas especiales.

Su función principal es absorber y transmitir las fuerzas dinámicas generadas por el flujo de agua a presión, evitando con esto que las tuberías por el desplazamiento sufran una ruptura. Se colocan en puntos donde las tuberías cambian de dirección, diámetro o donde termina una línea de conducción, ya que en los mencionados anteriormente se generan fuerzas de empuje.

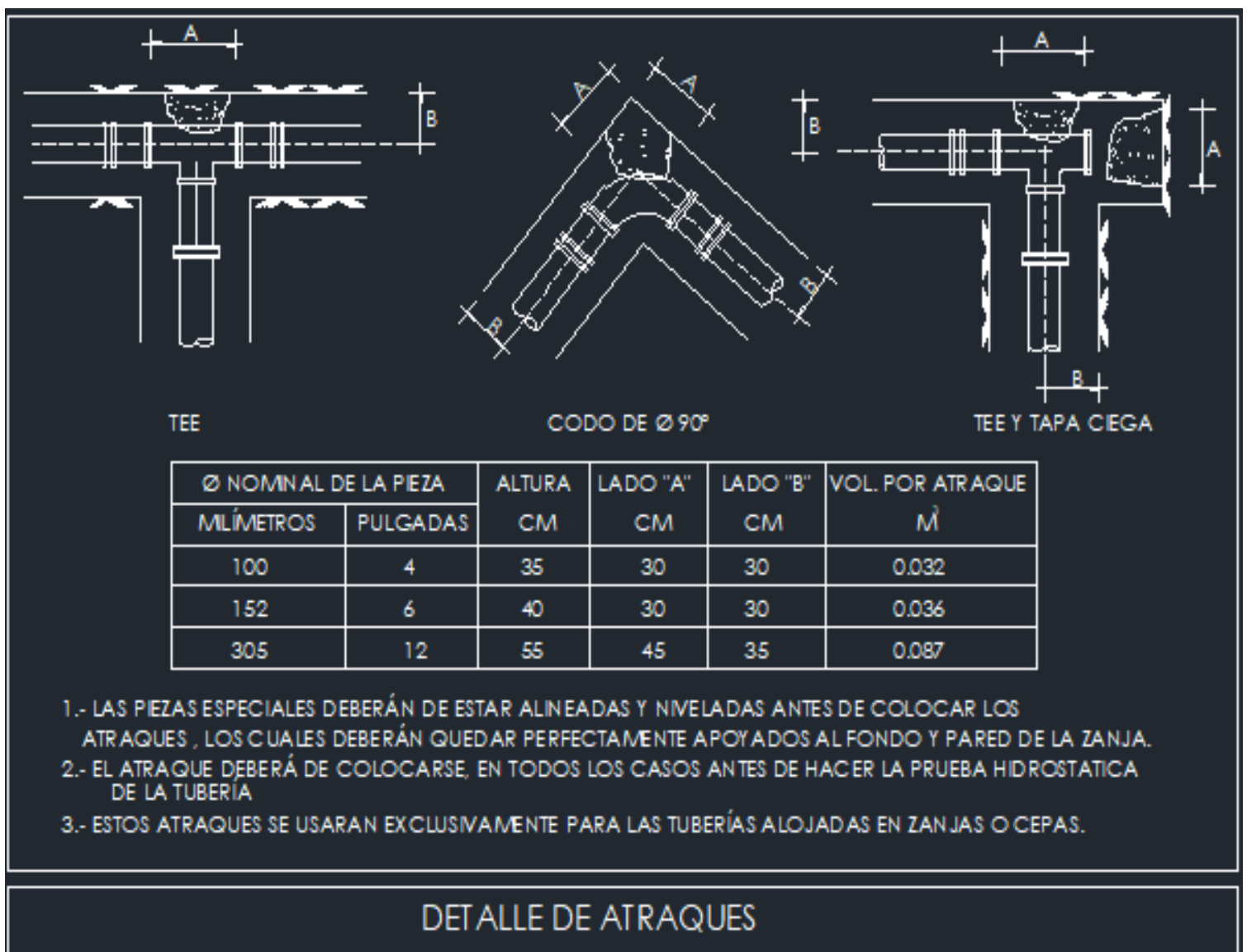


Figura 71. Detalle de elaboración de atraques de concreto. Fuente: elaboración propia

### 6.1.13 Colocación de carpeta asfáltica

Una vez concluida la instalación, relleno y compactación de la zanja y perímetro de las cajas, supervisé la realización de las siguientes actividades:

- e. Cajeo de 8 cm de profundidad
- f. Riego de liga
- g. Colocación de asfalto de 10 cm
- h. Sello de la carpeta asfáltica

**Cajeo** derivado de la compactación se realiza el retiro uniforme de una capa de 9 cm de espesor para la recepción del asfalto. Este proceso mejora la capacidad de carga del terreno, facilita el drenaje y evita problemas futuros como asentamientos diferenciales y fallas estructurales, dentro de las cuales se pueden citar: desprendimientos, deformaciones, y roturas. Derivado de lo antes mencionado supervisé y corregí el proceso cuando no se cumplía con las especificaciones de una compactación adecuada, reemplazando el material fatigado por sobre compactación por causas de saturación de humedad o por medio del mejoramiento de la base con cementante.



Figura 72. *Proceso de cajeo concluido.* Fuente: elaboración propia

**Riego de liga** la colocación de la emulsión asfáltica es importante, ya que es la que realizará la unión entre dos capas, en este caso la base (tepetate) y la mezcla asfáltica, lo anterior con condiciones climáticas que favorezcan dicha actividad.



Figura 73. *Proceso de riego de liga*. Fuente: elaboración propia

**Colocación de asfalto** una vez concluida la actividad que ligará ambas capas se procede a realizar el tendido del asfalto. Es importante mencionar que tuvo que supervisar con un pirómetro que la temperatura no fuera menor a los 100 °C, la cual es la temperatura mínima para un buen resultado, tomando en cuenta los factores climáticos que directamente afectaban a dicha temperatura, ya que el asfalto salido de planta posee una temperatura promedio de 160 °C.

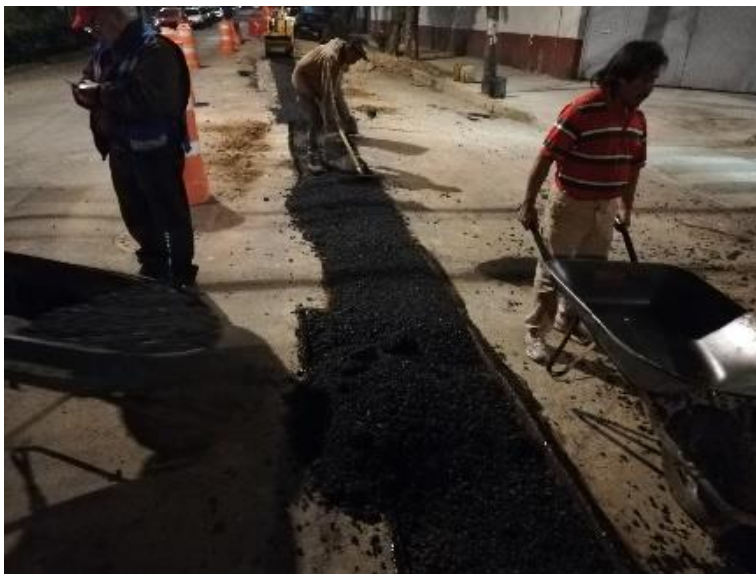


Figura 74. *Proceso tendido de asfalto*. Fuente: elaboración propia



Figura 75. Revisión de temperatura del asfalto. Fuente: elaboración propia

Una vez tendido el asfalto se realizó la compactación con un vibro compactador con rodillo sencillo PR8 para garantizar una distribución uniforme, esto se realizó con 3 “pasadas” para alcanzar un cierre adecuado y evitar defectos en la carpeta asfáltica.



Figura 76. Compactación de carpeta asfáltica. Fuente: elaboración propia

Es importante mencionar que se tomaron lineamientos de la (N CTR CAR).

Sello de carpeta asfáltica: Para garantizar la durabilidad en el asfalto una vez tendido y compactado, se procedió a realizar el sello con cemento Portland diluido para tapar los vacíos, grietas y uniones para evitar que con el paso del tiempo y del intemperismo sufra deterioro.

## 6.2 Red de distribución de agua tratada.

El agua tratada es aquella que ha pasado por procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar contaminantes y hacerla apta para usos específicos como:

- Riego
- Procesos industriales
- Recarga del a manto acuífero
- Uso en sanitarios etc.
- Para la ingeniería podría ser usada principalmente en:
  - Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales
  - Redes de distribución de agua tratada
  - Sistemas de reúso en edificios para riego y uso sanitario

Por ejemplo, el Instituto de Ingeniería de la UNAM reutiliza agua tratada en sanitarios, logrando un ahorro de hasta 3000 litros diarios. (UNAM, 2013)

Los beneficios técnicos y ambientales del uso de dicho procedimiento son entre algunos otros:

- Reducción de la demanda de agua potable
- Disminución de descargas contaminantes
- Mayor resiliencia hídrica en zonas urbanas
- Cumplimiento de normativas ambientales y sostenibilidad

(Instituto-del-agua)

La implementación del uso de agua tratada en el presente proyecto representa un componente estratégico en la optimización del recurso hídrico, al reducir significativamente la demanda de agua potable. Esta medida permite alcanzar un consumo por habitante/día más eficiente y sostenible, alineado con los estándares necesarios para cubrir las necesidades básicas sin comprometer la disponibilidad futura del recurso.

Dentro de las necesidades en la colonia estuvo el dotar de agua tratada a las áreas verdes en la zona ajardinada sobre la avenida prolongación Uxmal, así como a los desarrollos habitacionales que cuentan con áreas verdes en su interior, las cuales tendrán a pie de calle la línea de conducción para realizar la contratación con el organismo operador para contar con el servicio en mención, el cual tiene su origen en la planta de tratamiento cerro de la estrella.

Tal como lo define el (Instituto-del-agua), la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cerro de la Estrella: una piedra angular en la gestión sustentable de aguas residuales de la Ciudad de México. Esta monumental infraestructura no solo simboliza un avance significativo en la protección del medio ambiente, sino que también representa un gran paso hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas.

La gestión de aguas residuales es uno de los desafíos más exigentes que enfrentan las ciudades modernas. Este término se refiere a la colección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas que han sido utilizadas en domicilios, industrias y agricultura. Su importancia radica en su potencial para mejorar la salud pública, la calidad del agua, y fomentar una economía circular.

Ubicada en la alcaldía Iztapalapa, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cerro de la Estrella tiene una capacidad para tratar hasta 480 litros de agua por segundo. Mediante un proceso de tratamiento biológico, logra eliminar más del 90% de los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales.

El objetivo principal de esta planta es reintegrar el agua ya tratada al ciclo hídrico natural, permitiéndose su reutilización en el riego agrícola, la industria, la recarga de acuíferos, entre otros. De esta forma, Cerro de la Estrella contribuye significativamente a la conservación del recurso vital y a la mitigación de los desafíos asociados al agua en la región.

El proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta Cerro de la Estrella sigue los siguientes pasos según lo especifica (Instituto-del-agua):

1. Pretratamiento: En esta etapa, se remueven grandes objetos como palos, hojas y basura.
2. Tratamiento primario: El agua pasa a través de un tanque de sedimentación donde los sólidos más pesados se hunden y forman un lodo que es eliminado.
3. Tratamiento secundario: Aquí, se introduce el agua en un tanque donde las bacterias degradan los compuestos orgánicos.
4. Tratamiento terciario: En este paso, se filtra el agua para eliminar partículas finas y se desinfecta para matar cualquier bacteria o virus restante.
5. Tratamiento de lodos: Los lodos obtenidos en el tratamiento primario y secundario son tratados para su disposición final segura.
6. Reutilización o descarga: Finalmente, el agua tratada puede ser reutilizada para riego o descargada en cuerpos de agua.

(Instituto-del-agua).

#### 6.2.1 Participación profesional en la red de distribución de agua tratada.

Derivado de lo anterior es importante hacer mención que el proceso constructivo de la red de distribución de agua tratada es el mismo explicado en el apartado 6 para agua potable, por lo que muestro el proyecto que indica las rutas donde se trabajó con la línea de conducción de tubería de PEAD RD-17 de 4" identificada con franja naranja.

La necesidad de un reforzamiento hidráulico surgió de tomar este recurso para actividades en las cuales se utilizaba agua potable, disminuyendo con ello la dotación correspondiente para cada poblador de la zona.

Dentro de mi participación profesional fue la revisión del proyecto, realizando los recorridos correspondientes y el análisis del proceso constructivo derivado de las interferencias visibles y de las que se tenían que conciliar con diferentes empresas que tenían infraestructuras sobre el trazo de la línea de conducción, realizar el programa de obra para una organización adecuada, al igual que los comunicados a la sociedad de vecinos los cuales en muchas ocasiones interfirieron con las actividades por desacuerdos.

La elaboración de los generadores de obra para conciliar con la empresa constructora los avances y pagos correspondientes a mi representada, así como la participación en juntas semanales para verificación de trabajos en proceso, tramos terminados, cambios de proyecto y verificación con el Órgano Operador.



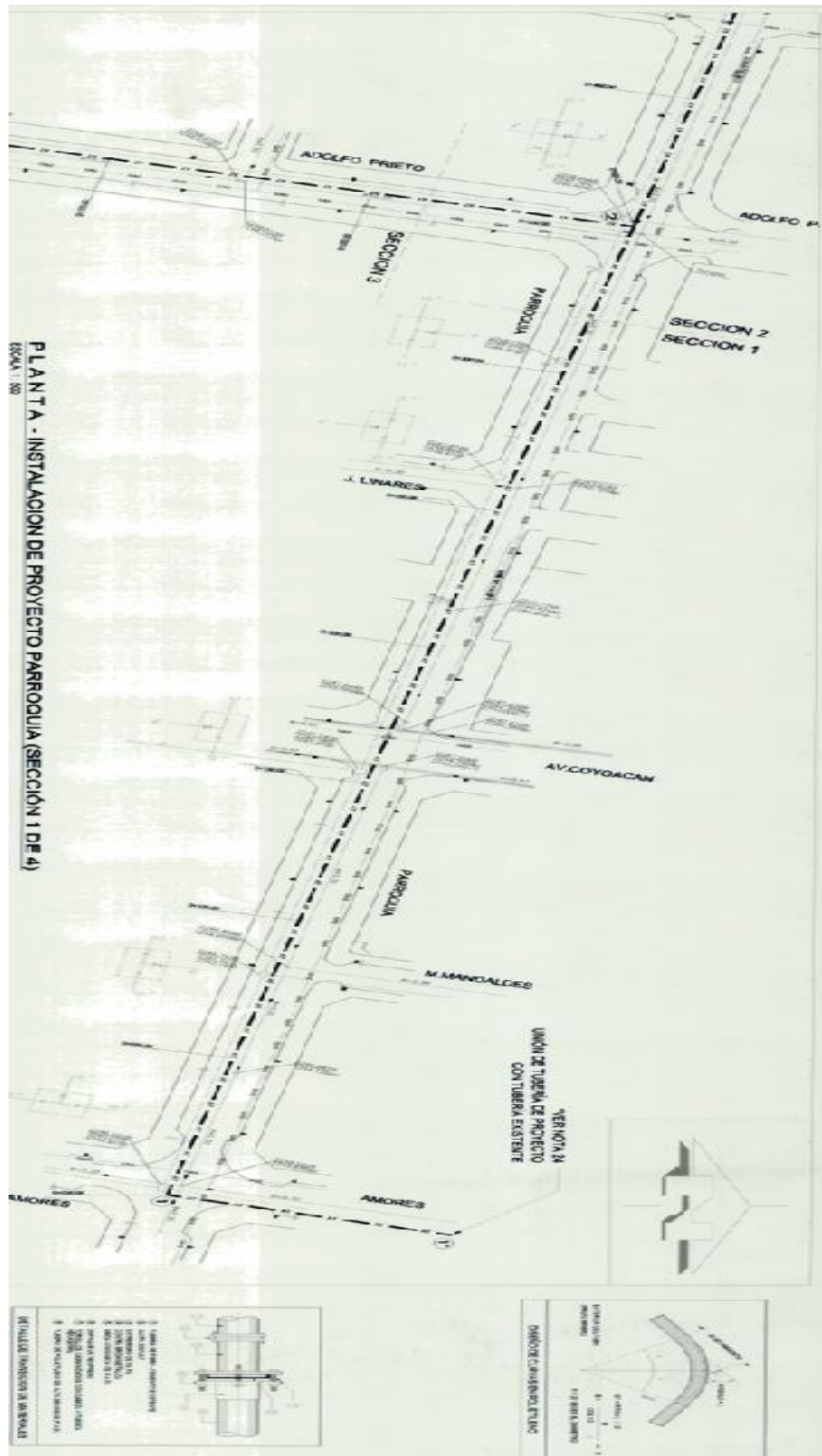


Figura 78. Proyecto de instalación de tubería de agua tratada sección 1.  
Fuente: elaboración propia



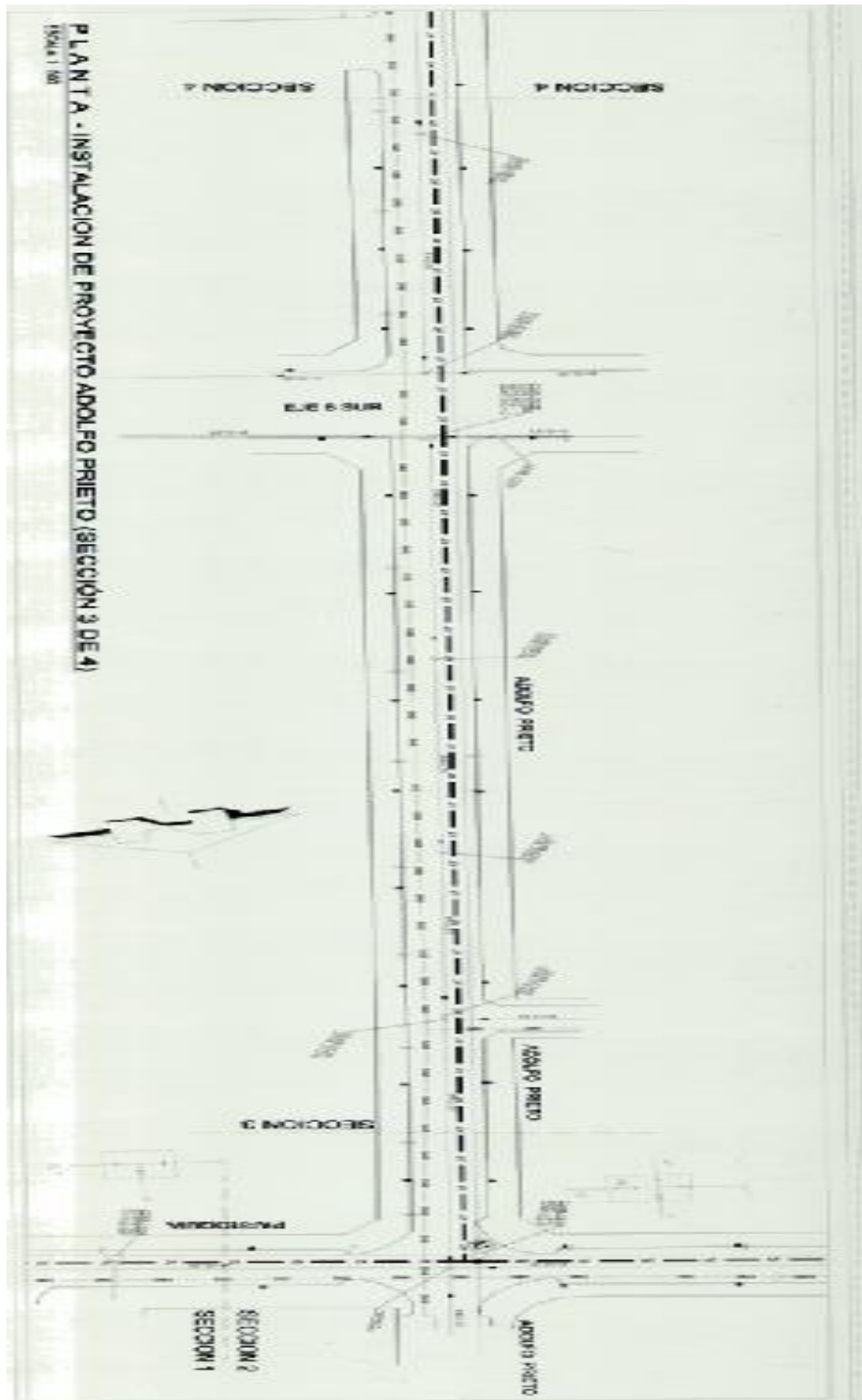


Figura 80. Proyecto de instalación de tubería de agua tratada sección 3.  
Fuente: elaboración propia

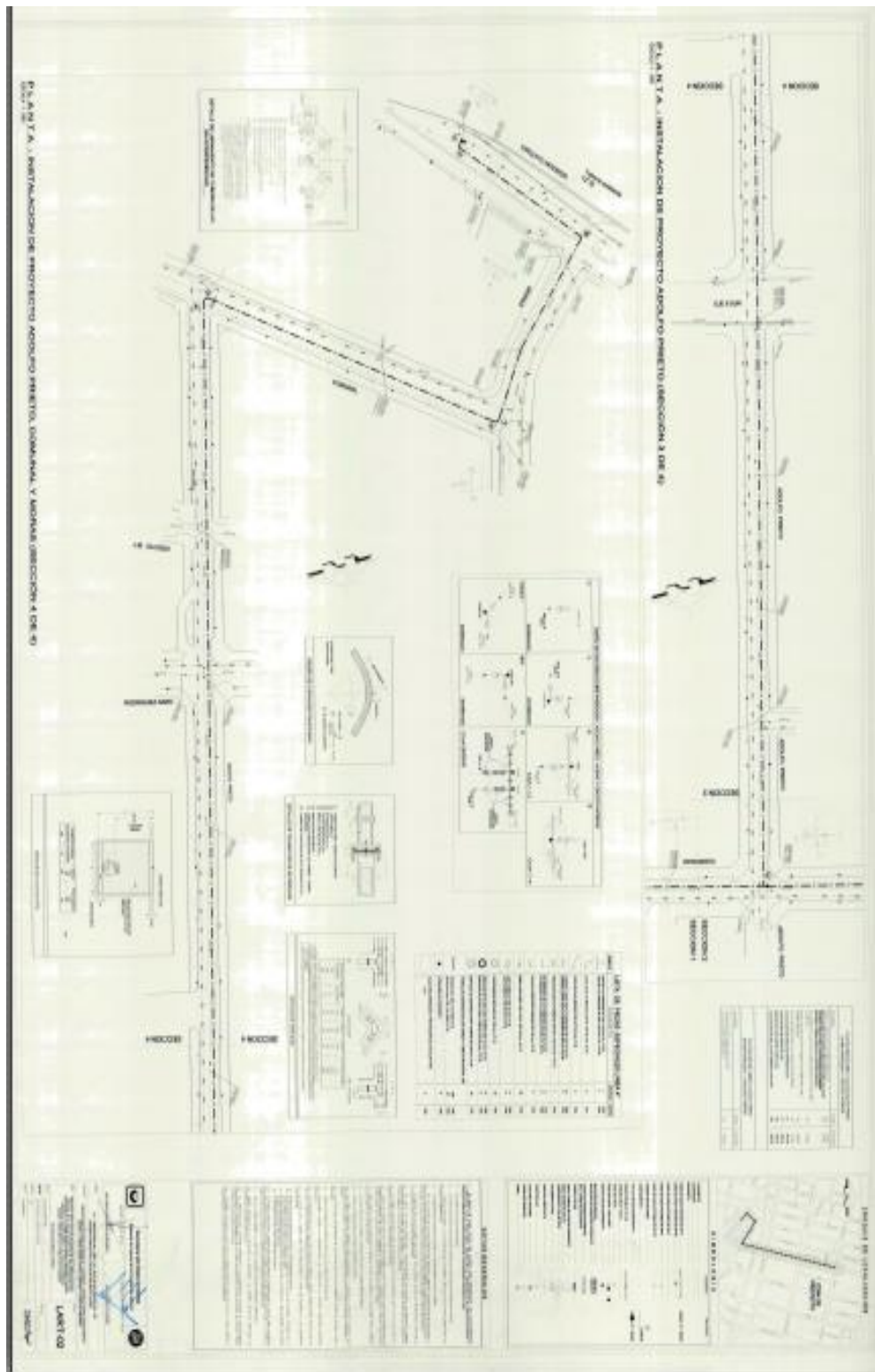


Figura 81. Proyecto de instalación de tubería de agua tratada sección 4.  
Fuente: elaboración propia

### 6.2.2 Construcción de caja de válvulas de la red de distribución de agua tratada.

En el caso de agua tratada con tubería de 4" de PEAD, las especificaciones de las cajas de válvulas en vialidades con flujo vehicular alto fueron distintas ya que se solicitó que fueran en su totalidad habilitadas con concreto reforzado, lo que garantizaba una estabilidad al hundimiento. La petición fue realizada por el órgano operador SACMEX y soportada para el pago de extraordinario con minuta de campo bajo el siguiente concepto:

Construcción de caja de concreto reforzado con varilla corrugada del #3 @ 20 cm y #4 @ 15 cm en vías primarias, con dimensiones de 2.60 de largo x 2.60 ancho medidas interiores x 28 de espesor y 2.8 profundidad, losa tapa de 30 cm, losa fonda 15 cm de concreto de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ . La excavación se realizó con el 70 % a mano y el 30% con maquinaria debido a la presencia de tráfico vehicular intenso. Los trabajos incluyeron: Plantilla de concreto simple de concreto simple con resistencia  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 10 cm de espesor, suministro y habilitado de acero de refuerzo #4 @ 15 cm Y # 3 @ 20 cm, cimbra acabado aparente y descimbra hasta 4.00 m de altura, considerando 1 uso debido a la prioridad de los trabajos, suministro y colocación de concreto hidráulico resistencia rápida de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , resistente a los sulfatos; suministro y colocación de, 2 contramarcas uno doble y uno sencillo Y 3 tapas Fo.fo. DE 50 cm de lado con leyenda "AGUA TRATADA".

En relación con las actividades correspondientes a trazo, demolición, excavación, carga y acarreo, colocación de tubería, relleno y la actividad relacionada con pavimento, el proceso constructivo es similar al de agua potable por lo que se refiere al punto 6 de este reporte.



Gobierno de la Ciudad de México



SACHEX

SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE  
SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE  
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE PROYECTOS

MINUTA DE TRABAJO

PROYECTO EJECUTIVO DE INSTALACION DE TUBERÍA DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, SOBRE LA CALLE DE BRUNO TRAVEN ENTRE AVENIDA MÉXICO COYOACÁN Y GENERAL RINCÓN, Y EN PROLONGACIÓN UXMAL ENTRE GENERAL RINCÓN Y POPOCATÉPETL, ALCALDÍA BENITO JUÁREZ

FECHA: 13/mayo/19

ASUNTO: ARMADO DE ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN DE Cajas DE AGUA TRATADA, (MUROS DE CONCRETO)

ASISTENTES

NOMBRE	EMPRESA O AREA	TELEFONO	FIRMA
1 <u>ING. JAVIER CERÓN V.</u>	<u>SACHEX OP/AT</u>		
2 <u>ING. JOEL LINDA DUE.</u>	<u>ESTUDIOS HIDRÁULICOS</u>		
3 <u>ING. Jorge Adalberto Hernández Acosta</u>	<u>SR</u>		
4 _____	_____	_____	_____
5 _____	_____	_____	_____
6 _____	_____	_____	_____

ACUERDOS

Se de acuerdo a las indicaciones del SACHEX (operación), de construir las cajas de agua tratada con concreto armado, de presencia por parte de la supervisión de obra, el armado de acero en muros de caja, conservando el armado de cajas tipo en losa de fondo y losa tapa, así como el tipo de vigas para el soporte de marco y contramarco autorizados por el SACHEX, omitiendo la D-1 (ver croquis).

HOJA: 1 DE 2

**CONTINUA MINUTA DE TRABAJO**

**PROYECTO EJECUTIVO DE INSTALACION DE TUBERÍA DE AGUA TRATADA DE 4" DE Ø, SOBRE LA CALLE DE BRUNO TRAVEN ENTRE AVENIDA MÉXICO COYOACÁN Y GENERAL RINCÓN, Y EN PROLONGACIÓN UXMAL ENTRE GENERAL RINCÓN Y POPOCATÉPETL, ALCALDÍA BENITO JUÁREZ**

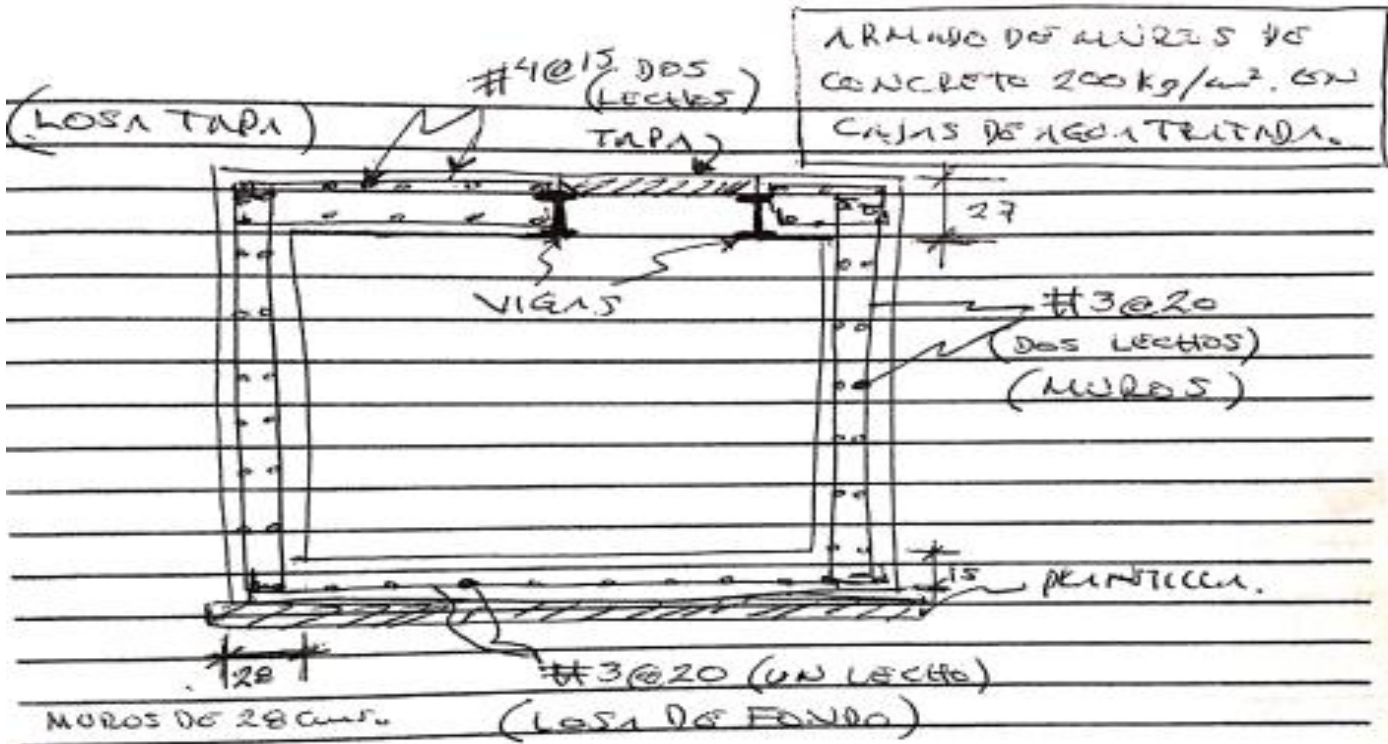


Figura 82. Minuta de campo autorizando construcción de cajas de válvulas con concreto reforzado  
 Fuente: elaboración propia



Figura 83. Excavación para caja de válvulas.  
Fuente: elaboración propia



Figura 84. Armado y cimbrado de muros,  
Fuente: elaboración propia



Figura 85. Armado de losa tapa con acero de refuerzo  
Fuente: elaboración propia



Figura 86. Conclusión para recepción de concreto  
Fuente: elaboración propia



Figura 87. Colado de muros y losa tapa de manera monolítica. Fuente: elaboración propia

## 7 RESULTADOS DEL PROYECTO.

En relación con el tramo de agua potable, se realizó el reforzamiento hidráulico de 507 m de tubería de polietileno de alta densidad de 152 mm de diámetro, RD-17, la construcción de 8 cajas tipo 1-1-A. de 1.56 x 1.56 m, 5 cajas tipo 1-1-B. de 1.56 x 1.86 m, 1 caja tipo 2-2-A. de 1.56 x 1.86 m, 3 cajas tipo 2-2-A. de 1.56 x 2.26 m, 1 caja tipo 3-2-A. de 1.86 x 1.96 m, lo anterior en conjunto con los procesos constructivos respectivos. Se llevó a cabo el cierre del polígono efecto de este proyecto (ver figura 26) realizando la conexión en las esquinas de los puntos de interconexión hasta cerrar el circuito para que la presión obtenida de los pozos Amado Nervo, el cual fue construido por la empresa constructora con un gasto de 60 l/s construido a 350 m de profundidad y con la batería de pozos existentes en los alrededores tales como pozo Jardín Morelos, pozo acacias, pozo Nativitas, pozo Campestre, pozo Alamos 2, pozo jardín Pombo y el pozo Miraflores mantuvieran el constante flujo y presión del agua. Lo anterior benefició al pueblo de Xoco y a la operación del complejo.



Figura 88. Pozo Amado Nervo, construido para colaborar en el reforzamiento hidráulico.  
Fuente: elaboración propia

Lo relacionado con el agua tratada se realizó el reforzamiento hidráulico de 330 m de tubería de polietileno de alta densidad de 102 mm de diámetro, RD-17, la construcción de 2 cajas tipo 1-1-A. de 1.56 x 1.56 m, 1 cajas tipo 1-1-B. de 1.56 x 1.86 m, 1 caja tipo 3-2-A. de 1.86 x 1.96 m, 2 cajas de concreto reforzado con varilla corrugada #3@20 cm y del #4@15 cm en vialidades primarias de 2.60 x 2.25 x 1.60 m, 3 cajas de concreto reforzado con varilla corrugada #3@20 cm y del #4@15 cm en vialidades primarias de 1.60 m x 1.30 m realizando la interconexión en caja de válvula ubicada en Av. Rio Churubusco y casi esquina moras siguiendo su desarrollo hasta realizar su interconexión con caja de válvulas ubicadas sobre eje 8 Popocatépetl y prolongación Uxmal.

Se realizó la construcción de 9 tomas de agua para aspersores localizados a cada 25 m en área verde de un camellón ubicado sobre Prolongación Uxmal.



Figura 89. Caja de interconexión de agua tratada Rio Mixcoac entre calle 2 y calle moras.  
Fuente: elaboración propia



Figura 90. Caja de interconexión de agua tratada Eje 8 y Prolongación Uxmal.  
Fuente: elaboración propia

## 8 CONCLUSIONES.

El reemplazo de las tuberías representa una solución integral para garantizar el suministro seguro y eficiente de agua potable y tratada. Desde la ingeniería civil, esta intervención fortalece la infraestructura urbana, mejora la calidad de vida de los habitantes y promueve la sostenibilidad del recurso hídrico.

El reemplazo de tuberías de 12" para agua potable y de 4" para agua tratada es una medida necesaria cuando las redes existentes presentan deterioro, fugas o insuficiencia hidráulica. Desde el enfoque civil, esta acción permite:

- Optimizar el caudal y presión: Las tuberías nuevas, con materiales modernos en nuestro caso PEAD, reducen pérdidas por fricción y mejoran la distribución del agua.
- Prevenir riesgos sanitarios: El agua potable requiere conducciones seguras y estancas; renovar tuberías evita infiltraciones y contaminación cruzada.
- Adaptar la infraestructura al crecimiento urbano: El aumento poblacional exige redes más robustas y flexibles, especialmente en zonas con expansión habitacional.
- Separar eficientemente los sistemas: Diferenciar el agua potable de la tratada mediante tuberías específicas mejora el control operativo y evita mezclas no deseadas.

- Reducir costos de mantenimiento: Las nuevas instalaciones disminuyen la frecuencia de reparaciones y prolongan la vida útil del sistema.

En resumen, esta renovación no solo respondió a una necesidad técnica, sino que también fortaleció la resiliencia urbana frente a desafíos como la escasez hídrica, el cambio climático y la demanda creciente.

Derivado de las obras de infraestructura hidráulica presentadas en este trabajo profesional, se llegó a obtener los resultados esperados por medio del remplazo de la tubería existente, ligando está en el tramo correspondiente a Mayorazgo de la Higuera hasta el pozo Amado Nervo el cual tiene una profundidad de 400 metros y aporta 60 l/s lo que aunado al diámetro de la tubería ahora existente nos da el suministro necesario para cubrir con las necesidades de la población.

En el tramo correspondiente a la línea de conducción de agua tratada se realizó la interconexión de la línea en la caja de válvulas ubicada en circuito interior casi esquina con la calle de moras con una longitud de 1800 metros de tubería de 4”

Durante mi ejercicio profesional me permitió aplicar los conocimientos de **hidráulica** los cuales fueron fundamentales para comprender el funcionamiento de los sistemas de conducción de agua potable y agua tratada, especialmente en lo referente a presiones, caudales y pendientes, lo cual permitió verificar que la instalación cumpliera con los parámetros de diseño establecidos en el proyecto. Así como desarrollar habilidades técnicas y profesionales en un entorno real de trabajo.

Asimismo, utilicé en la práctica los conocimientos en la interpretación de planos y proyectos ejecutivos, lo que me permitió identificar correctamente el trazo de la red hidráulica, ubicaciones, los diámetros de las tuberías especificadas en el proyecto, válvulas, registros y conexiones, asegurándome que la ejecución de los trabajos se realizara conforme a lo indicado en los planos proporcionados.

Durante la instalación de las redes, apliqué conocimientos sobre materiales y procesos constructivos, particularmente en la selección y manejo de la tubería utilizada para agua potable y agua tratada, así como en los métodos de unión y colocación, lo que contribuyó a garantizar la calidad y durabilidad de la instalación.

De igual manera, se aplicaron los conocimientos relacionados con la (Instituto-del-agua) y las medidas de seguridad e higiene en obra lo cual es muy importante para salvaguardar la integridad física de las personas, participando en la observación de las condiciones de seguridad.

Mi función fue específicamente en actividades de supervisión y control de obra, reportando avance de los trabajos, el control de calidad de la instalación y la coordinación con el personal de la Alcaldía Benito Juárez y personal del Órgano operador, lo que me permitió adquirir experiencia en la gestión y seguimiento de obras hidráulicas.

Durante mi ejercicio profesional enfrenté diversas situaciones imprevistas, como la presencia de interferencias con otras instalaciones existentes (Tomas domiciliarias, tubería de drenaje, gas natural etc.) las cuales fueron atendidas conforme se presentaba la situación aplicando los criterios técnicos, fortaleciendo así mi capacidad de resolución de problemas en campo.

En conclusión, mi participación en la obra de instalación de tubería de agua potable y agua tratada en la colonia Del Valle fue una experiencia fundamental para consolidar los conocimientos adquiridos durante mi formación académica, permitiéndome aplicarlos de manera práctica y fortalecer mis competencias técnicas, analíticas y profesionales.

Considero importante proponer a las futuras generaciones de ingenieros civiles una relación entre la teoría y el aprovechamiento de práctica profesional, ya que el laborar en el campo permite entender de manera conjunta el funcionamiento de los sistemas hidráulicos, tales como redes de agua potable, drenaje y agua tratada ya que esto llevará a la correcta toma de decisiones teniendo como base los conocimientos adquiridos a lo largo de la trayectoria escolar, con lo anterior se espera que deben desarrollar un buen criterio técnico y la capacidad de resolver problemas reales, situaciones que no se ven dentro de un aula de estudio, reforzar la interpretación de planos, proyectos ejecutivos, normatividad vigente, supervisión de obras y de más acciones relacionadas con el ámbito profesional.

Como fin de mi recomendación se esperará que los futuros ingenieros tengan presente el compromiso con la sociedad y con el medio ambiente, ya que tratándose de la parte hidráulica hay que cuidar el uso eficiente del agua, su sustentabilidad y la mejora de la calidad de vida de los seres vivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abedrop, E. g. (2012). *El gran reto del agua en la Ciudad de México*. México: Offset Santiago.
- ASTM D698 . (1978 REVISIONES 1991, 2000, 2007 Y 2012). *ASTM D698 Ensayo proctor estándar*. American Society for Testing and Materials.
- Comisión Estatal de Agua. (2013). *Dimensionamientos de zanjas, relleno minimos*. Comisión Estatal del Agua, Comisión Estatal del Agua. CDMX QUERETARO: Comisión Estatal del Agua. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/325816265/Dimensionamientos-de-Zanjas-Relleno-Minimos>
- Comision-Nacional-del-Agua. (s.f.). *Manuel de agua potable, alcantarillado y Saneamiento*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>
- Conagua (MAPAS). (2019). *Datos básicos para proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. México: Conagua.
- Conagua (MAPAS). (2019). *Estudios Técnicos para proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Topografía y mecánica de suelos*. México: Conagua.
- Conagua (MAPAS). (2019). *Introduccion al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales* . México: Conagua.
- Concepto. (2013). *Agua potable*. Argentina: Etecé. Obtenido de <https://concepto.de/agua-potable/>
- Construneic. (s.f.). Obtenido de <https://construneic.com/mecanica-de-suelos/ensayo-proctor/>
- Construneic. (18/04/2024). *Ensayo Proctor*. Perú: Pagina WEB. Obtenido de <https://construneic.com/>
- Credito. (s.f.). *Agua Tratada: ¿Qué es y Cómo se Utiliza?* Obtenido de <https://www.credito.com.mx/articulo/agua-tratada-que-es-y-como-se-utiliza>
- Hurtado, D. I. (s.f.). *Suelos Expansivos y colapsables*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. (1991). *CATALOGO DE DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES DE CARRETERAS MEXICANAS*. QUERETARO.
- Instituto-del-agua. (s.f.). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cerro de la Estrella: Una Solución Sustentable para las Aguas Residuales en México*. CDMX. Obtenido de <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-cerro-de-la-estrellaaguas-residuales/>
- Instituto-del-agua. (s.f.). *Reuso de Aguas Residuales Tratadas: Una Solución Sostenible para el Futuro*. CDMX. Obtenido de [Institutodelagua.es](https://institutodelagua.es)

jornada, L. (s.f.). *La jornada*. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/noticia/2025/11/13/capital/habitantes-del-pueblo-de-xoco-bloquean-avenida-mexico-coyoacan-por-falta-de-agua>

La jornada . (s.f.). *Xoco: un pueblo originario atrapado en la ciudad*. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/2022/09/17/delcampo/articulos/xoco-pueblo-originario.html>

N CTR CAR, 1.-0.-0. (s.f.). *N-CTR-CAR-1-04-006/09 CARPETAS ASFATICAS CON MEZCLA EN CALIENTE*.

N-CMT-4-02-000/11, S. D. (s.f.). *SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES NORMA N-CMT-4-02-000/11*.

NOM-001-CONAGUA-2011, N. O. (2009). *NOM-001-CONAGUA-2011*.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. (1997). *NOM-003-SEMARNAT-1997*. CDMX: Norma oficial Mexicana.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. (2021). *Agua para uso y consumo humano, limites permisibles de la calidad del agua*. CDMX: Norma Oficial Mexicana .

reforma, E. (2023). *Alertan empeoramiento de desabasto de agua en Xoco*. CMX: El reforma. Obtenido de <https://www.reforma.com/alertan-empeoramiento-de-desabasto-de-agua-en-xoco/ar2720775>

Romero Rojas, J. A. (Marzo 2010). *Aguas Residuales Teoría y pricipios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería.

Silla rota. (2019). Obtenido de <https://lasillarota.com/metropoli/2019/12/3/plan-de-mitikah-requiere-talar-60-arboles-mas-denuncian-208569.html>

UNAM. (2013). *Gaceta de la unam*. CDMX. Obtenido de <http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaElectronica/GacetaMayo2013/Paginas/Reutilizaciondeaguatratada.aspx>

Vanguardia. (2022). *bloqueo por tala de árboles*. Obtenido de Vanguardia