



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Supervisión de obra. Caso: drenaje  
y línea de conducción en Chalco,  
Estado de México**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

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

Wenceslao Enrique Galván Hernández

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Cristian Emmanuel González Reyes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

## **Agradecimientos**

*Agradezco a Dios, por permitirme terminar esta etapa de mi vida, y permitirme tener a mis seres queridos a mi lado.*

*Agradezco a mi madre, Adela Hernández García, por brindarme todo su apoyo en cada etapa de mi vida, y ser la razón principal de mi formación profesional y personal, el mayor ejemplo de esfuerzo, dedicación y amor. Quien con su apoyo, confianza y esfuerzo me ha ayudado a llegar hasta donde estoy el día de hoy, no tengo forma de agradecer ni pagar por tanto.*

*Agradezco a mis hermanas que siempre han estado ahí cuando las he necesitado y por todo su apoyo incondicional en mi vida.*

*Agradezco al Ing. Cristian Emmanuel, por guiarme en este trabajo, y en esta etapa de mi vida, compartiendo su conocimiento, tiempo, paciencia y su vocación demostrada por la enseñanza.*

*A la UNAM, por ser la institución que hizo esto posible. Por todo el conocimiento, formación académica y profesional adquirida a lo largo de esta etapa de mi vida y permitirme desempeñar en el ámbito de la ingeniería al servicio de la sociedad.*

# Índice

<b>Introducción</b> .....	5
<b>Objetivo</b> .....	5
<b>Descripción de la empresa</b> .....	6
<b>Justificación</b> .....	7
1.- Proceso de licitación de las 3 Obras .....	10
2.- Construcción del drenaje sanitario de cerradas del cerrito hacia descarga PTAR Iztac .....	12
2.1.- Preliminares .....	14
2.2.- Excavaciones de zanja .....	15
2.3.- Instalación de plantilla o cama .....	16
2.4.- Instalación de tubería.....	17
2.5.- Rellenos y limpieza .....	19
2.6.- Pozos de visita.....	20
2.7.- Descargas Domiciliarias y trabajos complementarios.....	21
2.8.- Finalización y entrega .....	23
2.9.- Segunda etapa del proyecto.....	25
3.- Construcción del drenaje sanitario en calle Bugambilias y Salvador García, Colonia Tetel.....	28
3.1.- Inicio de obra y modificación al proyecto .....	29
3.2.- Trazo y excavación de cepas .....	32
3.3.- Fabricación de cama.....	34
3.4.- Colocación de tubería PEADC y rellenos.....	34
3.5.- Pozos de visita.....	36
3.6.- Acarreos y trabajos complementarios. ....	37
3.7.- Finalización de trabajos y entrega de obra .....	38
4.- Construcción de red de agua potable con tubería de PEAD en la colonia La Mesa.....	40
4.1.- Inicio de trabajos en sitio y conceptos extraordinarios.....	41
4.2.- Excavación y plantilla.....	42
4.3.- Colocación de tubería PEAD de 6" .....	46
4.4.- Rellenos .....	47
4.5.- Piezas especiales y caja de válvulas.....	49
4.6.- Prueba hidrostática .....	51
4.7.- Ampliación de monto y Convenio Modificadorio .....	53

4.8.- Trabajos de reposición.....	54
4.9.- Finalización de obra.....	55
5.- Conclusiones .....	56
Índice de Tablas .....	58
Índice de figuras.....	59
Referencias .....	61

## Introducción

En este informe por trabajo profesional describo las principales actividades en la supervisión de obra como auxiliar en superintendencia en la empresa Cloragua S.A de C.V, en donde me encuentro trabajando actualmente. Esta empresa está dedicada a realizar proyectos de infraestructura hidráulica y su mantenimiento.

En dicha empresa trabajé en supervisión de obras relacionadas con hidráulica urbana, mayormente en drenaje urbano, ya sea en sustitución de sistemas colapsados (como pueden ser socavones); sistemas viejos, que ya cumplieron su vida útil o introducción de drenaje en colonias de reciente creación; así como en instalación de redes de agua potable en algunas colonias nuevas.

Actualmente Cloragua S.A de C.V, trabaja para los municipios de Chalco, Valle de Chalco, Ixtapaluca, Chimalhuacán, Toluca, Tecámac, razón por la cual las obras descritas en este informe están ubicadas en Chalco, Estado de México.

En el presente documento hago una descripción general de la supervisión de 3 obras, desde su inicio, proceso de licitación, procedimientos constructivos, en general, y su desarrollo hasta la terminación de los trabajos, con cierre de bitácora y entrega de estimaciones y números generadores de obra.

Las tres obras están bajo el cargo del Organismo Descentralizado para la prestación de los servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS) y de acuerdo al contrato tienen el nombre de:

1. **Construcción del drenaje sanitario de cerradas del cerrito hacia descarga PTAR Iztac**
2. **Construcción del drenaje sanitario en calle Bugambilias y Salvador García, colonia Tetel**
3. **Construcción de red de agua potable con tubería de PEAD en la colonia La mesa, de red existente al nuevo tanque de regulación de Santa Catarina Ayotzingo**

Dos de estas obras son sistemas de drenaje. Cada una involucra diversos detalles que las hacen bastante diferentes en la ejecución. La tercera obra es una línea de alimentación a un tanque de regulación de reciente creación. Estuve involucrado desde el inicio, durante su ejecución y hasta el término y entrega de estas.

## Objetivo

Describir las principales actividades que desarrollé durante mi periodo de contratación en la empresa Cloragua S.A. de C.V. Principalmente la ejecución de las obras de drenaje sanitario y de colocación de una línea de conducción en Chalco, Estado de México.

## **Descripción de la empresa**

Actualmente trabajo en Cloragua S.A de C.V, una empresa que nace como una sociedad de integrantes jóvenes, ante la necesidad de contrarrestar las carencias de calidad en los productos en el sector hidráulico. En el año 2013 se constituye como una sociedad representada principalmente por dos socios: Ing. Luis Hernández Vargas e Ignacio Rebollar Albíter. Dicha sociedad persigue los objetivos de la comercialización de productos para la desinfección del agua potable, asesoría, diseño, planeación, proyección, administración, desarrollo, construcción y dirección de todo tipo de obra hidráulica.

Si bien es una empresa que al iniciar su formación estaba más enfocada al análisis de calidad del agua en pozos, poco a poco comenzó a incursionar en otras áreas de la ingeniería, como: rehabilitación de tanques de almacenamiento y regulación, construcción de cárcamos y tanques, construcción de redes de agua potable, rehabilitación electromecánica de pozos, construcción de colectores, subcolectores y sistemas de drenaje.

### **Misión:**

Una empresa del sector hidráulico que asume el compromiso y la responsabilidad de ofrecer servicios y productos de alta calidad en el sector hidráulico. Sabiendo que la principal responsabilidad la tenemos con nuestros clientes, sociedad y medio ambiente logramos los mejores estándares de calidad para cubrir las expectativas planteadas

### **Visión**

Ser la empresa más competitiva del sector hidráulico, que ofrezca productos y servicios de calidad que logre la expansión de un mercado no solo local sino nacional o incluso internacional, logrando ser una empresa social y ambientalmente responsable que garantice la calidad de la misma y de lo que ofrece.

## Justificación

La infraestructura hidráulica urbana, como son los sistemas de drenaje y de abastecimiento de agua potable son primordiales para el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales. En México hay población que aún no cuenta con el servicio. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2021), en México existe una cobertura de agua potable de 96.10% y de alcantarillado de 95.20%.

En el municipio de Chalco hay diversas comunidades que aún no cuentan con cobertura de alcantarillado. Según datos publicados por el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM, 2022), se puede calcular que el 91.92% de los ocupantes de vivienda en el municipio de Chalco cuentan con el servicio de agua potable, mientras que el 97.73% de los ocupantes de vivienda cuentan con el servicio de alcantarillado. Contrario a las estadísticas nacionales, en el municipio de Chalco existe una tasa más alta de servicio brindado en drenaje que en abastecimiento de agua potable.

Si comparamos con los datos de años anteriores, el abasto de agua potable en el municipio ha menguado, ya que el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Chalco (Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Chalco, 2019) reporta que el porcentaje de cobertura era de 93%, lo cual refleja que ha habido un decaimiento en la cobertura de agua potable, esto aunado al crecimiento poblacional de acuerdo con el último censo del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2020b).

México está en constante crecimiento poblacional, el caso específico del municipio de Chalco es un ejemplo. La mancha urbana del municipio se sigue extendiendo. A partir de 1980 el tamaño de la población del municipio no ha dejado de crecer y, de hecho, en la década de 1980 a 1990 la población se triplicó, derivado del rápido proceso de migración de otros estados de la República en busca viviendas cerca de la Ciudad de México.

Chalco, de ser un municipio mayormente conformado por comunidades rurales, paso a ser mayormente conformado por localidades urbanas (Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Chalco, 2019). Lo anterior ha traído como consecuencia que la infraestructura hidráulica existente no sea suficiente para abastecer de agua y su drenaje, lo cual es importante atender, ya que son servicios de primera necesidad. En los próximos años el Consejo Estatal de Población (COESPO, s.f.) estima que continuará creciendo la población.

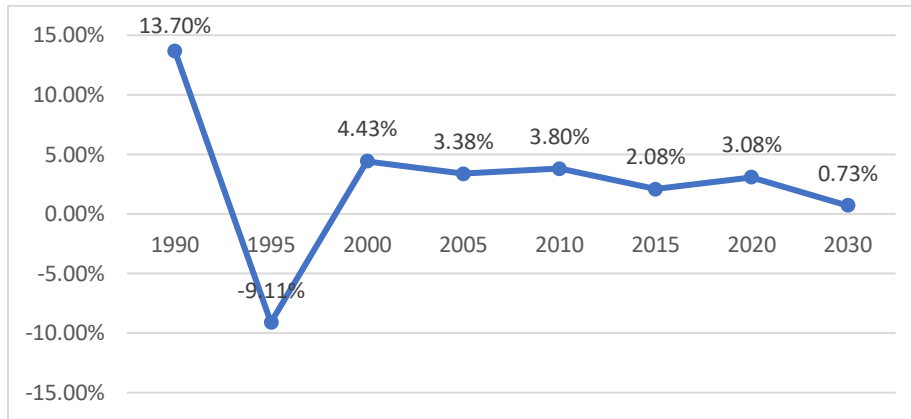


Figura 1 Tasa de crecimiento poblacional del Municipio de Chalco

Fuente: Elaboración con base en información de INEGI, Censo 1980, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2020, Encuesta Intercensal 2015 y Proyección de COESPO para 2030.

Debido a la constante migración del campo a las ciudades, el número de habitantes de las comunidades urbanas ha ido creciendo (INEGI, 2020a), y en muchos casos son asentamientos urbanos irregulares (Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Chalco, 2019) en condiciones topográficas poco favorables. Lo que, como resultado, a pesar de que cada año se reportan datos de crecimiento en la cobertura de sistemas de agua potable (CONAGUA, 2021), dificulta la expansión de los sistemas y pone en riesgo la sostenibilidad de los sistemas existentes.

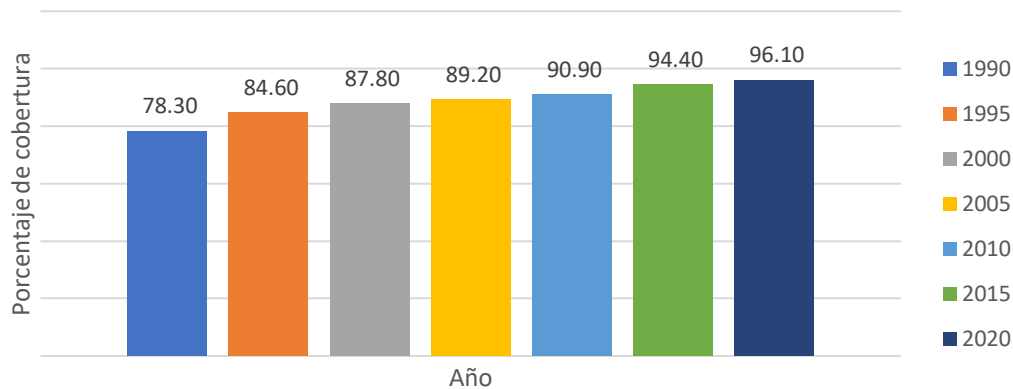


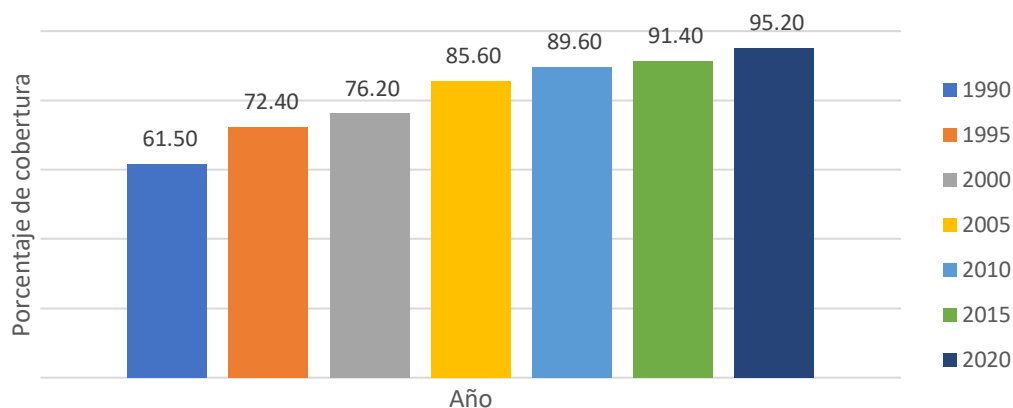
Figura 2 Porcentaje de población con servicio de agua entubada de México

Fuente: Elaboración en base a datos del libro: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA (2021).

Según los datos del último censo del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2020b) el 79% de la población en México vive en localidades urbanas y el 21% en comunidades rurales. Esto se ve reflejado en el municipio de Chalco en donde existen muchas comunidades, que carecen de estos sistemas. Una parte de las comunidades de San Pablo Atlazalpan, Santa Catarina Ayotzingo, San Juan Tezompa, San Mateo Tezoquipan, San Mateo Huitzilzingo, que están ubicadas a las orillas del municipio y en las zonas más altas, o inclusive en parte de la cabecera municipal y San Lucas Amalinalco, se dificulta el abasto de agua. En algunos casos se dificulta la extensión de las líneas de agua existentes, por existir zonas con topografía alta, alta demanda de las líneas existentes o por ser asentamientos urbanos irregulares. (Secretaría de Desarrollo Urbano, 2019).



De la misma forma que sucede con el abasto de agua potable, las zonas urbanas presentan mayor cobertura de sistemas de drenaje en el país (CONAGUA, 2021), pero el constante crecimiento de las localidades hace que sea necesario hacer un diagnóstico de la situación actual para proponer soluciones y de ser necesario, ampliar los sistemas de agua y drenaje.



*Figura 3 Porcentaje de población con servicio de drenaje en México*

*Fuente: Elaboración en base a datos del libro: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA (2021).*

Pero no solo se trata de llevar el servicio de agua y drenaje sanitario a las comunidades que no cuentan con él, sino también la mejora y cambio en los sistemas existentes, que por el tiempo que tienen funcionando, ya están operando con ineficiencia, elevando en gran medida los costos por mantenimiento, y en otros casos están a punto del colapso. En la zona céntrica del municipio de Chalco se puede ver claramente este suceso, ya que fue la primera zona en asentarse, y por ende los servicios sanitarios y de agua ya tienen bastante tiempo funcionando.

En muchos casos de rehabilitación de drenajes y colectores se ha optado por usar materiales de mayor durabilidad que, pese son más costosos, tienen una vida útil mayor; por ejemplo, se ha sustituido en bastantes ocasiones el tubo de concreto por tubo de Polietileno de Alta Densidad Corrugado (PEADC).

## 1.- Proceso de licitación de las 3 Obras

El proceso de licitación de las tres obras en las que tuve participación y describo en este informe, se llevaron a cabo bajo el mismo procedimiento. De acuerdo a la Ley General de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM, 2021, art.27), existen tres procedimientos de contratación que un organismo puede realizar: Licitación Pública, invitación a cuando menos tres personas y adjudicación directa. En el caso de las tres obras que se presentan, se llevó a cabo a través de invitación a cuando menos tres personas.

ODAPAS, para el caso de las tres obras presentadas, es la dependencia que lleva a cabo el proceso de contratación. En este informe se referirá al organismo operador como: organismo, dependencia, ODAPAS, contratante según convenga y se adecue al contexto.

La primera etapa de esta licitación es la convocatoria, el ODAPAS nos brinda una invitación a participar en la obra y por ser a título gratuito, también nos hacen llegar las bases para participar, en este caso a nosotros y a otras dos empresas. Cloragua S.A de C.V., envía un oficio de respuesta manifestando el interés por participar.

De acuerdo con la LOPSRM (2021, art.31), las bases son el documento que contiene los requisitos detallados para participar en la licitación, las instrucciones a seguir en el concurso. Entre algunos datos que contiene son: los datos de la dependencia de gobierno, día, hora y lugar donde se llevará a cabo cada una de las etapas de la licitación, especificaciones técnicas, requisitos legales, administrativos y contables, entre otros más.

Para el caso del ODAPAS, la solicitud de las bases pide lo siguiente:

Luego de un periodo mayor a cuatro días naturales desde la publicación de la convocatoria (LOPSRM, 2021, Art.31 Fracción IX), se programa una visita al sitio de la obra en donde se hace un recorrido por la zona en donde se realizarán los trabajos, que para el caso de las obras que se presentan en este informe son ubicaciones en el municipio de Chalco. ODAPAS elabora el proyecto. Si hay dudas con respecto al proyecto se hacen saber vía oficio a través de correo electrónico, y antes de la junta de aclaraciones, para que en esta etapa la dependencia plantee las respuestas correspondientes.

Posteriormente se realiza una junta de aclaraciones con respecto a la obra, lo visto en el recorrido, o de la convocatoria, encabezada por la dependencia, y con la presencia de las empresas con interés en participar. En esta junta se responden las preguntas realizadas vía oficio con anterioridad y si por alguna razón alguna empresa no envió preguntas, solo podrá preguntar con base en respuestas que la dependencia dé a otro licitante.

Realizado lo anterior, Cloragua S.A. de C.V., como licitante, prepara su propuesta técnica y económica. En esta propuesta se deben cumplir todos los requisitos asentados en las bases, ya que el incumplimiento de alguno es causa de descalificación, según como la dependencia lo determine. En la propuesta técnica-económica se entrega una serie de documentos en los que nosotros como licitantes acreditamos tener la experiencia, capacidad técnica, económica y financiera, de acuerdo con la complejidad de los trabajos y el presupuesto de Cloragua S.A. de C.V., acompañado de su análisis de precios unitarios.

Cuando no hay más aclaraciones, como empresa hacemos la entrega de la propuesta técnica-económica, en una reunión con la dependencia en un periodo de al menos 6 días naturales posterior a que sucedió la junta de aclaraciones (LOPSRM, 2021, Art.35). Después, se lleva a cabo la apertura de las carpetas con las propuestas técnica-económica de las tres empresas, y se va verificando que cumplan todos los puntos de las bases de licitación de manera cuantitativa. Al final de esta junta, se levanta un acta en el que se especifica el importe de cada licitante en su propuesta económica.

De acuerdo con las bases de licitación y teniendo una fecha definida, acudimos a las oficinas del organismo operador al fallo de licitación, el cual es un documento que emite la dependencia en donde, con base en un análisis previo de las propuestas de los licitantes, determina cuál es la propuesta que resulta solvente, porque cumple todos los puntos de las bases de la licitación, es decir, las condiciones legales, técnicas y económicas requeridas (LOPSRM, 2021, Art.38).

Es en esta etapa de la licitación donde a través del fallo, nos dan aviso que fuimos seleccionados para realizar los trabajos. Se fija una fecha para firma de contrato, asistimos a firma del contrato, donde se estipula legalmente nuestra participación como empresa, y el ODAPAS en la ejecución de las obras:

1. Construcción del drenaje sanitario de cerradas del cerrito hacia descarga PTAR Iztac
2. Construcción del drenaje sanitario en calle Bugambilias y Salvador García, Colonia Tetel
3. Construcción de red de agua potable con tubería de PEAD en la colonia La Mesa, de red existente al nuevo tanque de regulación de Santa Catarina Ayotzingo.

Cabe mencionar que, para cada obra, de las tres anteriores mencionadas, se realizó todo el procedimiento en distintas fechas, con numero de licitación y contrato totalmente independiente.

Es responsabilidad de ambas partes ver por la correcta ejecución de los trabajos realizados, esto implica, por ende, que exista una supervisión tanto del contratante al que se denomina residente de Obra y una supervisión por parte de la contratista, a quien se denomina superintendente de obra. Ambas personas son encargadas de que los trabajos se realicen en tiempo y forma (LOPSRM, 2021, Art. 53; RLOPSRM, 2023, Art.111).

Si bien el superintendente es el que toma las decisiones de forma inmediata en la obra, ya que es quien ejecuta los trabajos, cuando existe cualquier modificación o cambio necesario al proyecto para su correcta ejecución y que implique una variación considerable de este, se debe poner en aviso al residente de obra, para la aprobación de la modificación (LOPSRM, 2021, Art.59). Todo esto se plasma de forma escrita en un documento oficial llamado bitácora, de acuerdo con el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (RLOPSRM, 2023). Es así que en la bitácora de obra hay una nota de apertura de obra escrita por el residente (RLOPSRM, 2023, Art. 123, Fracción III), donde se describen los datos relevantes relacionados con la obra y todos los detalles durante la realización de la misma, hasta el término de la obra con una nota de cierre (RLOPSRM, 2023, Art. 164).

## 2.- Construcción del drenaje sanitario de cerradas del cerrito hacia descarga PTAR Iztac

El nombre de este proyecto se debe a que varias calles, algunas de ellas cerradas, desalojarán en la avenida Del Cerrito hacia avenida San Juan, que es una vialidad principal. Esta primera etapa del proyecto considera la ampliación de la red para el desalojo de Av. del Cerrito hasta su punto de descarga en la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Iztac.



Figura 4 Panorama general del sitio de la obra en su primera etapa.

Los datos más relevantes y característicos de la construcción del proyecto aparecen en la tabla 1.

Tabla 1 Datos de Proyecto en av. Del Cerrito

Periodo de Ejecución	30 de junio de 2022 al 29 de agosto de 2022
Firma de contrato	29 de junio de 2022
Duración de Proyecto	60 días naturales
Tipo de recurso	Recurso Propio y Recurso PROSANEAR 2022 (Programa de Saneamiento de Aguas Residuales).
Ubicación	San Martín Xico Nuevo, Chalco Estado de México.

La obra inició con la entrega formal del proyecto, que consiste en 2 documentos. El primero de ellos es un plano, el cual es un esquema gráfico donde a través de una vista en planta de proyecto y perfiles topográficos, se expresan datos como longitudes, pendientes, elevaciones y simbologías, así como datos técnicos de la excavación de zanjas y elaboración de pozos de visita. El otro es el presupuesto de obra, en el que encontramos escrito todos los conceptos a ejecutar a través de un catálogo de conceptos, mismo que menciona las cantidades y volúmenes considerados, así como

los precios unitarios y totales. Ya contábamos con ambos documentos para esta etapa, dado que se entregaron como parte de los documentos en la licitación.

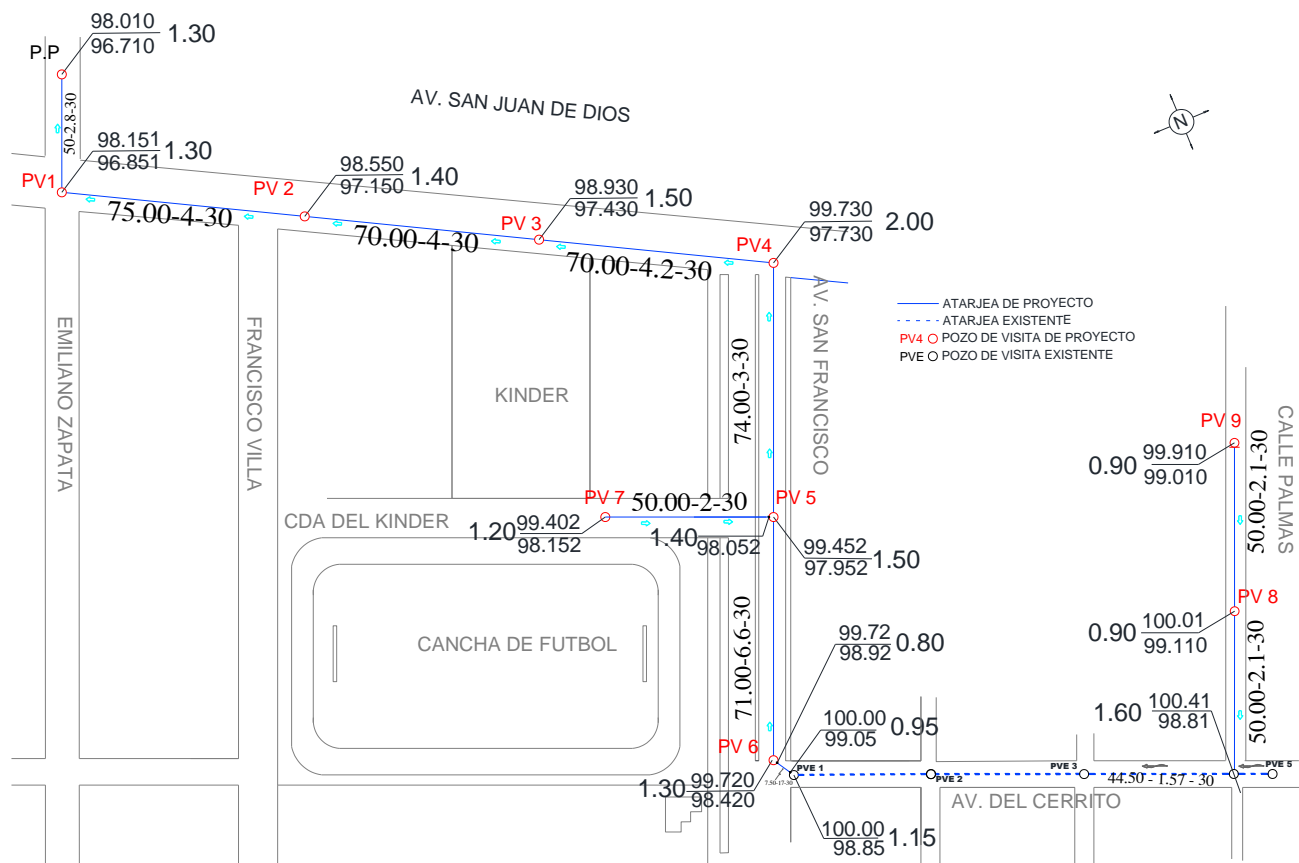


Figura 5 Planta de proyecto de drenaje en av. Del cerrito

Una vez que se nos hizo la entrega del proyecto, el organismo operador hizo entrega del sitio donde se llevaron a cabo los trabajos, en este momento de la obra ya se empieza a llenar la bitácora con una nota de apertura escrita por el residente (RLOPSRM, 2023, art. 123 frac.III). Se programa una junta entre residencia y superintendencia con algunos vecinos beneficiarios de la obra, a quienes se les describe de forma general los alcances del proyecto. Hecho esto, podemos dar inicio de manera física a los trabajos.



*Figura 6 Entrega física de lugar de la obra por parte del residente de obra*

## 2.1.- Preliminares

Lo primero en el sitio es la comunicación con los vecinos, ya que ellos muchas veces conocen la infraestructura existente en las cercanías debido a que muchos tienen bastante tiempo viviendo en el lugar y han presenciado los trabajos realizados con anterioridad, en este caso el organismo operador no conocía la infraestructura hidráulica existente, debido a que frecuentemente no tienen una base de datos actualizada, la cual sería ideal, no solo para un mejor conocimiento de la infraestructura hidráulica existente, sino también para la proyección y simulación de otros proyectos, y que en estos se tenga mayor certeza. Este es un problema actual en el organismo operador de Chalco.

En el sitio se realizaron una serie de calas para buscar una tubería de agua que atraviesa la calle en dirección hacia las canchas de fútbol.



*Figura 7 Elaboración de calas por medios manuales*

Posterior a esto, se realizó el trazo con cal, delimitando la zona donde se hará la excavación y por donde pasará la red, para el caso de los pozos de visita se traza un cuadro de 1.76 por 1.76 m y para el resto de la zanja de 0.85 m de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

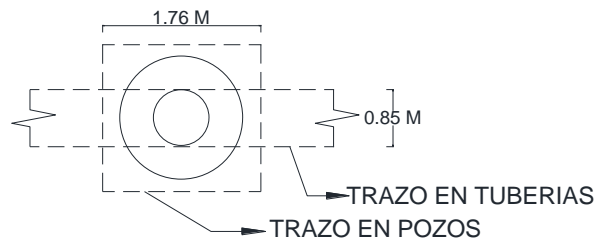


Figura 8 Trazo en pozos de visita y cepa.

En este caso se realizó una interconexión con un pozo de visita existente (PVE), y que le sirvió de alivio a la atarjea de avenida del cerrito, ya que se conectó a la red de proyecto. Se hizo la interconexión a través de una bayoneta para ajustar al centro de la calle. Para esta etapa, ya tuvimos listo el material para el encamado y acostillado del tubo de PEADC.



Figura 9 Interconexión a red existente

Una de las cosas en que hizo énfasis la residencia, fue en cuidar las pendientes hidráulicas a lo largo de todo el proyecto, y profundidades de pozos de visita, en especial el pozo de visita 4 (PV 4), ya que en una segunda etapa de este proyecto se está contemplando varias calles que descargarán a él. Si existe una variación considerable en la profundidad del PV4, habría que realizar modificaciones en las calles de aguas arriba.

## 2.2.- Excavaciones de zanja

Continuamos con los trabajos de excavación, que de acuerdo con el proyecto ejecutivo, el ancho de excavación para la zanja para un tubo de 30 cm es de 85 cm. Conforme se realiza la excavación, se va nivelando el terreno, contemplando 10 cm por debajo de los niveles de arrastre hidráulico por la plantilla y 2.8 cm más por el espesor del tubo. En todos los casos se cumple el colchón mínimo recomendado en la figura 10, así como la profundidad mínima de excavación (CONAGUA, 2019).



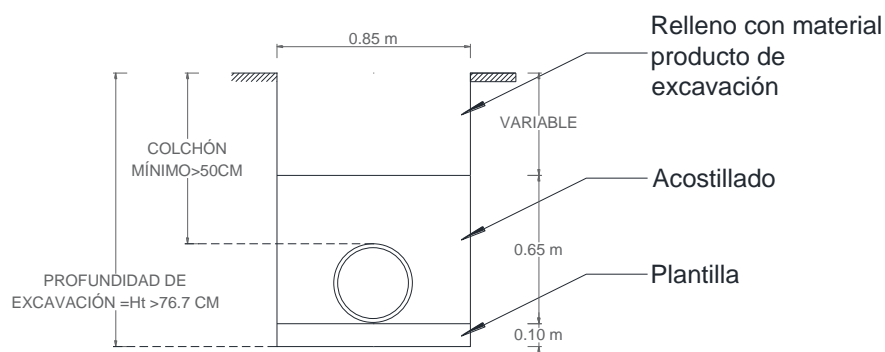


Figura 10 Dimensiones de zanja para tubos de 30 cm

En la Tabla 2 se presentan los anchos recomendados para tubería de PEADC por la CONAGUA. De acuerdo con esta recomendación, el ancho mínimo para una tubería de 30 cm es de 79 cm, de acuerdo con el proyecto ejecutivo se determinó que por tratarse de tipo de suelo II y presencia de humedad, era necesario darle 85 cm.

Tabla 2 Anchos de zanja mínimos recomendados para instalación de tubería de polietileno de alta densidad corrugado

Diámetro Nominal $D_n$ pulgada	Diámetro Interior $D_i$ cm	Diámetro Exterior $D_e$ cm	Espesor de pared $e_p$ cm	Ancho de acostillado $B_a$ cm	Ancho de zanja $B$ cm	Colchón mínimo $H_c$ cm	Profundidad de excavación $H_t$ cm	Plantilla de arena cm
6	15.2	17.6	1.20	20.20	58.0	50	> 57.6	10.0
8	20.0	23.3	1.65	19.85	63.0	50	> 63.6	10.0
10	25.1	28.7	1.80	21.15	71.0	50	> 68.7	10.0
12	30.0	36.7	2.05	21.15	79.0	50	> 76.7	10.0
15	38.0	44.8	3.85	20.60	86.0	50	> 84.8	10.0
18	45.9	53.6	4.30	22.17	99.0	50	> 93.6	10.0
24	61.4	71.9	5.95	25.05	122.0	50	> 112.0	10.0
30	76.2	89.2	6.50	39.40	168.0	50	> 134.2	10.0
36	91.4	105.90	7.95	46.05	198.0	50	> 150.8	15.0
42	105.4	121.2	8.10	44.90	211.0	50	> 166.2	15.0
48	120.9	133.9	6.95	46.90	226.0	70	> 178.9	15.0
60	151.4	166.4	8.20	46.90	269.0	70	> 241.4	15.0

Nota: Tomada del libro 20 Alcantarillado Sanitario, tabla 5.25, pág. 238 (CONAGUA, 2019).

Se continúa con la excavación hasta una distancia considerando los tubos que se pueden instalar diariamente.

### 2.3.- Instalación de plantilla o cama

La cama está compuesta por material de banco tezontle con un tamaño máximo de agregado de  $\frac{3}{4}$ ", esto es para proporcionar un apoyo adecuado y continuo al tubo. Esta cama de acuerdo con la Tabla 2 y al proyecto se realizó de 10 cm.



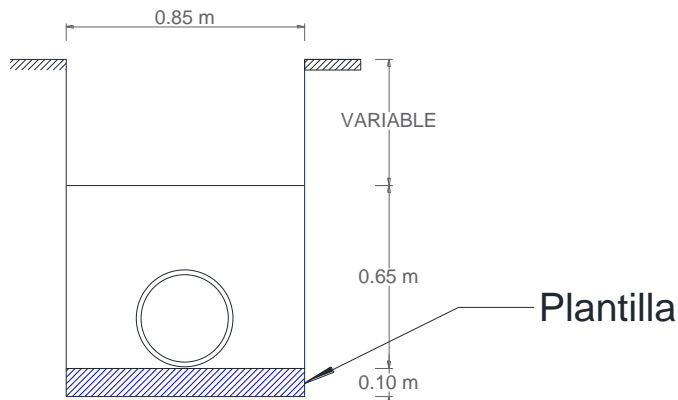


Figura 11 Dimensión de plantilla

Se fue colocando la plantilla cuidando los niveles de proyecto y tomando mediciones en tres puntos a cada seis metros, esto porque la longitud de tubo de PEADC es de seis metros.

## 2.4.- Instalación de tubería

Una vez instalada la cama de tezontle, continuamos con la instalación de la tubería de PEADC de 30 cm. Cabe destacar que, entre las características que nos proporciona el fabricante, el diámetro exterior de la tubería es de 35.1 cm, y el espesor de pared es de 2.85 cm.

De igual manera que en la plantilla, se cuidaron los niveles medidos, para que siguieran lo más posible a los niveles proyectados los que se les va restando 0.351 metros, ya que fuimos tomando los niveles en el lomo del tubo, pero en el proyecto se ve reflejado el nivel del arrastre hidráulico.

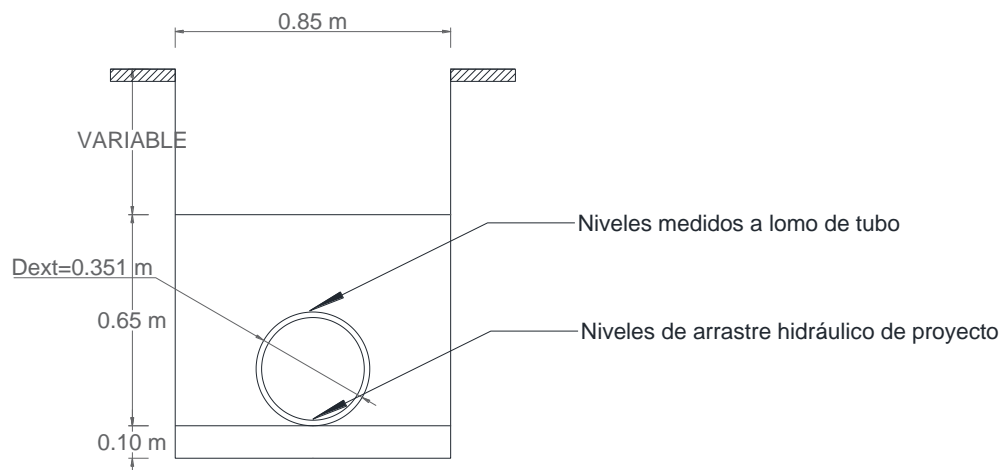


Figura 12 Medición de niveles para colocación de tubería

Esta medición de los niveles en el lomo, se fue verificando tubo por tubo y en cada uno en tres puntos para garantizar su correcta nivelación.

De acuerdo con el proyecto ejecutivo, se determinó cuánto debe bajar cada tubo, el cual fue variando a lo largo de proyecto, pero es constante entre 2 pozos de visita. En los tramos con mayor pendiente (en este caso fue de 6.6 al millar) subió 3.96 cm por tubo de acuerdo a la ecuación 1.

$$\frac{S}{1000} = \frac{hf - hi}{l} \dots \dots \dots \text{ecuación 1}$$

$$hf = \frac{S \times l}{1000} + hi[\text{en m}] = \frac{S \times l}{10} + hi[\text{en cm}]$$

$$hf = \frac{6.6 \times 6 \text{ metros}}{10} + hi = 3.96 \text{ cm} + hi$$

Donde:

$S$  = pendiente al millar

$hf$  = altura final

$hi$  = altura inicial

$l$  = longitud de tramo = 6 metros de largo de un tubo

Y así en cada tramo de acuerdo con la pendiente de proyecto en milésimas, se determina cuánto es lo que debe bajar cada tubo en centímetros para llevar a cabo la nivelación.

En este caso donde la pendiente es de 6.6 al millar es fácil llevar la pendiente, dado que por cada tubo debe bajar casi 4 cm, pero donde tenemos pendiente de 2 al millar, entonces cada tubo debe descender 1.2 cm realizando el mismo cálculo. Lo que resulta en que, aunque la precisión en proyecto sea milimétrica, en campo existen ligeras variaciones, lo que no permite que sea posible llegar a los números exactos en los niveles proyectados, pero que no representan cambios significativos en los mismos.

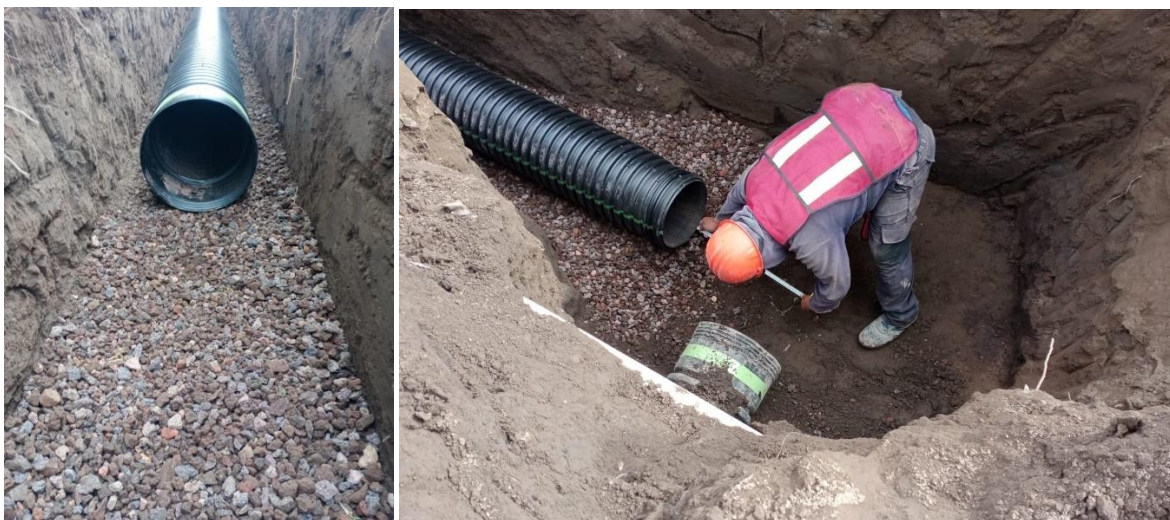


Figura 13 Colocación de tubería

En todos los tramos de proyecto se cumplió con la pendiente mínima de recomendación de CONAGUA, que de acuerdo a la tabla 3, la pendiente mínima es de 1.5 al millar para tubería de PEAD.

Tabla 3 Pendientes mínimas para diversos materiales

Tipo de tubería, diámetro en cm, pendiente mínima en milésimas.										
Coeficiente de fricción =0.013			Coeficiente de fricción =0.014		Coeficiente de fricción =0.010			Coeficiente de fricción =0.009		
C.S. diámetro (cm)	C.R. diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)	A.C. diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)	FC. diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)	PEAD diámetro (cm)	PVC (Métrico) diámetro (cm)	PVC (Inglés) diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)
15			17	5.0	15	3.0	15	16.0	15	2.5
20		4.0	22	4.0	20	2.0	20	20.0	20	2.0
25		2.5	27	3.0	25	1.5	25	25.0	25	1.5
30	30	2.0	32	2.5	30	1.5	30	31.5	30	1.0
38	38	1.5	36	2.0	35	1.0	35		37.5	0.7
			41	1.5	40	0.8	40	40.0		0.7
45	45	1.2	46	1.3	45	0.7	45		45	0.6
			51	1.1	50	0.6	50	50.0	52.5	0.5
							55			0.5
60	60	0.8	61	0.9	60	0.5	60	63.0	60	0.4
							65			0.4
							70			0.3
76	76	0.6			75	0.4	75			0.3
							80			0.3
							81			0.3

Nota: Tomada del libro 20 Alcantarillado Sanitario, tabla 3.3, pág.75 (CONAGUA, 2019)

## 2.5.- Rellenos y limpieza

Una vez colocada la tubería, continuamos con el relleno que, de acuerdo con el proyecto ejecutivo, se colocó un acostillado de la tubería con material de banco tezontle que cubrió desde el encamado hasta 30 cm arriba del lomo del tubo.

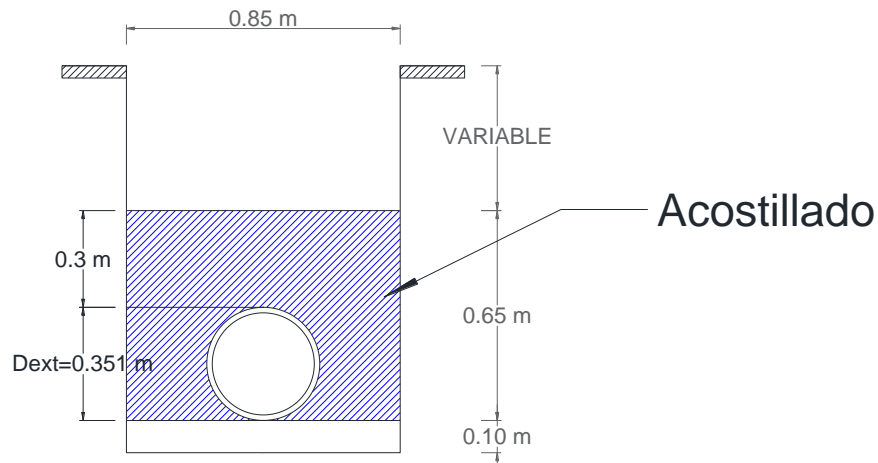


Figura 14 Dimensiones del acostillado

Estos primeros pasos en la instalación de tubería son constantes y se trabajan de forma simultánea, es decir que se fueron excavando hasta 30 metros y se colocó el encamado, la colocación de hasta tres tubos máximo y comenzó el acostillado.



*Figura 15 Acostillado de tubería*

Una vez que el tubo está acostillado, se rellenó el resto de la zanja con material sobrante producto de la excavación a volteo. Esta actividad se realiza una vez que la maquinaria ya tiene zanja abierta, entonces en lo que las cuadrillas fueron haciendo nivelación de encamado y tubería, la retroexcavadora se regresó a concluir el resto del relleno.



*Figura 16 Relleno con material producto de la excavación*

## 2.6.- Pozos de visita

Otro de los componentes de la red de atarjeas son los pozos de visita. Después de los primeros 7 metros se elaboró el primero para colocar la atarjea al centro de la calle. En el resto del proyecto la distancia entre 2 pozos de visita fue en promedio de 70 metros.

La primera parte del pozo se trabajó desde la excavación, nivelando un cuadro de 2 m por 2 m, esto 20 cm por debajo del nivel hidráulico de proyecto, donde se colocó una cama de 10 cm de grava como mejoramiento de suelo y 10 cm de concreto hidráulico como desplante del pozo. Después de ahí se elaboró la media caña y comenzaron las paredes tronco-cónicas de los pozos a base de tabique rojo recocido a tizón. Cabe mencionar que las medias cañas de los pozos de visita, llegaron a la altura del lomo del tubo, esto es a 35 cm arriba del arrastre hidráulico y que se puede ver gráficamente en la figura 17.



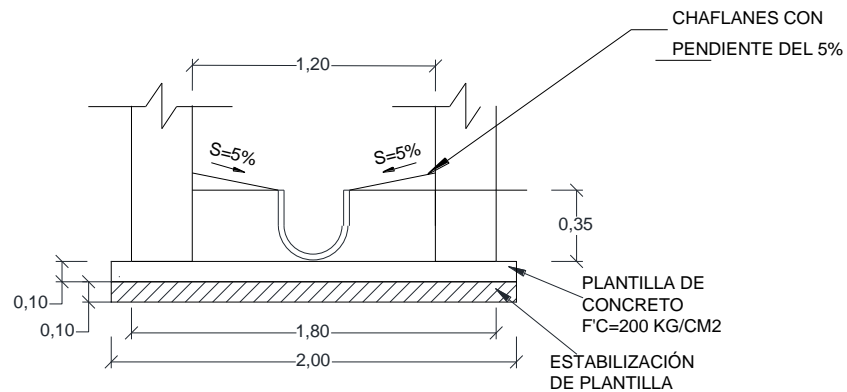


Figura 17 Detalle en el fondo de los pozos de visita

Todos los pozos se elaboraron de diferentes profundidades de acuerdo a la topografía del sitio y fueron pozos de visita comunes.



Figura 18 Elaboración pozo de visita común

## 2.7.- Descargas Domiciliarias y trabajos complementarios

Una vez instalada la tubería sobre el tramo se hacen trabajos de limpieza en el sitio, que consisten en el emparejamiento del lugar donde se excavó la zanja y el retiro del material sobrante producto de excavación. Dada la longitud de la red, esto se realizó de manera continua a la instalación de la tubería, es decir que después de concluir cierto tramo en instalación de tubería, fue necesario ir despejando las áreas concluidas acarreado el material producto de excavación sobrante.

En este proyecto también se contempló las descargas domiciliarias de la calle San Francisco y calle Palmas, mismas que se realizaron después de instalar la tubería.

Se elaboraron las descargas domiciliarias. Se realizó un trazo sesgado a 45 grados y dirigido hacia el centro de la calle, donde previamente se instaló la tubería de PEADC, se realizó la excavación hasta encontrar el tubo y hacia el paramento del domicilio, donde llegamos a una profundidad de por lo menos 70 cm. Se realizó un orificio de 15 cm al lomo del tubo de PEADC de 30 cm con apoyo de un sacabocados y se colocó la bota de inserción en el mismo para la instalación del tubo de PEADC de 15 cm. En todos los casos la descarga domiciliar tubo una pendiente mayor a la

mínima recomendada por CONAGUA (2019), está pendiente mínima es de 10 milésimas (1%). Este tubo también lleva su encamado y su acostillado con material de banco tezontle, después se rellenó con material producto de excavación y concluye la descarga domiciliaria.



*Figura 19 Perforación de tubo PEADC 30 cm para conectar descarga*

Uno de las obras inducidas durante la ejecución del proyecto fueron las reparaciones de tomas de agua que se vieron afectadas derivadas de los trabajos de excavación. Estos se llevan a cabo con 2 nipples espiga de bronce de 13 mm, abrazaderas de acero inoxidable y un tramo de manguera hidráulica de polietileno de 1/2" y RD 9.



*Figura 20 Reparaciones de tomas de agua*

También se llevaron a cabo las reparaciones de tubos tubo de agua de 3" y de 6", esto con dos coples de reparación del diámetro correspondiente y tramo de tubo de PVC hidráulico de diámetro de 3" y 6".



*Figura 21 Reparaciones de tubo de agua de 3" y 6" respectivamente*

Se realizó un by-pass de una línea de 3" que coincidía con el eje de proyecto en el tramo que alimentaba al kínder.



*Figura 22 By-pass en línea de 3"*

## 2.8.- Finalización y entrega

La última etapa del proyecto es la conexión con el pozo de visita existente (PVE) dentro del residencial Iztac, el cual descarga a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Iztac. Una vez terminados los trabajos, citamos a la residencia para la entrega física de los trabajos, en esta ocasión no hubo observaciones de desacuerdo, por lo que se pidió hacer estimación de los trabajos realizados y entrega de los números generadores de obra para revisión y su aprobación (RLOPSRM, 2023, art. 113, frac. IX). Con esto concluye la etapa de la ejecución de los trabajos.

La estimación que se entrega, de acuerdo con los lineamientos de Odapas (RLOPSRM, 2023, art. 132) debe contener lo siguiente:

Carátula de estimación. Aquí aparecen los datos relevantes de la obra, nombre de la obra, número de contrato, importe contratado, periodo de ejecución, número de licitación, tipo de recurso, oficio de autorización de recurso, avance físico financiero, entre otros.

Cuerpo de la estimación. Es el resumen y desglose de todos los conceptos ejecutados, especificando unidad, cantidad, precio unitario e importe de contrato, y su variación con respecto de lo ejecutado.

Generadores de obra. Aquí se justifica de manera grafica a través de esquemas y operaciones matemáticas los volúmenes de los conceptos ejecutados.

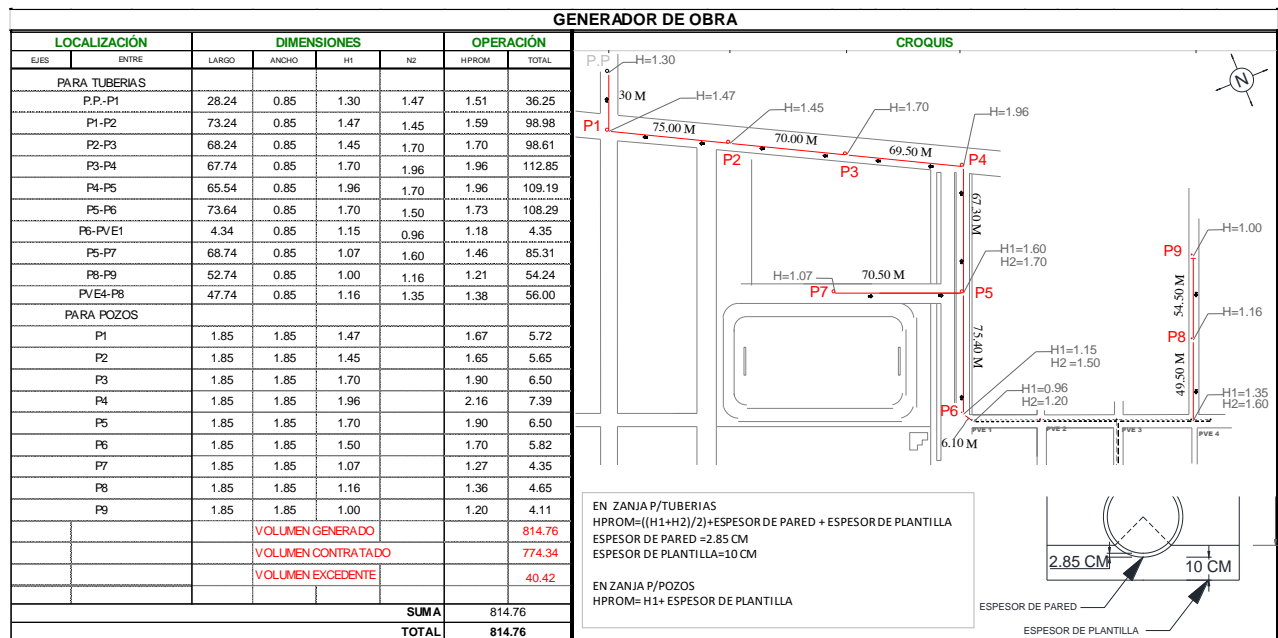


Figura 23 Ejemplo de número generador para concepto de excavación.

Álbum fotográfico. En este aparecen como soporte, por lo menos dos fotos de cada uno de los conceptos realizados.

Una vez que la residencia revisa y aprueba los números generadores y el soporte fotográfico, procedemos al cierre formal de la obra con una nota de cierre en la bitácora, en esta se describió que la residencia ha revisado los trabajos realizados en conjunto con la superintendencia y se está en mutuo acuerdo a través de un recorrido en el sitio de los trabajos, por lo que se procede al cierre de la bitácora (RLOPSRM, 2023, art.123, frac.XIII).



Figura 24 Fotografías avenida San Juan de Dios y San Francisco después de terminados los trabajos



## 2.9.- Segunda etapa del proyecto.

A inicios del 2023 se ejecutó la obra denominada: "Construcción de red de drenaje en cerradas de Av. del cerrito en san Martin Xico Nuevo", pero que básicamente fue la segunda etapa del proyecto, que consistió en la ampliación de la red de atarjeas sobre la calle San Juan de Dios, calle Ciprés y calle Magnolias, por tratarse del mismo lugar, el tipo de suelo es el mismo y los trabajos de excavación, instalación de tubería y rellenos, también procedieron del mismo modo que en la primera etapa.

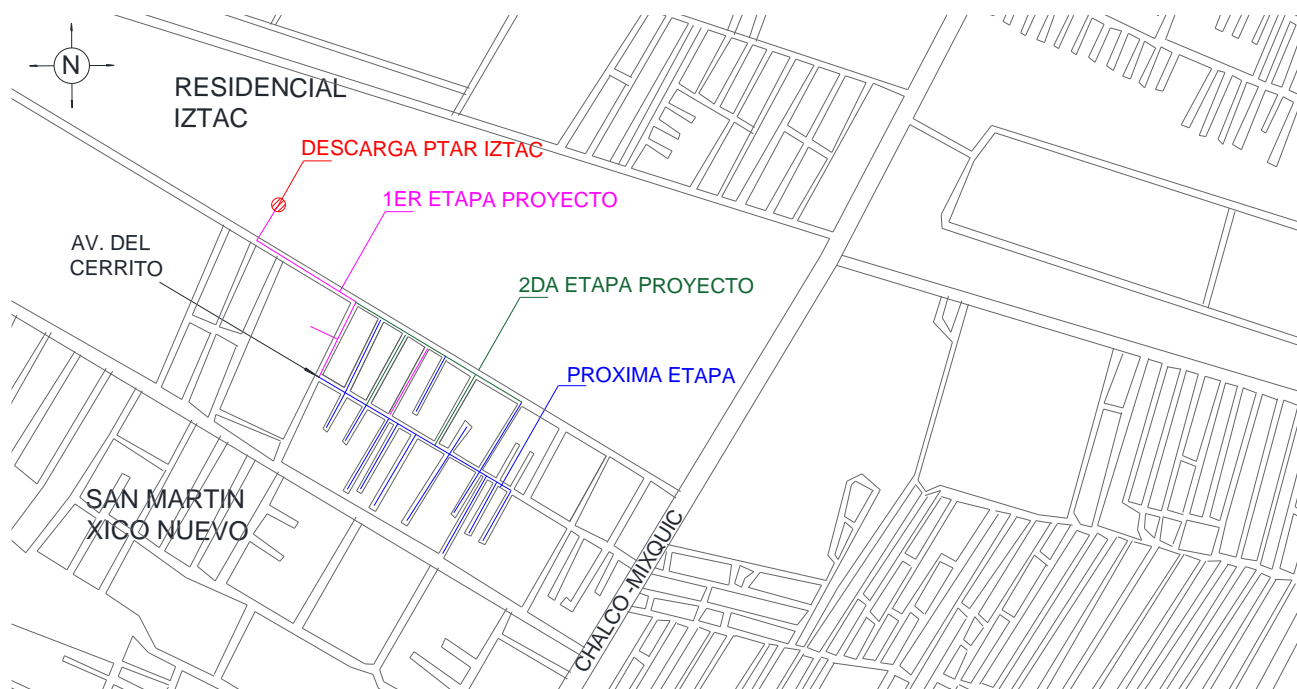


Figura 25 Primer y segunda etapa de Proyecto en Av. del Cerrito

De acuerdo con el proyecto ejecutivo, el organismo operador determinó estas tres calles para la ampliación, pero consideró las pendientes necesarias para una tercera etapa que abarque el resto de las calles de la comunidad. Algunos de los datos principales del proyecto aparecen en la tabla 4.

Tabla 4 Datos de proyecto de la segunda etapa del proyecto de drenaje en av. Del cerrito

Periodo de Ejecución	3 de enero de 2023 al 3 de marzo de 2023
Firma de contrato	3 de enero de 2023
Duración de Proyecto	60 días naturales
Tipo de recurso	Recurso Propio y Recurso PROSANEAR 2022(Programa de Saneamiento de Aguas Residuales).
Ubicación	San Martín Xico Nuevo, Chalco Estado de México.

Una diferencia considerable en esta segunda etapa es que, de acuerdo al proyecto ejecutivo, para calle Ciprés y calle Magnolias el tubo fue PEADC de 20 cm.



*Figura 26 Instalación de tubería PEADC de 20 cm*

Las calles Magnolias y Ciprés son muy angostas, por lo que las descargas domiciliarias se realizaron con excavación manual.



*Figura 27 Excavación manual y elaboración de descargas*

Sobre la calle San Juan de Dios, se instaló tubería PEADC de 30 cm. Aunque el procedimiento constructivo es igual al de la primera etapa del proyecto, encontramos un terreno más suelto, por lo que se hizo un doble seccionamiento al realizar la excavación donde la profundidad fue mayor o cercana a 2.0 metros.

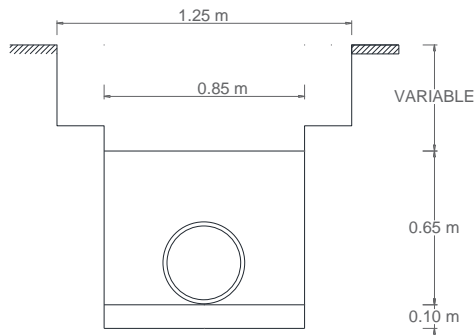


Figura 28 Excavación de cepa en calle San Juan de Dios.

Una vez concluidos los trabajos se realizó la entrega física del sitio a la residencia mediante un recorrido y estando en mutuo acuerdo, procedió la entrega de estimación y posterior cierre de bitácora (RLOPSRM, 2023, art.123, frac. XIII). En la entrega de la estimación se agregó un plano de obra terminado, conocido como “Plano As Build” en conjunto a los generadores de obra y álbum fotográfico.

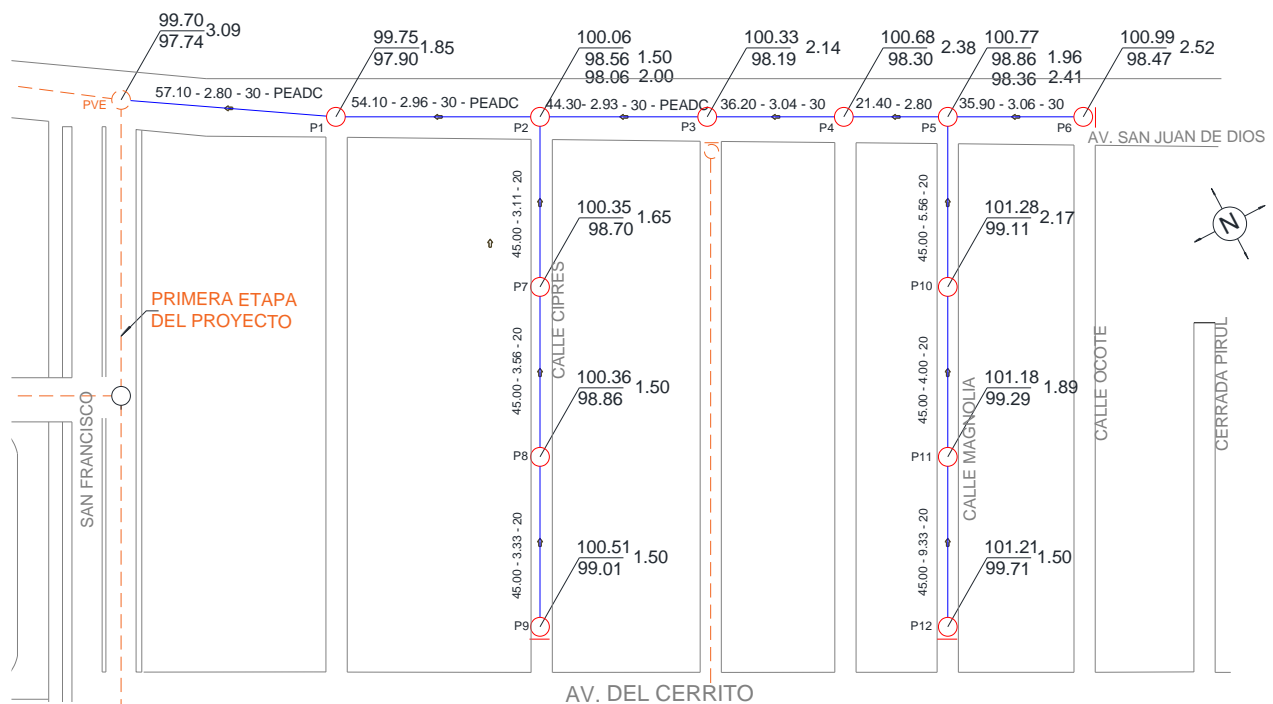


Figura 29 Planta de proyecto terminado (As Build) en San Martín Xico Nuevo.

### 3.- Construcción del drenaje sanitario en calle Bugambilias y Salvador García, Colonia Tetel

Este proyecto consistió en la instalación de 415 metros de tubería PEADC de 30 cm y 186 de tubería PEADC de 20 cm como apoyo a la línea principal. El proyecto incluía 11 pozos de visita y 45 descargas domiciliarias. Consistió en una ampliación de la red de atarjeas existente en calle La Mejorada.

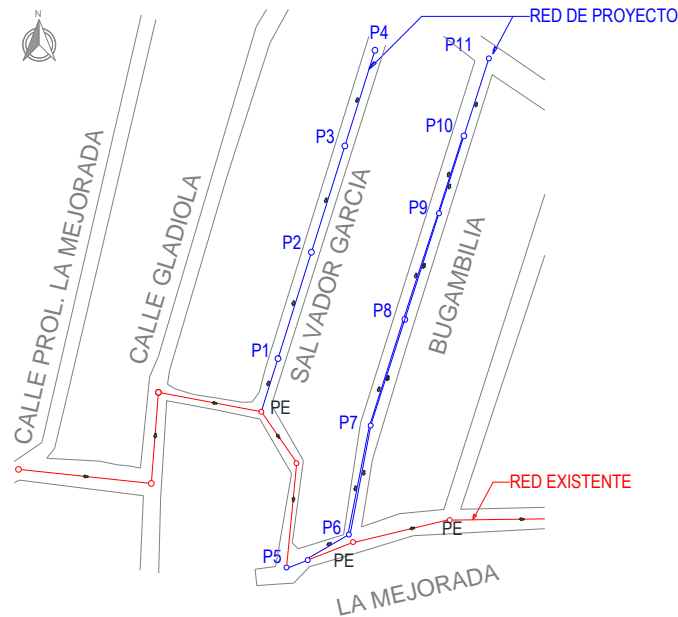


Figura 30 Proyecto en calles de la colonia El Tetel

El proyecto consistió en instalación de drenaje en la calle Salvador García y calle Bugambilias, que descargan sobre calle La Mejorada. Este lugar se caracteriza por sus suelos de tepetate y su pendiente topográfica irregular, razón por la que sobre calle Bugambilias, se consideró una línea de descarga lateral o atarjea madrina, donde la tubería fue a más de 4 metros de profundidad, lo cual se puede observar en la figura 31a y b.

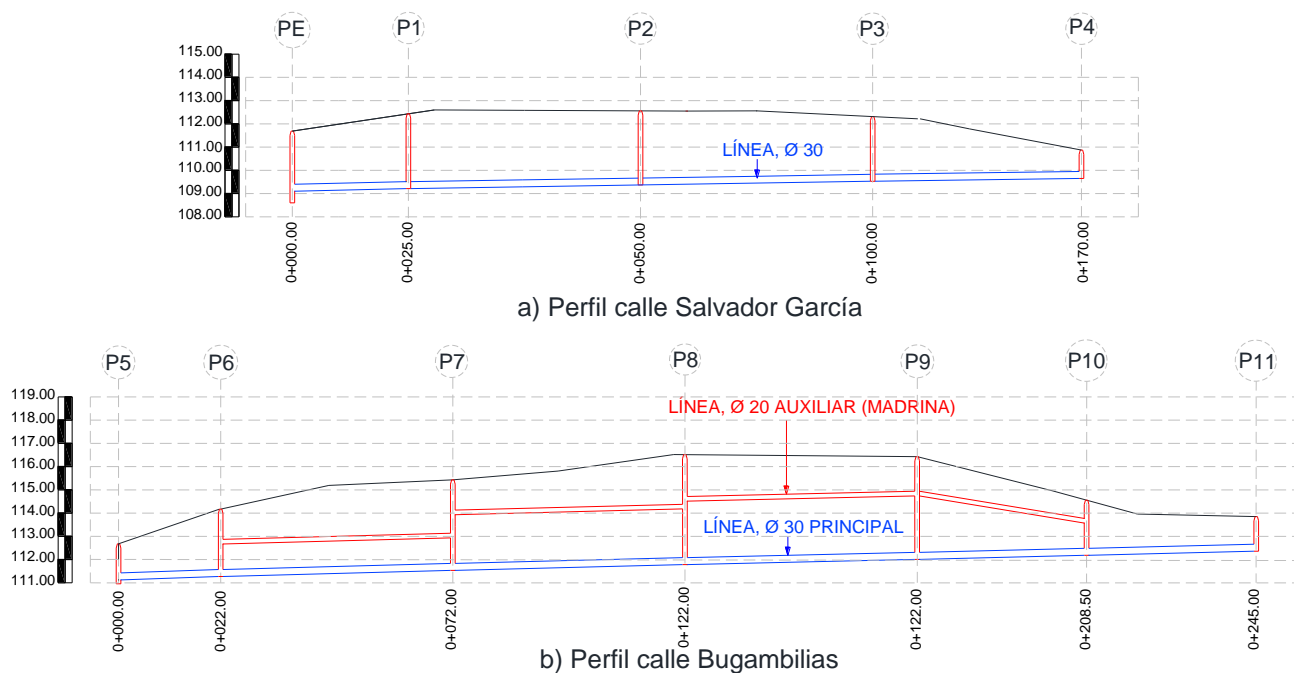


Figura 31 Perfiles topográficos e hidráulicos de proyecto

Se observó que de acuerdo a la pendiente topográfica era necesario colocar la tubería con una pendiente uniforme de 5 al millar, pero esto trajo como consecuencia que en el tramo central de la calle Bugambilias existieran tramos en los que la profundidad de casi 5 metros hiciera muy difícil e inconveniente el diseño de descargas domiciliarias conectadas a la red, por lo que se proyectó una línea de apoyo lateral o atarjea madrina para conectar las descargas domiciliarias, reduciendo en gran medida la profundidad y grandes pendientes de las descargas domiciliarias, las cuales descargan a una profundidad menor de 2.5 metros.

Para el caso de la calle Salvador García, no hubo mayor dificultad en la instalación de tubería, que de acuerdo al proyecto, consideraba pendientes de 4.5, 2 y 3 al millar en cada tramo. Algunos de los datos principales del proyecto aparecen en la tabla 5.

Tabla 5 Datos de proyecto en la colonia El Tetel

Periodo de ejecución	28 de diciembre de 2022 al 27 de febrero de 2023
Firma de contrato	28 de diciembre de 2023
Duración de proyecto	62 días naturales
Tipo de recurso	Recurso Propio y Recurso PRODDER 2022 (Programa de Devolución de Derechos).
Ubicación	San Mateo Tezoquipan Miraflores, Chalco Estado de México.

### 3.1.- Inicio de obra y modificación al proyecto

Una vez que por parte de la residencia nos hicieron entrega física del lugar, se realizó un recorrido en el sitio e inició la ejecución del proyecto.





Figura 32 Presentación del proyecto con vecinos beneficiados

Lo primero que se realizó en sitio fue la comprobación de las pendientes hidráulicas proyectadas sobre calle Salvador García, dada la forma tan irregular del terreno y la profundidad de la instalación de la tubería. Se encontró que de acuerdo con los niveles del terreno y con las pendientes hidráulicas del plano de proyecto no era posible la instalación a lo largo de toda la calle.

En el proyecto se tenía contemplado que para el primer tramo se colocara la tubería con pendiente de 4.5 al millar; para el segundo tramo, 2 al millar y para los últimos 2 tramos, tubería con pendiente de 3 al millar. Una vez realizado nuestro levantamiento topográfico se encontró que la única forma de instalar drenaje por gravedad era dando una pendiente uniforme de 2 al millar desde la interconexión del pozo de visita existente al pozo cabecero en calle Salvador García.

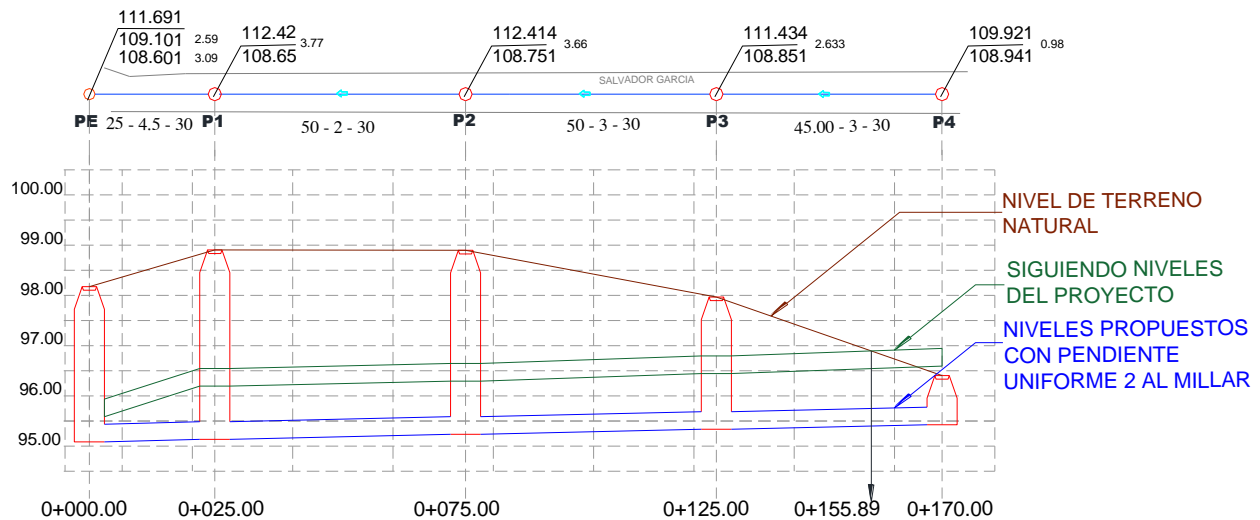


Figura 33 Colocación de tubería de acuerdo a las pendientes de proyecto contra pendientes propuestas.

Se propuso una pendiente uniforme de 2 al millar en toda la calle Salvador García, ya que, de acuerdo a los niveles del terreno natural, siguiendo esta pendiente el pozo de visita cabecero de la calle queda en 98 cm. Si se quisiera seguir las pendientes proyectadas a partir de los 155.89 metros la tubería quedaría al descubierto impidiendo la instalación de drenaje en el resto de la calle, esto se puede observar gráficamente en la figura 33.

Se citó a la residencia para exponer la incongruencia de los niveles de terreno natural del plano ejecutivo a los niveles medidos en campo, juntamente con la residencia se realizó el levantamiento topográfico de la calle y se aprobó a través de la bitácora la modificación al proyecto en calle Salvador García.

Una vez con la residencia en el sitio de la misma forma se hizo el levantamiento topográfico de la calle Bugambilias, donde se encontraron diferencias en los niveles de terreno pero que no afectaron en gran manera los volúmenes de obra. Los volúmenes no se calcularon, pero se encontró diferencia en los niveles de terreno de unos cuantos centímetros respecto al proyecto, pero que sabemos que dependiendo donde se coloque el estatal, este nivel puede variar.



*Figura 34 Revisión de niveles topográficos junto con la residencia de obra*

Ya teniendo las modificaciones en las pendientes hidráulicas del proyecto, se procedió a la cuantificación de material para poder iniciar a trabajar, entre los que se encuentran: cemento, mortero, tabique rojo recocido, varilla de 3/8" y brocal de concreto para los pozos de visita; tubería PEADC de 30 cm, de 15 cm y material de banco tezontle para la instalación del drenaje.

Esta decisión de cambio de pendientes fue muy apresurada, por lo que considero es una debilidad en el proyecto. Lo mejor hubiera sido que se hiciera una revisión del funcionamiento hidráulico de la red de drenaje atendiendo lo siguiente:

1. La velocidad cuando el gasto es mínimo, esta velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando un gasto mínimo calculado de por lo menos 1.5 l/s, adicionalmente revisando que para esta condición el tirante sea de por lo menos 1.0 cm en pendientes fuertes o 1.5 cm en casos normales (CONAGUA, 2019).
2. Para un gasto máximo extraordinario y de acuerdo con la tabla 6, la velocidad máxima no debe exceder los 5 m/s, por tratarse de PEADC, mientras que el tirante se recomienda oscile alrededor de 0.8 veces el diámetro para asegurar que la tubería trabaje por gravedad (CONAGUA, 2019), en este caso un tirante que sea aproximadamente de 0.235 m, dado el diámetro interior de la tubería de 0.294 m según el fabricante.

Tabla 6 Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías.

Material de la tubería	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple	3	0.3
Concreto reforzado	3.5	0.3
Acero	5	0.3
Fibrocemento	5	0.3
Polietileno	5	0.3
Policloruro de vinilo (PVC)	5	0.3

Nota: Tomada del libro 20 Alcantarillado Sanitario, tabla 3.2, pág., 73 (CONAGUA, 2019).

Ya que de acuerdo a la CONAGUA (2019), el diseño de una red debe iniciar con la determinación de datos básicos, gastos de diseño y variables hidráulicas, teniendo este conocimiento se puede realizar el diseño hidráulico, en donde están incluidas las dimensiones geométricas y la pendiente revisando el cumplimiento de los parametros de velocidad y tirante descritos.

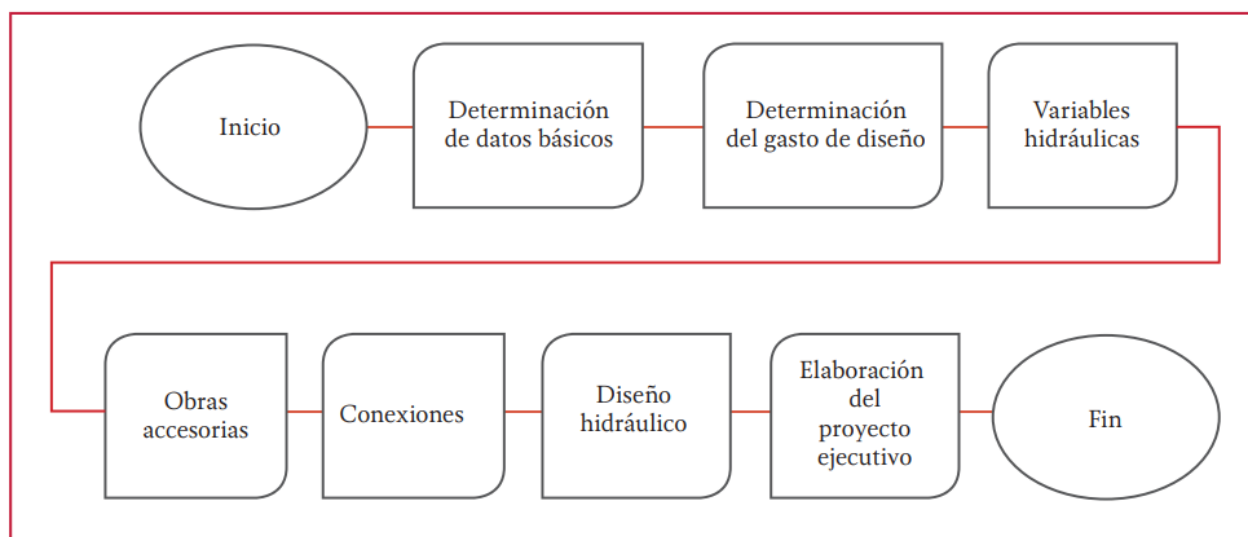


Figura 35 Diagrama de flujo para diseño de redes

Nota: Tomada del libro 20 Alcantarillado Sanitario, ilustración 3.1, pág. 65 (CONAGUA, 2019).

### 3.2.- Trazo y excavación de cepas

Comenzó el trazo con cal, marcando el eje de proyecto y posteriormente los trabajos de excavación sobre la calle Salvador García con una retroexcavadora, comenzando con la interconexión con el pozo de visita existente.

Dada la modificación en los niveles en la instalación de tubería, que va a mayor profundidad y que por consecuencia eleva los volúmenes de excavación, se redujo el ancho de zanja a 75 cm. En el caso de la calle Bugambilias, que para las profundidades de excavación de casi 5 metros, se utilizó



una excavadora sobre orugas 320, y que el ancho de la zanja en este caso se ajustó a 95 cm como consecuencia del ancho del bote que tiene esta maquinaria.

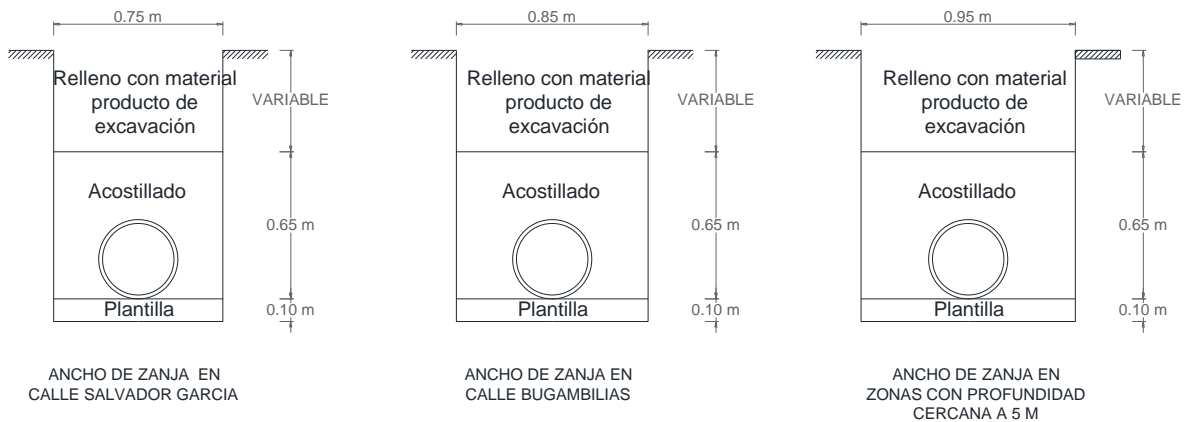


Figura 36 Dimensiones de cepa en excavaciones para las 2 calles

Para la excavación menor a 2.00 m se utilizó una retroexcavadora, la excavación de 4.01 a 6.00 m con una excavadora sobre orugas 320. En excavaciones de 2.01 a 4.00 m una combinación de ambas. En todas las profundidades se afinó talud en el fondo de la zanja.

La profundidad de zanja y el tipo de suelo (material tepetate), hace que los rendimientos en excavación sean lentos, avanzando entre 6 y 20 metros lineales en un día de trabajo en las partes de mayor profundidad. Pero que gracias a la alta dureza y compactación del suelo hace que no sea necesario empleo de ademe para la excavación.

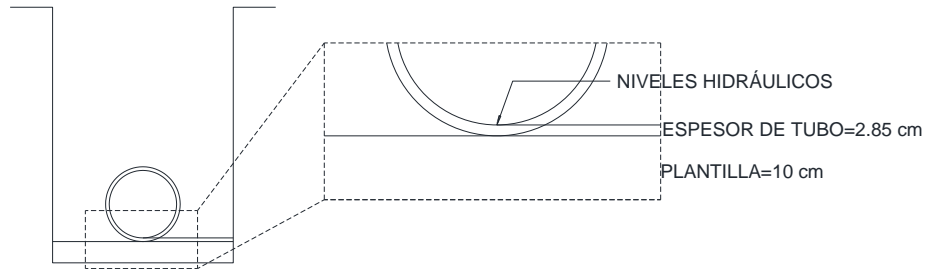


Figura 37 Excavación de 0.00 a 2.00 m, de 2.01 a 4.00 m y de 4.01 a 6.00 m

Una vez excavados los primeros 6 metros lineales, se realizó la interconexión a la red existente, que en este caso fue a una profundidad de 3.09 metros.

### 3.3.- Fabricación de cama

Una vez que ya se excavó un tramo mayor a 6 metros y que ya se ha hecho el afine de taludes, se compactó el fondo de la zanja y se niveló el tramo, esto considerando la altura de la plantilla y el espesor del tubo.



*Figura 38 Nivelación del fondo de la zanja*

Una vez nivelado comenzó el tendido de la plantilla de 10 cm, de acuerdo al proyecto ejecutivo con material de banco tezontle y un tamaño máximo de agregado de  $\frac{3}{4}$ ".



*Figura 39 Elaboración de plantilla*

### 3.4.- Colocación de tubería PEADC y rellenos

Una vez que se colocó la plantilla, inició la instalación del tubo PEADC de 30 cm, cuidando que se cumplan los niveles hidráulicos de proyecto. Esta colocación se lleva a cabo de aguas abajo hacia aguas arriba, siempre dejando la campana del tubo en dirección hacia aguas arriba. Una vez colocada la tubería se relleno con un acostillado de material tezontle de  $\frac{3}{4}$ " hasta llegar 30 cm por arriba del lomo de la tubería.



Figura 40 Instalación de tubería PEADC de 30 cm

Cuando en cierto tramo ya se acostilló entonces podemos rellenar con material producto de excavación, en el caso de la calle Salvador García se compactó en capas de 40 cm hasta llegar al nivel de terreno natural (figura 41).

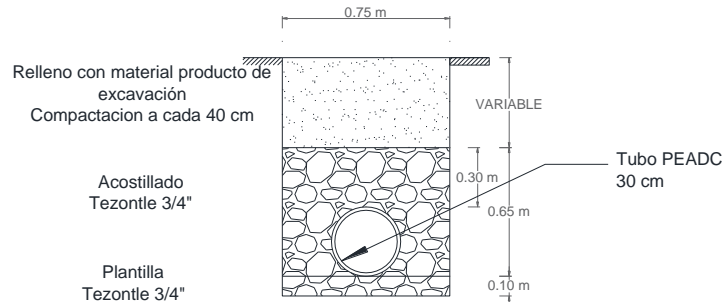


Figura 41 Rellenos en calle Salvador García

Para la calle Bugambilias, después del acostillamiento, la compactación se realizó en capas de 20 cm hasta llegar al nivel de la tubería madrina de 20 cm, esta tubería se instaló sobre el material producto de excavación. La instalación del tubo de 20 cm de acuerdo con el proyecto ejecutivo no llevó plantilla ni acostillado con algún agregado pétreo, sino que se trabajó sobre material producto de excavación. Una vez colocada la tubería PEADC de 20 cm se continuó rellenando con material producto de excavación con compactación en capas de 40 cm (figura 42).

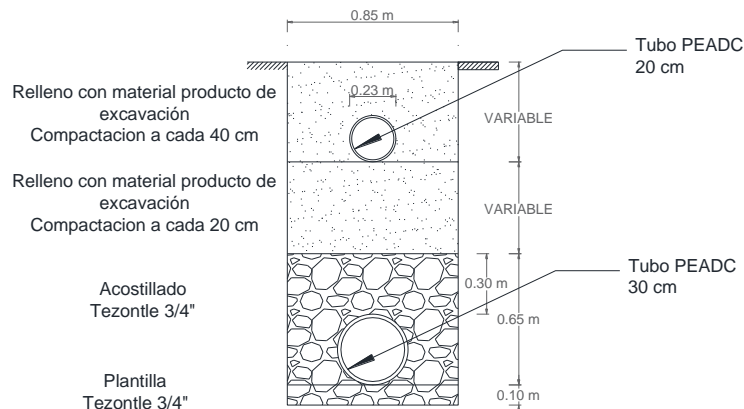


Figura 42 Rellenos en calle Bugambillas

La tubería de PEADC de 20 cm se colocó sobre la misma zanja. Ambos tubos descargan al mismo pozo. Esta tubería es una línea de apoyo que servirá para realizar más adelante las descargas domiciliarias.



Figura 43 Colocación tubería madrina de 20 cm

A pesar de que en la mayor parte del municipio se ha instalado drenaje con tubería de 30 cm, la recomendación de CONAGUA (2019) es utilizar un diámetro de 20 cm y en casos particulares de 30 cm, de acuerdo con la reglamentación del municipio y considerando las condiciones del sitio. En ese sentido la decisión es justificable dado que la línea de descarga principal es de 30 cm, siendo la tubería de 20 cm un apoyo secundario para poder conectar las descargas sin incrementar en gran medida el precio del proyecto.

### 3.5.- Pozos de visita

Una vez colocada la tubería, continuamos con la construcción de los pozos de visita, de acuerdo con las especificaciones del proyecto ejecutivo. Estos están compuestos por una base de mejoramiento de suelo de 10 cm con material de banco grava, una capa de 10 cm de concreto  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , la conformación de la media caña, muros de tabique rojo recocido a tizón, escalones con varilla de 3/8 a cada 40 cm y un brocal de concreto.



La construcción de pozos de visita, fue muy variada desde 1 metro, hasta 4.74 metros de profundidad de acuerdo con la topografía del sitio.



Figura 44 Elaboración de pozos de visita

A pesar que para este diámetro (30 cm nominal) está permitido una distancia entre pozos de hasta 110 metros (CONAGUA, 2019), el proyectista consideró conveniente colocar los pozos de visita a cada 50 m, 36.5 m e incluso 25 m. Esto debido a que dependen mucho de los sistemas con los que cuenta el ODAPAS para hacer su limpieza y mantenimiento y a la dificultad que se le añade por ser pozos de hasta casi 5 metros de profundidad.

### 3.6.- Acarreos y trabajos complementarios.

Una vez que ya se instaló la tubería y se ha rellenado la zanja, se retiró el material producto de la excavación sobrante. Todos estos trabajos se realizaron en forma continua a lo largo de la ejecución del proyecto.

Uno de los trabajos complementarios es la reparación de tomas de agua afectadas, que se derivaron de los trabajos de excavación y de la irregularidad en la instalación del tubo de agua. Sobre calle Bugambilias se encontró un tubo de agua instalado de forma muy irregular, que corría a lo largo de la calle atravesándola en zigzag en varias ocasiones, con base en esto, se puede suponer que no hubo una instalación por parte del organismo operador, sino por parte de los vecinos de la comunidad, lo cual no está alejado de la realidad, ya que en esta localidad la administración de agua y drenaje es a partir de un organismo autónomo.



*Figura 45 Reparaciones de tubo de la red de suministro de agua en la colonia El Tetel*

Otro de los trabajos fueron las descargas domiciliarias. Sobre calle Salvador García se realizaron 25 y hasta una profundidad de hasta más de 3 metros y de acuerdo a CONAGUA (2019), la profundidad máxima de descarga de los albañales es a 4 metros y que en caso de rebasarse esta profundidad, resulta más económico hacer la conexión a la red, a través de una atarjea lateral, tal es el caso de la calle Bugambilias, donde en gran parte de la calle la profundidad de 4 metros fue rebasada hasta llegar a casi 5 metros, razón por la cual se optó por la instalación de una atarjea lateral para conexión de las descargas domiciliarias.

### 3.7.- Finalización de trabajos y entrega de obra

Una vez concluidos los trabajos en ambas calles, citamos a la residencia para llevar a cabo un recorrido en el sitio y estando en mutuo acuerdo con lo ejecutado entregamos la estimación de los trabajos realizados, en conjunto con los generadores de obra.

De la misma forma, de acuerdo con los lineamientos del organismo operador de Chalco, entregamos: carátula, cuerpo de estimación, generadores de obra, álbum fotográfico, álbum fotográfico final (diferente al primer álbum) y catálogo final.

Acompañado a la estimación se entregó un certificado de calidad de la tubería PEADC y el plano de obra terminada. Una vez que la residencia aprueba la estimación, procedemos al cierre de la bitácora mediante una nota final. Posteriormente se generan las facturas de acuerdo con el monto contratado y lo estimado.

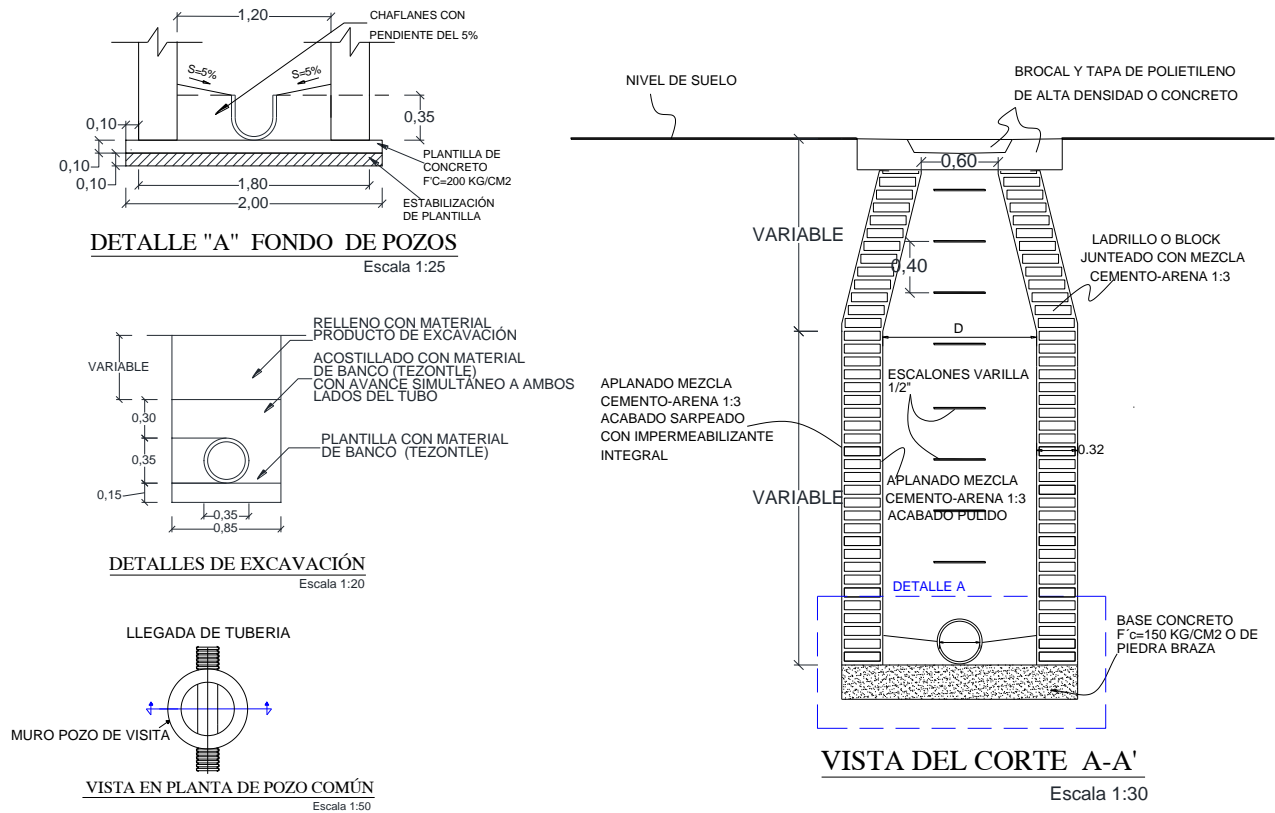


Figura 46 Detalles en Plano de obra terminado.

En el plano de obra terminada incluimos datos del levantamiento, también un perfil topográfico con los niveles de terreno y con los niveles de arrastre hidráulico, las cotas de elevación de cada pozo, sus caídas y niveles de terreno, especificaciones técnicas de la elaboración de los pozos de visita y el pie de plano.

#### 4.- Construcción de red de agua potable con tubería de PEAD en la colonia La Mesa

El tercer y último proyecto que incluí en este informe es el de la obra denominada: “Construcción de red de agua potable con tubería de PEAD en la colonia La Mesa, desde la red existente al nuevo tanque de regulación de Santa Catarina Ayotzingo” en el contrato con ODAPAS.

En términos generales este proyecto consistió en la instalación de una línea de conducción de agua potable desde una red existente con diámetro de 10” para alimentación de un tanque de regulación de reciente creación. El proyecto incluyó dos cajas de válvulas, 1089 metros de instalación de tubería de PEAD de 6”, el suministro y colocación de piezas especiales que se puede ver en la tabla 7, así como trabajos complementarios.

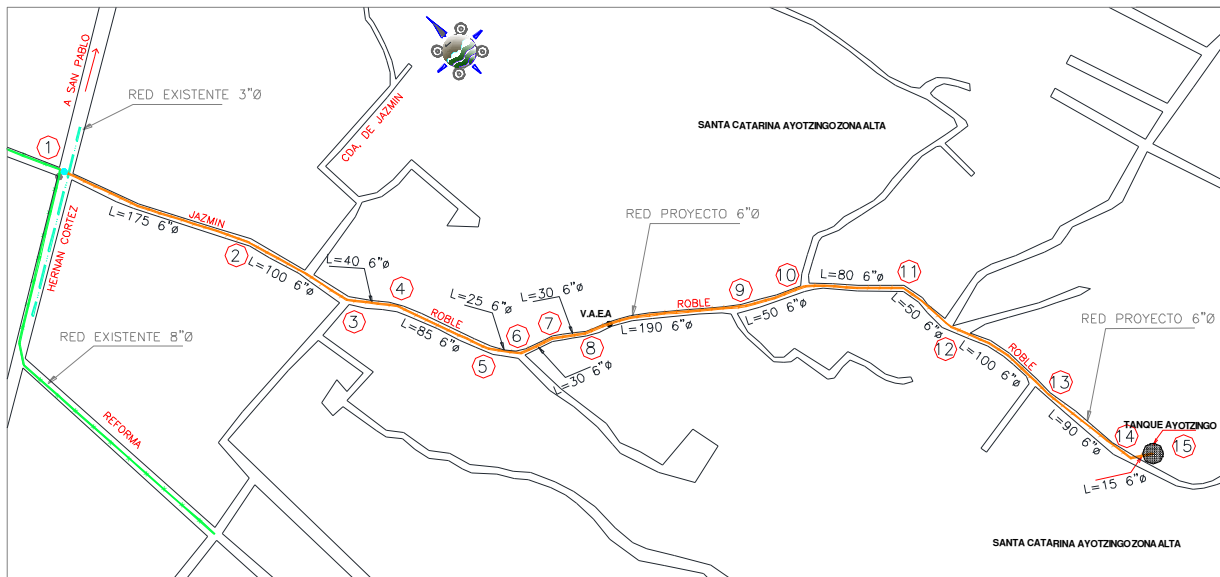


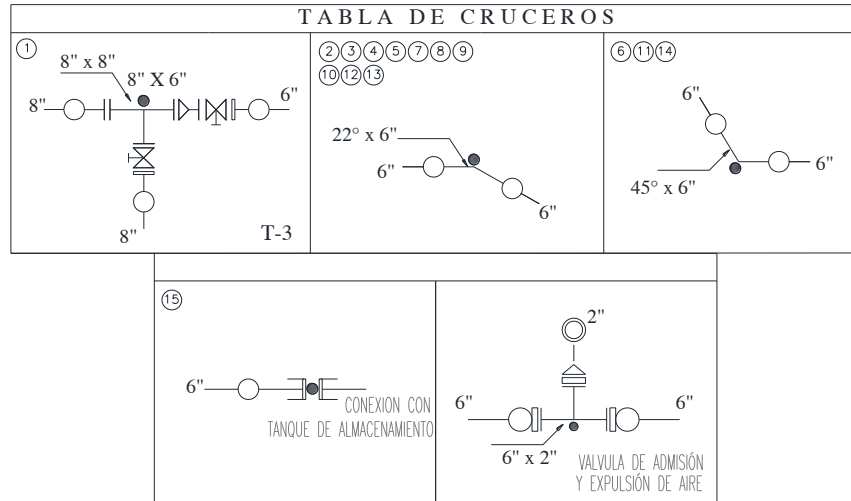
Figura 47 Planta de proyecto de línea de conducción

Los documentos que conforman el proyecto son los siguientes:

1. El presupuesto contratado. Este documento se presentó desde la licitación, básicamente es la propuesta económica y donde se plasma el catálogo de conceptos a ejecutar.
2. El plano de proyecto. Este plano se nos entrega vía digital en formato pdf e impreso en 90 x 60 cm. Dentro del plano, encontramos la planta de proyecto que nos especifica el nombre de las calles donde se instalará la tubería de 6”, 15 cruces, sus distancias y su despiece. De acuerdo con el proyecto se tiene el despiece mostrado en la tabla 7.



Tabla 7 Cruceos de proyecto



#### 4.1.- Inicio de trabajos en sitio y conceptos extraordinarios

Una vez que se llevó a cabo la firma de contrato gestionamos los materiales para la ejecución de los trabajos. En este caso, lo primero que compramos es la tubería, ya que es la que generalmente tarda más tiempo en llegar al sitio, mientras que los agregados pétreos suelen ser suministrados por los sindicatos de la región y los tenemos a disposición en el sitio con solo un día de anticipación.



Figura 48 Elaboración de cala en av. Hernán Cortez

Una vez que recibimos el sitio por parte de la residencia de obra elaboramos una cala en el punto donde se lleva a cabo la interconexión con la red existente sobre avenida Hernán Cortez para

encontrar la tubería existente, empezar el trazo a partir de esa ubicación y asegurarnos que el diámetro de la tubería existente fuera de 8" antes de comprar las piezas. Encontramos una variación con respecto al proyecto, ya que el diámetro de la red existente no era de 8", sino de 10". Por lo que en primera instancia determinamos el despiece necesario para llevar a cabo la interconexión a la red existente, que básicamente consistió en el suministro e instalación de piezas especiales: tee de fierro fundido (fofo) de 10", válvula de compuerta de 10", reducción de PEAD 10"x6".

A los conceptos no considerados dentro del catálogo de proyecto y, por lo tanto, dentro del contrato, se les denomina conceptos extraordinarios. En este caso es válido, ya que se trata de error del proyecto ejecutivo contratado (RLOPSRM, 2023, art. 229). Además de las piezas especiales para la instalación de la interconexión también se observó que el proyecto indicaba un taponamiento al final de la línea. La residencia nos pidió considerar un *stub end* más, de 6", y un carrete de acero de 6" en la parte alta, para la conexión al tanque de regulación como conceptos extraordinarios.

Dado que el diámetro de la línea existente fue de 10" y no de 8", como se había proyectado, no pudimos iniciar los trabajos desde la parte baja, por lo que se inició en la parte alta, con la ventaja de que ya teníamos la tubería de 6" en el sitio.

#### 4.2.- Excavación y plantilla

Realizamos el trazo para poder iniciar los trabajos de excavación en la zona alta. Esta zona está compuesta por suelos rocosos, por lo que la excavación se llevó a cabo con una retroexcavadora con equipo neumático (rotomartillo).

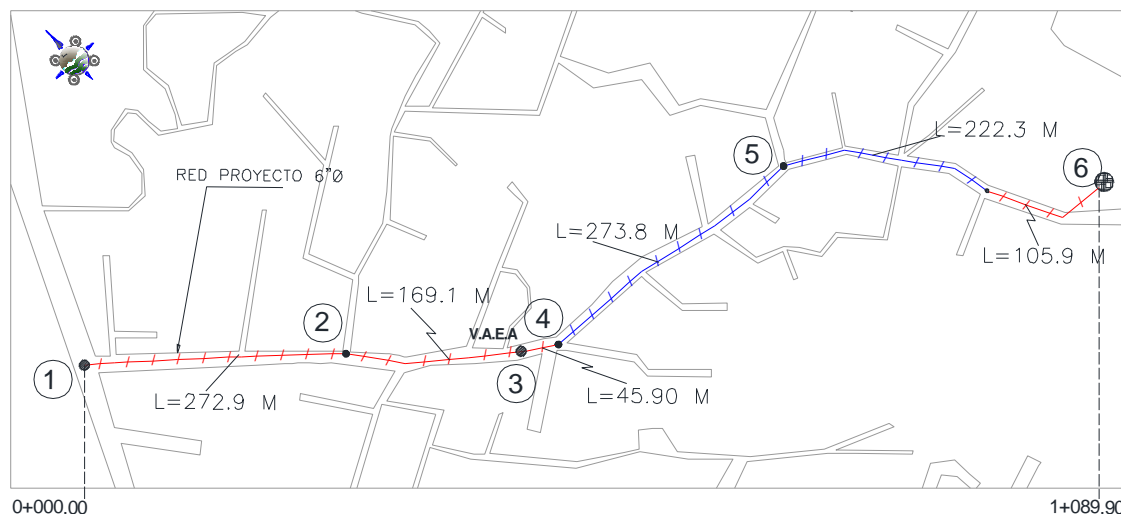
Se solicitó a la residencia considerar la disminución de la profundidad de excavación por dos razones principales:

1.- El tipo de suelo rocoso no permite llevar la zanja con un ancho de excavación uniforme de 60 cm. De acuerdo con el tipo de roca que encontramos, el ancho resultó ser muy disparejo y cambiante; en algunos lados abriéndose la zanja hasta 1.20 metros y en el mejor de los casos un ancho de 90 cm, a pesar de haber utilizado bote tepetatero para retiro de material de zanja.

2.- Haciendo un cálculo previo de los volúmenes de excavación, no concuerdan las dimensiones plasmadas en el plano de proyecto con los volúmenes del catálogo de conceptos.

La residencia estando en sitio, quedó en mutuo acuerdo en trabajar con un ancho de zanja variable y una profundidad de excavación de 90 cm y, en medida de lo posible, dejar un ancho parejo en la parte inferior de la zanja de 60 cm.

a) Vista en planta



b) Corte transversal por cada tramo

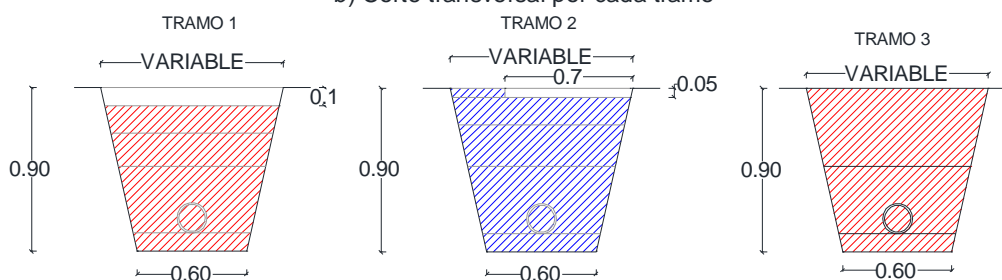


Figura 49 Secciones de excavación en 3 tramos

Como se observa en la figura 49, la excavación se llevó a cabo de acuerdo a las necesidades de cada tramo. El primer tramo estaba compuesto por una capa de asfalto de 10 cm de espesor. Después de la demolición se llevó a cabo la excavación. En el segundo tramo se realizaron 5 cm de demolición de pavimento y lo demás fue excavación. Para el tercer tramo no teníamos asfalto en la vialidad por lo que la excavación tuvo los 90 cm de profundidad.

A lo largo del trayecto, obtuvimos un ancho de excavación variable que se fue reportando en la bitácora. Para hacer los números generadores de obra se contempló un ancho superior promedio de las mediciones reportadas en la bitácora y un ancho inferior de 60 cm.



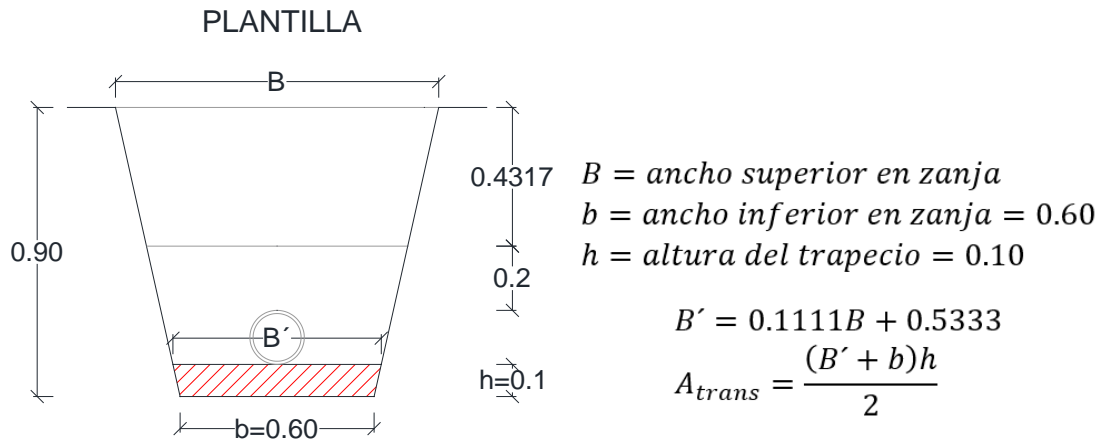
*Figura 50 Trabajos de excavación en Ayotzingo colonia La Mesa*

Posterior a las excavaciones se colocó un encamado de 10 cm, de acuerdo con el proyecto, con material de banco arenilla roja.



*Figura 51 Encamado de arenilla*

Por tratarse de un ancho variable, la cantidad de material para el cobro de estimación se determinó como un área transversal de trapecio multiplicada por la longitud.



*Figura 52 Determinación de volumen de plantilla en generador de obra.*

A continuación en la tabla 8 se presenta el cálculo de los volúmenes de plantilla, de acuerdo con las ecuaciones de la figura 52. En donde la columna “longitud”, representa la distancia entre 2 puntos (o cadenamientos), la columna “ancho B” es un promedio de las mediciones de excavación reportadas en la bitácora. De acuerdo con la tabla 8, del punto 0+000.00 al 0+306.40 se ocuparon 18.59 m<sup>3</sup> de arenilla roja para la conformación de la cama.

*Tabla 8 Cálculo de volúmenes de plantilla*

LOCALIZACIÓN		DIMENSIONES				OPERACIÓN		
EJE	CADENAMIENTO	LONGITUD	ANCHO B	h	B'	b	A TRANS	TOTAL
	0+000.00							
	0+004.00	4.00	0.70	0.10	0.6111	0.60	0.06	0.24
	0+034.90	30.90	0.65	0.10	0.6055	0.60	0.06	1.86
	0+051.90	17.00	0.65	0.10	0.6055	0.60	0.06	1.02
	0+054.70	2.80	1.35	0.10	0.6833	0.60	0.06	0.18
	0+084.00	29.30	0.70	0.10	0.6111	0.60	0.06	1.77
	0+091.10	7.10	1.05	0.10	0.6500	0.60	0.06	0.44
	0+135.40	44.30	0.70	0.10	0.6111	0.60	0.06	2.68
	0+136.90	1.50	1.45	0.10	0.6944	0.60	0.06	0.10
	0+155.80	18.90	0.69	0.10	0.6100	0.60	0.06	1.14
	0+161.00	5.20	0.70	0.10	0.6111	0.60	0.06	0.31
	0+170.20	9.20	1.00	0.10	0.6444	0.60	0.06	0.57
	0+191.90	21.70	0.70	0.10	0.6111	0.60	0.06	1.31
	0+195.00	3.10	1.15	0.10	0.6611	0.60	0.06	0.20
	0+201.00	6.00	0.71	0.10	0.6122	0.60	0.06	0.36
	0+217.10	16.10	0.65	0.10	0.6055	0.60	0.06	0.97
	0+226.00	8.90	0.66	0.10	0.6066	0.60	0.06	0.54
	0+231.20	5.20	0.80	0.10	0.6222	0.60	0.06	0.32
	0+262.30	31.10	0.70	0.10	0.6111	0.60	0.06	1.88
	0+272.90	10.60	1.00	0.10	0.6444	0.60	0.06	0.66
	0+279.00	6.10	1.05	0.10	0.6500	0.60	0.06	0.38
	0+281.50	2.50	0.80	0.10	0.6222	0.60	0.06	0.15
	0+283.70	2.20	0.64	0.10	0.6044	0.60	0.06	0.13
	0+304.10	20.40	0.45	0.10	0.5833	0.60	0.06	1.21
	0+306.40	2.30	1.00	0.10	0.6444	0.60	0.06	0.14
<b>SUMA</b>							<b>18.59</b>	
<b>TOTAL</b>							<b>18.59</b>	

Este tipo de análisis de los generadores de obra, nos sirven en gran medida para determinar los volúmenes de obra reales, en comparación con los volúmenes contratados, y así poder cobrar lo justo y llevar un control del material dentro del periodo de ejecución de la obra.

#### 4.3.- Colocación de tubería PEAD de 6”

A la par con los trabajos de excavación y colocación de plantilla, también se llevó a cabo la colocación de la tubería de Polietileno de Alta Densidad lisa de 6 pulgadas de diámetro nominal y un RD 17, junteada por medio de termofusión.

La tubería utilizada cuenta con un certificado de calidad que cumple con la NMX-E-018-CNCP-2012 “Industria del plástico – tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) para la conducción de agua a presión – especificaciones y métodos de ensayo”.

El procedimiento consiste en la limpieza del tubo en los extremos a unir; se calienta una plancha especial para el diámetro de 6”; se coloca en el centro del carro de termofusión, de tal forma que los dos extremos a unir estén ejerciendo presión hacia la plancha.

Transcurridos de 5 a 10 minutos y observando que en los tubos a unir ya se han formado una especie de “*costura*”, es retirada la plancha e inmediatamente se ejerce presión sobre los dos tubos mediante el carro de termofusión durante 5 minutos. Transcurrido este tiempo podemos retirar el carro de termofusión.

Cuando las condiciones del sitio nos permiten llevar a cabo la termofusión dentro de la zanja, esta se realiza (Figura 53 A). Lo anterior solo ocurrió en donde la zanja tuvo un ancho mayor que un metro. Para la mayoría de los tramos la termofusión se realizó afuera de la zanja y se colocó posteriormente la tubería (Figura 53 B).





Figura A

Figura B

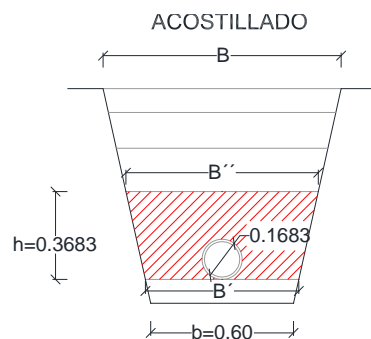
Figura C

Figura 53 Instalación de tubería PEAD por termofusión

#### 4.4.- Rellenos

El primer material de relleno sobre el tubo es arenilla roja. De acuerdo con las especificaciones de proyecto el relleno va desde el punto donde termina la plantilla hasta 30 cm por arriba del lomo de la tubería.

A causa de la situación de que el ancho de zanja es variable y alcanza valores mayores de un metro, se solicitó a la residencia bajar la altura sobre el lomo de tubería a 20 cm, de lo contrario aumentaría, en gran medida, los volúmenes contratados. De acuerdo con las mediciones de ancho de zanja, se calculó la cantidad de material para los números generadores, con base en el área transversal de un trapecio multiplicado por la longitud.



$B$  = ancho superior en zanja  
 $h$  = altura del trapecio = 0.3683

$$B' = 0.1111B + 0.5333$$

$$B'' = 0.5394B' + 0.4601B$$

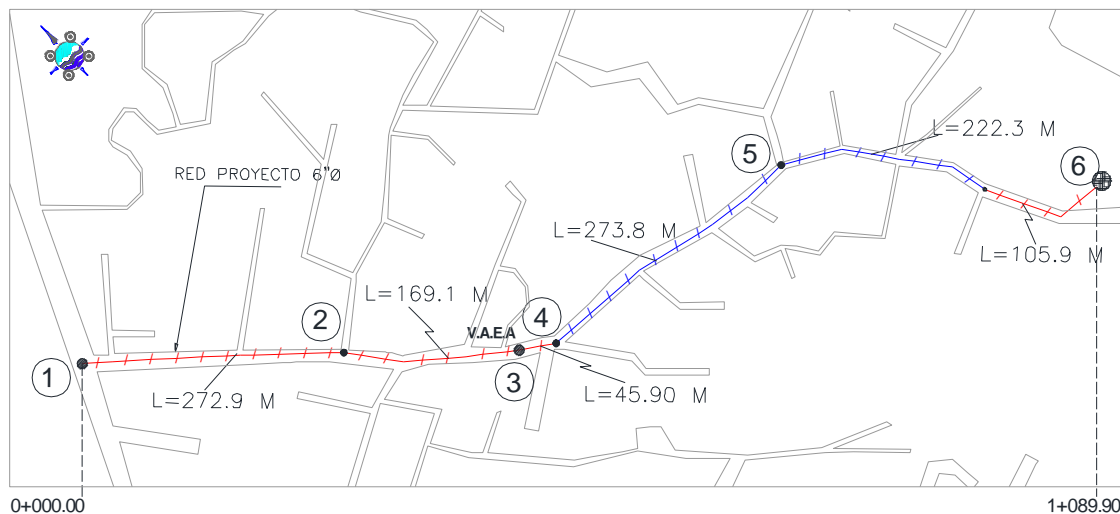
$$A_{trans} = \frac{(B'' + B')h}{2} - \pi r^2$$

Figura 54 Determinación de volumen de acostillado

Una vez colocado el acostillado, se rellenó lo faltante con material producto de la excavación, de acuerdo con las necesidades del sitio. El tramo uno se rellenó con una capa uniforme de 18 cm;

el tramo dos, con una capa de 23 cm; y el tercer tramo, debido a que no hay pavimento, un relleno de 43 cm.

a) Vista en planta



b) Corte transversal por cada tramo

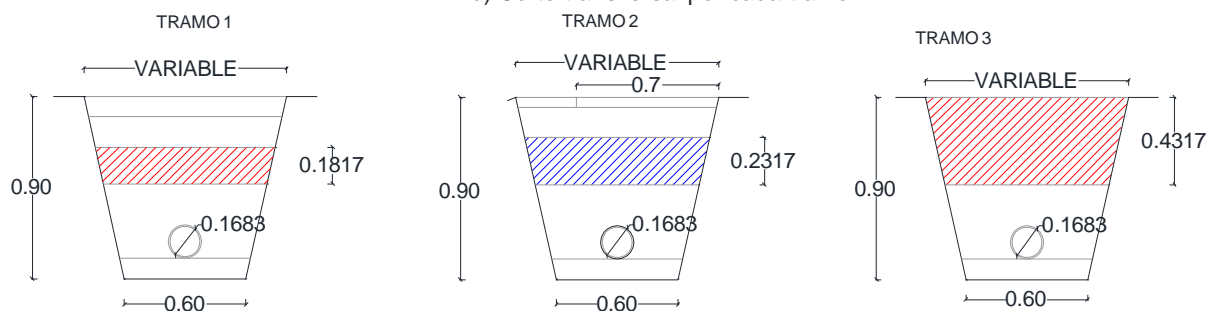


Figura 55 Relleno con material producto de la excavación

Una vez colocado el material con producto de la excavación, en las partes donde existe pavimento asfáltico, se relleno con material sano, el cual consiste en una mezcla controlada de grava y arena en proporci3n 70-30, que de acuerdo con el proyecto, se efectúa en capas de 20 cm hasta alcanzar una altura de 10 y 5 cm por debajo del nivel de la carpeta asfáltica.

Por lo antes mencionado en el caso del acostillado, tambi3n se solicit3 a la residencia la disminuci3n del volumen de material, relleno con grava controlada, en una capa uniforme de 15 cm, dadas las condiciones del tipo de suelo rocoso y los volúmenes considerados en el contrato. La residencia accedi3 y resolvi3 conveniente la disminuci3n de la grava-arena.



Figura 56 Relleno con grava-arena controlada

#### 4.5.- Piezas especiales y caja de válvulas

A lo largo de la instalación de tubería, donde hubo cambios de dirección, se instalaron codos de 22° y 45°, según se ajustara mejor a la trayectoria, y de acuerdo con el proyecto ejecutivo. En el crucero 1, el cual corresponde con la interconexión a la red existente, se instalaron las piezas especiales de la figura 57.

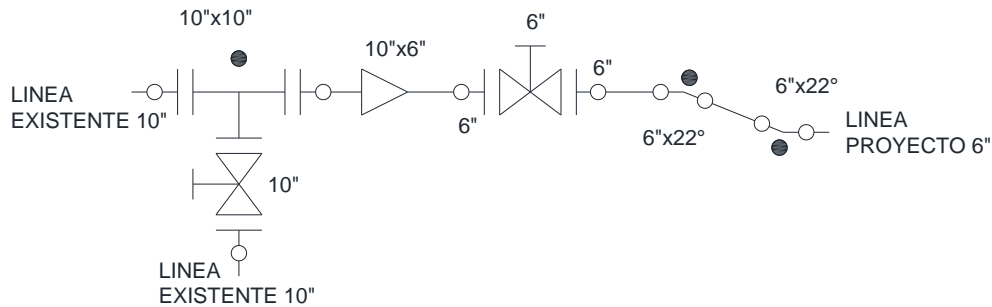


Figura 57 Despiece del cruceo 1

Para este punto, de nueva cuenta se notificó a la residencia el ajuste de todas las piezas al diámetro de 10", con válvulas y reducciones necesarias, las cuales aparecen en la figura 57 y que cada simbología se describe en la figura 58.







-  Tee de fofo bridada de 10" x 10"
-  Stub end de PEAD RD 17 de 10" y 6"
-  Reducción de PEAD RD 17 de 10" x 6"
-  Válvula de seccionamiento tipo compuerta de 10" y 6"
-  Codo PEAD RD 17 de 6" x 22°
-  Atraque de concreto

Figura 58 Simbología para el cruceo 1

Antes de la conexión con la red existente, se llevó a cabo la prueba hidrostática de la línea instalada. Una vez que fue aceptada por la residencia, se continuó con la instalación de las piezas especiales.

Previo a la instalación de las piezas, se presenta a la residencia un oficio donde se pide la autorización de los conceptos de obra extraordinarios, en conjunto con el análisis de precios unitarios para su aprobación. Todo esto se registró en la bitácora.

Tabla 9 Conceptos extraordinarios

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
E 01	Suministro e instalación de tee de acero al carbón de 10" x 10" ø	PZA	1	\$11,270.91	\$11,270.91
E 02	Suministro e instalación de válvula de seccionamiento tipo compuerta vástago fijo con volante de 10" ø	PZA	1	\$35,240.74	\$35,240.74
E 03	Suministro e instalación de stub end de 10" ø de PEAD RD-17 incluye: piezas especiales, herramienta, termofusión, bajado, alineamiento y todo lo necesario para su correcta ejecución.	PZA	3	\$5,767.30	\$17,301.90
E 04	Suministro e instalación de empaque de neopreno de 10" ø	PZA	4	\$245.50	\$982.00
E 05	Tornillos cadminizados con cabeza y tuerca hexagonal de: 22.23 mm x 165.00 mm (7/8" x 6 1/2") 10" ø	PZA	48	\$71.02	\$3,408.96
E 06	Suministro e instalación de reducción campana de PEAD 10" x 6"	PZA	1	\$3,826.71	\$3,826.71
E 07	Construcción de caja de operación de válvulas tipo especial de 1.50 x 2.40 metros paño interior, incluye 2 marcos con tapa de 50 x 50 cm. Con leyenda de agua potable. Incluye: plantilla de concreto espesor 10 cm, fc=150 kg/cm2 con malla electrosoldada, losa tapa de 20 cm de espesor, f'c= 250 kg/cm2 doble armado #3@15 cm fy= 4200 kg/cm2, incluye 6 castillos de concreto f'c=250 kg/cm2 con 4var#3 y e@15 cm. Incluye traves de cerramiento concreto f'c=250 kg/cm2 con 4var#3 y e@15 cm. Incluye cimbra de madera, mano de obra, equipo y herramienta, suministro de los materiales puestos en obra, muros de tabique rojo recocado a tizón junteado con mortero cemento arena 1:5, aplanado con mortero cemento arena 1:5.	PZA	1	\$16,877.56	\$16,877.56
E 08	Suministro e instalación de carrete de acero soldable de 6" diámetro bridado de 1.20 m de longitud.	PZA	1	\$12,894.81	\$12,894.81
E 09	Suministro e instalación de contra brida de acero al carbón de 6" ø.	PZA	3	\$928.77	\$2,786.31

Una vez hecha la instalación de las piezas especiales, se consideró una caja de válvulas diferente a la contratada, ya que derivado del diámetro mayor de las piezas especiales y la cantidad de piezas en la caja de válvulas, no pudo ser del tipo 3 (por las dimensiones que considera de 1.36 x 1.96 m) para el crucero 1. De manera conjunta con la residencia en su visita al sitio se determinaron las especificaciones de una caja de válvulas especial de 1.50 X 2.40 metros de acuerdo a lo especificado en el concepto E07 de la tabla 9, por tratarse de una vialidad principal y que transitan vehículos de gran peso.

También se instaló una válvula de admisión y expulsión de aire (VAEA) y sobre ella una válvula eliminadora de aire (VEA), y que su conjunto se conoce como válvula mixta o combinada, ésta instalación se realizó en el cadenamamiento 0+487.90, para llevar a cabo el llenado y vaciado de la línea de agua potable, la cual tiene la función de expulsar aire cuando la tubería se está llenando

y admitir aire cuando la tubería se está vaciando. Para la instalación se ocupó una abrazadera de acero de 6", tubería de 2", una válvula de bola para activar y desactivar su funcionamiento y la válvula de admisión, expulsión y eliminación de aire. Se instaló con su propia caja de válvulas para facilitar su manipulación.



Figura 59 Válvula de Admisión y Expulsión de Aire Mixta

#### 4.6.- Prueba hidrostática

Una vez que se terminó de instalar la tubería, la distribución de los cruceros quedó de la siguiente manera:

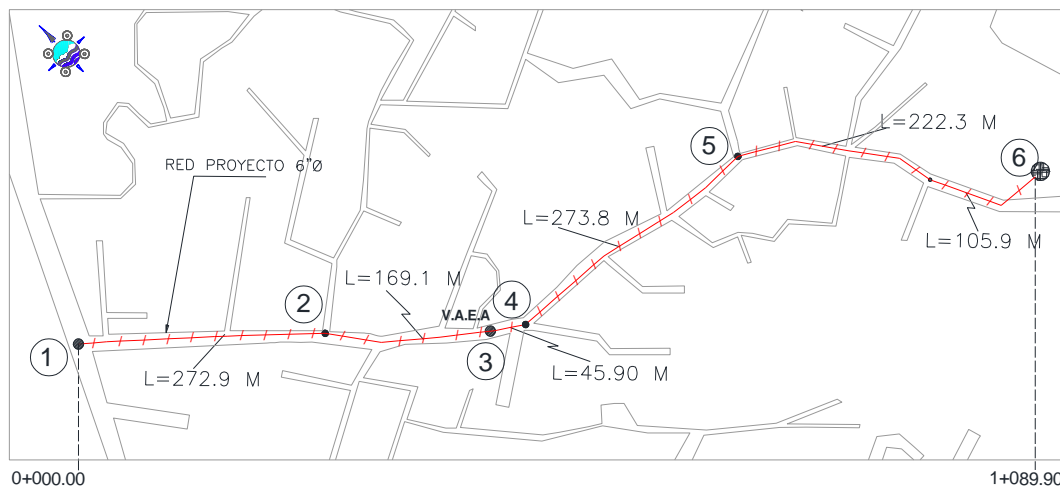


Figura 60 Distribución de los cruceros a lo largo de la red

Siendo el crucero 1 el punto de la interconexión con la red existente y el punto más bajo de la red; y el crucero 6, el punto de conexión al nuevo tanque de regulación y el punto más alto.

De acuerdo con el proyecto ejecutivo se realizó una prueba hidrostática, que comprendía del crucero 1 al crucero 6, en un solo tramo por no formar circuitos y ser únicamente una línea de conducción para alimentación del tanque de regulación.

El último atraque fue colado el día 22 de junio de 2023, por lo que se esperó más de 5 días naturales, esto de acuerdo con lo establecido en la NOM-013-CNA-2000. Entonces, siendo factible



el prellenado de la línea se evitaron movimientos de la tubería producto de la presión hidrostática o por golpes de ariete.

Con un día de anticipación nos pusimos en contacto, tanto con la residencia de obra como con los operadores del pozo de Ayotzingo, para definir el día de la prueba hidrostática, parar el pozo que alimenta la red existente y trabajar en la conexión de las piezas especiales, asimismo como en los atraques.

El llenado con agua se realizó lentamente, purgando el aire mediante la inserción de un niple y una válvula de globo en la parte más alta de la tubería; de manera que el aire acumulado en la parte superior se eliminó, ya que el llenado se hizo a partir del punto más bajo del tramo. De acuerdo con la NOM-013-CNA-2000, el prellenado se hizo en un lapso de 1 hora, por tratarse de tubería de polietileno de alta densidad RD 17.



Figura 61 Llenado de línea y realización de prueba hidrostática

La tubería se sometió a una presión en el punto más bajo de  $10.5 \text{ kg/cm}^2$  conforme lo dictamina la NOM-013-CNA-2000, siendo esta 1.5 veces la presión de trabajo del tubo y se mantuvo por un lapso de dos horas. Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 10.

Tabla 10 Resumen de la prueba hidrostática

<b>Tramo Probado</b>	Del crucero 1 (0+000.00) al crucero 6 (1+089.90)
<b>Fecha de ejecución</b>	28 de junio de 2023
<b>Duración de la prueba</b>	1 hora prellenado, media hora incrementando la presión, más 2 horas de presión máxima
<b>Presión máxima</b>	10.5 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resultado</b>	No se hallaron fugas



Una vez terminada la prueba hidrostática y contando con la presencia de la residencia de obra en el sitio, se autorizó llevar a cabo la reposición de pavimento.

El tramo de instalación de tubería fue de más de un kilómetro y se proyectó con una sola prueba hidrostática, motivo por el cual la residencia de obra, pidió que los rellenos se realizaran en conjunto con la instalación de tubería, ya que, si no se ha relleno hasta nivel de terreno con grava-arena controlada bien compactada, por la pendiente pronunciada del terreno, una pequeña lluvia puede llevarse los materiales de relleno, aunado a esta situación no es posible dejar la zanja abierta mucho tiempo ya que esta excavación va recargada a un lado de los paramentos de los domicilios, haciendo forzoso el relleno de la zanja después de cada jornada laboral.

#### 4.7.- Ampliación de monto y Convenio Modificatorio

Se entregó a la residencia la estimación y números generadores de obra de los trabajos ejecutados, dadas las condiciones en el sitio, se pidió considerar un convenio modificatorio de monto, por las situaciones descritas en la bitácora y resumidas aquí:

1. Suministro e instalación de piezas de diámetro más grande al contratado
2. Suministro e instalación de piezas no contempladas en el contrato
3. Variación de los volúmenes de excavación respecto de lo contratado por motivo del tipo de suelo rocoso y la apertura no intencionada del ancho de zanja.

Los volúmenes de excavaciones y rellenos están por encima de lo contratado, y aunado a los conceptos de obra extraordinarios, estuvimos cercanos al monto contratado, aun faltando por hacer toda la reposición de pavimento, por lo que, para no exceder el monto contratado, se dio aviso a la residencia que solo alcanzaba para reponer 130.81 m<sup>2</sup>, de los 510 m<sup>2</sup> contratados, recortando así las metas. Lo único que quedaría pendiente, en ese caso, sería la reposición de pavimento en la mayoría del tramo, ya que de acuerdo con los números generadores solo alcanzaría para cubrir la reposición del cadenamiento 0+000.00 hasta 0+191.90, cubriendo una superficie de 130.81 metros cuadrados.

*Tabla 11 Generador de obra de reposición de pavimento*

LOCALIZACIÓN		DIMENSIONES				OPERACIÓN	
ENTRE	CADENAMIENTO	LONGITUD	ANCHO B	LONG INT	ANCHO INT		TOTAL
	0+000.00	4.10	2.60	2.90	2.00		4.86
	0+004.00	4.00	0.70				2.80
	0+034.90	30.90	0.65				20.09
	0+051.90	17.00	0.65				11.05
	0+054.70	2.80	1.35				3.78
	0+084.00	29.30	0.70				20.51
	0+091.10	7.10	1.05				7.46
	0+135.40	44.30	0.70				31.01
	0+136.90	1.50	1.45				2.18
	0+155.80	18.90	0.69				13.04
	0+161.00	5.20	0.70				3.64
	0+170.20	9.20	1.00				9.20
	0+191.90	21.70	0.70				15.19
	0+195.00	3.10	1.15				3.57
	0+201.00	6.00	0.71				4.26
	0+217.10	16.10	0.65				10.47
	0+226.00	8.90	0.66				5.87

	0+231.20	5.20	0.80				4.16
	0+262.30	31.10	0.70				21.77
	0+272.90	10.60	1.00				10.60
	0+279.00	6.10	1.05				6.41
	0+281.50	2.50	0.80				2.00
	0+283.70	2.20	0.64				1.41
	0+304.10	20.40	0.45				9.18
	0+306.40	2.30	1.00				2.30
						<b>SUMA</b>	226.78
						<b>TOTAL</b>	226.78

La residencia resolvió hacer un convenio modificatorio de monto, donde por las situaciones específicas del sitio, determinó necesaria la terminación de los trabajos hasta donde fuera necesaria la reposición de asfalto.

Es así que, en conjunto con la residencia, se realizó un levantamiento de lo que se va reponer de pavimento y así determinar de manera numérica lo faltante para la terminación de los trabajos. Con base en el levantamiento general se llegó a la conclusión de que era necesario incrementar el monto contratado en un 19% para la correcta terminación de los trabajos.

El organismo operador nos entregó un "Convenio Modificatorio", que es básicamente una ampliación al contrato en cuanto a monto se refiere, en donde se describe la situación que justifica ampliar el monto de la obra en ejecución.

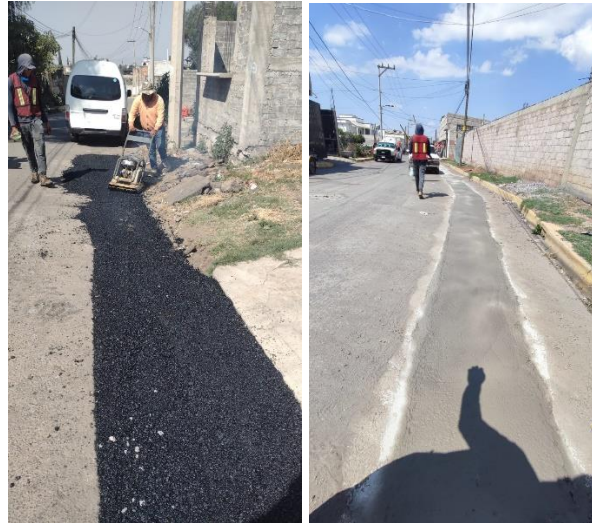
#### 4.8.- Trabajos de reposición

Una vez firmado el convenio modificatorio por ambas partes, nosotros como empresa y el organismo operador, pudimos dar continuidad a los trabajos de la reposición.

Esta reposición básicamente consistió en la preparación preliminar del sitio donde se demolió el asfalto para excavar la zanja, compactando el material que quedó bajo el asfalto, es decir una mezcla de grava y arena controlada en proporción 70-30 como material de mejoramiento para la base.

A la vez que se va compactando el material grava-arena, se va haciendo una caja de 10 cm de espesor. Se aplica un riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento rápido pr-2k a razón de 0.5 L/m<sup>2</sup>, de manera uniforme y constante, la cual cubre la superficie de la base. Este riego ayuda a que haya una mejor adherencia entre la base y la capa de mezcla asfáltica, evita que el material de la base se desplace por la carga vehicular.

Una vez aplicado el riego de impregnación, se toma la temperatura de la mezcla de concreto asfáltico, que debe tener alrededor de 150 °C, luego se comienza a extender esta mezcla en una franja longitudinal. Finalmente se compacta esta capa de concreto asfáltico ya extendida.



*Figura 62 Compactación de asfalto y posterior aplicación de sello*

Una vez que el pavimento asfáltico ha enfriado, se hace una mezcla de cemento con agua y se extiende sobre la superficie del asfalto, como un sello.

#### 4.9.- Finalización de obra

Una vez que han concluido los trabajos el superintendente, en conjunto con la residencia de obra y de un comité ciudadano de control y vigilancia (cocicovi), hacemos un recorrido en el lugar, donde se hacen observaciones referentes a la obra, no habiendo detalles la residencia pide hacer entrega de la estimación, números generadores de obra, álbum fotográfico y plano de obra terminada.

Cuando la residencia de obra ha recibido la estimación, generadores, álbumes, y los ha revisado y aprobado, procedemos al cierre de la bitácora y formalmente la obra está concluida.

A pesar de que esta obra está concluida, solo cubre el tramo que va de la línea existente (que viene del pozo de Ayotzingo) al tanque, y únicamente sirve para llenado del tanque. Faltaría hacer un proyecto de una línea de distribución que baje del tanque y alimente a los domicilios que actualmente son abastecidos por pipas o por tomas de agua conectadas a una línea de 3" existente en la zona baja, pero que por la distancia, hace que no sean eficientes y tengan poca carga.

## 5.- Conclusiones

Durante el periodo de contratación en la empresa Cloragua S.A. de C.V., participé en la construcción de obras de drenaje sanitario y de suministro de agua potable. Como auxiliar de superintendente tuve varios aprendizajes tanto en campo como en gabinete. Entre lo más destacable es la ejecución de la obra, cómo se lleva a cabo en cada una de sus etapas, incluso desde el periodo de licitación. Durante la ejecución aprendí desde la gestión de materiales, la revisión física y técnica de la obra, haciendo hincapié en los detalles más importantes y su posterior entrega física y documental de la obra.

Además, comprendí la importancia que tiene que la ejecución de la obra se lleve a cabo de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Comisión Nacional de Agua o la reglamentación aplicable, en lo que se refiere a cuestiones técnicas y la importancia de las responsabilidades legales y conocimiento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, ya que de ella derivan las responsabilidades del ingeniero y rige el procedimiento para llevar a cabo la ejecución de obra a nivel nacional.

En gabinete aprendí a realizar estimaciones y generadores de obra, lo cual está muy ligado al trabajo en campo, ya que sin el pleno conocimiento de la obra es difícil realizar números generadores, lo cual se ve reflejado directamente en el pago de los trabajos realizados y que es importante para cualquier empresa.

Las tres obras descritas en este informe están terminadas al 100%, con ello puedo decir que los proyectos concluyeron de manera satisfactoria, cumpliendo su principal objetivo, que es construir sistemas que sirvan a la comunidad, dotando de los servicios vitales de agua entubada y drenaje a la población del municipio de Chalco, servicios de alta calidad de acuerdo con las normas vigentes.

Al estar trabajando en campo me sensibilicé mucho, ya que tuve contacto directo con la gente y sus necesidades; trabajé en algunas de las comunidades más marginadas del municipio de Chalco, llegando a la conclusión de que para poder avanzar cada vez más en la cobertura de estos servicios es necesario tener un conocimiento genuino de las necesidades de la población a servir y en balance con el recurso económico disponible, llevar a cabo la ejecución de proyectos.

En este trabajo apliqué muchos de los conocimientos vistos en la carrera, especialmente del área sanitaria y ambiental, en cuanto a obras de conducción, redes de distribución y redes de alcantarillado sanitario y pluvial. Comprendí cómo los diseños y proyecciones son la base para una correcta ejecución de la obra. Apliqué los conocimientos del área de presupuestación y programación de obras, en los procesos constructivos al ejecutar la obra, en la estimación de volúmenes de obra y revisión de presupuestos con precios unitarios. Otro de los conocimientos aplicados en este trabajo fue la elaboración de planos a detalle y todo lo relacionado con los documentos que las dependencias piden al terminar una obra.

Algunas de las cosas que aprendí directamente en campo y no en la escuela, primordialmente fue la toma de decisiones al momento de ejecutar una obra, y cómo esto tiene implicaciones económicas de no hacerlo a la brevedad y de la manera más correcta. Aprendí a hacer estimaciones desde cero, hacer números generadores de obra y como se lleva la bitácora convencional.

Otro de mis aprendizajes fue el trato con las personas, lo que es muy común. Hay que tener la facilidad de explicar y resolver dudas de cuestiones técnicas y encontrar la manera sencilla de explicarlo, ya sea a los trabajadores o a la comunidad en caso de ser requerido.

Algo de mucha importancia y que no recuerdo que en la Facultad se incluya en una asignatura, son los aspectos legales. Realmente todo está regido a nivel nacional por la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) y su reglamento (RLOPSRM). Ya que el desconocimiento de la ley no nos exime de las sanciones. Como futuro ingeniero es necesario conocer la reglamentación aplicable. A pesar de que las obras mencionadas se ejecutaron en el Estado de México, donde rige el Reglamento del libro décimo segundo del código Administrativo del Estado de México, por tratarse de recurso federal para la construcción, la reglamentación aplicable es la nacional (LOPSRM).

Espero en un futuro cercano, reforzar los conocimientos adquiridos, tanto en el área de superintendencia de obra, como en la elaboración de presupuestos y precios unitarios y el conocimiento de las leyes aplicables, a través de cursos de capacitación y certificación. Ya que actualmente las certificaciones que avalan los conocimientos, son un requisito indispensable para llevar a cabo la ejecución de obras.

## Índice de Tablas

Tabla 1 Datos de Proyecto en av. Del Cerrito.....	12
Tabla 2 Anchos de zanja mínimos recomendados para instalación de tubería de polietileno de alta densidad corrugado .....	16
Tabla 3 Pendientes mínimas para diversos materiales .....	19
Tabla 4 Datos de proyecto de la segunda etapa del proyecto de drenaje en av. Del cerrito .....	25
Tabla 5 Datos de proyecto en la colonia El Tetel.....	29
Tabla 6 Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías. ....	32
Tabla 7 Cruceos de proyecto .....	41
Tabla 8 Cálculo de volúmenes de plantilla .....	45
Tabla 9 Conceptos extraordinarios .....	50
Tabla 10 Resumen de la prueba hidrostática .....	52
Tabla 11 Generador de obra de reposición de pavimento .....	53



## Índice de figuras

Figura 1 Tasa de crecimiento poblacional del Municipio de Chalco .....	8
Figura 2 Porcentaje de población con servicio de agua entubada de México .....	8
Figura 3 Porcentaje de población con servicio de drenaje en México.....	9
Figura 4 Panorama general del sitio de la obra en su primera etapa. ....	12
Figura 5 Planta de proyecto de drenaje en av. Del cerrito .....	13
Figura 6 Entrega física de lugar de la obra por parte del residente de obra .....	14
Figura 7 Elaboración de calas por medios manuales .....	14
Figura 8 Trazo en pozos de visita y cepa.....	15
Figura 9 Interconexión a red existente.....	15
Figura 10 Dimensiones de zanja para tubos de 30 cm.....	16
Figura 11 Dimensión de plantilla .....	17
Figura 12 Medición de niveles para colocación de tubería.....	17
Figura 13 Colocación de tubería .....	18
Figura 14 Dimensiones del acostillado.....	19
Figura 15 Acostillado de tubería.....	20
Figura 16 Relleno con material producto de la excavación .....	20
Figura 17 Detalle en el fondo de los pozos de visita .....	21
Figura 18 Elaboración pozo de visita común .....	21
Figura 19 Perforación de tubo PEADC 30 cm para conectar descarga .....	22
Figura 20 Reparaciones de tomas de agua.....	22
Figura 21 Reparaciones de tubo de agua de 3” y 6” respectivamente .....	22
Figura 22 By-pass en línea de 3” .....	23
Figura 23 Ejemplo de número generador para concepto de excavación. ....	24
Figura 24 Fotografías avenida San Juan de Dios y San Francisco después de terminados los trabajos.....	24
Figura 25 Primer y segunda etapa de Proyecto en Av. del Cerrito .....	25
Figura 26 Instalación de tubería PEADC de 20 cm .....	26
Figura 27 Excavación manual y elaboración de descargas .....	26
Figura 28 Excavación de cepa en calle San Juan de Dios.....	27
Figura 29 Planta de proyecto terminado (As Build) en San Martín Xico Nuevo. ....	27
Figura 30 Proyecto en calles de la colonia El Tetel.....	28
Figura 31 Perfiles topográficos e hidráulicos de proyecto .....	29
Figura 32 Presentación del proyecto con vecinos beneficiados .....	30
Figura 33 Colocación de tubería de acuerdo a las pendientes de proyecto contra pendientes propuestas. ....	30
Figura 34 Revisión de niveles topográficos junto con la residencia de obra .....	31
Figura 35 Diagrama de flujo para diseño de redes .....	32
Figura 36 Dimensiones de cepa en excavaciones para las 2 calles.....	33
Figura 37 Excavación de 0.00 a 2.00 m, de 2.01 a 4.00 m y de 4.01 a 6.00 m.....	33
Figura 38 Nivelación del fondo de la zanja .....	34
Figura 39 Elaboración de plantilla.....	34
Figura 40 Instalación de tubería PEADC de 30 cm .....	35
Figura 41 Rellenos en calle Salvador García .....	35
Figura 42 Rellenos en calle Bugambilias .....	36

Figura 43 Colocación tubería madrina de 20 cm .....	36
Figura 44 Elaboración de pozos de visita .....	37
Figura 45 Reparaciones de tubo de la red de suministro de agua en la colonia El Tetel .....	38
Figura 46 Detalles en Plano de obra terminado. ....	39
Figura 47 Planta de proyecto de línea de conducción .....	40
Figura 48 Elaboración de cala en av. Hernán Cortez .....	41
Figura 49 Secciones de excavación en 3 tramos.....	43
Figura 50 Trabajos de excavación en Ayotzingo colonia La Mesa.....	44
Figura 51 Encamado de arenilla .....	44
Figura 52 Determinación de volumen de plantilla en generador de obra. ....	45
Figura 53 Instalación de tubería PEAD por termofusión.....	47
Figura 54 Determinación de volumen de acostillado .....	47
Figura 55 Relleno con material producto de la excavación .....	48
Figura 56 Relleno con grava-arena controlada .....	49
Figura 57 Despiece del crucero 1.....	49
Figura 58 Simbología para el crucero 1.....	49
Figura 59 Válvula de Admisión y Expulsión de Aire Mixta.....	51
Figura 60 Distribución de los cruceros a lo largo de la red .....	51
Figura 61 Llenado de línea y realización de prueba hidrostática.....	52
Figura 62 Compactación de asfalto y posterior aplicación de sello .....	55

## Referencias

- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Libro 20 Alcantarillado Sanitario*. Ciudad de México: Biblioteca Digital MAPAS. Recuperado el 04 de 12 de 2023, de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>
- Comisión Nacional del Agua. (2021). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Ciudad de México: Naturales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos.
- Consejo Estatal de Población. (s.f.). *Proyecciones de población de los municipios del Estado de México 2019-2030*. Estado de México. Recuperado el 06 de 02 de 2024, de <https://coespo.edomex.gob.mx/sites/coespo.edomex.gob.mx/files/files/2019/Nuevos/proyecciones%20.pdf>
- Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Chalco. (2019). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Chalco*. Estado de México.
- Instituto de Información e Investigación Geográfica Estadística y Catastral del Estado de México. (2022). *Estadística Básica Municipal del Estado de México*. Estado de México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020a). *Características de las localidades y del entorno Urbano*. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020b). *Censo de Población y Vivienda*. México.
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas. (20 de mayo de 2021). Secretaria General de Servicios Parlamentarios. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56\\_200521.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56_200521.pdf)
- Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas. (24 de febrero de 2023). Secretaria de Servicios Parlamentarios. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LOPSRM.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LOPSRM.pdf)
- Secretaría de Desarrollo Urbano. (2019). Usos de Suelo (plano). Estado de México. Recuperado el 24 de Octubre de 2023, de <https://sedui.edomex.gob.mx/chalco>