



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO  
PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

**Randy Daniel Cermeño Torres**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO  
PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RANDY DANIEL CERMEÑO TORRES**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento, a su consideración, mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE en EL CASERÍO  
PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de mayo de 2019.

**Randy Daniel Cermeño Torres**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 01 de abril de 2022  
REF.EPS.DOC.133.04.2022

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Randy Daniel Cermeño Torres, CUI 2829 34812 0115 y Registro Académico 201408431** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
MRGS/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 21 de octubre de 2022  
REF.EPS.D.347.10.2022

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Randy Daniel Cermeño Torres, CUI 2829 34812 0115 y Registro Académico 201408431**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

A handwritten signature in blue ink over an official stamp. The stamp is oval-shaped and contains the text: 'Universidad de San Carlos de Guatemala', 'DIRECCION', 'Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS', and 'Facultad de Ingeniería'.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra

Guatemala, 05 abril de 2022

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

Respetado Ingeniero:

Le informo que a través del Departamento de Hidráulica, Escuela de Ingeniería Civil, se ha revisado el Informe Final de EPS **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA”**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **RANDY DANIEL CERMEÑO TORRES, Registro Académico: 201408431**, quien contó con la asesoría de la **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA-**

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe Del Departamento de Hidráulica

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
U S A C

Cc: Estudiante xxxxxxxxxx  
Archivo



LNG.DIRECTOR.242.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por: **Randy Daniel Cermeño Torres**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, noviembre de 2022





LNG.DECANATO.OI.802.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por: **Randy Daniel Cermeño Torres**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme una nueva oportunidad cada nuevo día.
- Mi mamá** Por enseñarme a luchar por mis sueños y ser una gran inspiración en mi vida, gracias por enseñarme a nunca rendirme, te amo.
- Mis abuelitos** En memoria de mi abuelito José Torres (q. e. p. d.), gracias por todos los consejos que me dio desde que era pequeño, este logro se lo dedico totalmente a usted, espero nos volvamos a encontrar. Mi abuelita Laura Morales, por todo su amor que me ha dado desde que era pequeño y por inculcarme buenos valores en la vida. También a mi abuelita Adela Ruano (q. e. p. d.), un abrazo al cielo.
- Mis hermanos** Javier y Alan Cermeño, por ser un ejemplo en mi vida y por apoyarme siempre en todo momento.
- Mi novia** Mónica, por ser parte de mi camino y permitirme ser parte del tuyo, gracias por hacerme feliz y encontrar el amor en ti.

**Mis primos**

En especial a Héctor Cruz y Laura Torres, por tantos momentos compartidos.

**Mis mejores amigos**

José Carlos, Arnaldo Aldana, Erick Solís, Jorge Asturias, Jaime Rojas, Carlos Ponciano, Pedro Pablo, por compartir alegres momentos y estar en las buenas y en las malas.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi casa de estudios y por forjarme como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme conocimientos y entendimiento de un sinnúmero de cosas. Por formarme como Ingeniero.
<b>Mancomunidad Gran Ciudad del Sur</b>	Por darme el soporte y las bases para culminar la carrera.
<b>Municipalidad de San Miguel Petapa</b>	En especial a la unidad de Dirección Municipal de Planificación (DMP) e Ing. Juan Miguel Orellana, por todo el apoyo brindado desde un inicio.
<b>Inga. Mayra García</b>	Por siempre alentarme a seguir adelante y nunca tirar la toalla, por todo su apoyo incondicional, muchas gracias.
<b>Ing. José Istupe</b>	Por todo lo compartido, el apoyo, conocimientos, amistad y momentos alegres.
<b>Unidad de EPS</b>	Por permitirme ser parte de esta unidad y apoyarme.

**SERPIN**

En especial a Ing. Rodrigo por ser un gran ejemplo de profesional y ético; por permitirme laborar en esta bonita empresa.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Aspectos Físicos .....	1
1.1.1. Localización y extensión.....	1
1.1.2. Hidrografía .....	2
1.1.3. Clima del municipio.....	2
1.1.4. Suelo y topografía.....	3
1.2. Monografía del lugar .....	4
1.2.1. Aspectos históricos .....	4
1.2.2. Costumbres y tradiciones .....	4
1.2.3. Población e Idiomas .....	5
1.2.4. Actividades económicas .....	5
1.2.5. Servicios .....	6
1.2.5.1. Vías de comunicación .....	6
1.2.5.2. Agua y saneamiento.....	6
1.2.5.3. Energía eléctrica.....	7
1.2.5.4. Salud.....	7
1.2.5.5. Educación.....	7
1.2.6. Principales necesidades del municipio.....	8

1.2.6.1.	Descripción de las necesidades.....	8
1.2.6.2.	Evaluación y priorización de las necesidades .....	8
1.2.7.	Vulnerabilidad del proyecto .....	9
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	11
2.1.	Descripción del proyecto .....	11
2.1.1.	Red de conducción .....	11
2.1.2.	Red de distribución .....	11
2.2.	Datos preliminares .....	12
2.2.1.	Fuente de abastecimiento .....	12
2.2.2.	Aforo de la fuente .....	13
2.2.3.	Calidad del agua.....	13
2.2.3.1.	Análisis fisicoquímico .....	14
2.2.3.2.	Análisis bacteriológico.....	14
2.2.4.	Obras existentes.....	15
2.2.5.	Levantamiento topográfico .....	15
2.2.5.1.	Planimetría .....	15
2.2.5.2.	Altimetría .....	16
2.3.	Diseño hidráulico .....	16
2.3.1.	Población actual .....	16
2.3.2.	Población de diseño .....	16
2.3.3.	Dotación.....	17
2.3.4.	Caudales del sistema .....	18
2.3.4.1.	Caudal medio diario .....	18
2.3.4.2.	Caudal máximo diario.....	19
2.3.4.3.	Caudal máximo horario .....	20
2.3.4.4.	Caudal instantáneo .....	21
2.3.4.5.	Caudal de vivienda.....	22

2.3.5.	Velocidades del sistema .....	23
2.3.6.	Presiones del sistema.....	23
2.3.6.1.	Presión estática .....	24
2.3.6.2.	Presión dinámica .....	24
2.3.7.	Línea de conducción.....	24
2.3.8.	Tanque de almacenamiento .....	31
2.3.9.	Bases de diseño .....	83
2.3.10.	Calculo hidráulico de la red de distribución .....	83
2.3.11.	Golpe de ariete .....	88
2.3.12.	Obras hidráulicas.....	92
2.3.12.1.	Conexiones prediales.....	93
2.3.12.2.	Cajas de válvulas .....	93
2.3.12.3.	Pasos elevados y de zanjón.....	94
2.3.12.4.	Anclajes de tuberías.....	94
2.3.13.	Válvulas .....	94
2.3.13.1.	Válvula de aire.....	94
2.3.13.2.	Válvula de limpieza.....	95
2.3.13.3.	Válvula de compuerta.....	96
2.3.13.4.	Válvula de flotador.....	96
2.3.14.	Tuberías.....	97
2.3.15.	Desinfección .....	98
2.3.16.	Análisis de costos .....	100
2.3.16.1.	Presupuesto del proyecto.....	100
2.3.16.2.	Cuantificación de materiales .....	102
2.3.17.	Cronograma de Ejecución .....	103



CONCLUSIONES..... 105  
RECOMENDACIONES ..... 107  
BIBLIOGRAFÍA..... 109  
APÉNDICES ..... 111  
ANEXOS..... 117

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de localización del municipio de San Miguel Petapa .....	1
2.	Grafica de momentos de losa.....	45
3.	Representación gráfica de la viga .....	58
4.	Diagrama de Distribución de Áreas Tributarias.....	59
5.	Dibujo de tanque semienterrado .....	79
6.	Modelo de una caja para válvulas .....	93
7.	Válvula de aire .....	95
8.	Válvula de limpieza .....	95
9.	Válvula de compuerta .....	96
10.	Válvula de flotador .....	96
11.	Listado de tuberías con diámetros y presiones.....	97

### TABLAS

I.	Clima de San Miguel Petapa .....	3
II.	Costo de tuberías.....	28
III.	Perdida de carga para tuberías en red de conducción.....	29
IV.	Potencias para las pérdidas de carga .....	30
V.	Conversión de potencia de Hp a Kilowatts (1 HP = 0,746 KW) .....	30
VI.	Energía mensual, costo de energía y costos totales en línea de conducción .....	31
VII.	Resumen de los momentos diseño para la losa.....	45
VIII.	Iteraciones del área de refuerzo para lado corto de la losa .....	48

IX.	Iteraciones de diseño para lado largo de la losa .....	53
X.	Cálculo del Momento respecto al punto “O” .....	79
XI.	Resumen de renglones del diseño e la red de agua potable .....	101
XII.	Listado de materiales a necesitar .....	102
XIII.	Cronograma de ejecución e inversión .....	104

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Hfi</b>	Altura de boca de pozo a descarga
<b>Hs</b>	Altura de la bomba a la boca del pozo
<b>Hfd</b>	Altura de nivel dinámico a boca de pozo
<b>CDT</b>	Carga dinámica total
<b>Qb</b>	Caudal de bombeo
<b>Q</b>	Caudal de diseño
<b>QMD</b>	Caudal máximo diario
<b>Qmd</b>	Caudal medio diario 6,86 L/s
<b>C</b>	Coefficiente de rugosidad del material
<b>Ø</b>	Diámetro de la tubería
<b>Øi</b>	Diámetro interno de la tubería
<b>Dot</b>	Dotación
<b>e</b>	Espesor de la pared de la tubería
<b>Fdm</b>	Factor de día máximo
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>α</b>	Golpe de ariete
<b>G</b>	Gravedad
<b>Lts/h/día</b>	Litros por habitante por día
<b>Lts/s</b>	Litros por segundo
<b>L</b>	Longitud de la línea de conducción
<b>I</b>	Longitud de la tubería
<b>M</b>	Longitud del tubo
<b>Mca</b>	Metros columna de agua

<b>K</b>	Módulo de elasticidad del agua ( $2,07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ )
<b>E</b>	Módulo de elasticidad del material
<b>Tb</b>	Número de horas de bombeo al día
<b>n</b>	Número de meses que contempla el análisis
<b>Hf</b>	Pérdidas de carga debido a la fricción en la línea
<b>Hfs</b>	Pérdidas en carga de succión
<b>Hfm</b>	Pérdidas menores
<b>Hv</b>	Pérdidas por velocidad
<b>pf</b>	Población futura
<b>Pot</b>	Potencia
<b><math>\Delta</math></b>	Sobre presión
<b>R</b>	Tasa de interés mensual
<b>V</b>	Velocidad

## **GLOSARIO**

<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>Acuíferos</b>	Fragmento de agua subterránea que puede ser captada por medio de pozos mecánicos.
<b>Aforo</b>	Operación para determinar el volumen de agua que lleva una corriente en un tiempo determinado.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura que no causará enfermedades a las personas y que es agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Rama de la topografía que mide las alturas del terreno.
<b>Análisis Químico</b>	Analiza el agua para establecer un diagnóstico de limpieza y pureza.
<b>Caudal</b>	Cantidad de agua que circula en un tramo en un tiempo determinado.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.

<b>Consumo</b>	Cantidad de agua que es utilizada por una población.
<b>Cota</b>	Nivel de terreno indicado en un número arbitrario que se diferencia de altura con otros puntos.
<b>Demanda</b>	Cantidad de agua que requiere una población para satisfacer sus necesidades.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua que se asigna por habitante por día para satisfacer sus necesidades.
<b>FDM</b>	Factor de día máximo.
<b>FHM</b>	Factor horario máximo.
<b>Fuente de agua</b>	Técnica detallada para la obtención de agua que puede ser utilizada para un sistema de agua potable.
<b>Golpe de Ariete</b>	Ondas de presión generadas por un drástico cambio de velocidad en un fluido dentro de una tubería.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

<b>Perdida de carga</b>	Energía por unidad de peso del agua que causa la resistencia superficial dentro de un conducto.
<b>Periodo de diseño</b>	Tiempo que se estima que el sistema funcione eficientemente.
<b>Población de diseño</b>	Población que se presentara al final del periodo de diseño de un proyecto.
<b>Potabilización</b>	Procedimiento químico mediante cual el agua se vuelve potable y apta para consumo humano.
<b>Presión</b>	Potencia ejercida por el agua sobre la superficie de la tubería que la conduce.
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo.
<b>Saneamiento</b>	Conjunto de metodologías enfiladas a formar, mejorar o mantener las situaciones sanitarias de un poblado o construcción.
<b>Válvulas</b>	Artefactos utilizados en sistemas de agua potable para regular caudal, eliminar aire de tuberías o exceso de sedimentos en las mismas.





## RESUMEN

El presente trabajo de graduación se fundamenta en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, localizado en el municipio de San Miguel Petapa del departamento de Guatemala.

Este sistema de abastecimiento de agua potable funcionara por medio de bombeo en la línea de conducción que va directo al tanque y del mismo a la línea de distribución por medio de la gravedad con un total aproximado de 6,900 metros lineales de tubería PVC.

Dentro del diseño se procesaron la monografía del lugar, diagnósticos sobre las necesidades más urgentes en cuanto a la falta de servicios y se planearon manuales de operación y administración del sistema, así como el cálculo de la tarifa y un cronograma para la ejecución del proyecto.

Este proyecto tiene como objetivo mejorar las condiciones de salubridad de la población beneficiada, disminuyendo la tasa de mortalidad, tasa de morbilidad, riesgo de infección de enfermedades de origen higiénico y malas prácticas sanitarias. Se incluyó una serie de medidas de mitigación que buscan ser el medio técnico más económico para resguardar al sistema y sus componentes del efecto que produce la presencia de una amenaza.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, del municipio de San Miguel Petapa, que sea óptimo en funcionamiento y eficiente en su periodo de diseño planteado para mejorar la calidad de vida de la población favorecida.

### **Específicos**

1. Estructurar el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, San Miguel Petapa.,
2. Aportar criterios técnicos y profesionales a la solución de problemas y necesidades en el caserío Playa de Oro.
3. Establecer bases para una conveniente administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

La falta de agua, sanitariamente segura para el consumo humano, muestra aspectos tales como el estilo y baja calidad de vida, insalubridad, pobreza extrema, analfabetismo y poco desarrollo centralmente en la comunidad que carece de este vital líquido.

En este proyecto se presentará el diseño de una red de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, ubicado en el municipio de San Miguel Petapa, del departamento de Guatemala. Este consta de 6 900 metros de tubería PVC, con un tanque de almacenamiento semienterrado, caja rompe presiones, válvulas y accesorios hidráulicos para que su funcionamiento sea eficaz en el tiempo determinado.

Debido a lo anterior y para proporcionar respuesta a una parte de la problemática trazada que se muestra en la falta de infraestructura básica, se presenta este proyecto, el cual, a través de la unidad de Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería, de la mano de la organización Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, ha investigado la manera de proponer la ayuda técnica necesaria para poder priorizar este proyecto para mejorar la calidad de vida de los habitantes de este caserío.



# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Aspectos Físicos

A continuación, se presentan los datos y la localización del municipio de San Miguel Petapa.

### 1.1.1. Localización y extensión

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra localizado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la latitud  $14^{\circ} 30' 06''$  y en la longitud  $90^{\circ} 33' 37''$ . Su extensión territorial es de 24,64 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura promedio de 1 285 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra a una distancia de 20,00 kilómetros de la ciudad capital.

Figura 1. **Mapa de localización del municipio de San Miguel Petapa**



Fuente: SEGEPLAN. *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, San Miguel Petapa, Guatemala 2020 – 2032*. p. 15.



### **1.1.2. Hidrografía**

El municipio está rodeado de norte a sur por los ríos Pinula, Villalobos y Platanitos, los cuales convergen en el río Villalobos antes de desembocar en el Lago de Amatitlán; con el auge urbanístico que tuvo la Ciudad de Guatemala en los cuarenta años que siguieron al terremoto de 1976 estos ríos se convirtieron en vertederos de aguas negras y desechos sólidos.

También existen algunos riachuelos, quebradas y manantiales, siendo el principal el manantial de Ojo de Agua, que es la principal fuente de agua potable para el municipio.

### **1.1.3. Clima del municipio**

El clima de San Miguel Petapa es templado teniendo temperaturas máximas promedio de 26,7 °C anual y temperaturas mínimas promedio de 15,8 °C anual. A continuación, se muestran los registros climáticos del año 2021 proporcionados por la estación meteorológica más cercana al proyecto:

Tabla I. **Clima de San Miguel Petapa**

Parámetros climáticos promedios													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Temperatura máxima (°C)	25.8	26.6	27.3	28.8	28.5	27.0	26.4	26.7	25.9	26.1	25.6	25.1	26.7
Temperatura media (°C)	19.75	20.55	21.55	23.05	22.7	21.8	21.6	21.5	20.9	20.95	20.45	19.8	21.2
Temperatura mínima media (°C)	13.7	14.5	15.8	17.3	16.9	16.6	16.8	16.3	15.9	15.8	15.3	14.5	15.8
Precipitación total (mm)	1.00	3.00	15.00	27.00	145.00	248.00	233.00	197.00	240.00	156.00	87.00	9.00	113.4
Radiación media (W/m <sup>2</sup> )	18415	20320	21044	19088	17053	16610	19506	18841	17503	18024	16935	17098	18369.75
Velocidad del viento (km/h)	9.13	9.01	11.37	8.95	7.10	6.03	7.08	5.49	6.31	6.15	7.88	8.3	7.73
Mojadura (unidades)	3.61	3.82	3.49	4.54	5.48	5.46	4.43	4.84	5.11	4.99	2.93	2.88	4.30
Presión atmosférica media (mbar)	918.7	918.2	918.3	916.9	917.6	917.6	918.4	918.2	917.9	918.3	917.6	917.9	917.97
Dirección media del viento (azimut)	225.25	203.09	205.53	172.85	186.66	151.70	184.00	169.74	180.97	173.51	183.05	197.43	186.15

Fuente: INSIVUMEH. *Registro de datos climáticos por estación meteorológica Santa Teresa, ubicada entre los municipios de San Miguel Petapa, Villa Canales, Amatitlán y Villa Nueva. s/p.*

#### 1.1.4. Suelo y topografía

Los suelos del municipio según el Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Miguel Petapa (DMP) se especifican por tener pendientes mínimas, ya que los suelos cuyas pendientes van de 0 % a 10 %, corresponde a un 47,71 % en el territorio, pendientes del 5 % al 12 % del suelo corresponde al 43,04 % del total.

Cuenta con un área de 49,67 manzanas ocupadas por cultivos anuales o temporales, 6,00 manzanas de cultivos permanentes y semipermanentes, 1,36 manzanas de pastos y otras 11,20 manzanas no clasificadas.

## **1.2. Monografía del lugar**

La monografía del lugar se refiere tanto a la geografía del sitio como al clima, educación, salud, comercio entre otros. Tal como se describe a continuación

### **1.2.1. Aspectos históricos**

El origen del nombre del municipio se deriva de las palabras del idioma local “pet” que significa “estera” y “thap” que es “agua”, etimológicamente “cama de agua”. Su poblado es uno de los más antiguos, de origen prehispánico y ascendencia cakchiquel de la rama de los Petapas. Además del español se hablan los idiomas pocomam y pocomchí.

El escudo de San Miguel Petapa posee una imagen del santo hermano Pedro de San José de Betancur, quien recién llegado a tierras guatemaltecas, parte de la Capitanía General de Guatemala durante la época de la colonia española, radicó por un tiempo en este lugar, habitando en la iglesia de Nuestra Señora del Rosario antes de establecerse definitivamente en la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, que era la capital en ese entonces.

### **1.2.2. Costumbres y tradiciones**

La fiesta patronal principal del municipio celebra en honor al Santo Patrono, San Miguel Arcángel. Esta actividad es concurrida por personas de la ciudad capital, Amatitlán, Villa Nueva y Villa Canales. Se presencian danzas folclóricas llamadas La conquista y Partideños.

Por otro lado, alguno de los personajes importantes y con ferias patronales dentro del municipio son: Fray Pedro de Angulo, Fray Tomas de San Juan y Fray Domingo de Ascona.

Una tradición entre los ladinos del municipio es la “Danza de las Flores”, que es una danza en donde todos los participantes dan vueltas alrededor, mientras música y versos son recitados. Esta tradición instruyó en la antigua capital de Santiago de los Caballeros de Guatemala, de donde se extendió a las poblaciones cercanas. Años después esta tradición fue tomada por la ciudad capital, la Nueva Guatemala de la Asunción. Esta danza folclórica también se realiza en otros municipios del departamento de Guatemala, por ejemplo, en San Raymundo, Mixco, San Juan Sacatepéquez y Villa Nueva.

### **1.2.3. Población e Idiomas**

Según el último censo realizado por el INE en el 2018, San Miguel Petapa tiene una población de 220 386 habitantes en donde el 6,9 % vive en área rural y el 93,1 % vive en área urbana. La densidad poblacional en el municipio es de 2,578 habitantes por kilómetro cuadrado, siendo la cabecera la que concentra la mayor parte de los habitantes. El idioma oficial que se habla en el municipio es el español, existen otras lenguas nativas del lugar como el mam, pocomam y cakchiquel.

### **1.2.4. Actividades económicas**

La cabecera de San Miguel Petapa es reconocida como una ciudad dormitorio, ya que sus pobladores viajan diariamente a la Ciudad de Guatemala para trabajar. Los empleos en el municipio son principalmente de servicios y en comercios. Debido a su popularidad para viviendas, y su cercanía a la Ciudad de

Guatemala, cuenta con bancos, supermercados, hospitales, transporte, colegios y universidades.

### **1.2.5. Servicios**

En los siguientes incisos se describen los servicios que presta el municipio de San Miguel Petapa.

#### **1.2.5.1. Vías de comunicación**

La CA-09 autopista al pacífico es una de las vías más importantes para llegar a la cabecera municipal de San Miguel Petapa, en el km 16 se toma el túnel y luego se sigue una vía asfaltada (Calle Real) hasta el centro de la cabecera municipal. También cuenta con otras vías como la Avenida Petapa que inicia a inmediaciones del El Trébol y tiene un recorrido de 15 km.; otra carretera de interconexión con Villa Canales. Todas las vías están asfaltadas.

#### **1.2.5.2. Agua y saneamiento**

La cabecera municipal como sus colonias cuentan con drenajes separativos, pero la cobertura es de solo 78,12 %, el resto está conectado a fosas sépticas y pozos ciegos, lo que incrementa el nivel de contaminación del agua subterránea.

El abastecimiento de agua de San Miguel Petapa es proporcionado en una gran parte por la empresa municipal de agua EMPAGUA. También muchas de sus nuevas urbanizaciones o colonias, tienen pozos mecánicos propios.

### **1.2.5.3. Energía eléctrica**

En el municipio de San Miguel Petapa existen aproximadamente 22,179 hogares que son beneficiados con alumbrado eléctrico, lo que equivale al 97 % del total de domicilios en el municipio. El otro 3 % de viviendas utilizan paneles solares, lámparas de gas corrientes, candela u otro tipo de alumbrado. El porcentaje de gasto social del municipio destinado fue del 18,9 % según datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Guatemalteca, S.A. (EEGSA)

### **1.2.5.4. Salud**

En San Miguel Petapa existen un centro de salud ubicado en la cabecera municipal y un puesto de salud en Villa Hermosa, esto denota que no hay suficiente cobertura para una proporción de densidad poblacional y centros de salud.

Gracias a la administración actual se cuentan con 13 Clínicas municipales ubicadas estratégicamente para poder atender a aproximadamente 100 000 habitantes mensualmente.

### **1.2.5.5. Educación**

San Miguel Petapa ha mantenido la tasa de todos los niveles, teniendo una mayor cobertura a nivel primario. El Ministerio de Educación (MINEDUC) detectó que la tasa neta de matriculación en todos los niveles es del 53 % mientras que la tasa bruta de matriculación por nivel es del 61,95 %. La proporción de alumnos que comienzan la primaria y llegan al último grado de enseñanza primaria es de 72,71 %, lo que indica que más de la mitad de los estudiantes finaliza la primaria.

## **1.2.6. Principales necesidades del municipio**

A continuación, con base al estudio realizados en campo se presentan las necesidades del municipio.

### **1.2.6.1. Descripción de las necesidades**

Las necesidades que se presentan son distintas dependiendo de cada comunidad o población, siendo las más comunes en el municipio las vías de acceso hacia los caseríos o aldeas. Las necesidades principales que surgen en el área rural es el la falta o mal funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Así como la falta de edificios escolares en las aldeas y caseríos del municipio. El caserío Playa de Oro carece de un sistema de abastecimiento de agua potable, ya que actualmente lo hacen de fuentes inadecuadas, lo que provoca la proliferación de enfermedades gastrointestinales.

### **1.2.6.2. Evaluación y priorización de las necesidades**

Si bien se ha hecho mención antes, se ha hecho evaluaciones sobre la falta de proyectos sanitarios. Es necesario que unos sean atendidos primero que otros; además, no existen recursos suficientes para atenderlos todos al mismo tiempo, lo cual obliga abordar solamente algunos y posponer la atención de otros. Tal situación hace necesario que se asignen prioridades o se jerarquicen los problemas.

### **1.2.7. Vulnerabilidad del proyecto**

La evaluación de riesgo se aplica en listas de chequeo. La primera determina si el proyecto se ubica en una zona que es afectada de forma recurrente por desastres. La segunda lista permite identificar si el proyecto es vulnerable ante estas amenazas, incluyendo el cambio climático. Sí como resultado de esta evaluación preliminar se concluye que no existen riesgos significativos el proceso de evaluación se concluye.





## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Descripción del proyecto**

En los siguientes incisos se presentan y se describe el proceso y calculo necesario para el diseño del proyecto de la red de agua potable.

#### **2.1.1. Red de conducción**

La red de conducción que se diseñó para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro está conformada por 1 697 metros lineales de tubería PVC con diámetros de 4" y 6" respectivamente que van conectados desde la fuente de abastecimiento que es un pozo mecánico hasta el tanque de almacenamiento semienterrado.

#### **2.1.2. Red de distribución**

La red de distribución para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro está constituido por ramales abiertos formados por un total de 4,500 metros lineales de tubería PVC con diámetros que varían entre 1" y 3", un tanque de almacenamiento semienterrado de concreto ciclópeo con capacidad de 60 m<sup>3</sup>, una caja rompe presiones, válvulas de limpieza, válvula de flotador y válvulas de compuerta.

## **2.2. Datos preliminares**

En los siguientes incisos se describe a detalle los datos necesarios para la realización de la memoria de cálculo de la red de agua potable.

### **2.2.1. Fuente de abastecimiento**

Las fuentes de abastecimiento son parte fundamental en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para cualquier población, ya que antes de comenzar cualquier procedimiento para el diseño de este, es de vital importancia definir la ubicación, tipo, calidad y cantidad del agua de la fuente; dependiendo de estos parámetros, se derivará la forma de conducción y distribución de esta, la cual se captará para abastecer a una determinada población.

El tipo de fuente que se tiene en el proyecto para el caserío Playa de Oro es subterráneo, captando el agua hacia al tanque de almacenamiento semienterrado y después distribuirla a los domicilios del poblado.

Para el manejo humano existen tres tipos de fuentes de agua; las cuales son: pluviales, superficiales y subterráneas. Las agua pluviales son las que proceden directamente de la atmósfera en forma de lluvia; las superficiales las que se encuentran en los ríos, lagos, lagunas, etc., y las aguas subterráneas que es el ganancia de la infiltración natural, por lo general, es de mejor calidad para el abastecimiento de las poblaciones ya que contiene normalmente menos bacterias, menor cantidad de materia orgánica, y mayor cantidad de materia mineral, como hierro, manganeso y calcio, siendo menor su coloración y turbiedad, que las aguas superficiales.

### **2.2.2. Aforo de la fuente**

Se debe considerar que la fuente se afora en época seca, tomando en cuenta que el dato conseguido del caudal de esta, que abastecerá permanentemente al sistema, debe ser mayor al caudal máximo diario que se requiere para la población que será beneficiada.

El método utilizado para el aforo de la fuente de agua ubicada al norte de del caserío Playa de Oro fue el volumétrico, encausando el agua que brotaba del pozo por medio de un tonel de capacidad de 55 galones dando así un caudal promedio de 370 gal/min.

### **2.2.3. Calidad del agua**

La calidad del agua es diferente dependiendo del lugar, con la estación del año, uso de la tierra, el clima y con las clases de roca del suelo que el agua remueve en su trayecto o recorrido. Las características de una buena calidad de agua dependen del uso que se le vaya a asignar: uso doméstico, industrial y de riego.

La calidad del agua tiene una analogía estrecha con las características físicas, químicas y bacteriológica, por medio de las cuales se puede evaluar si el agua es idónea o no para el consumo humano, es decir, que sea potable, libre de concentraciones excesiva de sustancias minerales y orgánicas, libre de tóxicos y agradable a los sentidos.

Para garantizar que el agua pueda ser tomada por una población es necesario que cumpla con los requerimientos mínimos establecidos por las

normas COGUANOR NGO 29001, la que contempla el Análisis Químico Sanitario y el Examen Bacteriológico.

#### **2.2.3.1. Análisis fisicoquímico**

El análisis fisicoquímico establece las características físicas del agua tales como el aspecto, el color, el olor, la turbidez, su índice de pH, así como la dureza, además se pueden determinar sustancias químicas que pueden dañar la salud, tuberías y equipo, entre los que se tienen, los aniones como el hierro, calcio, magnesio, etc. y cationes los cuales se encuentran los nitritos, sulfatos, fluoruros y cloruros.

Las sustancias minerales que están contenidas en el agua deben quedar bajo los límites máximos aceptables o máximos permisibles para el consumo humano, los cuales en su mayor parte han sido fijados por normas. Según los resultados se puede concluir que el agua que se le suministrara al caserío Playa de Oro es adecuada para el consumo humano.

#### **2.2.3.2. Análisis bacteriológico**

Este examen se realiza con el fin de indicar el grado de contaminación bacteriana y principalmente con materia fecal, ya que se busca la presencia del grupo coliforme, el cual comprende los bacilos Escherrichia Coli y el Aerobacter Aerógenes. Este tipo de examen es el más importante en acueductos rurales, ya que suministra información complementaria para seleccionar el tipo de tratamiento que se le dará al agua para su potabilización.

Para la toma de muestras de agua en este análisis son frascos de vidrio, con tapa de buen cierre, deben estar adecuadamente esterilizados. El volumen

del frasco será de 100 ml, debe sumergirse el frasco hasta una profundidad mínima de 15 cm. Ya obtenida la muestra, se mete a refrigeración hasta que llegue al laboratorio. La temperatura ideal para la conservación de las muestras es de 4 a 10 grados centígrados durante 24 horas.

#### **2.2.4. Obras existentes**

En el caso del caserío Playa de Oro, no hay evidencia de un sistema de abastecimiento de agua potable, la población hoy en día se ha estado suministrando del vital líquido por medio de pipas que lo distribuyen en los pueblos y aldeas semanalmente. Otras de las maneras por la cual la población de este sector se abastece de agua es por medio de llena cántaros y pozos artesanales.

#### **2.2.5. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico consiste en la planimetría y altimetría de un polígono o área de estudio.

##### **2.2.5.1. Planimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos necesarios que permitan construir una figura semejante a la del terreno, proyectado sobre un plano horizontal. Para la realización de la planimetría del proyecto, fue necesario orientar el equipo topográfico de una manera conveniente, tomando posteriormente los azimuts para la orientación de la línea de conducción, distribución, ubicación de válvulas y viviendas del proyecto.

#### **2.2.5.2. Altimetría**

Es el conjunto de trabajos que proveen los elementos para conocer las diferencias de altura del terreno, para poder ser proyectado en un plano vertical. Para la realización de la altimetría del proyecto, se tomaron las diferenciaciones de altura de todos los puntos observados, tanto de la línea de conducción como de la de distribución, debido a que el cambio de alturas es fundamental para la conducción del agua por gravedad.

### **2.3. Diseño hidráulico**

El diseño hidráulico consiste en la elaboración de cálculos para la línea de conducción, el tanque de almacenamiento y la red de distribución.

#### **2.3.1. Población actual**

Para la determinación de la población actual que será abastecida por el sistema de abastecimiento de agua potable, se realizó un censo poblacional por medio del trabajo de campo determinando que el caserío Playa de Oro está conformado por 606 habitantes.

#### **2.3.2. Población de diseño**

El sistema de abastecimiento de agua se debe diseñar para que tenga un funcionamiento eficiente durante un período determinado, por lo que se debe determinar la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en el período establecido que en este caso son 25 años, para este cálculo se aplicó el método geométrico de incremento de población. Este es un método que fortalece más a las condiciones reales de las poblaciones en vías de desarrollo como las de Asia,

África o Latinoamérica, que crecen a un ritmo geométrico o exponencial. Es un método confiable, ya que evalúa de una mejor forma el crecimiento de la población.

Para el cálculo de los habitantes futuros por este método se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o(1 + r)^n$$

*Donde:*

*P<sub>f</sub> = Población futura (habitantes)*

*P<sub>o</sub> = Población inicial (habitantes)*

*r = Tasa de crecimiento de la población (%)*

*n = Cantidad de años a la que se desea proyectar la población (años)*

Sustituyendo valores en la formula anterior se obtiene:

$$P_f = 606 \text{ habitantes}(1 + 2,7 \%)^{25}$$

$$P_f = 1,180 \text{ habitantes}$$

### **2.3.3. Dotación**

Es la cantidad de agua que se le proporcionará a una persona para su consumo, en la unidad de tiempo. Comúnmente la dotación se determina en lts/hab/día.

Los factores que influyen en la determinación de la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, número de habitantes, costumbres, existencia de



abastecimientos privados, existencia de contadores, presiones en la red y capacidad administrativa de la municipalidad. La dotación está formada por: caudal doméstico, caudal industrial, caudal comercial y caudal público. A estos consumos se deberá agregar un porcentaje de pérdidas por fugas y mal uso del agua.

La elección de la dotación es una gran responsabilidad que se ve reflejada en la eficiencia con que un acueducto preste su servicio futuro. Para el caserío Playa de Oro se seleccionó una dotación de 120 L/hab/día haciendo referencia como lo indica el Manual Técnico del Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

#### **2.3.4. Caudales del sistema**

Los caudales del sistema son aquellos que serán utilizados en la línea de captación y en la red de distribución y para cada uno existen diferentes factores de diseño.

##### **2.3.4.1. Caudal medio diario**

El caudal medio diario es la cantidad de agua en litros por unidad de tiempo en segundos que gasta una población durante un período de 24 horas. De igual forma se puede definir como el promedio de los consumos diarios de una población definida en un período de un año. Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), la fórmula es la siguiente:

$$Q_m = \frac{P_f * D_{hab}}{86,400}$$

*Donde:*

*Q<sub>m</sub> = Caudal medio diario (L/s)*

*Pf = Población futura (habitantes)*

*Dhab = Dotación de la población (L/hab/día)*

De acuerdo con la fórmula anterior, para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, tomando en cuenta que el número de habitantes futuros es de 1 180 habitantes y la dotación para cada uno será de 120 L/hab/día; el caudal medio diario del sistema se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{1\ 180\ \text{habitantes} * 120\ \frac{L}{\text{hab}}}{86\ 400\ \frac{L}{\text{día}}}$$

$$Q_m = 1,64\ \frac{L}{s}$$

#### **2.3.4.2. Caudal máximo diario**

Este caudal establece el día de máximo consumo de una serie de registros obtenidos en un año, normalmente sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población. El valor del caudal máximo diario es utilizado para el diseño de la línea de conducción.

En este caudal se utiliza el factor de día máximo que es un aumento porcentual que se le otorga al caudal medio diario y va de un rango de 1,20 a 1,50 para una población rural futura que no supera los 1 000 habitantes, siendo de 1,20 para las que superan esta cantidad de habitantes al final del período de diseño del sistema. El caudal máximo diario se calcula multiplicando el caudal medio diario por el factor de día máximo, la fórmula se muestra a continuación:

$$Q_{Md} = Q_m * FDM$$

*Donde:*

*Q<sub>Md</sub> = Caudal máximo diario (L/s)*

*Q<sub>m</sub> = Caudal medio diario (L/s)*

*FDM = Factor de día máximo*

Para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, el factor de día máximo escogido fue de 1,20, debido a que la población rural futura será mayor de los 1 000 habitantes. De manera que, el caudal máximo diario se calculó de la siguiente manera:

$$Q_{Md} = 1,64 \frac{L}{s} * 1,20$$

$$Q_{Md} = 1,97 \frac{L}{s}$$

#### **2.3.4.3. Caudal máximo horario**

A este caudal también se le conoce como caudal de distribución, debido a que es el utilizado para diseñar la línea o red de distribución. Es la hora de máximo consumo del día, el valor obtenido se usará para el diseño de la red de distribución.

En este caudal se utiliza el factor de hora máximo que es un incremento al caudal medio diario para tomar en cuenta el consumo de agua que se puede dar en un sistema en las horas de alta demanda. El factor de hora máxima se encuentra en un rango de 2,00 a 3,00 para poblaciones rurales futuras que no superan los 1 000 habitantes, mientras que para las que lo sobrepasan, el factor

que se utiliza es de 2,00. La selección del factor debe ser inversa al número de habitantes a servir.

El caudal máximo horario se calcula multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máximo, la fórmula se muestra a continuación:

$$Q_{MH} = Q_m * FMH$$

*Donde:*

*Q<sub>MH</sub> = Caudal máximo horario (L/s)*

*Q<sub>m</sub> = Caudal medio diario (L/s)*

*FMH = Factor de hora máximo*

Para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, el factor de hora máximo escogido fue de 2,00, debido a que la población rural futura era sobrepasará los 1 000 habitantes. De manera que, el caudal máximo diario se calculó de la siguiente manera:

$$Q_{MH} = 1,64 \frac{L}{s} * 2,00$$

$$Q_{MH} = 3,28 \frac{L}{s}$$

#### **2.3.4.4. Caudal instantáneo**

El caudal instantáneo representa la cantidad de agua en litros por unidad de tiempo en segundos que pasaría por una tubería si teóricamente todas las conexiones domiciliarias de un ramal estuvieran abiertos al mismo tiempo. Éste caudal no puede ser menor a 0,20 L/s, de ser así, se tomará como valor mínimo

el anteriormente mencionado. Éste caudal es utilizado para el diseño de redes de distribución abiertas.

Para el diseño de un ramal de un sistema de abastecimiento de agua potable, se debe realizar un balance entre el caudal instantáneo y el caudal máximo horario, el más grande de ambos será el que se tomará en cuenta para el diseño de la tubería de dicho ramal en estudio.

El caudal instantáneo se opera multiplicando un coeficiente que depende de la forma en la que se brindará el agua a los pobladores: por conexiones intradomiciliarios, llena cantaros o predial; la fórmula se muestra a continuación:

$$Q_i = K * \sqrt{N_{viv} - 1}$$

*Donde:*

*Q<sub>i</sub> = Caudal instantáneo (L/s)*

*K = Coeficiente*

*n<sub>viv</sub> = Número de viviendas futuras existentes en el ramal (viviendas)*

Siendo los valores de K los siguientes: 0,15 para ramales con una cantidad de viviendas menor a 55, 0,20 para ramales con una cantidad de viviendas mayor a 55 y 0,25 para ramales con sistema de llena cántaros.

#### **2.3.4.5. Caudal de vivienda**

El caudal de vivienda es la proporción de agua en litros por unidad de tiempo en segundos que le corresponde a cada hogar dentro de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable. El mismo se calcula dividiendo

el caudal máximo horario con el número de viviendas actuales, la fórmula se muestra a continuación:

$$Q_v = \frac{Q_{MH}}{V_{act}}$$

*Donde:*

*Q<sub>v</sub> = Caudal de vivienda unitario (L/s/vivienda)*

*Q<sub>MH</sub> = Caudal máximo horario (L/s)*

*V<sub>act</sub> = Número de viviendas actuales en el ramal (viviendas)*

### **2.3.5. Velocidades del sistema**

Las velocidades para un sistema de abastecimiento de agua potable tanto para línea de conducción y distribución, están especificadas en el folleto del Instituto de Fomento Municipal INFOM versión 2011. Esta nos dice que para un sistema de estos el flujo debe ir por lo menos a una velocidad mínima de 0,60 m/s y una velocidad máxima de 3,00 m/s.

### **2.3.6. Presiones del sistema**

Las presiones de sistema de acuerdo con EMPAGUA no deben ser menos del 10 % m.c.a. y no puede ser más del 40 % m.c.a tal como se explica a continuación

### **2.3.6.1. Presión estática**

La presión estática es la que contiene un fluido, independientemente de la velocidad de este, esto quiere decir que mientras no haya flujo adentro del sistema la presión se mantendrá estática.

### **2.3.6.2. Presión dinámica**

Se puede decir que cuando los fluidos se mueven en un conducto, la inercia del movimiento provoca un incremento adicional de la presión estática al chocar sobre un área perpendicular al movimiento, esto indica que cuando hay flujo en el sistema y este pasa haciendo fricción en la tubería la presión estática cambia de valor.

### **2.3.7. Línea de conducción**

La línea de conducción es la parte de un sistema de abastecimiento de agua potable que transporta el agua captada desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento del proyecto. La misma está constituida generalmente por tubería de Policloruro de vinilo (PVC), la cual se encuentra enterrada a diferentes profundidades según sea el caso, las cuales dependen del uso que se tiene para el suelo en la superficie de la zanja. Se debe tener en cuenta que la línea de carga dinámica no debe quedar enterrada en el perfil del terreno natural y como mínimo debe estar a 1,00 m sobre el nivel de este.

Como ejemplo se diseñará la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro. El procedimiento para el diseño por el primer método se muestra a continuación.

Se empieza calculando el caudal de bombeo a utilizar en la línea de conducción con la siguiente formula:

$$Q_b = \frac{Q_{\text{día max.}} * 24}{T_b}$$

*Donde:*

*Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo (L/s)*

*Q<sub>día max.</sub> = Caudal máximo diario (L/s)*

*T<sub>b</sub> = Tiempo de bombeo (horas)*

El tiempo de bombeo que se utilizará para esta red de conducción será de 6 horas/día, sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos:

$$Q_b = \frac{1,97 \frac{L}{s} * 24}{6 \text{ horas}}$$

$$Q_b = 7,86 \frac{L}{s}$$

Ya que se calculó el caudal de bombeo, procedemos con el cálculo del diámetro económico que se utilizara en la línea de conducción con la siguiente formula:

$$D_{\text{económico}} = \sqrt{\frac{1\ 974 * Q_b}{V}}$$

*Donde:*

*D<sub>economico</sub> = Diámetro económico a utilizar en la línea de conducción (pulg)*



$Q_b =$  Caudal de bombeo

$V =$  Velocidad de diseño que oscila entre 0,60 m/s y 3,00 m/s

Sustituyendo valores a la fórmula anterior obtenemos:

$$D_{económico1} = \sqrt{\frac{1\,974 * 7,86 \frac{L}{s}}{0,6 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{económico1} = 6,19 \text{ pulgadas}$$

$$D_{económico2} = \sqrt{\frac{1\,974 * 7,86 \frac{L}{s}}{3,00 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{económico2} = 2,27 \text{ pulgadas}$$

Prosiguiendo con el diseño de la línea de conducción, ahora se calcula el factor de amortización con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{r * (r + 1)^n}{(r + 1)^n - 1}$$

Donde:

$A =$  Factor de amortización

$r =$  Tasa de interés anual

$n =$  Periodo de diseño

Para el caserío Playa de Oro se tomaron en cuenta un periodo de diseño de 25 años, una tasa de interés anual de 13,1 %. Sustituyendo valores obtenemos:

$$A = \frac{13,1\% * (13,1\% + 1)^{25}}{(13,1\% + 1)^{25} - 1}$$
$$A = 0,011$$

A continuación, se calculará la cantidad de tubos que se utilizará en la línea de conducción con la siguiente formula:

$$C_t = \frac{L}{6}$$

*Donde:*

*C<sub>t</sub> = cantidad de tubos*

*L = Longitud total de la línea de conducción*

El tramo de la línea de conducción para el caserío Playa de Oro es de aproximadamente 1 652 metros. Sustituyendo valores a la formula obtenemos:

$$C_t = \frac{1\ 696,10\ m}{6}$$

$$C_t = 283\ tubos$$

En la siguiente tabla podremos apreciar el costo de tuberías, este es el resultado de haber multiplicado el factor de amortización, el costo de la tubería que se consultó en el Manuel de Costos de tubería de AMANCO y la cantidad de

tubos que se calculó con anterioridad. El rango de tuberías a las que se les hizo la operación fue desde 2" a 6".

Tabla II. Costo de tuberías

TABLA DE COSTOS POR TUBO DE PVC, CLASE 160, JUNTA RÁPIDA				
DIÁMETRO	AMORTIZACIÓN	COSTO DE TUBERÍA (Q)	CANTIDAD DE TUBOS	COSTO POR MES (Q)
2"	0,011354	107,70	283	346,06
2 1/2"	0,011354	157,90	283	507,36
3"	0,011354	230,70	283	741,28
4"	0,011354	377,20	283	1212,01
5"	0,011354	609,90	283	1959,72
6"	0,011354	800,60	283	2572,47

Fuente: elaboración propia.

Ahora proseguimos con el cálculo de pérdida de cargas con la fórmula de Hazen-Williams la cual describiremos a continuación:

$$H_f = \left( \frac{1\,743,811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \right)$$

Donde:

$H_f$  = Pérdida de carga (m)

$L$  = Longitud de la tubería (m)

$Q$  = Caudal (L/s)

$C$  = Coeficiente de fricción

$D$  = Diámetro de la tubería (pulgadas)

Como ejemplo se calculará la pérdida de carga de la tubería de 2" sustituyendo valores en la fórmula de Hazen-Williams:

$$H_{f2''} = \left( \frac{1\,743,811 * 1\,696,10 \text{ m} * 1,05 * 7,86 \frac{\text{L}}{\text{s}}^{1.85}}{150^{1.85} * 2''^{4.87}} \right)$$

$$H_{f2''} = 454,25 \text{ m}$$

En la siguiente tabla se muestran las pérdidas de carga del resto de tuberías hasta llegar a las de 6" utilizando la fórmula de Hazen-Williams.

Tabla III. **Perdida de carga para tuberías en red de conducción**

DIÁMETRO DE TUBERÍA	PERDIDA DE CARGA (m)
2"	454,25
2 1/2"	153,23
3"	63,06
4"	15,53
5"	5,24
6"	2,16

Fuente: elaboración propia.

Continuamos con el cálculo de la potencia de bomba que se utilizara para la red de conducción. La fórmula que se utilizara es la siguiente:

$$P = \frac{Q * h}{76 * e}$$

*Donde:*

*P = Potencia (hp)*

*Q = Caudal de bombeo (L/s)*

*E = Eficiencia al 60%*

*h = Perdida de carga*

Como ejemplo, se calculará la potencia en HP para la pérdida de carga de la tubería de 2" con la formula anterior.

$$P_{H2} = \frac{7,86 \frac{L}{S} * 454,25 m}{76 * 60 \%}$$

$$P_{H2} = 78,40 hp$$

En la tabla cuatro se podrá observar la potencia de las diferentes perdidas de carga para el resto de las tuberías.

Tabla IV. **Potencias para las pérdidas de carga**

DIÁMETRO DE TUBERÍA	POTENCIA (HP)
2"	78,34
2 1/2"	26,43
3"	10,87
4"	2,68
5"	0,90
6"	0,37

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Conversión de potencia de Hp a Kilowatts (1 HP = 0,746 KW)**

DIÁMETRO DE TUBERÍA	POTENCIA (KW)
2"	58,44
2 1/2"	19,71
3"	8,11
4"	2,00
5"	0,67
6"	0,28

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se mostrarán la energía requerida por mes para cada pérdida de carga, el costo de energía por Kw-hora (Q 1,59 de la empresa EGGSA) y el costo total de tuberías para poder determinar cuál es el diámetro económico que se utilizara para la línea de conducción para el caserío Playa de oro.

Tabla VI. **Energía mensual, costo de energía y costos totales en línea de conducción**

<b>Diámetro en tubería</b>	<b>Costo de tubería</b>	<b>Costo de energía por mes (Q)</b>	<b>Costo total (Q)</b>
Pot 2"	346,06	12 195,35	12 541,41
Pot 2 1/2"	507,36	4 113,79	4 621,16
Pot 3"	741,28	1 692,89	2 434,18
Pot 4"	1 212,01	417,04	1 629,05
Pot 5"	1 959,72	140,68	2 100,40
Pot 6"	2 572,47	57,89	2 630,36

Fuente: elaboración propia.

Analizando la tabla anterior, se puede observar que la tubería con diámetro de 4" es la más eficiente y económica. Esta tubería se llegaría a utilizar media vez se cumplan con los parámetros de velocidad y presión establecidos.

### **2.3.8. Tanque de almacenamiento**

Un tanque de almacenamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como objetivo cumplir con la ocupación de tener capacidad para regular las variaciones horarias del consumo o demanda, considerando la capacidad de producción de la fuente.

Los tanques de almacenamiento, que no sean elevados, pueden hallarse totalmente enterrados, semienterrados o por encima del terreno natural. Una vez se haya fijado su tipo y su localización, se deben considerar las obras de prevención necesarias, tales como: contracunetas, muros de contención, drenaje francés, entre otros. Las cuales sean necesarias para la protección de la estructura, evitando contaminación por infiltraciones u otros aspectos que dañen progresivamente al tanque. Todo tipo de tanque de almacenamiento, que no sea elevado, pudiendo ser de concreto ciclópeo, concreto armado o mampostería, deben ser totalmente selladas con una losa de concreto reforzado

Para tanques de almacenamiento, que no sean elevados, su volumen puede ser calculado mediante un estudio de demanda real de la comunidad a la que se desea abastecer, de lo contrario se considerará para su diseño del 25,00 % al 40,00 % del caudal medio diario en el caso que sea un sistema conducido por gravedad. Las relaciones que debe existir largo-ancho para un tanque pueden ser de 1:1,25 a 2:1 y la altura mínima para el tanque debe ser de 1,20 m.

Para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, el tanque de almacenamiento que se edificará es de tipo semienterrado, su capacidad será del 40,00 % del caudal medio diario que se obtuvo de acuerdo con la población futura que se abastecerá en dicha comunidad. La estructura de este se hará de concreto ciclópeo. El diseño de este se muestra a continuación:

- Diseño de la capacidad de almacenamiento del tanque y sus dimensiones:

$$V_{cap} = \frac{Q_{med} * 86\ 400\ s}{1\ 000 \frac{l}{m^3}}$$

Donde:

$V_{cap}$  = Volumen de capacidad ( $m^3$ )

$Q_{med}$  = Caudal medio diario del sistema (L/s)

$$V_{cap} = \frac{1,64 \frac{L}{s} * 86\ 400\ s}{1\ 000 \frac{L}{m^3}}$$

$$V_{cap} = 141,70\ m^3$$

El volumen se aproximará al entero mayor, de la siguiente manera, esto con fines de manejar números enteros para las dimensiones:

$$V_{cap} = 142,00\ m^3$$

A este dato se le sacará el 40,00 %, contemplando que a la altura interna que se le dará al tanque existirán aproximadamente 30,00 centímetros en los cuales no habrá agua:

$$V_{tan} = 40,00\ \% * (142,00\ m^3)$$

$$V_{tan} = 56,68\ m^3$$

$$V_{tan} \approx 57,00\ m^3$$

De igual manera que para el volumen de capacidad total al día, el volumen del tanque de almacenamiento se aproximará al entero mayor, de la siguiente manera, esto con fines de manejar números enteros para las dimensiones.



Diseño de las dimensiones para el tanque de almacenamiento: (Utilizando la relación 1:1,25 y asumiendo la altura de 2,00 m)

$$V_{tan} \approx A_{tan} * L_{tan} * h_{tan}$$

Donde:

$$V_{tan} = \text{Volumen del Tanque [m}^3\text{]}$$

$$A_{tan} = \text{Ancho del Tanque [m]}$$

$$L_{tan} = \text{Longitud del Tanque [m]}$$

$$h_{tan} = \text{Altura del Tanque [m]}$$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$V_{tan} \approx A_{tan} * 1,25 * A_{tan} * h_{tan}$$

$$V_{tan} \approx 1,25 * (A_{tan})^2 * h_{tan}$$

$$57,00 \text{ m}^3 \approx 1,25 * (A_{tan})^2 * 2,00 \text{ m}$$

$$A_{tan} = \sqrt{\frac{57,00 \text{ m}^3}{1,25 * 2}}$$

$$4,77 \text{ m} \approx A_{tan}$$

De esta manera tenemos que el ancho del tanque de almacenamiento será de 4,77 m, pero por facilidad se aproximará al entero superior, ya que constructivamente es más fácil trabajar con números enteros:

$$5,00 \text{ m} \approx A_{tan}$$

Habiendo obtenido este dato, anteriormente con la relación largo ancho, habíamos deducido que el largo es dos veces el ancho, entonces:

$$L_{tan} \approx 1,25 * A_{tan}$$

$$L_{tan} \approx 1,25 * (5,00m)$$

$$L_{tan} \approx 6,00 m$$

De esta manera tenemos que las dimensiones del tanque son las siguientes:

$$A_{tan} \approx 5,00 m$$

$$L_{tan} \approx 6,00 m$$

$$H_{tan} \approx 2,00 m$$

- Diseño estructural del tanque de almacenamiento para el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Playa de Oro:
- Propiedades de los materiales:
  - Resistencia del concreto = 210,00 kg/cm<sup>2</sup>
  - Resistencia del acero = 4,200 kg/cm<sup>2</sup>
  - Peso específico del concreto = 2,400 kg/cm<sup>3</sup>
- Parámetros de diseño:
  - Sobrecarga = 100,00 kg/cm<sup>2</sup>
  - Carga viva = 200,00 kg/cm<sup>2</sup>

Para comenzar con el diseño del elemento estructural, se debe determinar la relación que existe entre el lado largo de la losa con el lado corto, como se muestra a continuación:

$$l = \frac{a}{b}$$

*Donde:*

*l = Sentido de la Losa*

*a = Lado Corto de la Losa [m]*

*b = Lado Largo de la Losa [m]*

Sustituyendo valores a la fórmula:

$$l = \frac{5,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}}$$

$$l = 0,83$$

Con este dato establecemos que la losa trabaja a dos sentidos, ya que si la relación es menor a 0,50 entonces la misma trabaja únicamente en dos sentidos. Posteriormente, pasamos a calcular el espesor de losa de la siguiente manera:

$$t = \frac{P_{losa}}{180}$$

*Donde:*

*t = Espesor de la Losa (cm)*

*P<sub>losa</sub> = Perímetro de la Losa (m)*

$$t = \frac{2(5,00m) + 2(6,00m)}{180} = 0,122m \approx 13,00 \text{ cm}$$

$$t = 13,00 \text{ cm}$$

Teniendo el espesor de la losa, comenzamos con la integración de cargas por metro lineal del lado largo, la cual se realiza de la siguiente manera:

- Integración de carga muerta:
  - Peso propio de la losa

$$P_p = \delta_{\text{concreto}} * t_{\text{losa}} * b * 1,00 \text{ m}$$

*Donde:*

$P_p$  = *Peso Propio de la Losa (kg)*

$\delta_{\text{concreto}}$  = *Peso Específico del Concreto (kg/m<sup>3</sup>)*

$t_{\text{losa}}$  = *Espesor de Losa (m)*

$b$  = *Lado largo de la losa (m)*

$$P_p = 2,400 \text{ kg/m}^3 * 0,13m * 6,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}$$

$$P_p = 1872,00 \text{ kg}$$

- Sobrecarga

$$S_{\text{carga}} = S_s * b * 1,00 \text{ m}$$

*Donde:*

$S_{\text{carga}}$  = *Sobrecarga [kg]*

$$S_s = \text{Carga de Sobrecarga} \left[ 100 \frac{kg}{m^2} \right]$$

$$b = \text{Lado largo de la Losa} \text{ [m]}$$

$$S_{carga} = 100,00 \frac{kg}{m^2} * 6,00 m * 1,00 m$$

$$S_{carga} = 600,00 kg$$

Ya calculadas las cargas muertas que soportará la losa, se procede a la sumatoria de las mismas y a distribuirlas por lo largo del lado que se analiza, finalmente el resultado del procedimiento anterior se factora, dependiendo de la combinación de carga última que se escoja, para obtener la carga muerta última distribuida sobre la losa del lado en análisis, se calcula de la siguiente manera:

- Carga muerta:

$$CM = \frac{(P_p + S_{carga})}{b}$$

Donde:

$$CM = \text{Carga Muerta} \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

$$P_p = \text{Peso Propio de la Losa} \text{ [kg]}$$

$$S_{carga} = \text{Sobrecarga en la Losa} \text{ [kg]}$$

$$S_s = \text{Lado largo de la Losa} \text{ [m]}$$

$$CM = \frac{(1\ 872,00 kg + 600,00 kg)}{6,00 m}$$

$$CM = 412,00 \text{ kg/m}^2$$

- Carga muerta última:

$$CM_U = 1,4 * CM$$

$$CM_U = 576,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Integración de carga viva:

$$CV = \frac{C_{uso} * 1,00 \text{ m} * b}{b}$$

$$CV = \text{Carga Viva} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

$$C_{uso} = \text{Carga Viva de Azotea} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

$b = \text{Lado largo de la losa (m)}$

$$CV = \frac{200,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,00 \text{ m} * 6,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}}$$

$$CV = 200,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga viva última:

$$CV_U = 1.7 * CV$$

$$CV_U = 340,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga ultima total:

$$CU = CM_U + CV_U$$

Donde:

$$CM_U = \text{Carga Muerta Ultima} \left[ \frac{kg}{m^2} \right]$$

$$CV_U = \text{Carga Viva Ultima} \left[ \frac{kg}{m^2} \right]$$

$$CU = 576,80 \frac{kg}{m^2} + 340,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CU = 916,80 \frac{kg}{m^2}$$

- Determinación de armado de losa:

Como primer paso se determina el caso al que pertenece la losa que se está analizando, debido a que la losa del tanque de almacenamiento del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Playa de Oro no tienen continuidad en ninguno de sus cuatro lados.

Una vez determinado el caso al que pertenece la losa y sabiendo la relación a/b que tiene dicho elemento estructural, se localiza el número de caso en las columnas y la relación a/b en las filas de dichas tablas.

Debido a que la relación a/b que se tiene de la losa del tanque de almacenamiento es de 0,53, y dicho dato no se encuentra específicamente en las filas de las tablas, se procede a observar los valores que se aproximen a dicho número, observando el límite inferior y el superior.

Analizando de primero la tabla con coeficientes a y b para momentos positivos producidos por la carga muerta última distribuida, tenemos los siguientes coeficientes:

- Para  $a/b = 0,86$ ,  $C_a = 0,050$
- Para  $a/b = 0,80$ ,  $C_a = 0,056$
- Para  $a/b = 0,86$ ,  $C_b = 0,026$
- Para  $a/b = 0,80$ ,  $C_b = 0,023$

La relación  $a/b$  del tanque de almacenamiento es de 0,53, por lo que se obtienen los coeficientes  $C_a$  y  $C_b$  con una interpolación lineal.

- $C_{a\ CV}$  para  $a/b = 0,83$

$$\frac{0,86 - 0,80}{0,83 - 0,80} = \frac{0,050 - 0,056}{C_a - 0,056}$$

$$C_{a\ CV} = 0,053$$

- $C_{b\ CV}$  para  $a/b = 0,83$

$$\frac{0,86 - 0,80}{0,83 - 0,80} = \frac{0,023 - 0,026}{C_b - 0,026}$$

$$C_{b\ CV} = 0,0245$$

- Coeficientes para Momentos Positivos – Carga Muerta

- Para  $a/b = 0,85$ ,  $C_a = 0,050$



- Para  $a/b = 0,80$ ,  $C_a = 0,056$
- Para  $a/b = 0,85$ ,  $C_b = 0,026$
- Para  $a/b = 0,80$ ,  $C_b = 0,023$

La relación  $a/b$  del tanque de almacenamiento es de 0,53, por lo que se obtienen los coeficientes  $C_a$  y  $C_b$  con una interpolación lineal.

- $C_{a\ CM}$  para  $a/b = 0,83$

$$\frac{0,85 - 0,80}{0,83 - 0,80} = \frac{0,05 - 0,056}{C_a - 0,056}$$

$$C_{a\ CM} = 0,0524$$

- $C_{b\ CM}$  para  $a/b = 0,83$

$$\frac{0,85 - 0,80}{0,83 - 0,80} = \frac{0,026 - 0,023}{C_b - 0,023}$$

$$C_{b\ CM} = 0,0248$$

Dichos datos se aplican a la fórmula siguiente para el cálculo del momento positivos producido por la carga muerta:

$$MA (+) = C_{a\ CM} * CM_U * A^2 + C_{a\ CV} * CV_U * A^2$$

Donde:

$MA (+)$  = Momento Positivo Total en el Lado Corto [kg \* m]

$C_{a\ CM}$  = Coeficiente a para carga muerta, de la tabla del Metodo 3 del ACI

$CM_U = \text{Carga Muerta Ultima } [kg/m^2]$

$C_{a\ CV} = \text{Coeficiente a para carga viva, de la tabla del Metodo 3 del ACI}$

$CV_U = \text{Carga Viva Ultima } [kg/m^2]$

$A = \text{Lado corto de la Losa } [m]$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$MA (+) = 0,0524 * 576,80 \text{ Kg}/m^2 * (5,00 \text{ m})^2 + 0,053 * 340,00 \text{ Kg}/m^2 * (5,00m)^2$$

$$MA (+) = 1206,101 \text{ kg} * m$$

Procedemos a calcular el momento positivo provocado por la carga muerta para el lado largo de la losa:

$$MB (+) = C_{b\ CM} * CM_U * B^2 + C_{b\ CV} * CV_U * B^2$$

Donde:

$MA (+) = \text{Momento Positivo Total en el Lado Largo } [kg * m]$

$C_{b\ CM} = \text{Coeficiente b para carga muerta, de la tabla del Metodo 3 del ACI}$

$CM_U = \text{Carga Muerta Ultima } [kg/m^2]$

$C_{b\ CV} = \text{Coeficiente b para carga viva, de la tabla del Metodo 3 del ACI}$

$CV_U = \text{Carga Viva Ultima } [kg/m^2]$

$B = \text{Lado corto de la Losa } [m]$

$$MB (+) = 0,0248 * 576,80 \text{ Kg}/\text{m}^2 * (6,00 \text{ m})^2 + 0,0245 * 340,00 \text{ Kg}/\text{m}^2 * (6,00 \text{ m})^2$$

$$MB (+) = 814,85 \text{ kg} * \text{m}$$

Debido a que el elemento estructural del tanque de almacenamiento no tiene continuidad en ninguno de sus lados, el momento negativo de un eje se considera una tercera parte del momento positivo de lado en análisis, para este caso, los momentos negativos son los siguientes:

- Lado Corto MA (-)

$$A (-) = \frac{1}{3} * MA(+)$$

Donde:

*MA (-) = Momento Negativo Total en el Lado Corto [kg \* m]*

*MA (+) = Momento Positivo Total en el Lado Corto [kg \* m]*

$$MA (-) = \frac{1}{3} * (1206,108 \text{ kg} * \text{m})$$

$$MA (-) = 402,036 \text{ kg} * \text{m}$$

- Lado Largo MB (-)

$$MB (-) = \frac{1}{3} * MB(+)$$

Donde:

$MA (-) = \text{Momento Negativo Total en el Lado Corto } [kg * m]$

$MA (+) = \text{Momento Positivo Total en el Lado Corto } [kg * m]$

$$MA (-) = \frac{1}{3} * (814,847 \text{ kg} * m)$$

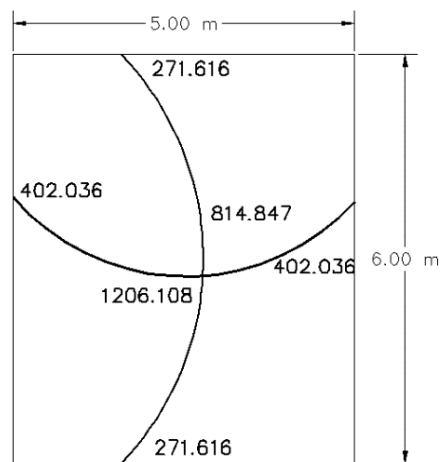
$$MB(-) = 271,62 \text{ kg} * m$$

Tabla VII. **Resumen de los momentos diseño para la losa**

Lado	Momento Positivo (kg*m)	Momento Negativo (kg*m)
<b>Corto (a)</b> MA	1 206,108	402,036
<b>Largo (b)</b> MB	814,847	271,616

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Grafica de momentos de losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Para el cálculo del armado de la losa, se procede a escoger el momento mayor entre el positivo y el negativo para cada uno de los lados de la losa.

Para el área de acero del lado corto de la losa necesitamos sustituir datos en las siguientes fórmulas proporcionadas por el ACI 318S-14, las cuales forman parte del método iterativo para determinar el refuerzo de una sección unitaria de losa maciza.

$$A_s = \frac{M_a * \left(\frac{100cm}{1,00 m}\right)}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a_c}{2}\right)} \quad [cm^2]$$

Donde:

$A_s$  = Área de Acero  $[cm^2]$

$M_a$  = Momento Total del Lado Corto  $[kg * m]$

$\phi$  = Factor de Seguridad de Resistencia del Acero [adimensional]

$f_y$  = Resistencia del Acero  $[kg/cm^2]$

$d$  = Peralte de la Losa  $[cm^2]$

$$a_c = \frac{A_s * f_y}{\theta * f'_c * 100cm} \quad [cm]$$

Donde:

$a_c$  = Altura del Bloque Equivalente de Esfuerzos  $[cm]$

$A_s$  = Área de Acero  $[cm^2]$

$f_y$  = Resistencia del Acero  $[kg/cm^2]$

$\theta$  = Factor de Seguridad de Resistencia del Concreto [adimensional]

$f'_c$  = Resistencia del Concreto  $[kg/cm^2]$

- Cálculo de Peralte de Losa

$$d = t_{losa} - (rec + \frac{\emptyset}{2})$$

Donde:

$d =$  Peralte de la Losa [cm]

$t_{losa} =$  Espesor de la Losa [cm]

$\emptyset =$  Diámetro de Varilla de Acero [cm]

$$d = 13.00 \text{ cm} - (3,00 \text{ cm} + \frac{\frac{4''}{8} * (\frac{2,54 \text{ cm}}{1''})}{2})$$

$$d = 9,37 \text{ cm}$$

Una vez determinado el peralte, procedemos a calcular el área de acero para el lado corto de la losa. Debemos asumir un valor de “a”, el cual nos servirá nada más como referencia para continuar con el método iterativo. Para la primera iteración asumiremos un valor de 5,00 cm:

- Cálculo de Primera Iteración

$$A_s = \frac{M_a * (\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}})}{\emptyset * f_y * (d - \frac{a_c}{2})}$$

$$A_s = \frac{(1\ 206,108 \text{ kg} * \text{m}) * (\frac{100 \text{ cm}}{1,00 \text{ m}})}{0.9 * (2\ 800 \text{ kg/cm}^2) * (9,37 - \frac{5,00 \text{ cm}}{2})}$$

$$A_s = 6,97 \text{ cm}^2$$

$$ac = \frac{A_s * f_y}{\theta * f'_c * 100cm} \text{ [cm]}$$

$$ac = \frac{(6,97 \text{ cm}^2) * (2800 \text{ kg/cm}^2)}{0,85 * (210,00 \text{ kg/cm}^2) * 100cm}$$

$$ac = 1,90 \text{ m}$$

Tabla VIII. Iteraciones del área de refuerzo para lado corto de la losa

Iteración	a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
1	5,000	6,966
2	1,902	5,685
3	0,891	5,363
4	0,841	5,348
5	0,838	5,347
6	0,838	5,347

Fuente: elaboración propia.

Como se pudo observar las ecuaciones hicieron que el área de acero convergiera en 5,35 cm<sup>2</sup> y el valor de “a” en 0,838 cm. Por facilidad se trabajarán ambos datos con una aproximación al inmediato superior en dos decimales, entonces los valores finales quedan así:

$$ac = 0,838 \text{ m}$$

$$A_s = 5,3473 \text{ cm}^2$$

El siguiente paso consta en calcular el área de acero mínimo. La cual, según la tabla 8.6.1.1, del ACI 318S-14, nos menciona la forma de calcular el área de acero mínimo para diferentes resistencias del acero, para nuestro caso se calcula de la siguiente manera:

$$A_{Smin} = 0,0020 * A_g$$

*Donde:*

$$A_{Smin} = \text{Área de Acero Mínima [cm}^2\text{]}$$

$$A_g = \text{Área Bruta de Sección [cm}^2\text{]}$$

$$A_{Smin} = 0,0020 * (13,00 \text{ cm} * 100,00 \text{ cm})$$

$$A_{Smin} = 2,60 \text{ cm}^2$$

De este modo podemos observar que el área de acero mínimo es menor que el área de acero solicitado por el momento a resistir, tomando en cuenta que se tomará este último para continuar con el cálculo del espaciamiento de las varillas.

- Cálculo de Numero de Varillas

$$\text{Número de Varillas} = \frac{A_s}{A_{varilla}}$$

*Donde:*

$$A_s = \text{Área de Acero a Utilizar [cm}^2\text{]}$$

$$A_{varilla} = \text{Área Sección Transversal de la Varilla [cm}^2\text{]}$$



$$\text{Número de Varillas} = \frac{5,3473 \text{ cm}^2}{\frac{\pi}{4} * \left[ \frac{4}{8} \text{ pulg} * \left( \frac{2,54 \text{ cm}}{1,00 \text{ pulg}} \right) \right]^2} \text{ (unidades)}$$

$$\text{Número de Varillas} = 4,22 \text{ unidades}$$

$$\text{Número de Varillas} \approx 5,00 \text{ unidades}$$

El procedimiento para calcular el espaciamiento de las varillas que conformarán el área de acero en un metro lineal de la losa es el siguiente:

- Espaciamiento entre de varillas en un metro lineal de losa

$$S = \frac{100,00 \text{ cm}}{\text{Número de Varillas}}$$

$$S = \frac{100,00 \text{ cm}}{5,00}$$

$$S = 20,00 \text{ cm}$$

Es fundamental conocer que el espaciamiento determinado es el máximo permisible, ya que, si se apartan aún más, el área de acero no desempeñará con la cantidad necesaria para el metro lineal de losa que se está diseñando.

Para determinarlo se muestra el espaciamiento máximo que debe tener una losa: Se debe tomar en cuenta que según el ACI 318S-14, en el capítulo 8, sección 8.7, división 8.7.2, subdivisión 8.7.2.2, se especifica el espaciamiento máximo que se puede obtener, en una sección crítica de la losa. El cálculo es el siguiente:

$$S_{max} = 3t_{losa}$$

Donde:

$S$  = Espaciamiento Máximo entre varillas (cm)

$t_{losa}$  = Espesor de la Losa (cm)

$$S_{max} = 3(13,00 \text{ cm})$$

$$S_{max} = 39,00 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 18,00 \text{ pulg} * \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1,00 \text{ pulg}}\right)$$

$$S = 45,72 \text{ cm}$$

Este espaciamiento máximo pretende asegurar la acción de la losa, reducir el agrietamiento en el concreto y tener en cuenta la posible concentración de cargas en áreas pequeñas de la losa.

Finalmente tenemos el siguiente armado para el lado corto de la losa superior:

$$\# 4 @ 0,20 \text{ m}$$

- Cálculo de Área de Acero para el lado largo:

$$\frac{M_b * \left(\frac{100,00 \text{ cm}}{1,00 \text{ m}}\right)}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a_c}{2}\right)}$$

Donde:

$A_s = \text{Área de Acero } [cm^2]$

$M_b = \text{Momento Total del Lado Largo } [kg * m]$

$\emptyset = \text{Factor de Seguridad de Resistencia del Acero } [adimensional]$

$f_y = \text{Resistencia del Acero } [kg/cm^2]$

$d = \text{Peralte de la Losa } [cm^2]$

$$a_c = \frac{A_s * f_y}{\emptyset * f'_c * 100,00cm}$$

Donde:

$a_c = \text{Altura del Bloque Equivalente de Esfuerzos } [cm]$

$A_s = \text{Área de Acero } [cm^2]$

$f_y = \text{Resistencia del Acero } [kg/cm^2]$

$\emptyset = \text{Factor de Seguridad de Resistencia del Concreto } [adimensional]$

$f'_c = \text{Resistencia del Concreto } [kg/cm^2]$

El peralte de la losa sigue siendo el mismo para el tanque de distribución del caserío Playa de Oro.

- Cálculo de Primera Iteración

Se tomará una iteración empezando con un valor de  $a = 5,00 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_a * \left(\frac{100cm}{1m}\right)}{\emptyset * f_y * \left(d - \frac{a_c}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{(814,847 \text{ kg} * m) * (\frac{100,00 \text{ cm}}{1,00 \text{ m}})}{0,90 * (2,800 \text{ kg/cm}^2) * (9,37 - \frac{5,00 \text{ cm}}{2})}$$

$$A_s = 3,56 \text{ cm}^2$$

$$ac = \frac{A_s * f_y}{\theta * f'_c * 100,00 \text{ cm}} \text{ [cm]}$$

$$ac = \frac{(3,56 \text{ cm}^2) * (2,800 \text{ kg/cm}^2)}{0,85 * (210,00 \text{ kg/cm}^2) * 100,00 \text{ cm}}$$

$$ac = 0,74 \text{ m}$$

Tabla IX. **Iteraciones de diseño para lado largo de la losa**

Iteración	a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
1	5,000	4,707
2	0,738	3,592
3	0,563	3,558
4	0,558	3,557
5	0,557	3,557
6	0,557	3,557

Fuente: elaboración propia.

$$ac = 0,557 \text{ m}$$

$$A_s = 3,557 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0020 * A_g$$

Donde:

$$A_{Smin} = \text{Área de Acero M\u00ednima [cm}^2\text{]}$$

$$A_g = \text{\u00c1rea Bruta de Secci\u00f3n [cm}^2\text{]}$$

$$A_{Smin} = 0,0020 * (13,00 \text{ cm} * 100,00 \text{ cm})$$

$$A_{Smin} = 2,60 \text{ cm}^2$$

- o C\u00e1lculo de Numero de Varillas

$$\text{N\u00famero de Varillas} = \frac{A_s}{A_{varilla}}$$

Donde:

$$A_s = \text{\u00c1rea de Acero a Utilizar [cm}^2\text{]}$$

$$A_{varilla} = \text{\u00c1rea Secci\u00f3n Transversal de la Varilla [cm}^2\text{]}$$

$$\text{N\u00famero de Varillas} = \frac{3\ 557 \text{ cm}^2}{\frac{\pi}{4} * \left[ \frac{4}{8} \text{ pulg} * \left( \frac{2,54 \text{ cm}}{1,00 \text{ pulg}} \right) \right]^2}$$

$$\text{N\u00famero de Varillas} = 2\ 807 \text{ unidades}$$

$$\text{N\u00famero de Varillas} \approx 3 \text{ unidades}$$

- o Espaciamiento entre de varillas en un metro lineal de losa

$$S = \frac{100,00 \text{ cm}}{\text{N\u00famero de Varillas}}$$

$$S = \frac{100,00 \text{ cm}}{3}$$

$$S = 30,00 \text{ cm}$$

Según el ACI 318, en la subdivisión 8.7.2.2, se establece que el espaciamiento máximo de acero longitudinal corrugado S, para la sección crítica de una losa debe ser el menor entre 3h y 18 pulgadas, donde h es el espesor de la losa.

$$S_{max} = 3t_{losa}$$

*Donde:*

*S = Espaciamiento Máximo entre varillas (cm)*

*t<sub>losa</sub> = Espesor de la Losa (cm)*

$$S_{max} = 3(13,00\text{cm})$$

$$S_{max} = 39,00 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 18,00 \text{ pulg} * \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1,00 \text{ pulg}}\right)$$

$$S = 45,72 \text{ cm}$$

Armado Final para el Lado Largo:

# 3 @ 0,30 m

- Diseño de la losa inferior del tanque de almacenamiento para el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Playa de Oro:

La carga que se le aplique a la losa del tanque es determina por medio de la fuerza que ejerza el peso de agua que este contenga. Para determinar la carga que aplicará el agua cuando el tanque se encuentra lleno, el procedimiento es el siguiente:

$$C_{H_2O} = \frac{\delta_{H_2O} * 1 m * H_{H_2O} * b}{b}$$

Donde:

$C_{H_2O}$  = Carga distribuida por el Agua [ $kg/m$ ]

$\delta_{H_2O}$  = Peso Especifico del Agua [ $kg/m^3$ ]

$H_{H_2O}$  = Altura del Agua (m)

$b$  = Lado largo del tanque (m)

$$C_{H_2O} = \frac{1\,000,00 \text{ kg}/m^3 * 1,00 \text{ m} * 2,00 \text{ m} * 6,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}}$$

$$C_{H_2O} = 2\,000,00 \text{ kg}/m$$

Aplicando el procedimiento del método 3 del ACI, tomando en cuenta que las condiciones de la losa inferior son idénticas a la de la losa superior, las operaciones son las mismas al igual que los factores para cada lado de la losa, por lo que solo varían los momentos debido a que las cargas aplicadas son diferentes.

Aplicando la sumatoria de momentos para cada lado de la losa, observaremos que la única carga que manejaremos será la carga muerta, ya que no tomamos en cuenta ninguna carga viva para el análisis. De modo que los momentos en la losa inferior quedan de la siguiente manera:

$$MA (+) = 1366,95 \text{ kg} * m$$

$$MB (+) = 931,61 \text{ kg} * m$$

$$MA (-) = 455,65 \text{ kg} * m$$

$$MB (-) = 310,54 \text{ kg} * m$$

Aplicando el método iterativo proporcionado por el ACI 318S-14, para obtener el área de acero de refuerzo para la losa y el espaciamiento de dicho armado, tendremos lo siguiente:

Para el lado corto de la losa:

$$\# 4 @ 0,20 \text{ m}$$

Para el lado largo de la losa:

$$\# 3 @ 0,30 \text{ m}$$

- Diseño de Viga de Losa:

Datos para el Diseño de Viga:

$$F'c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$



$$F'c = 2800,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_{\text{losa}} = 13,00 \text{ cm}$$

$$CM_u = 576,80 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_u = 340,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CM_u = 916,80 \text{ kg/m}^2$$

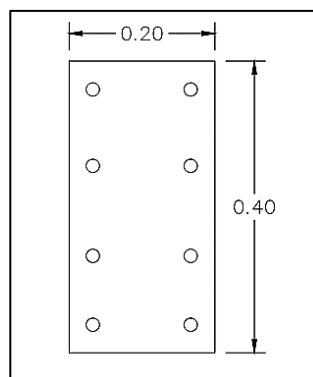
$$\text{Recubrimiento} = 3,00 \text{ cm}$$

Para la determinación de la altura de la viga se utilizó el predimensionamiento de  $h = L/16$  según lo establecido en el ACI y una base con una relación de  $b = h/2$ .

$$h = \frac{6,00 \text{ m}}{16} = 0,375 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

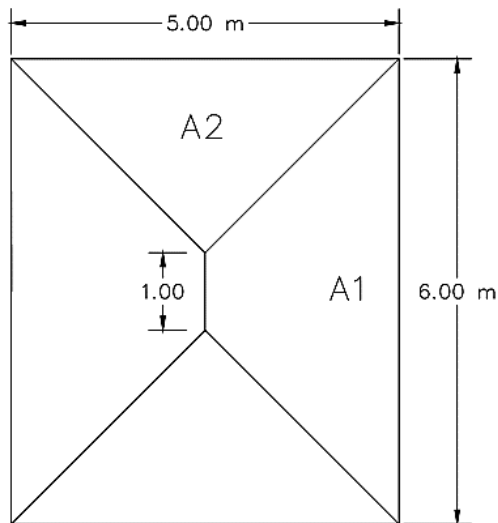
$$b = \frac{0,40}{2} = 0,20 \text{ m}$$

Figura 3. **Representación gráfica de la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Figura 4. Diagrama de Distribución de Áreas Tributarias



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

- Cálculo de Área Tributaria A1:

$$A_1 = \frac{(B + b)}{2} * h$$

*Donde:*

$A_1 = \text{Área de un Trapecio [m}^2\text{]}$

$B = \text{Base Mayor del Trapecio [m]}$

$b = \text{Base Menor del Trapecio [m]}$

$h = \text{Altura del Trapecio [m]}$

$$A_1 = \frac{(6,00 \text{ m} + 1,00 \text{ m})}{2} * (2,50 \text{ m})$$

$$A_1 = 8,75 \text{ m}^2$$

- Cálculo de Peso de Losa Sobre la Viga:

$$W_1 = \frac{CU * A_1}{b}$$

*Donde:*

$W_1 =$  *Peso de Losa Sobre la Viga [kg/m]*

$CU =$  *Carga Ultima Integrada [kg/m<sup>2</sup>]*

$b =$  *Lado Largo de la Losa [m]*

$A_1 =$  *Area Tributaria 1 [m<sup>2</sup>]*

$$W_1 = \frac{916,80 \text{ kg/m}^2 * 8,75 \text{ m}^2}{6,00 \text{ m}}$$

$$W_1 = 1337,00 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de Peso Propio de Viga:

$$W_{viga} = 1,40 * (b_{viga} * h_{viga} * \gamma_{concreto})$$

*Donde:*

$W_{viga} =$  *Peso propio de la Viga [kg/m]*

$h_{viga} =$  *Altura de Viga [m]*

$b_{viga} =$  *Base de Viga [m]*

$\gamma_{concreto} =$  *Peso Especifico del Concreto [2400,00 kg/m<sup>3</sup>]*

$$W_{viga} = 1,40 * (0,20 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2400,00 \text{ kg/m}^3)$$

$$W_{viga} = 268,80 \text{ kg/m}$$

- Cálculo Carga Total de Viga:

$$CT_{viga} = W_1 + W_{viga}$$

Donde:

$CT_{viga}$  = Carga Total de la Viga [kg/m]

$W_{viga}$  = Peso propio de la Viga [kg/m]

$W_1$  = Peso de Losa Sobre la Viga [kg/m]

$$CT_{viga} = 1337,00 \text{ kg/m} + 268,80 \text{ kg/m}$$

$$CT_{viga} = 1605,80 \text{ kg/m}$$

- Determinación de Momentos y Cortes en Viga:

- Momento Negativo en Viga:

$$M(-) = \frac{CT_{viga} * l^2}{8}$$

Donde:

$M(-)$  = Momento Negativo Actuante en Viga [kg \* m]

$CT_{viga}$  = Carga Total de la Viga [kg/m]

$l$  = Longitud de la Viga [m]

$$M(-) = \frac{1605,80 \text{ kg/m} * (6,00 \text{ m})^2}{8}$$

$$M(-) = 7226,10 \text{ kg} * \text{m}$$

- Momento Positivo en Viga:

$$M(+) = \frac{CT_{viga} * l^2}{12}$$

*Donde:*

$M(+)$  = Momento Negativo Actuante en Viga [kg \* m]

$CT_{viga}$  = Carga Total de la Viga [kg/m]

$l$  = Longitud de la Viga [m]

$$M(+) = \frac{1605,80 \text{ kg/m} * (6,00 \text{ m})^2}{12}$$

$$M(+) = 4817,40 \text{ kg} * \text{m}$$

- Corte Último en Viga:

$$V_u = \frac{CT_{viga} * l}{2}$$

*Donde:*

$V_u$  = Corte Ultimo en Viga [kg \* m]

$CT_{viga}$  = Carga Total de la Viga [kg/m]

$l$  = Longitud de la Viga [m]

$$V_u = \frac{1605,80 \text{ kg/m} * 6,00 \text{ m}}{2}$$

$$V_u = 4817,40 \text{ kg}$$

- Cálculo de Área de Acero Requerido

$$A_{req} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right] * 0.85 * \left[ \frac{f'c}{f'y} \right]$$

- Peralte de la Losa:

$$d = h_{viga} - Rec$$

*Donde:*

*d = Peralte de Viga [cm]*

*h<sub>viga</sub> = Altura de la Viga [cm]*

*Rec = Recubrimiento [3 cm]*

$$d = 40,00 \text{ cm} - 3,00 \text{ cm}$$

$$d = 37,00 \text{ cm}$$

$$A_{req} = \left[ (20,0 * 37,0) - \sqrt{(20,0 * 37,0)^2 - \frac{7226,10 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \left[ \frac{210,00}{2800,00} \right]$$

$$A_{req} = 8,52 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de área de acero máxima:

Se calcula la cuantía de acero máxima:

$$\rho_{balanceada} = \frac{0,85^2 * f'c}{f'y} \times \frac{6120}{6120 + f'y}$$

Donde:

$\rho_{balanceada}$  = Cuantía de Acero Balanceada

$f'c$  = Resistencia del Concreto a Compresión [210 kg/cm<sup>2</sup>]

$f'y$  = Resistencia del Acero a Tensión [2800,00 kg/cm<sup>2</sup>]

$$\rho_{balanceada} = \frac{0,85^2 * 210 \text{ kg/cm}^2}{2800,00 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{6120}{6120 + 2800 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\rho_{balanceada} = 0,037178$$

Área de acero máxima a utilizar:

$$As_{max} = \rho * b * d * 0,5$$

Donde:

$As_{max}$  = Área de Acero Máxima [cm<sup>2</sup>]

$\rho_{balanceada}$  = Cuantía de Acero Balanceada

$b$  = Base de la Viga [cm]

$d$  = Peralte de la Viga [cm]

$$As_{max} = 0,037178 * 20 \text{ cm} * 37 \text{ cm} * 0,5$$

$$As_{max} = 13,76 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d$$

Donde:

$$A_{s_{\min}} = \text{Área de Acero Mínima [cm}^2\text{]}$$

$$\rho_{\min} = \frac{14,10}{f'y}$$

$$b = \text{Base de la Viga [cm]}$$

$$d = \text{Peralte de la Viga [cm]}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{2\,800,00 \text{ kg/cm}^2} * 20,00 \text{ cm} * 37,00 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 3,72 \text{ cm}^2$$

- Chequeo de Área Requerida

$$A_{s_{\min}} < A_{s_{req}} < A_{s_{\max}}$$

$$3,72 \text{ cm}^2 < 8,519 \text{ cm}^2 < 13,76 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de Refuerzo Longitudinal:

$$A_{req} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left[ \frac{f'c}{f'y} \right]$$



Donde:

$d = \text{Peralte de Viga [cm]}$

$h_{\text{viga}} = \text{Altura de la Viga [cm]}$

$Rec = \text{Recubrimiento [3 cm]}$

Cálculo de acero para el momento negativo, que corresponde a 7226,10 kg\*m:

$$A_{reqM(-)} = \left[ (20,0 * 37,0) - \sqrt{(20 * 37)^2 - \frac{7\ 226,10 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \left[ \frac{210}{2\ 800} \right]$$
$$A_{req} = 8,52\ cm^2$$

Cálculo de acero para el momento positivo, que corresponde a 4817,40 kg\*m:

$$A_{reqM(+)} = \left[ (20,0 * 37,0) - \sqrt{(20 * 37)^2 - \frac{4\ 817,40 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \left[ \frac{210}{2\ 800} \right]$$
$$A_{req} = 5,49\ cm^2$$

- Cálculo de Refuerzo Cama Superior:

Para este refuerzo se establece colocar un mínimo de dos o más varillas de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:

$$33,00\ \% \text{ de } A_{s_{reqM(-)}}$$

$$A_{s_{\text{mín}}}$$

- Refuerzo Cama Superior

$$A_{S_{\text{corrido}}} = \left\{ \begin{array}{l} 33,00 \% \text{ de } A_{S_{\text{reqM}(-)}} = 33,00\%(8,52 \text{ cm}^2) = 2,81 \text{ cm}^2 \\ A_{S_{\text{mín}}} = 3,72 \text{ cm}^2 \end{array} \right\}$$

Se colocarán 2 varillas corridas no.5 con un área de:

$$A_{S_{\text{corrido}}} = 2 * \frac{\pi}{4} * \left( \frac{5}{8} * 2,54 \text{ cm} \right)^2$$

$$A_{S_{\text{corrido}}} = 3,96 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de Refuerzo Cama Inferior:

En este refuerzo se debe de colocar un mínimo de dos o más varillas de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: 50,00 % del  $A_S$  calculado para el M(+) o del M(-) ambos extremos de la viga o  $A_{S_{\text{mín}}}$ :

$$50,00 \% \text{ de } A_{S_{\text{reqM}(-)}}$$

$$50,00 \% \text{ de } A_{S_{\text{reqM}(+)}}$$

$$A_{S_{\text{mín}}}$$

- Refuerzo Cama Inferior

$$A_{S_{\text{corrido}}} = \left\{ \begin{array}{l} 50,00 \% \text{ de } A_{S_{\text{reqM}(-)}} = 50,00 \% (8,52 \text{ cm}^2) = 4,30 \text{ cm}^2 \\ 50,00 \% \text{ de } A_{S_{\text{reqM}(+)}} = 50,00 \% (5,49 \text{ cm}^2) = 2,74 \text{ cm}^2 \\ A_{S_{\text{mín}}} = 3,72 \text{ cm}^2 \end{array} \right\}$$

Se colocarán 2 varillas corridas No.6 con un área de:

$$A_{s_{\text{corrido}}} = 2 * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{6}{8} * 2,54 \text{ cm}\right)^2$$

$$A_{s_{\text{corrido}}} = 5,70 \text{ cm}^2$$

Sumando las dos áreas de acero en la cama inferior se obtiene un área total de:

$$A_{s_{\text{inferior}}} = 5,70 \text{ cm}^2 + 3,96 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{inferior}}} = 9,66 \text{ cm}^2$$

Con esta área se cubre el área de acero requerido (8,52 cm<sup>2</sup>).

- Cálculo de Acero Transversal:

Este esfuerzo es distribuido en los estribos espaciados en intervalos variables según sea el diseño, en el sentido del eje de la viga. El cálculo del esfuerzo que se experimenta debido al corte es el siguiente:

$$V_{CU} = \varphi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Donde:

$V_{CU}$  = Esfuerzo que resiste el Corte [Kg]

$\varphi$  = 0.85 [Adimensional]

$f'c$  = Resistencia del Concreto a Compresión [210 kg/cm<sup>2</sup>]

$d = \text{Peralte de Viga [cm]}$

$b = \text{Base de la Viga [cm]}$

$$V_{CU} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00 \text{ kg/cm}^2} * 20,00 \text{ cm} * 37,00 \text{ cm}$$

$$V_{CU} = 4830,99 \text{ kg}$$

- Corte Actuante:

Se determina que el corte actuante encontrado en el diagrama de la viga es de 4817,40 Kg por lo que el concreto es capaz de resistir todo el esfuerzo de corte que actúa en la viga. De manera que existe la siguiente condición para el diseño del armado de la viga:

$$V_a < V_c \text{ Se colocan estribos a cada } d/2$$

$$V_a > V_c \text{ Se diseñan estribos a corte}$$

Al observar que el corte que resiste el concreto es mayor al corte último de la viga, se diseñan los estribos por armado.

Espaciamiento para utilizar:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$$

Donde:

$$S_{m\acute{a}x} = \text{Espaciamiento Maximo de Estribos [cm]}$$

$d = \text{Peralte de la Viga [cm]}$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{37,00 \text{ cm}}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 18,50 \text{ cm}$$

Para tener un m3todo de dise1o m3s conservador, se utilizar3 un espaciamiento de 15,00 cm, con varillas No. 3. Siguiendo las normas de dise1o de concreto armado, se establece que el primer estribo debe ir a  $S/2$ , es decir a 8,00 cm del rostro del apoyo de la viga.

- Dise1o del Muro

El tipo de tanque elegido para este proyecto es de concreto cicl3peo semienterrado, debido a que es el tipo de tanque m3s se acopla a las condiciones del terreno, ya que, al construir otro tipo de tanque, podr3a resultar un gasto elevado y se tendr3an que tomar consideraciones en el dise1o debido a que el 3rea disponible para realizar el tanque colinda con una quebrada. Para el dise1o del tanque, se tiene una altura establecida de 2,00 metros.

Datos para el Dise1o de Muro:

Peso espec3fico del suelo ( $\delta_s$ ) = 1 530,00 Kg/m<sup>3</sup>

Peso espec3fico del concreto ( $\delta_c$ ) = 2 400,00 Kg/m<sup>3</sup>

Peso espec3fico del concreto cicl3peo = ( $\delta_{cc}$ ) = 2 500,00 kgs/m<sup>3</sup>

Angulo de fricci3n Interna = 30, 55°

Cohesi3n =  $C_u$  = 2 160,00 Ton/m<sup>2</sup>

Base = 5,00 m

Largo = 6,00 m

Df = Desplante del Muro = 1,00 m

- Determinación del ajuste de Angulo de Fricción Interna:
  - Sí  $L \leq 2$ , utilizar  $\Phi_{tr}$  determinado por el ensayo triaxial.
  - Sí  $L > 2$  utilizar  $\Phi_{ps}$ ,  $\Phi_{ps} = 1.5\Phi_{tr} - 17$
  - Sí  $\Phi_{tr} \leq 34^\circ$ , utilizar  $\Phi_{ps} = \Phi_{tr}$

Como tenemos la siguiente relación:

$$\frac{L}{B} = \frac{6,00 \text{ m}}{5,00 \text{ m}} = 1,20$$

Se utiliza el Angulo de Fricción determinado por el ensayo triaxial realizado en el laboratorio de suelos ( $\Phi_{tr}$ ):

$$\Phi_{tr} = 30,55^\circ$$

- Determinación de los factores de capacidad:
  - $N_q$

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\Phi}{2} \right) * e^{\pi * \tan \Phi}$$

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{30,55^\circ}{2} \right) * e^{\pi * \tan (30,55^\circ)}$$

$$N_q = 19,59$$

- $N_c$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot(\Phi)$$

$$N_c = (19,59 - 1) * \cot(30,55^\circ)$$

$$N_c = 31,49$$

- $N_y$

$$N_y = 2(N_q + 1) * \tan(\Phi)$$

$$N_y = 2(19,59 + 1) * \tan(30,55^\circ)$$

$$N_y = 24,31$$

- Determinación de los factores de forma:

- $F_{cs}$

$$F_{cs} = S_c = 1 + \frac{B}{L} * \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{cs} = 1 + \frac{5,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}} * \frac{19,59}{31,49}$$

$$F_{cs} = 1,52$$

- $F_{qs}$

$$F_{qs} = S_q = 1 + \frac{B}{L} * \tan(\Phi)$$

$$F_{qs} = S_q = 1 + \frac{5,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}} * \tan (30,55^\circ)$$

$$F_{qs} = 1,49$$

- $F_{Ys}$

$$F_{Ys} = S_Y = 1 - 0,4 * \frac{B}{L}$$

$$F_{Ys} = S_Y = 1 - 0,4 * \frac{5,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}}$$

$$F_{Ys} = 0,67$$

- Determinación de los factores de profundidad:

- Sí  $D_f / B \leq 1$ , utilizar  $K = D_f / B$
- Sí  $D_f / B > 1$ , utilizar  $K = \tan^{-1}(D_f / B)$

$$\frac{D_f}{B} = \frac{1,00 \text{ m}}{5,00 \text{ m}} = 0,20$$

$$K = \frac{1,00 \text{ m}}{5,00 \text{ m}} = 0,20$$

- $F_{cd}$

$$F_{cd} = d_c = 1 + 0,4 * \frac{D_f}{B}$$



$$F_{cd} = d_c = 1 + 0,4 * \frac{1,00 \text{ m}}{5,00 \text{ m}}$$

$$F_{cd} = 1,08$$

- $F_{qd}$

$$F_{qd} = d_q = 1 + 2 * \tan(\Phi) * (1 - \text{sen}(\Phi))^2 * k$$

$$F_{qd} = d_q = 1 + 2 * \tan(30.55^\circ) * (1 - \text{sen}(30.55^\circ))^2 * 0.2$$

$$F_{qd} = 1,06$$

- $F_{\gamma d}$

$$F_{\gamma d} = d_\gamma = 1,00$$

$$F_{\gamma d} = 1,00$$

- Determinación de la capacidad de carga última total:

- $q_u =$  Carga última

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B \gamma N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} = (2,16 \text{ ton}/\text{m}^2)(31,49)(1,52)(1,08)$$

$$cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} = 111,68 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} = (1,53 \text{ ton}/\text{m}^3)(1\text{m})(19,59)(1,49)(1,06)$$

$$qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} = 47,4 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$\frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} = \frac{1}{2} (1,53 \text{ ton}/\text{m}^3) (5,00 \text{ m})(24,31)(0,67)(1,00)$$

$$\frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} = 62,30 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$q_u = 111,68 \text{ ton}/\text{m}^3 + 47,34 \text{ ton}/\text{m}^3 + 62,30 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$q_u = 221,32 \text{ ton}/\text{m}^3$$

- Determinación de la capacidad de carga neta última:

$$q_{netaU} = q_u - q$$

$$q_{netaU} = 221,32 \text{ ton}/\text{m}^3 - (1,53 \text{ ton}/\text{m}^3)(1,00 \text{ m})$$

$$q_{netaU} = 219,79 \text{ ton}/\text{m}^2$$

- Determinación de la capacidad de carga neta última:

Para losas construidas sobre suelos arenosos, es recomendable utilizar un factor de seguridad de  $F_s = 3,00$

$$q_{admisible(Neta)} = \frac{q_{netaU}}{3}$$

$$q_{admissible(Neta)} = \frac{219,79 \text{ ton}/m^2}{3}$$

$$q_{admissible(Neta)} = 73,26 \text{ ton}/m^2$$

- Diseño de Muro

Los tanques de almacenamiento superficiales o semienterrados pueden ser diseñados con mampostería reforzada, concreto reforzado o concreto ciclópeo, según los criterios del diseñador se determina cual es el tipo de tanque que mejor se acopla a las condiciones del lugar y el diseño hidráulico. Para este proyecto se diseña un tanque de almacenamiento semienterrado de concreto ciclópeo.

Para el diseño del tanque se deberán verificar las presiones que se ejerzan sobre el suelo y las paredes del tanque de manera que no afecten el funcionamiento y estabilidad de la estructura.

De acuerdo con el previo análisis del volumen del tanque, se estableció que el tanque tendrá una altura de 2,70 m, ya que el nivel del agua será de 2,00 m.

- Determinación de la carga uniforme distribuida:

$$W = W_{TOTviga} + W_{viga}$$

*Donde:*

*W = Carga Uniforme Distribuida Kg/m*

*W<sub>TOTviga</sub> = Carga Distribuida por la Losa Kg/m*

*W<sub>viga</sub> = Carga Distribuida por la Viga de Apoyo Kg/m*

$$W = 1\,605,80 \text{ Kg/m} + (0,20\text{m})(0,40\text{m})(2400,00 \text{ Kg/m}^3)$$

$$W = 1\,605,80 \text{ Kg/m} + 192,00 \text{ Kg/m}$$

$$W = 1\,797,80 \text{ Kg/m}$$

- Carga uniforme distribuida considerada como carga puntual:

$$P_c = (1\,797,80 \text{ Kg/m}) * (1,00 \text{ m})$$

$$P_c = 1\,797,80 \text{ Kg}$$

- Momento ejercido por la carga puntual:

$$M_c = P_c * (\text{Brazo})$$

$$M_c = 1797,80 \text{ Kg} * (1,50\text{m} + 0,10\text{m})$$

$$M_c = 2876,48 \text{ Kg} * \text{m}$$

- Determinación del empuje activo:

$$E_a = \frac{1}{2} * \gamma_{\text{agua}} * h^2$$

*Donde:*

$E_a$  = Empuje Activo del Agua [Kg/m]

$\gamma_{\text{agua}}$  = Peso Especifico del Agua [Kg/m<sup>3</sup>]

$h$  = Altura del Tanque [m]

$$E_a = \frac{1}{2} * (1\ 000\text{Kg}/\text{m}^3) * ((2,40\ \text{m})^2)$$

$$E_a = 2\ 880,00\ \text{Kg}/\text{m}$$

- Determinación del momento de volteo:

$$M_{act} = E_a * \frac{h_1}{3} + h_2$$

Donde:

$M_{act}$  = Momento Actuante de Volteo [Kg/m]

$E_a$  = Empuje Activo del Agua [Kg/m]

$$M_{act} = \left(2\ 880,00\ \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) * \left(\frac{(2,00\ \text{m})}{3} + 0,30\ \text{m}\right) * (1,00\ \text{m})$$

$$M_{act} = 2\ 784,00\ \text{Kg} * \text{m}$$

- Determinación del Empuje Pasivo

$$E_p = \frac{1}{2} * \gamma_{suelo} * h^2 * K_p$$

$E_p$  = Empuje Pasivo del Suelo [Kg/m]

$\gamma_{suelo}$  = Peso Especifico del Suelo [Kg/m<sup>3</sup>]

$h$  = Profundidad de Desplante [m]

$K_p$  = Coeficiente de Empuje Pasivo =  $\frac{1 + \text{Sen}(\Phi)}{1 - \text{Sen}(\Phi)}$

$$E_p = \frac{1}{2} * (1\,530,00 \text{ Kg/m}^3) * (1,50 \text{ m})^2 * \left( \frac{1 + \text{Sen}(30,55^\circ)}{1 - \text{Sen}(30,55^\circ)} \right)$$

$$E_p = \frac{1}{2} * (1\,530,00 \text{ Kg/m}^3) * (1,5 \text{ m})^2 * (3,07)$$

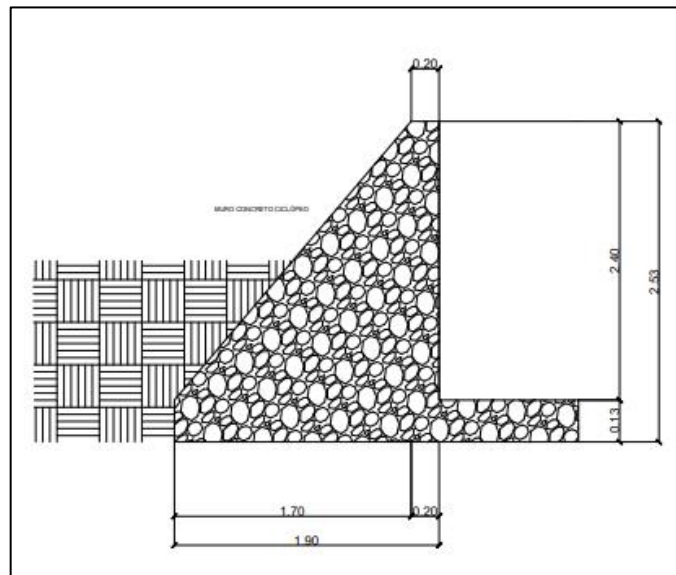
$$E_p = 5\,284,24 \text{ Kg/m}$$

Tabla X. **Cálculo del Momento respecto al punto “O”**

Figura	Area (m <sup>2</sup> )	γ <sub>cc</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	W = Area * γ <sub>cc</sub> (Kg/m)	Brazo (m)	MR (Kg*m)
1	(1,9)(0,3)= 0,57	2 500	1 425	0,95	1 353,75
2	(1/2)(1,7)(2,4)= 2,04	2 500	5 100	1,333	5 780
3	(0,2)(2,4)= 0,48	2 500	1 200	1,8	2 160
			<b>7 725</b>		<b>9 293,75</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Dibujo de tanque semienterrado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

- Verificación de la estabilidad contra volteo:

$$F_{sv} > 1,50$$

$$F_{sv} = \frac{M_c + M_R}{M_{act}}$$

$F_{sv}$  = Estabilidad contra Volteo

$M_c$  = Momento Ejercido por la Carga puntual [Kg \* m]

$M_R$  = Momento Resultante [Kg \* m]

$M_{act}$  = Momento de Volteo [Kg \* m]

$$F_{sv} = \frac{2\,876,48\text{ Kg} * m + 9\,293,75\text{ Kg} * m}{2\,784,00\text{ Kg} * m}$$

$$F_{sv} = 4,37 = \text{Sí cumple}$$

- Verificación de la estabilidad contra deslizamiento:

$$F_{sd} > 1,50$$

$$F_{sd} = \frac{F_d}{F_a} = \frac{(\Sigma W + W) * \tan(\Phi)}{E_a}$$

$F_{sd}$  = Estabilidad contra Deslizamiento

$E_a$  = Empuje Activo del Agua [Kg/m]

$W$  = Carga uniforme distribuida Kg/m

$\Sigma W$  = Sumatoria Peso del Muro Kg/m

$$F_{sd} = \frac{(7\,725,00 \text{ Kg/m} + 1\,797,80 \text{ Kg/m}) * \tan(30,55^\circ)}{2\,880,00 \text{ Kg/m}}$$

$$F_{sd} = 1,95 = \text{SÍ Cumple}$$

- Verificación de la presión máxima:

$$e_x = \frac{B_{Muro}}{2} - a$$

$e_x =$  Excentricidad

$B_{muro} =$  Base del Muro

$a =$  Excentricidad del Muro

$$a = \frac{M_R + M_C + M_{act}}{WT}$$

$WT =$  Carga Total = Carga Uniforme Distribuida + Carga del Muro

$$a = \frac{9\,293,75 \text{ Kg} * m + 2\,876,48 \text{ Kg} * m + 2\,784,00 \text{ Kg} * m}{(7\,725,00 \text{ Kg/m} + 1\,797,80 \text{ Kg/m}) * (1,00 \text{ m})}$$

$$a = 1,57 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{B_{Muro}}{2} - a$$

$$e_x = \frac{1,90 \text{ m}}{2} - 1,57 \text{ m}$$

$$e_x = 0,62 \text{ m}$$



- Módulo de sección:

$$S_x = \frac{1}{6} * B_{muro}^2 * Longitud$$

$$S_x = \frac{1}{6} * (1,90 \text{ m})^2 * (1,00 \text{ m})$$

$$S_x = 0,60 \text{ m}^3$$

- Determinación de la presión:

$$P = \frac{W_T}{A} \pm \frac{W_T * e_x}{S_x}$$

$$P = \frac{9\,522,80 \text{ Kg}}{(1,70 \text{ m})(1,00 \text{ m})} \pm \frac{9\,522,80 \text{ Kg} * 0,62 \text{ m}}{0,482 \text{ m}^3}$$

$$P = \frac{9\,522,80 \text{ Kg}}{(1,90 \text{ m})(1,00 \text{ m})} + \frac{9\,522,80 \text{ Kg} * 0,62 \text{ m}}{0,60 \text{ m}^3}$$

$$P = \frac{9\,522,80 \text{ Kg}}{(1,90 \text{ m})(1,00 \text{ m})} - \frac{9\,522,80 \text{ Kg} * 0,62 \text{ m}}{0,60 \text{ m}^3}$$

$$P_{max} = 9\,285,38 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

$$P_{min} = 7\,38,61 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

### **2.3.9. Bases de diseño**

Se tomó como referencia las especificaciones del Instituto de Fomento Municipal, en donde nos esclarece que para el diseño de una red de abastecimiento de agua potable las limitantes para la velocidad son de 0,60 m/s y 3,00 m/s; las limitantes entre presiones mínimas y máximas que van desde 10 m.c.a y 60 m.c.a, válvulas de aire instaladas en las partes altas del sistema, válvulas de limpieza en las partes bajas del sistema y para finalizar, válvulas de compuerta en puntos específicos para poderle dar mantenimiento al proyecto.

### **2.3.10. Cálculo hidráulico de la red de distribución**

La red de distribución es un conjunto de artefactos que conforman un sistema de abastecimiento de agua potable. Esta red cumple con la función de distribuir el agua a todos los consumidores de esta. El agua puede distribuirse en cada domicilio mediante conexiones domiciliarias, prediales o comunales.

Una red de distribución debe poseer válvulas de compuerta, las cuales deben permitir la interrupción del flujo en ciertos ramales o circuitos cerrados para el mantenimiento de estas.

Su ubicación es arbitraria, se encarga buscar los puntos en los cuales se interrumpa el flujo del agua en el ramal que se desea realizar el mantenimiento sin afectar a los demás usuarios. La red de distribución para el sistema de abastecimiento para el caserío Playa de Oro está definida por ramales abiertos, como ejemplo se diseñará el ramal número 2 de la red. El procedimiento para su cálculo es el siguiente:

- Cantidad de casas futuras: 29 casas
- Densidad de vivienda: 5 hab/casa
- Cota inicial: 458,24 m
- Cota final: 453,96 m
- Distancia horizontal: 967,49 m

Comenzaremos con determinar el caudal medio para dicho ramal, el cálculo se realiza del siguiente modo:

$$Q_m = \frac{P_f * D_{hab}}{86\ 400}$$

$$Q_m = \frac{175 \text{ habitantes} * 120 \frac{\text{L}}{\text{día}}}{86\ 400 \frac{\text{L}}{\text{hab}}}$$

$$Q_m = 0,24 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Ahora obtendremos el caudal máximo horario, multiplicando el caudal medio diario por un factor escogido anteriormente, el cual tiene un valor de 2,00, el cálculo se muestra a continuación:

$$Q_{MH} = Q_m * FMH$$

$$Q_{MH} = 0,24 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 2,00$$

$$Q_{MH} = 0,48 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Posteriormente continuaremos con el cálculo del caudal instantáneo para el ramal con un factor K de 0,15 por tener un número menor a 55 viviendas, el procedimiento para dicho cálculo es el siguiente:

$$Q_i = 0,15 * \sqrt{29 - 1}$$

$$Q_i = 0,79 \frac{L}{s}$$

Continuamos diseñando el ramal, lo único que hace falta determinar es el diámetro del tubo y para ello debemos controlar tanto la velocidad del agua dentro de la tubería como la presión con la cual se llega a la última vivienda de este. Para ello mostramos el procedimiento a continuación:

Cálculo de la diferencia de alturas:

$$H = C_o - C_f$$

$$H = 458,24 \text{ m} - 453,96 \text{ m}$$

$$H = 4,28 \text{ m}$$

Continuamos calculando el diámetro teórico para el ramal número 2, para dicho procedimiento utilizaremos la ecuación de Hazen-Williams, la fórmula se muestra a continuación:

$$\phi = \left( \frac{1\,783,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi = \left( \frac{1\,783,811 * 967,49 \text{ m} * \left(0,61 \frac{\text{L}}{\text{s}}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * 4,28 \text{ m}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi = 1,60 \text{ ''}$$

Habiendo determinado el diámetro ideal, procedemos a calcular las pérdidas de acuerdo con el diámetro comercial que nosotros escojamos, siempre aplicando la ecuación de Hazen-Williams para el diseño, en este caso tomaremos como diámetro del ramal número 2 el de 1" de 250 PSI, pero para el diseño se debe realizar con el diámetro interno de la tubería y no el comercial, para el escogido tenemos un diámetro interno de 1,161", según el "Manual Técnico de Amanco, 2019". El procedimiento es el siguiente:

$$H_{1''} = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

$$H_{1''} = \frac{1\,743,811 * 967,49 * \left(0,61 \frac{\text{L}}{\text{s}}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * (1,161)^{4,87}}$$

$$H_{1''} = 20,28 \text{ m}$$

Entonces la presión al final del tramo será la siguiente:

$$P_{final} = P_{inicial} - H_{\phi}$$

Donde:

$P_{final}$  = Presión al final del ramal (m.c.a.)

$P_{inicial}$  = Presión al inicio del ramal (m.c.a.)

$H\phi$  = Pérdida de carga por fricción (m)

$$P_{final} = 56,75 \text{ m. c. a} - 16,00 \text{ m}$$

$$P_{final} = 40,75 \text{ m. c. a}$$

Y como:

$$10,00 \text{ m. c. a.} \leq P_{final} \leq 60,00 \text{ m. c. a.}$$

$$10,00 \text{ m. c. a.} \leq 40,75 \text{ m. c. a.} \leq 60,00 \text{ m. c. a.}$$

$P_{final}$  = Si cumple.

Ahora procedemos al cálculo de la velocidad dentro del tubo, para esto utilizaremos la fórmula del caudal, el cual nos estipula que el caudal en una tubería es igual al área transversal de la tubería por la velocidad del flujo dentro de la tubería. El procedimiento es el siguiente:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{(0,61 \frac{L}{s}) * (\frac{1 \text{ m}^3}{1000 L})}{\frac{\pi}{4} * (1,161" * 0,0254 \text{ m/in})^2}$$

$$V = 0,71 \frac{m}{s}$$

De esta manera sabemos que la velocidad del fluido dentro de la tubería cumple con los parámetros de velocidad, por lo que al comprobar que ambos chequeos se encuentran dentro del rango permisible, se deja la tubería que se analizó para el ramal en estudio, en este caso el número 2 de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro.

### 2.3.11. Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que se origina al momento de cerrar una válvula bruscamente o cuando hay algún cese de energía. Por lo tanto, hay que verificar que la tubería sea capaz de aguantar esta sobrepresión.

El golpe de ariete es una onda de presión que se propagará con una velocidad llamada celeridad que se calcula con la siguiente fórmula:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} + \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

$k = \text{Modulo de elasticidad volumétrica del agua} = 2.07 \times 10^4 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

$E = \text{Modulo de Elasticidad del material de tubería (Kg/cm}^2\text{)}$

$D_i = \text{Diametro interno de tubería (mm)}$

$e = \text{Espesor de pared de tubería (mm)}$

Para la red de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, se calculó el Golpe de Ariete para las tuberías de 4" y 6" respectivamente. También se utilizó la fórmula de la sobrepresión para verificar que las tuberías si soportaran el Golpe de Ariete.

De primero se determinó el golpe de las dos tuberías con la ecuación posterior dando así los siguientes resultados:

- Para la tubería de 4":

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2}{3,0 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2} + \frac{100,84 \text{ mm}}{6,73 \text{ mm}}}}$$

$$a = 421,70 \frac{m}{s}$$

- Para la tubería de 6":

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2}{3,0 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2} + \frac{148,46 \text{ mm}}{9,91 \text{ mm}}}}$$

$$a = 421,74 \frac{m}{s}$$



Ahora se determina la velocidad de servicio en los diámetros de tubería de 4" y 6" respectivamente con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q_B}{A}$$

En donde:

$v =$  Velocidad de servicio ( $m/s$ )

$Q_B =$  Caudal de Bombeo =  $7,86 \text{ l/s} = 0,00786 \text{ m}^3/\text{s}$

$A =$  Area de tubería

- Para tubería de 4":

$$v = \frac{0,00786 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \left( \frac{100,84 \text{ mm}}{4} \right)^2 * \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^2}$$

$$v = 0,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Para tubería de 6":

$$v = \frac{0,00786 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \left( \frac{148,46 \text{ mm}}{4} \right)^2 * \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^2}$$

$$v = 0,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Teniendo ya determinado la celeridad y la velocidad de servicio ahora se procede a calcular la sobrepresión para la verificación del Golpe de Ariete con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{a * v}{g}$$

Donde:

$a = \text{Celeridad (m/s)}$

$v = \text{Velocidad de servicio (m/s)}$

$g = \text{Gravedad (9.81 m/s}^2\text{)}$

- Para tubería de 4”:

$$P = \frac{421,703 * 0,984}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$P = 42,31 \text{ m. c. a}$$

Verificación de la resistencia generada por el golpe de ariete:

$$P_{max} = CDT + P$$

$P_{max} = \text{Presion maxima (m. c. a)}$

$CDT = \text{Carga dinamica total (m. c. a)}$

$P = \text{Sobrepresion (m. c. a)}$

$$P_{max} = 165,33 \text{ m. c. a} + 42,31 \text{ m. c. a}$$

$$P_{max} = 207,64 \text{ m. c. a}$$

La tubería sí soporta la presión del golpe de ariete.

- Tubería de 6”:

$$P = \frac{421\,739 * 0,454}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$P = 19,52 \text{ m. c. a}$$

Verificación de la resistencia generada por el golpe de ariete:

$$P_{max} = CDT + P$$

$P_{max}$  = Presion maxima (m. c. a)

$CDT$  = Carga dinamica total (m. c. a)

$P$  = Sobrepression (m. c. a)

$$P_{max} = 151,22 \text{ m. c. a} + 19,52 \text{ m. c. a}$$

$$P_{max} = 170,74 \text{ m. c. a}$$

La tubería sí soporta la presión del golpe de ariete.

### **2.3.12. Obras hidráulicas**

Las obras hidráulicas son todas aquellas que se instalaran en puntos que apoyen a que la red funcione de manera eficiente.

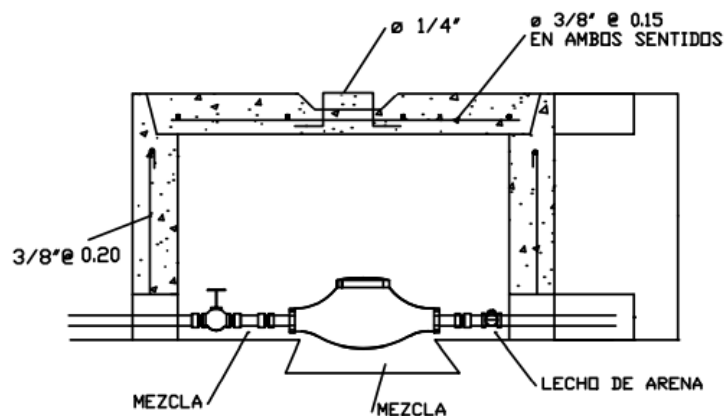
### 2.3.12.1. Conexiones prediales

La conexión predial es la tubería comprendida entre el punto de derivación de la red de distribución y el hidrómetro, por donde el agua potable es conducida. Es primordial para abastecer los puntos de consumo de residencias, comercios o industrias, también se toma en cuenta para diversas soluciones en garantizar un abastecimiento de agua eficiente y seguro.

### 2.3.12.2. Cajas de válvulas

Las cajas para las válvulas son un tipo de refuerzo para poder protegerlas de cualquier daño físico tanto externo como interno. Estas se pueden construir de concreto reforzado.

Figura 6. Modelo de una caja para válvulas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

### **2.3.12.3. Pasos elevados y de zanjón**

Estos elementos se instalarán donde lo requiera el terreno, ya que, si dentro del área de la comunidad existen ríos, quebradas, zanjones y pasos de corrientes invernales, será obligatorio el uso de estos y se construirán de manera tal que la tubería no sufra ningún tipo de fractura o rotura en ese tramo.

### **2.3.12.4. Anclajes de tuberías**

Los anclajes en las tuberías representan fuerzas de empuje que dependen de factores como la presión hidrostática interna, sección de la tubería, el radio de curvatura o la cabeza de velocidad. Para contrarrestar las fuerzas y evitar desplazamientos en las tuberías y accesorios con juntas no bridadas o soldadas, es necesario diseñar sistemas de anclaje con el objetivo de empotrar las tuberías y contrarrestar la tendencia a desacoplarse.

### **2.3.13. Válvulas**

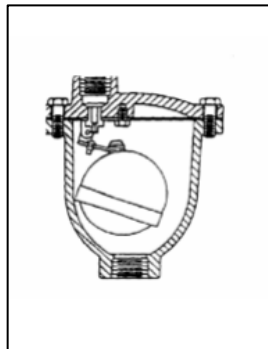
Una válvula se define como un instrumento mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

#### **2.3.13.1. Válvula de aire**

Las válvulas de aire consienten en dejar ingresar y salir del sistema el aire. El acceso de aire se origina cuando se inicia duramente la salida del agua, como en el caso de una ruptura, de no encontrarse con una válvula de aire, pueden causar presiones negativas dentro de la misma y se puede llegar a romper la

tubería si es de PVC o a colapsarse si es de acero. Estas válvulas se instalan en los puntos más altos del perfil de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Figura 7. **Válvula de aire**

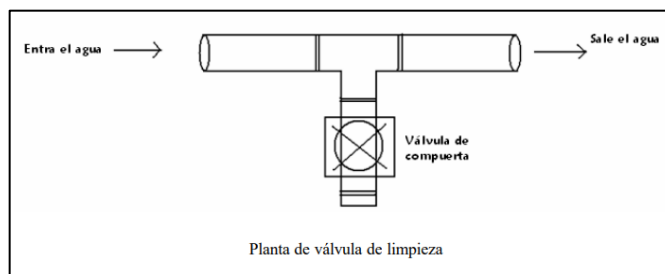


Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. p. 149.

### 2.3.13.2. **Válvula de limpieza**

Las válvulas de limpieza se utilizan para eliminar de la tubería la arena que haya ingresado a la tubería, la cual tiende a confinarse en los puntos más bajos del perfil de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Figura 8. **Válvula de limpieza**

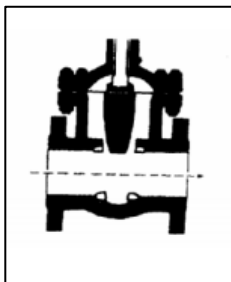


Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. p. 151.

### 2.3.13.3. Válvula de compuerta

Las válvulas de compuerta se utilizan para abrir o cerrar el flujo de agua en un sistema de agua, es completamente incorrecto utilizarla para regular el flujo.

Figura 9. Válvula de compuerta

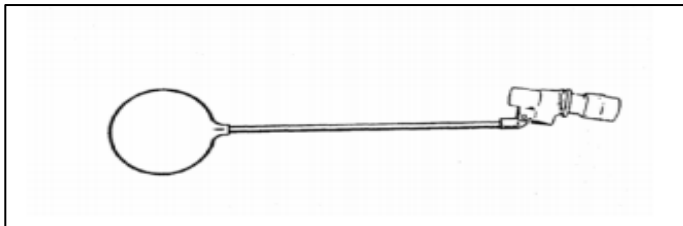


Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. p. 152.

### 2.3.13.4. Válvula de flotador

Las válvulas de flotador se utilizan dentro de las cajas rompe-presión en tuberías de distribución para suspender el flujo cuando el agua dentro de la caja alcanza un nivel máximo, evitando así el desperdicio del agua.

Figura 10. Válvula de flotador



Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. p. 152.

### 2.3.14. Tuberías

Las tuberías son el dispositivo que ayudan a trasladar por medio de la red de conducción y distribución el vital líquido hacia las residencias que serán beneficiadas con este proyecto. Existen tuberías con diferentes diámetros y presiones que van desde los ¾ de pulgada hasta los 12” y presiones desde los 100 PSI hasta 250 PSI respectivamente.

Figura 11. Listado de tuberías con diámetros y presiones

Diámetro nominal		SDR	Presión trabajo		Largo en metros	Diám. medio exterior		Espesor mín. de pared		Diám. medio interior		Presión ruptura		Peso aprox P/tubo
mm	plg		lbs/plg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		mm	plg	mm	plg	mm	plg	Kg/cm <sup>2</sup>	lbs/plg <sup>2</sup>	Kg
12	1/2	13.5	315	22.1	6	21.34	0.840	1.57	0.062	18.20	0.716	70.3	1000	0.874
18	3/4	17	250	17.6	6	26.67	1.050	1.57	0.062	23.53	0.926	56.2	800	1.111
25	1	17	250	17.6	6	33.40	1.315	1.96	0.077	29.48	1.161	56.2	800	1.744
31	1 1/4	17	250	17.6	6	42.16	1.660	2.49	0.098	37.18	1.464	56.2	800	2.793
38	1 1/2	17	250	17.6	6	48.26	1.900	2.84	0.112	42.58	1.676	56.2	800	3.646
50	2	17	250	17.6	6	60.33	2.375	3.56	0.140	53.21	2.095	56.2	800	5.707
62	2 1/2	17	250	17.6	6	73.03	2.875	4.29	0.169	64.45	2.537	56.2	800	8.340
75	3	17	250	17.6	6	88.90	3.500	5.23	0.206	78.44	3.088	56.2	800	12.361
100	4	17	250	17.6	6	114.30	4.500	6.73	0.265	100.84	3.970	56.2	800	20.453
150	6	17	250	17.6	6	168.28	6.625	9.91	0.390	148.46	5.845	56.2	800	44.344
200	8	17	250	17.6	6	219.08	8.625	12.9	0.508	193.28	7.609	56.2	800	75.159
250	10	17	250	17.6	6	273.05	10.750	16.05	0.632	240.95	9.480	56.2	800	118.323
300	12	17	250	17.6	6	323.85	12.750	19.05	0.750	285.75	11.25	56.2	800	166.564
25	1	26	160	11.2	6	33.40	1.315	1.52	0.060	30.36	1.195	35.2	500	1.370
31	1 1/4	26	160	11.2	6	42.16	1.660	1.62	0.064	38.92	1.532	35.2	500	1.872
38	1 1/2	26	160	11.2	6	48.26	1.900	1.85	0.073	44.56	1.754	35.2	500	2.429
50	2	26	160	11.2	6	60.33	2.375	2.31	0.091	55.71	2.193	35.2	500	3.796
62	2 1/2	26	160	11.2	6	73.03	2.875	2.79	0.110	67.45	2.655	35.2	500	5.552
75	3	26	160	11.2	6	88.90	3.500	3.43	0.135	82.04	3.230	35.2	500	8.307
100	4	26	160	11.2	6	114.30	4.500	4.39	0.173	105.52	4.154	35.2	500	13.647
150	6	26	160	11.2	6	168.28	6.625	6.48	0.255	155.32	6.115	35.2	500	29.681
200	8	26	160	11.2	6	219.08	8.625	8.43	0.332	202.22	7.961	35.2	500	50.285
250	10	26	160	11.2	6	273.05	10.750	10.49	0.413	252.07	9.924	35.2	500	77.962
300	12	26	160	11.2	6	323.85	12.750	12.45	0.490	298.95	11.770	35.2	500	109.758
385	15	26	160	11.2	6	388.62	15.300	14.95	0.588	358.75	14.124	35.2	500	157.960
31	1 1/4	32.5	125	8.8	6	42.16	1.660	1.52	0.060	39.12	1.540	28.1	400	1.760
38	1 1/2	32.5	125	8.8	6	48.26	1.900	1.52	0.060	45.21	1.780	28.1	400	2.010
50	2	32.5	125	8.8	6	60.33	2.375	1.85	0.073	56.62	2.229	28.1	400	3.062
62	2 1/2	32.5	125	8.8	6	73.03	2.875	2.24	0.088	68.55	2.699	28.1	400	4.482
75	3	32.5	125	8.8	6	88.90	3.500	2.74	0.108	83.41	3.284	28.1	400	6.676
100	4	32.5	125	8.8	6	114.30	4.500	3.51	0.138	107.29	4.224	28.1	400	11.011
150	6	32.5	125	8.8	6	168.28	6.625	5.18	0.204	157.91	6.217	28.1	400	23.922
200	8	32.5	125	8.8	6	219.08	8.625	6.73	0.265	205.61	8.095	28.1	400	40.450
250	10	32.5	125	8.8	6	273.05	10.750	8.41	0.331	256.24	10.088	28.1	400	62.994
300	12	32.5	125	8.8	6	323.85	12.750	9.96	0.392	303.94	11.966	28.1	400	88.553

Fuente: AMANCO. *Manual de precios de tuberías*. p. 31.



### 2.3.15. Desinfección

Una de las formas para poder tratar el agua y hacerla apta para el consumo humano hay procesos unitarios de tratamiento que alteran la condición específica inicial del agua. Ordinariamente, el proceso más común es la desinfección, cuyo proceso está propuesto a destruir o dificultar el desarrollo de microorganismos de significado sanitario.

En este caso se puede citar su acción contra microorganismos patógenos, algas y bacterias ferro-reductoras. Antes de tomar una decisión acerca de qué tratamiento se le dará a la misma, deben realizarse análisis fisicoquímico y exámenes bacteriológicos precisos, con el fin de establecer las concentraciones de los diferentes parámetros físicos y químicos y de conocer el grado de contaminación bacteriológica. Los métodos químicos más empleados para la desinfección son: el yodo, la plata y el cloro, siendo este último el más recomendable.

Para la red de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro se pondrá a disposición el método por medio de tabletas de tricloro para poder desinfectar el agua ya que es un método muy fácil y económico.

A continuación, se desarrollará el cálculo de caudal de dosificación para desinfección con la siguiente ecuación:

$$Q_{Dosif.} = \frac{Q_{MD} * 8\ 6400}{1\ 000}$$

Donde:

$$Q_{Dosif} = \text{Caudal de dosificación para desinfección (l/día)}$$

$Q_{MD}$  = Caudal máximo diario ( $l/s$ )

$$Q_{Dosif.} = \frac{1,97 \text{ l/s} * 8\ 6400}{1\ 000}$$

$$Q_{Dosif.} = 170,21 \frac{l}{día}$$

Habiendo determinado el caudal de salida del clorador ahora calculamos el tiempo de llenado de recipiente para caudal de solución de hipo clorador:

$$T_{llenadoClorador} = \frac{V_{recipiente}}{Q_{Dosif}} * \frac{86\ 400 \frac{l}{s}}{60 \frac{s}{min}} \quad [s]$$

Donde:

$T_{llenadoClorador}$  = Tiempo de llenado de recipiente con solución (min)

$Q_{Dosif}$  = Caudal de dosificación para desinfección ( $l/día$ )

$V_{recipiente}$  = Volumen del recipiente de aforo (ml)

$$T_{llenadoClorador} = \frac{500 \text{ ml}}{170,208 \text{ l/día}} * \frac{86\ 400 \frac{s}{día}}{60 \frac{s}{min}} \quad [s]$$

$$T_{llenadoClorador} = 4,23 \text{ seg}$$

Se determinó que, para llenar un recipiente de 500 ml, se necesitará un tiempo de 4 minutos con 30 segundos aproximados.



### **2.3.16. Análisis de costos**

El análisis de costos no es más que la cuantificación y estimación de materiales para cada renglón del proyecto.

#### **2.3.16.1. Presupuesto del proyecto**

A continuación, en la tabla XI se presenta el resumen de renglones del diseño e la red de agua potable.

Tabla XI. Resumen de renglones del diseño e la red de agua potable

		<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA</b>					
RESUMEN DE PRESUPUESTO							
No.	Renglon	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total		
1	Topografía						
1,1	Libreta Topográfica	6,33	Km	Q 1 807,47	Q 11 435,32		
2	Excavación						
2,1	Corte de Carpeta Asfáltica	2139,53	ml	Q 7,47	Q 15 975,81		
2,2	Excavación de Zanja	2094,17	m3	Q 85,31	Q 178 653,27		
3	Relleno de Excavación						
3,1	Relleno de Excavación (Base Granular)	2094,17	m3	Q 339,83	Q 711 663,85		
3,2	Colocación de Carpeta Asfáltica	103	Tonelada	Q 1 022,31	Q 104 988,47		
4	Línea de Conducción						
4,1	Instalación Tubería de 6" Ø 250 PSI	1069,76	m	Q 453,82	Q 485 481,18		
4,2	Instalación Tubería de 4" Ø 250 PSI	626,34	m	Q 210,94	Q 132 119,92		
5	Construcción de Tanque de Almacenamiento						
5,1	Tanque de Almacenamiento Semienterrado de Concreto Ciclopeo	1	Global	Q150 186,20	Q 150 186,20		
6	Línea de Distribución						
6,1	Instalación de Tubería de 2 1/2" Ø 250 PSI	1846,51	m	Q 85,05	Q 157 049,49		
6,2	Instalación de Tubería de 2" Ø 250 PSI	285,70	m	Q 53,35	Q 15 242,74		
6,3	Instalación de Tubería de 1 1/2" Ø 250 PSI	211,72	m	Q 35,00	Q 7 409,54		
6,4	Instalación Tubería de 1 1/4" Ø 250 PSI	387,86	m	Q 27,27	Q 10 578,25		
6,5	Instalación Tubería de 1" Ø 250 PSI	986,09	m	Q 18,08	Q 17 832,16		
6,6	Instalación Tubería de 3/4" Ø 250 PSI	769,98	m	Q 12,39	Q 9 543,53		
6,7	Instalación de Tubería de 1/2" Ø 315 PSI	360,31	m	Q 9,84	Q 3 546,54		
7	Accesorios						
7,1	Instalación de Accesorios	1	Global	Q 99 019,89	Q 99 019,89		
8	Caja Rompe-Presión						
8,1	Construcción e Instalación de Caja Rompe-Presión	1	Unidad	Q 3 446,83	Q 3 446,83		
9	Válvula de Limpieza						
9,1	Construcción e Instalación de Válvula de Compuerta - Ø 2 1/2"	1	Unidad	Q 2 256,08	Q 2 256,08		
10	Válvulas de Compuerta						
10,1	Construcción e Instalación de Válvula de Compuerta - Ø 4"	2	Unidad	Q 3 352,70	Q 6 705,40		
10,2	Construcción e Instalación de Válvula de Compuerta - Ø 2 1/2"	4	Unidad	Q 2 106,93	Q 8 427,73		
10,3	Construcción e Instalación de Válvula de Compuerta - Ø 1 1/4"	1	Unidad	Q 1 677,14	Q 1 677,14		
10,4	Construcción e Instalación de Válvula de Compuerta - Ø 1"	1	Unidad	Q 1 633,93	Q 1 633,93		
10,5	Construcción e Instalación de Válvula de Compuerta - Ø 3/4"	2	Unidad	Q 1 570,92	Q 3 141,83		
11	Conexión Domiciliar						
11,1	Construcción e Instalación de Conexión Domiciliar	197	Unidad	Q 389,95	Q 76 819,76		
<b>TOTAL</b>					<b>Q2 214 834,84</b>		

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.16.2. Cuantificación de materiales

La cuantificación de materiales es el proceso de calcular la cantidad de materiales que se utilizarán por renglón del proyecto.

Tabla XII. Listado de materiales a necesitar

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA						
CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES						
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario		Total
1	Cemento	491	Saco	Q 75,48	Q	37 060,68
2	Arena Cernida	36	m3	Q 229,99	Q	8 279,64
3	Piedrín de 1/2"	51	m3	Q 189,99	Q	9 689,49
4	Grava de Sobretamaño (Piedra Bola)	27	m3	Q 120,00	Q	3 240,00
5	Madera	1 164	Pie Tablar	Q 8,00	Q	9 312,00
6	Varillas de Acero #4	50	Varillas	Q 52,43	Q	2 621,50
7	Varillas de Acero #3	34	Varillas	Q 29,55	Q	1 004,70
8	Clavo de 2"	22	Libra	Q 6,13	Q	134,86
9	Alambre de Amarre	54	Libra	Q 6,38	Q	344,52
10	Varillas de Acero # 6	8	Varillas	Q 115,00	Q	920,00
11	Varillas de Acero # 5	8	Varillas	Q 81,88	Q	655,04
12	Estribos # 3	24	Varillas	Q 29,55	Q	709,20
13	Reductor Bushing Liso 6" a 4" PVC	1	Unidad	Q 222,89	Q	222,89
14	Reductor Bushing Liso 2 1/2" a 1" PVC	2	Unidad	Q 28,83	Q	57,66
15	Reductor Bushing Liso 2 1/2" a 3/4" PVC	1	Unidad	Q 28,83	Q	28,83
16	Reductor Bushing Liso 2" a 1" PVC	2	Unidad	Q 8,94	Q	17,88
17	Reductor Bushing Liso 2" a 1 1/4" PVC	1	Unidad	Q 8,94	Q	8,94
18	Reductor Bushing Liso 1" a 1/2" PVC	1	Unidad	Q 3,94	Q	3,94
19	Reductor Bushing Liso 1" a 3/4" PVC	1	Unidad	Q 3,75	Q	3,75
20	Tapon Macho de 1"	1	Unidad	Q 9,05	Q	9,05
21	Tapon Macho de 1/2"	1	Unidad	Q 7,46	Q	7,46
22	Tapon Macho de 3/4"	4	Unidad	Q 7,67	Q	30,68
23	Tapon Macho de 1 1/4"	1	Unidad	Q 15,66	Q	15,66
24	Codo 90° de 6" PVC	2	Unidad	Q 372,75	Q	745,50
25	Codo 90° de 4" PVC	1	Unidad	Q 78,49	Q	78,49
26	Codo 90° de 1/2" PVC	595	Unidad	Q 2,18	Q	1 297,10
27	Codo 45° de 6" PVC	3	Unidad	Q 492,35	Q	1 477,05
28	Codo 45° de 2 1/2" PVC	18	Unidad	Q 61,67	Q	1 110,06
29	Codo 45° de 2" PVC	1	Unidad	Q 14,37	Q	14,37
30	Codo 45° de 1" PVC	3	Unidad	Q 7,03	Q	21,09
31	Codo 45° de 3/4" PVC	7	Unidad	Q 5,43	Q	38,01
32	Tee diámetro 1" PVC	2	Unidad	Q 6,68	Q	13,36
33	Tee diámetro 3/4" PVC	3	Unidad	Q 3,64	Q	10,92
34	Adaptador Macho PVC Ø 1"	1	u	Q 4,58	Q	4,58
35	Valvula de Flote Ø 1"	2	u	Q 362,50	Q	725,00
36	Valvula de Compuerta Ø 4"	1	u	Q 1 130,00	Q	1 130,00
37	Valvula de Compuerta Ø 2 1/2"	1	u	Q 408,00	Q	408,00
38	Adaptador Macho PVC Ø 2 1/2"	2	u	Q 28,01	Q	56,02
39	Valvula de Compuerta Ø 1 1/4"	1	u	Q 150,00	Q	150,00
40	Adaptador Macho PVC Ø 1 1/4"	2	u	Q 4,90	Q	9,80
41	Valvula de Compuerta Ø 1"	1	u	Q 120,00	Q	120,00
42	Adaptador Macho PVC Ø 1"	3	u	Q 4,58	Q	13,74

Continuación de la tabla XII.

43	Adaptador Macho PVC Ø 1/2"	197	u	Q	1,58	Q	311,26
44	Válvula de globo de Bronce Ø 1/2"	197	Unidad	Q	47,00	Q	9 259,00
45	Válvula de Compuerta de Bronce Ø 1/2"	197	Unidad	Q	60,00	Q	11 820,00
46	Tee diámetro 1/2" PVC	197	Unidad	Q	2,78	Q	547,66
47	Valvula de Compuerta Ø 3/4"	1	u	Q	80,00	Q	80,00
48	Adaptador Macho PVC Ø 3/4"	2	u	Q	2,24	Q	4,48
49	Varillas de Acero de 3/8"	9	Varillas	Q	35,29	Q	317,61
50	Varillas de Acero de 1/4"	2	Varillas	Q	14,07	Q	28,14
51	Candado	5	u	Q	87,50	Q	437,50
52	Tubería de PVC de Junta Cementada de 6"	179	u	Q	1 705,27	Q	305 243,33
53	Tubería de PVC Junta Cementada de 4"	105	u	Q	796,09	Q	83 589,45
54	Tubería de PVC de 2 1/2"	308	u	Q	334,09	Q	102 899,72
55	Copla PVC Campana Cementada de 2 1/2"	308	u	Q	42,81	Q	13 185,48
56	Tubería de PVC de 2"	48	u	Q	222,37	Q	10 673,76
57	Copla PVC Campana Cementada de 2"	48	u	Q	10,44	Q	501,12
58	Tubería de PVC de 1 1/2"	36	u	Q	142,49	Q	5 129,64
59	Copla PVC Campana Cementada de 1 1/2"	36	u	Q	7,03	Q	253,08
60	Tubería de PVC de 1 1/4"	65	u	Q	110,55	Q	7 185,75
61	Copla PVC Campana Cementada de 1 1/4"	65	u	Q	4,58	Q	297,70
62	Tubería de PVC de 1"	165	u	Q	69,86	Q	11 526,90
63	Copla PVC Campana Cementada de 1"	165	u	Q	3,30	Q	544,50
64	Tubería de PVC de 3/4"	129	u	Q	45,16	Q	5 825,64
65	Copla PVC Campana Cementada de 3/4"	129	u	Q	2,14	Q	276,06
66	Tubería de PVC de 1/2"	61	u	Q	35,04	Q	2 137,44
67	Copla PVC Campana Cementada de 1/2"	61	u	Q	1,38	Q	84,18
68	Pegamento PVC	18	Galón	Q	408,00	Q	7 344,00
69	Solvente	15	Galón	Q	25,00	Q	375,00
70	Wippe	55	Libra	Q	8,00	Q	440,00
71	Teflón	3	Unidad	Q	2,25	Q	6,75
72	Base Granular de TMN 1 1/2"	2 094	m3	Q	165,00	Q	345 538,09
73	Caja de Concreto con Tapadera (Prefabricada)	197	Unidad	Q	70,00	Q	13 790,00
74	Mezcla Asfáltica en Caliente Tipo "D" TMN 3/4" (19 mm) - AC-20	103	Ton	Q	200,00	Q	20 600,00
<b>TOTAL</b>						<b>Q</b>	<b>1 042 054,70</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.17. Cronograma de Ejecución

En la tabla XIII se detalla el cronograma físico – financiero del proyecto.



## CONCLUSIONES

1. La realización del diseño de la red de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro, beneficiará con el servicio de agua potable a una comunidad con población futura de 1 180 habitantes, mejorando la calidad de vida.
2. El estructurar y diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable con cantidades y calidades adecuadas para el caserío Playa de Oro, provocará disminución de enfermedades gastrointestinales, incremento en el valor de las tierras, plusvalía en la comunidad y desarrollo para las futuras generaciones.
3. Se implementaron criterios técnicos basados en las normas del Instituto de Fomento Municipal para que el proyecto tenga un funcionamiento seguro y eficaz para un tiempo especificado de 25 años.
4. Es necesario que se generen programas de mantenimiento y operación para el cuidado del proyecto. También impartir boletines informativos sobre el cuidado del agua, higiene y medio ambiente para el cuidado de la comuna.





## RECOMENDACIONES

1. Ejecutar campañas de divulgación, en las cuales se eduquen a los usuarios del sistema de agua potable sobre la necesidad del cuidado del recurso hídrico para la protección del medio ambiente.
2. Suministrar un programa de mantenimiento eficaz, para el buen funcionamiento del sistema.
3. Utilizar un sistema de abastecimiento de las captaciones de agua sea seguro, por medio del proceso de desinfección, utilizando el método de cloración.
4. Garantizar que el proyecto sea ejecutado de acuerdo con las especificaciones de diseño y detalles constructivos presentados en planos.
5. Concientizar a la población favorecida del uso correcto del servicio, instruyéndolos para que ellos mismos promuevan el mantenimiento de los sistemas, una vez ejecutado el proyecto.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
2. CHAVEZ ROCA, Pedro Antonio. *Diseño de abastecimiento de agua de la aldea Los Cubes y sistema de alcantarillado sanitario para cotonos Rincón Piedra, Agua Tibia y Caserío el Ensinon*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2018. 220 p.
3. DAS, Braja. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Séptima edición, 2015. 819 p.
4. GARCIA CAMPOS, Rubeny Daniel. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea El Roblar, y diseño estructural del edificio administrativo de estudios universitarios Colonia Nueva, Santa Catarina Mita, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 176 p.
5. Instituto de Homento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. 2a ed. Guatemala: INFOM, 2011. 63 p.

6. OLIVIA OLIVIA, Darío Noé. *Diseño de abastecimiento de agua potable para los caseríos Pueblo Viejo y Plan Grande Chigualmop, municipio de Canillá, departamento del Quiché*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 159 p.
  
7. RECINOS AQUINO, José Mario. *Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo y puente vehicular en la aldea La Paz, Municipio de Jalapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 111 p.
  
8. TECUM ALVAREZ, Sergio Alejandro. *Introducción del sistema de abastecimiento de agua potable, Hacienda Argueta, municipio de San José Chacaya, Departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 126 p.

## **APÉNDICES**

**Apéndice 1. Planos de la red de abastecimiento de agua potable para el  
caserío Playa de Oro**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015 y CivilCAD 2016.



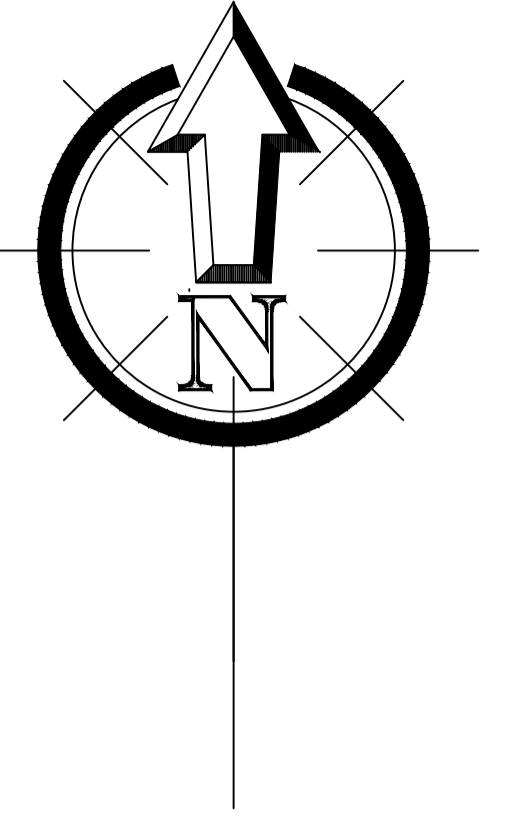
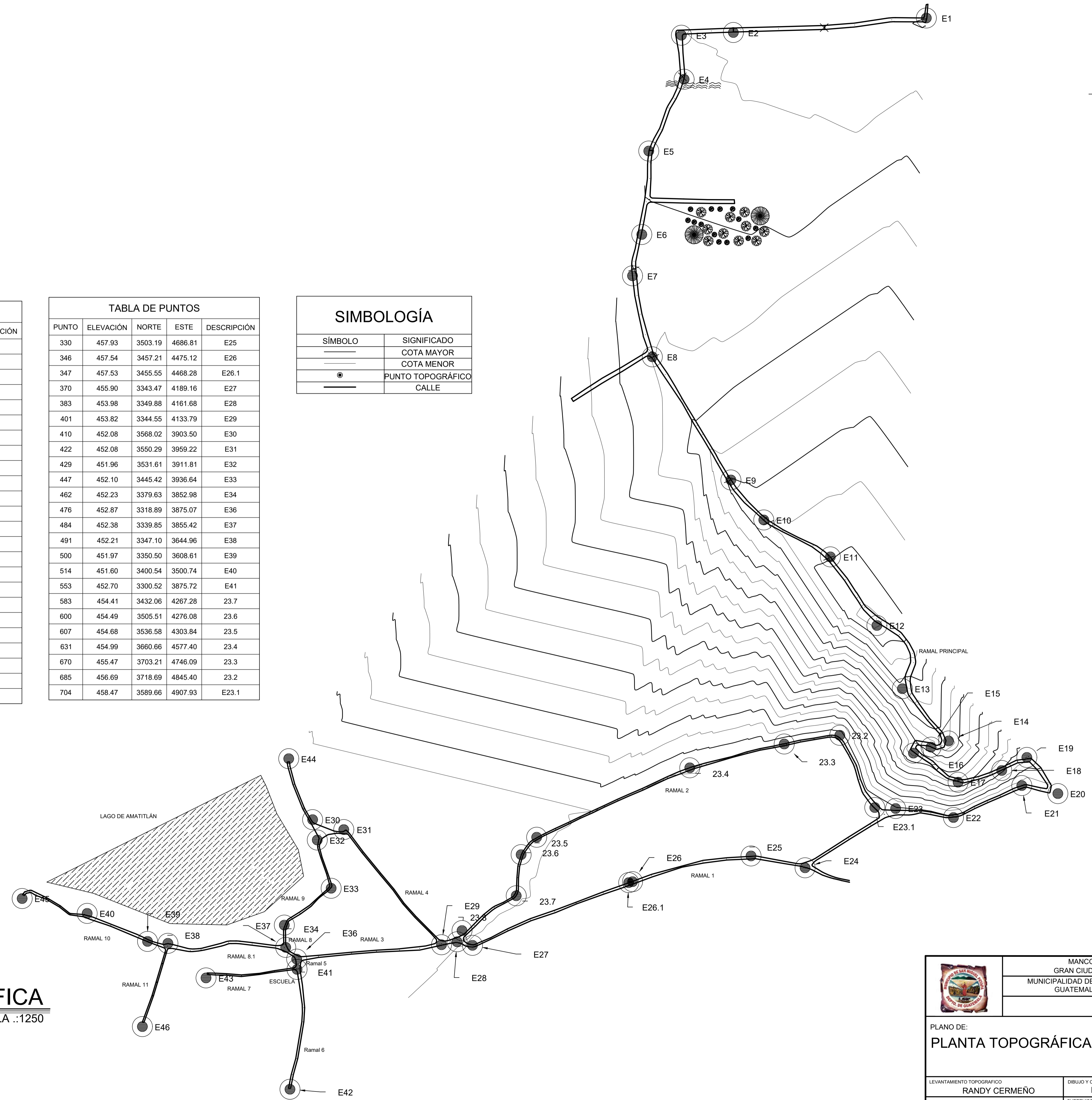


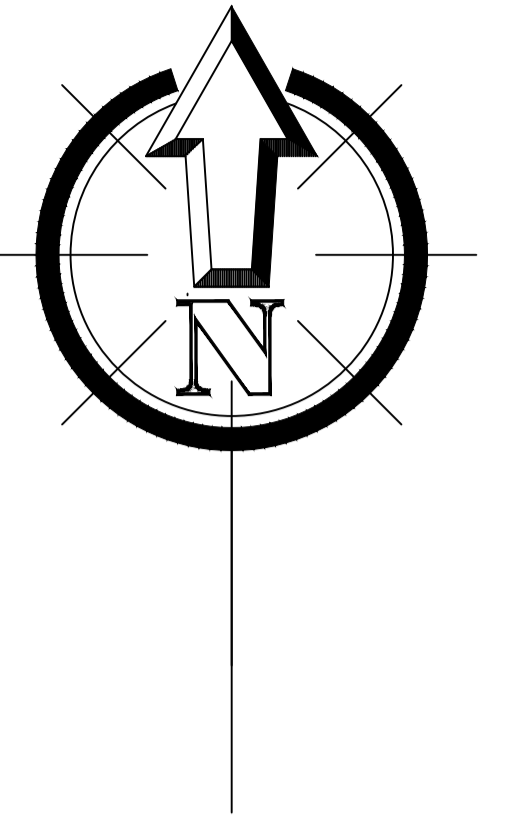
TABLA DE PUNTOS				
PUNTO	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN
1	500.00	5000.00	5000.00	E1
16	503.61	4974.11	4655.30	E2
27	505.26	4969.30	4562.46	E3
33	507.58	4890.61	4567.29	E4
43	509.00	4762.45	4504.14	E5
57	512.08	4613.34	4491.68	E6
65	512.80	4539.50	4475.06	E7
77	515.09	4394.78	4510.42	E8
102	530.29	4174.85	4650.87	E9
117	534.09	4103.43	4709.63	E10
132	539.68	4037.41	4828.58	E11
150	546.41	3914.91	4911.70	E12
175	528.30	3801.92	4957.21	E13
197	518.90	3708.60	5039.79	E14
206	514.11	3697.57	5008.46	E15
213	506.87	3686.82	4977.02	E16
225	494.50	3634.88	5056.80	E17
236	481.46	3655.83	5134.74	E18
246	474.74	3679.17	5179.63	E19
256	461.83	3614.57	5235.01	E20
267	461.32	3628.95	5170.62	E21
283	459.79	3571.80	5048.47	E22
293	458.88	3587.91	4945.21	E23
317	455.90	3482.06	4783.37	E24

TABLA DE PUNTOS				
PUNTO	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN
330	457.93	3503.19	4686.81	E25
346	457.54	3457.21	4475.12	E26
347	457.53	3455.55	4468.28	E26.1
370	455.90	3343.47	4189.16	E27
383	453.98	3349.88	4161.68	E28
401	453.82	3344.55	4133.79	E29
410	452.08	3568.02	3903.50	E30
422	452.08	3550.29	3959.22	E31
429	451.96	3531.61	3911.81	E32
447	452.10	3445.42	3936.64	E33
462	452.23	3379.63	3852.98	E34
476	452.87	3318.89	3875.07	E36
484	452.38	3339.85	3855.42	E37
491	452.21	3347.10	3644.96	E38
500	451.97	3350.50	3608.61	E39
514	451.60	3400.54	3500.74	E40
553	452.70	3300.52	3875.72	E41
583	454.41	3432.06	4267.28	23.7
600	454.49	3505.51	4276.08	23.6
607	454.68	3536.58	4303.84	23.5
631	454.99	3660.66	4577.40	23.4
670	455.47	3703.21	4746.09	23.3
685	456.69	3718.69	4845.40	23.2
704	458.47	3589.66	4907.93	E23.1

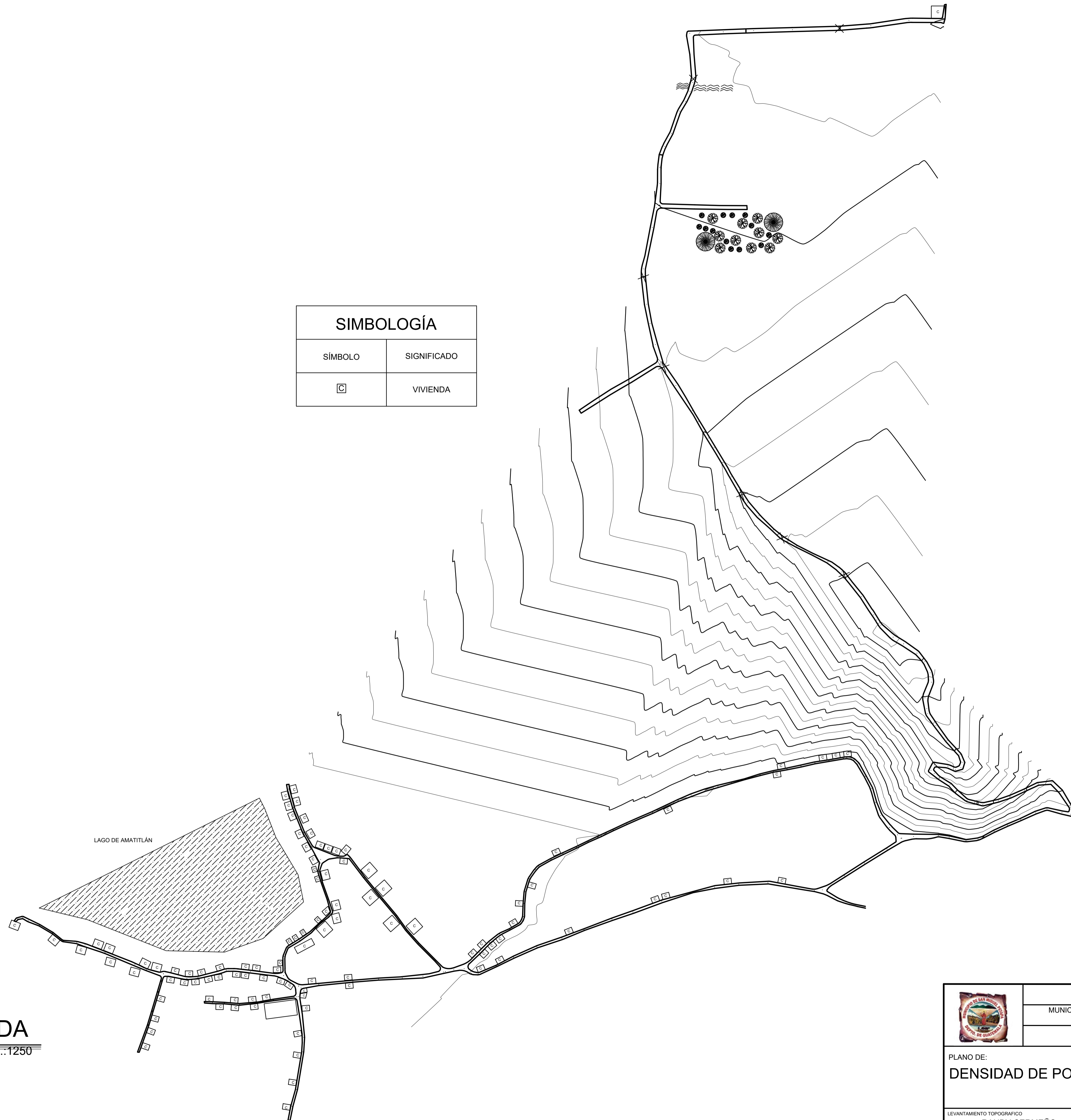
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
—	COTA MAYOR
—	COTA MENOR
●	PUNTO TOPOGRÁFICO
—	CALLE







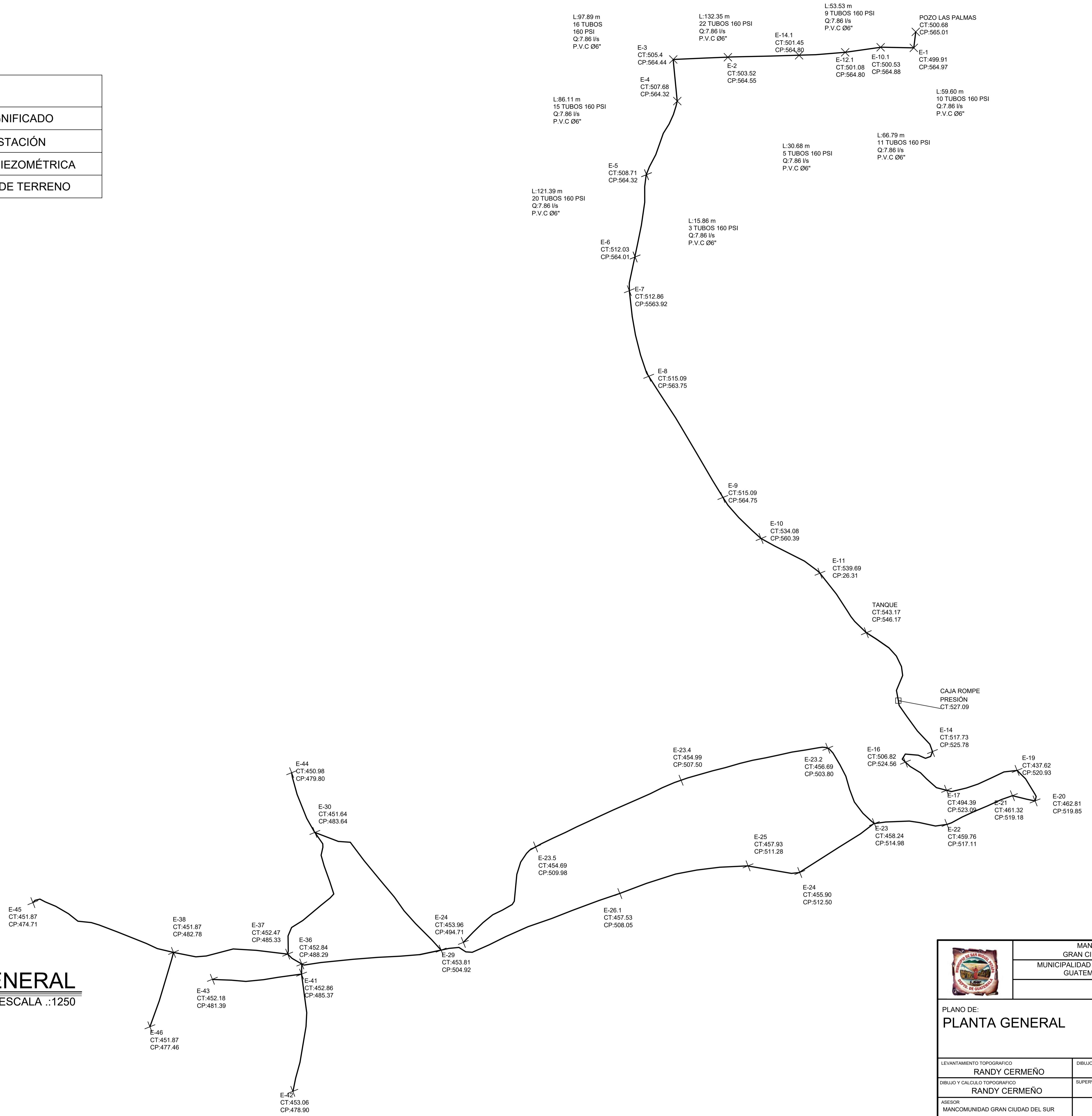
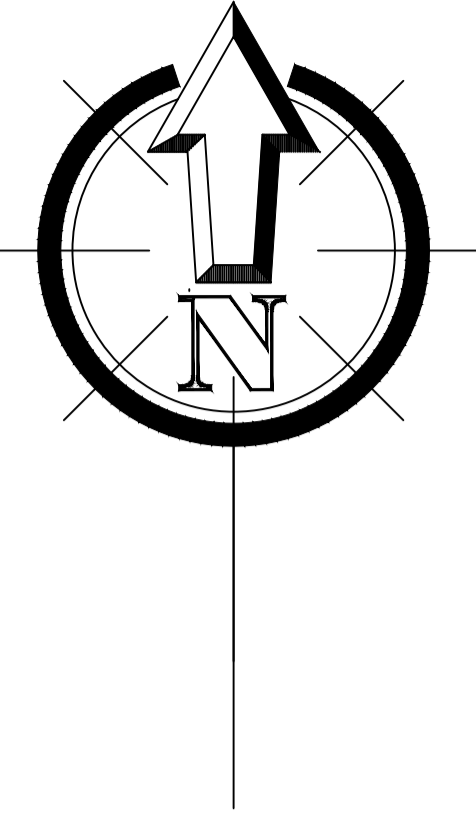
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
☐	VIVIENDA





**DENSIDAD DE VIVIENDA**  
 ESCALA 1:1250

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>DENSIDAD DE POBLACIÓN</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	<b>02</b>  <b>14</b>
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	

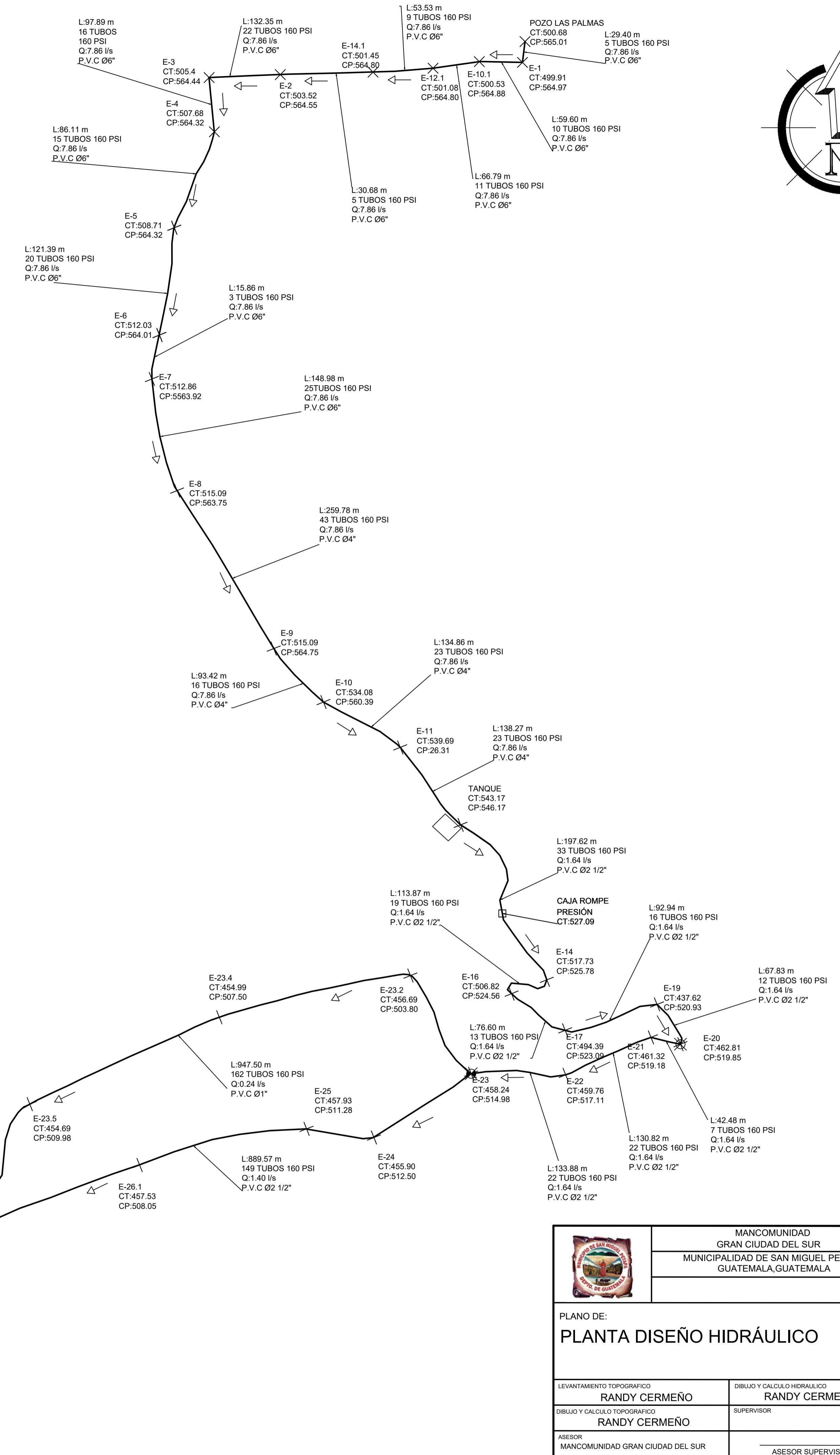
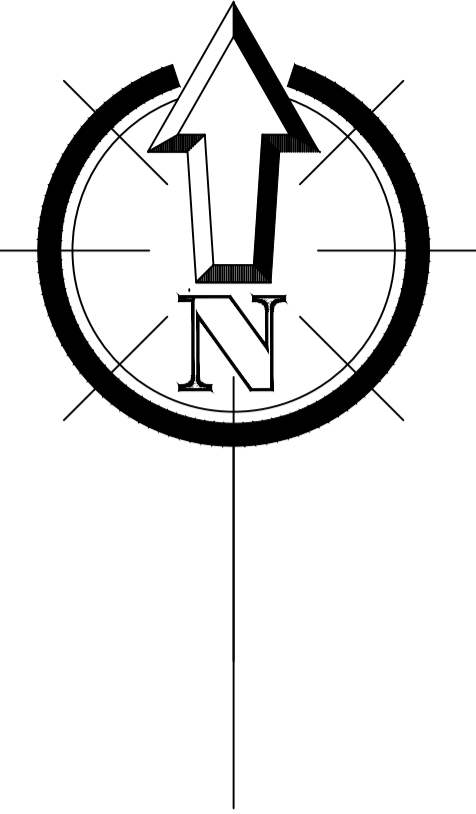
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
CT	COTA DE TERRENO



**PLANTA GENERAL**  
ESCALA :1250

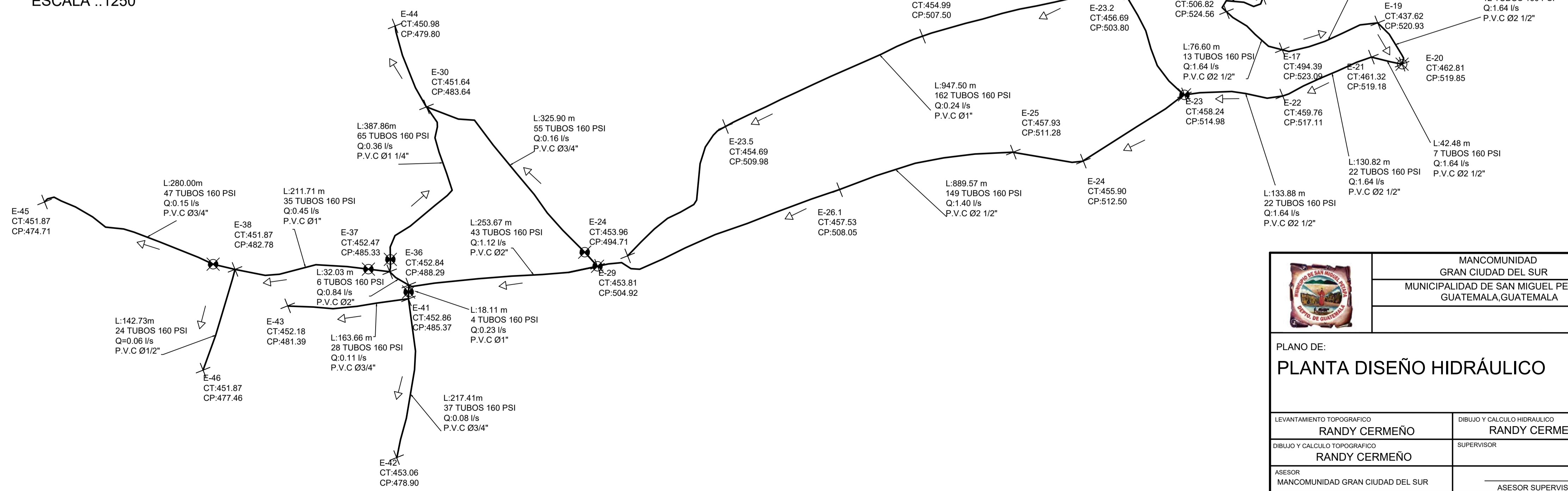
		MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA		
PLANO DE: <b>PLANTA GENERAL</b>		PROGRAMA EPS USAC - 2019 ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2022		<b>03</b>  <b>14</b>
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO		DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO		
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO		SUPERVISOR		
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		ASESOR SUPERVISOR		

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
CT	COTA DE TERRENO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
Q	CAUDAL (l/s)
	SENTIDO DEL FLUJO
L	LONGITUD TUBERIA (m)

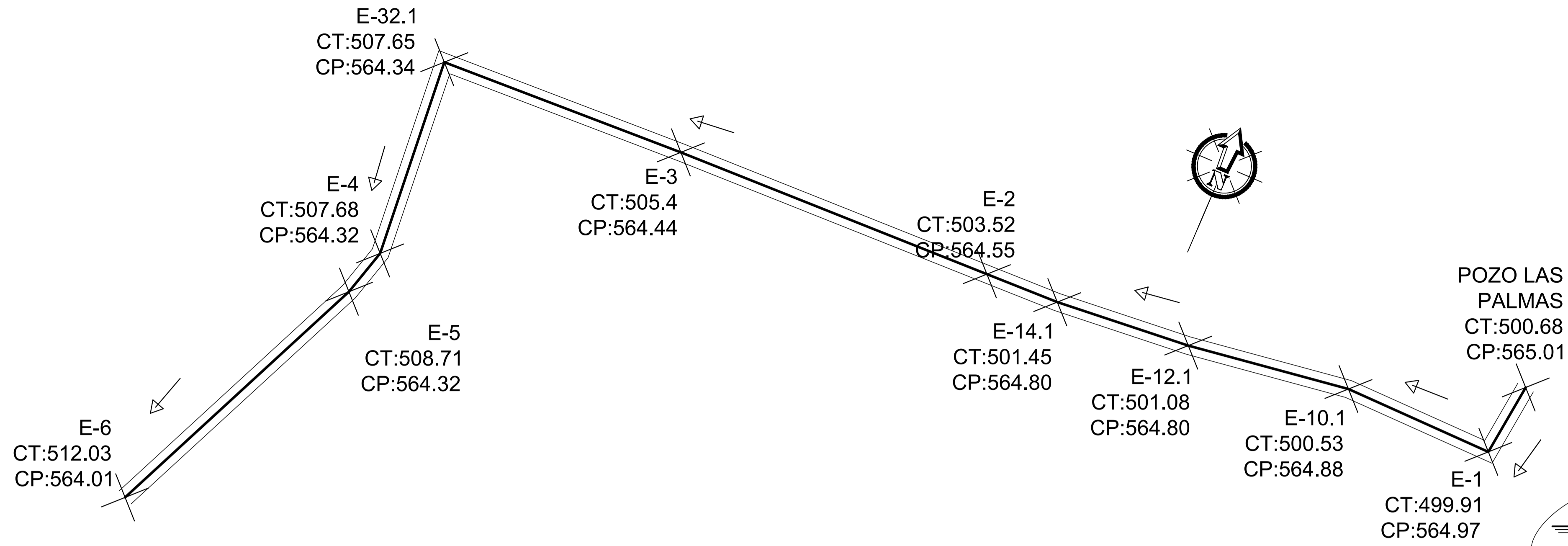


# PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA :1250

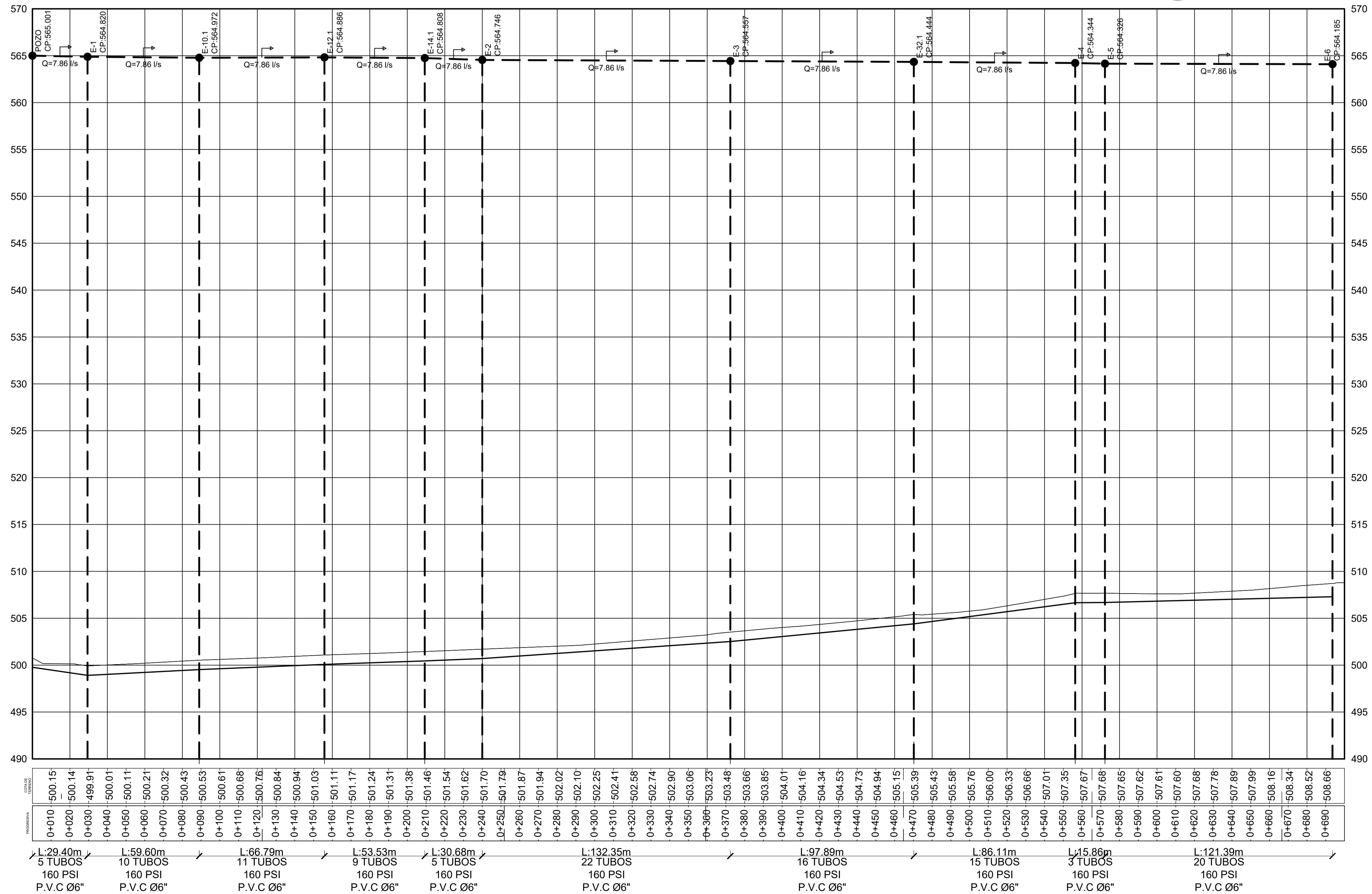


		MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA		
PLANO DE: <b>PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO</b>		PROGRAMA EPS USAC - 2019		ESCALA: INDICADA
		FECHA: OCTUBRE 2022		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO <b>RANDY CERMEÑO</b>		<b>04</b>	
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	SUPERVISOR			
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		ASESOR SUPERVISOR		<b>14</b>



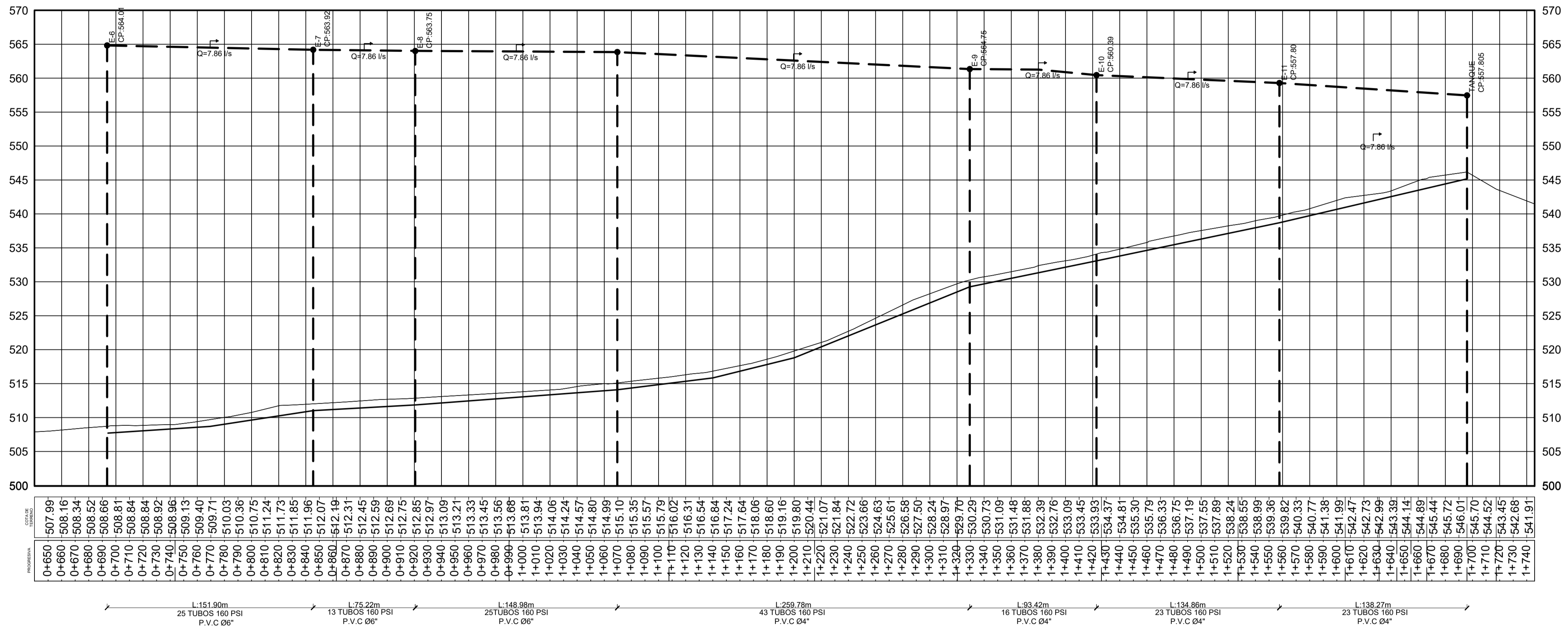
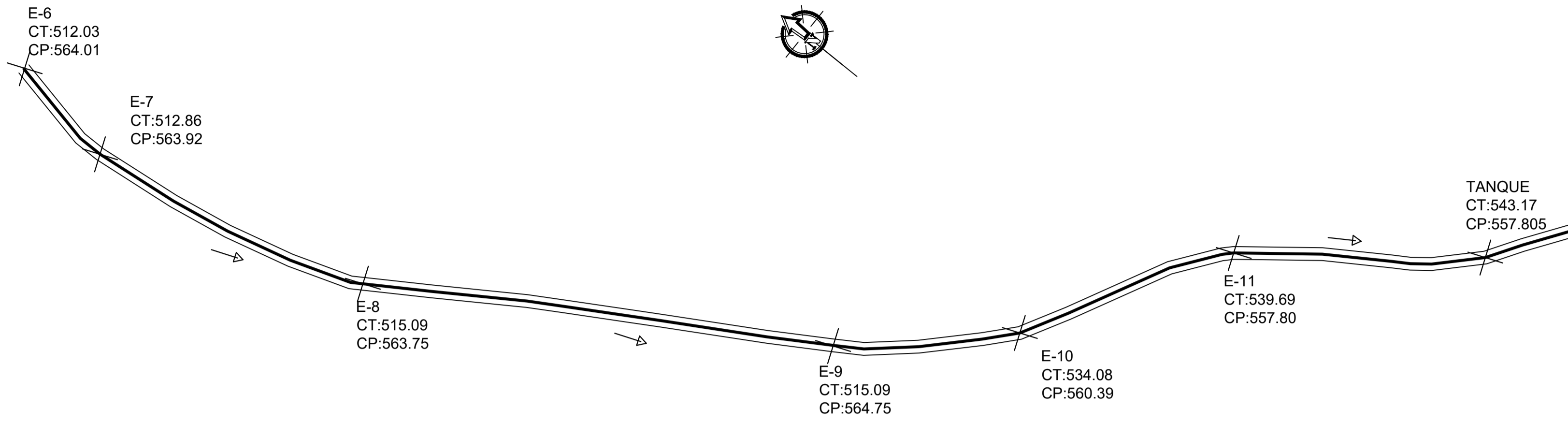
## PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE POZO A E-6

ESCALA H:1:1000  
 ESCALA V:1:500



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA PVC

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO RANDY CERMEÑO	<b>05</b> <b>14</b>
DIBUJO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		ASESOR SUPERVISOR

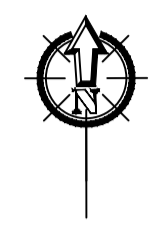
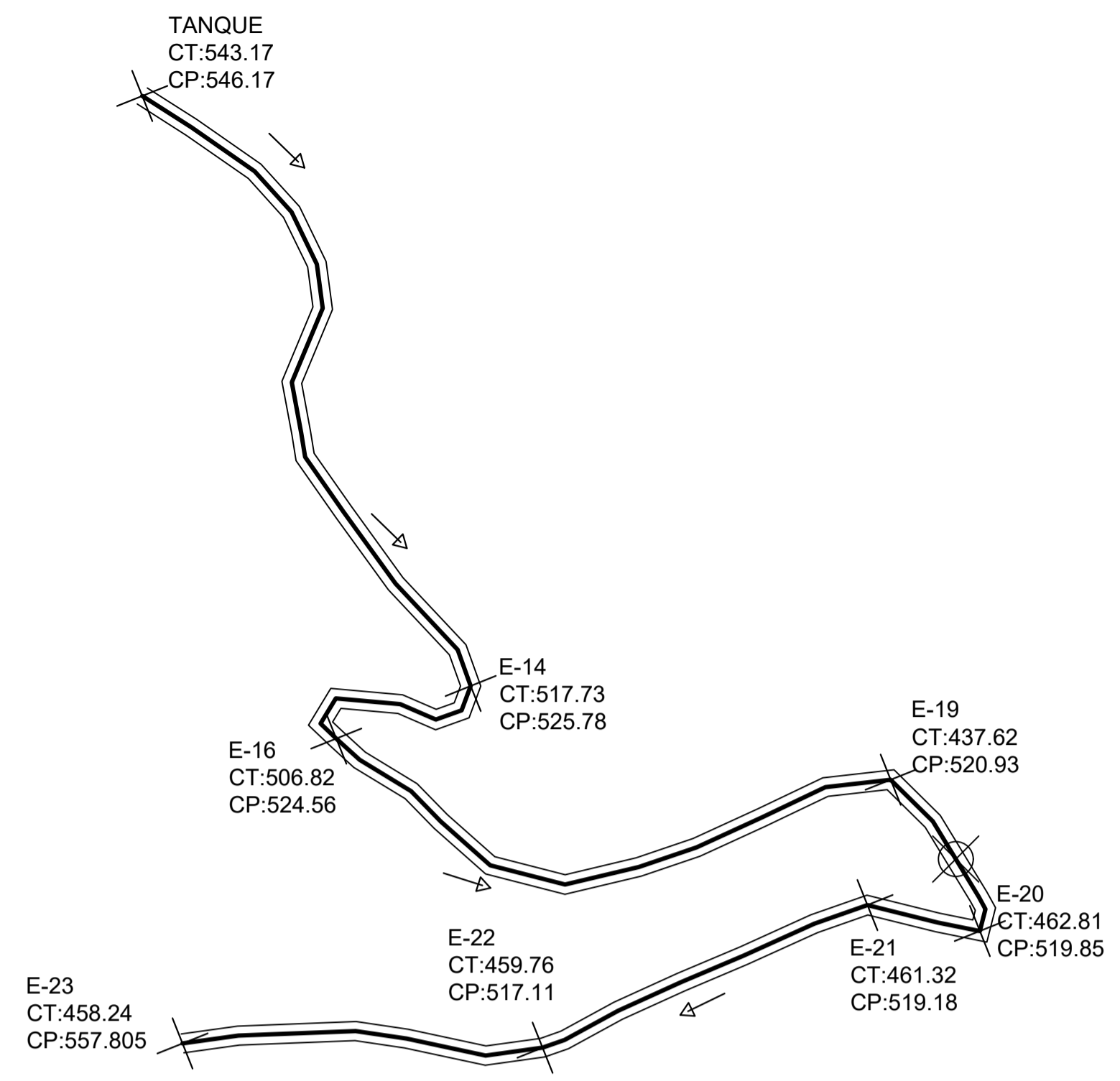


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
→	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA
—	TERRENO NATURAL
—	TUBERÍA PVC

## PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-6 A TANQUE

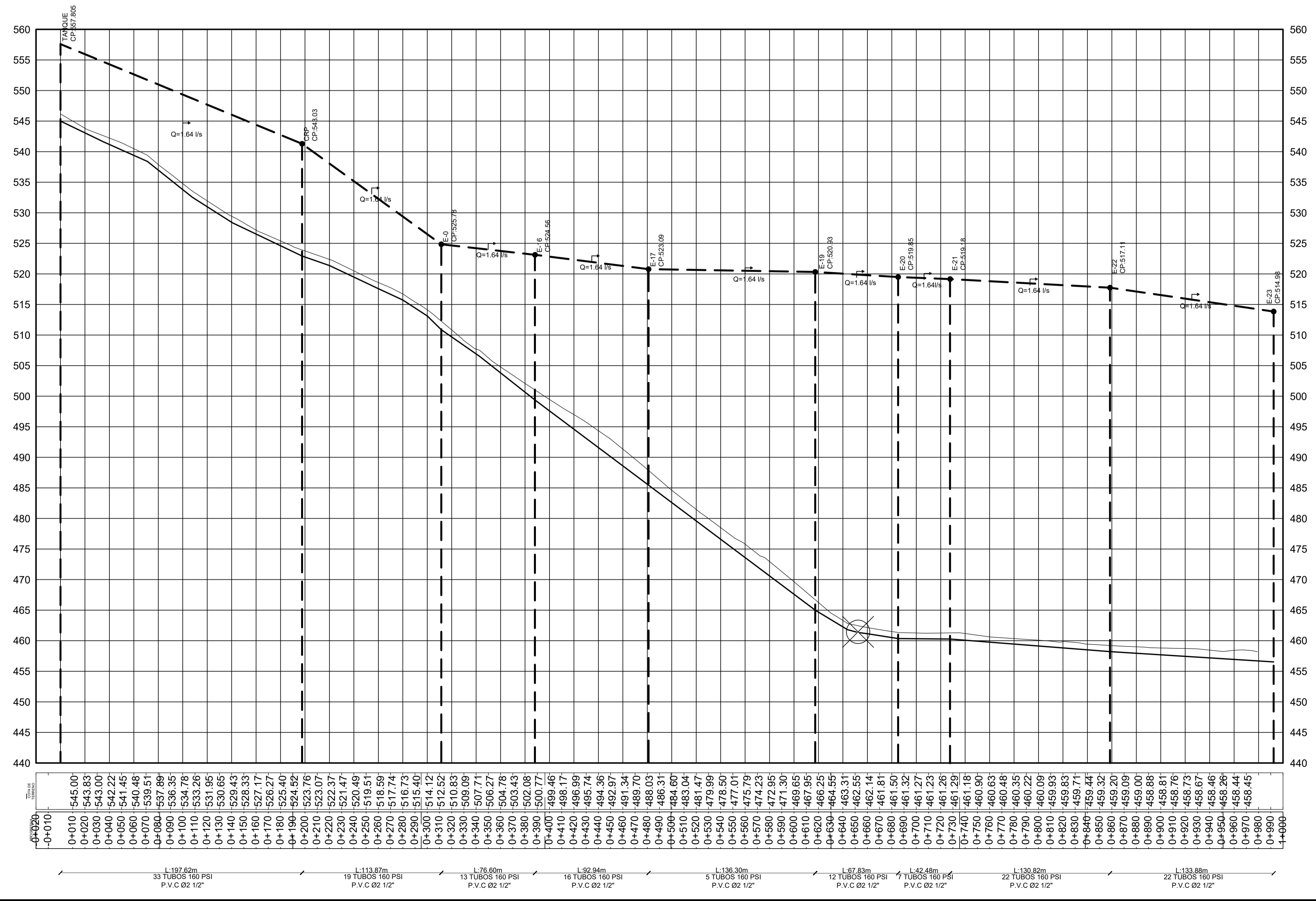
ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:500

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">06</div> <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">14</div>
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	



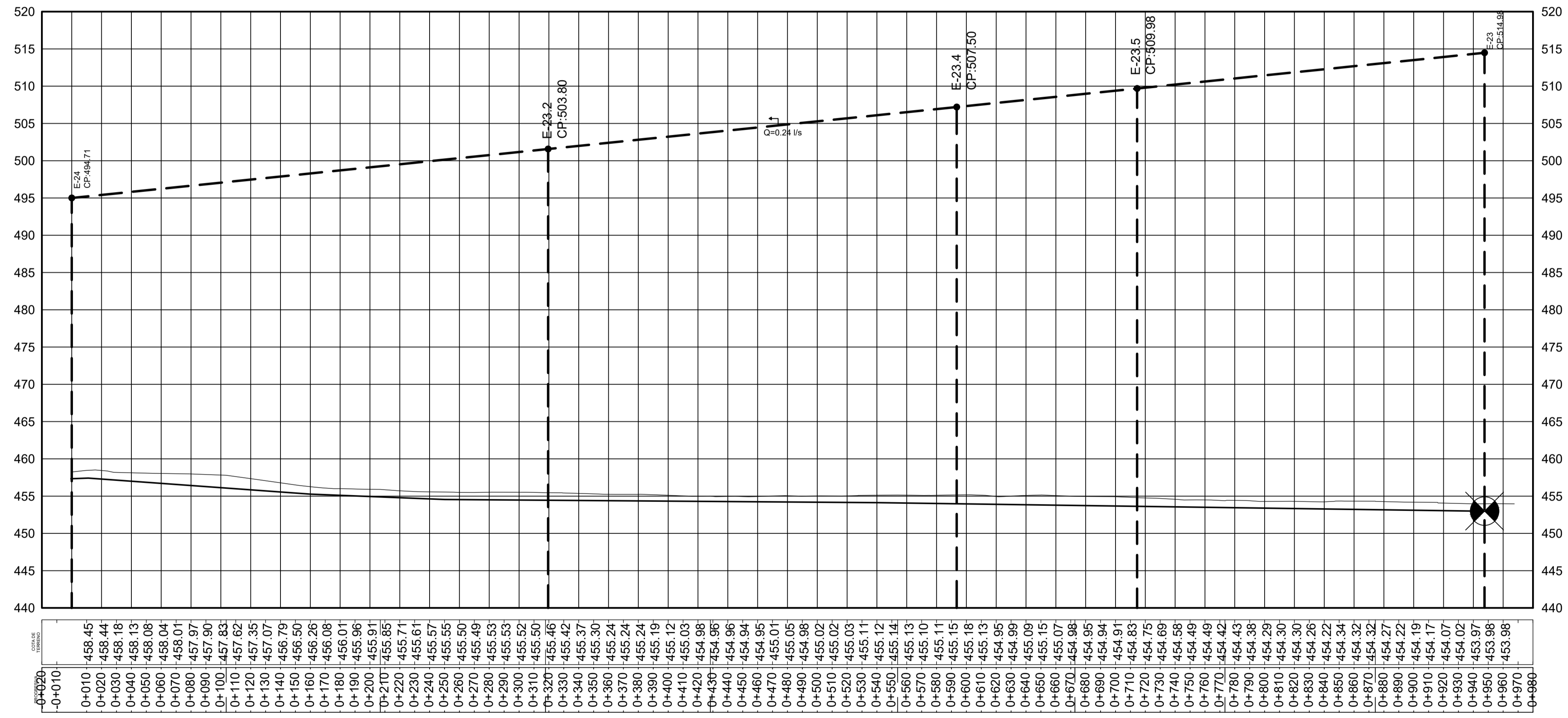
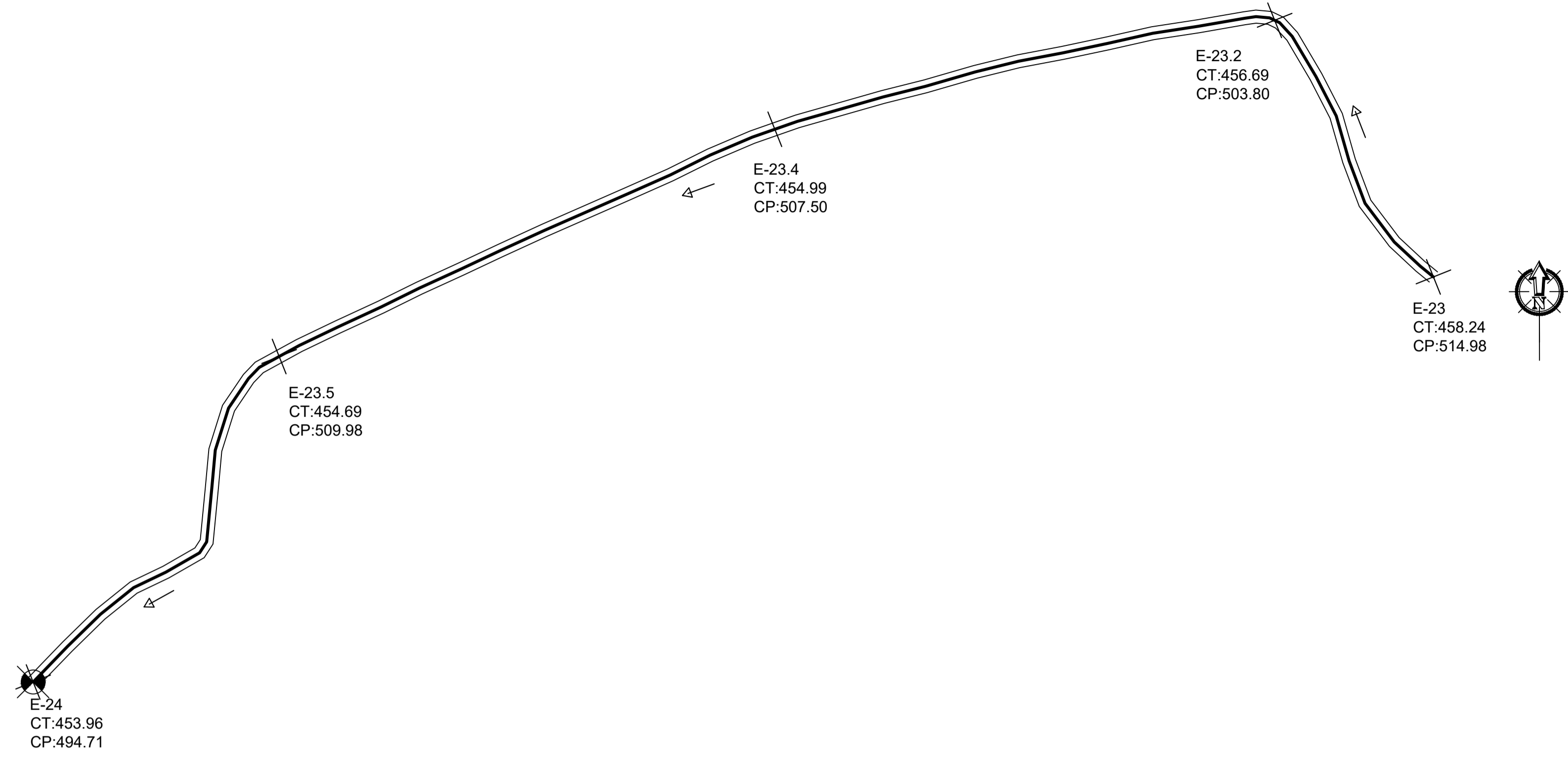
# PLANTA-PERFIL DE TANQUE A E-23

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:500



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
→	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA
— (dashed)	TERRENO NATURAL
— (solid)	TUBERÍA PVC
⊗	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊗	VÁLVULA DE LIMPIEZA

		MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA		
PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>		PROGRAMA EPS USAC - 2019 ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2022		<b>07</b>  <b>14</b>
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO		DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO		
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO		SUPERVISOR		
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		ASESOR SUPERVISOR		

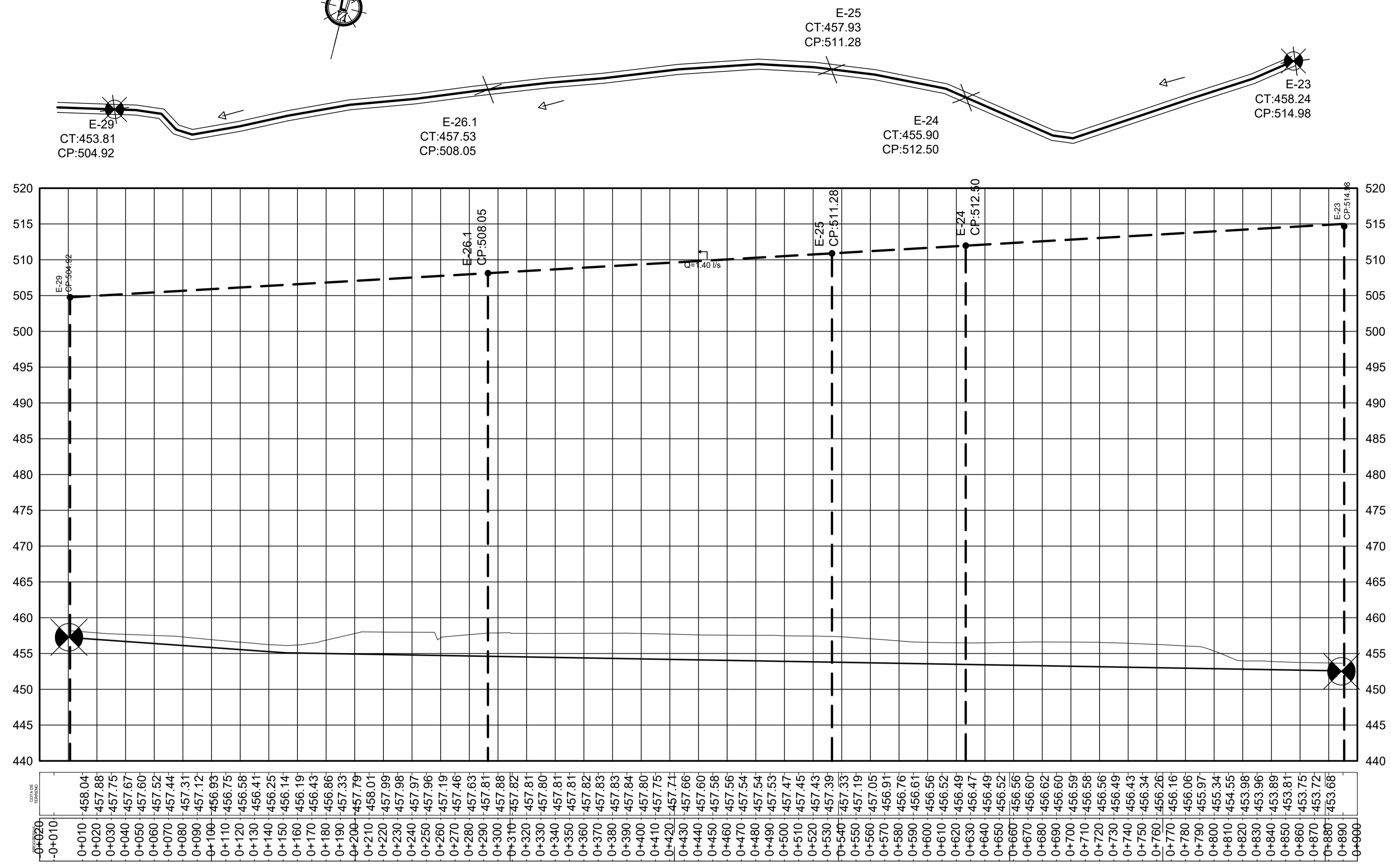


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA PVC
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE LIMPIEZA

L:947.50m  
 162 TUBOS 160 PSI  
 P.V.C Ø1"

**PLANTA-PERFIL  
 DE E-23 A E-24**  
 ESCALA H:1:1000  
 ESCALA V:1:500

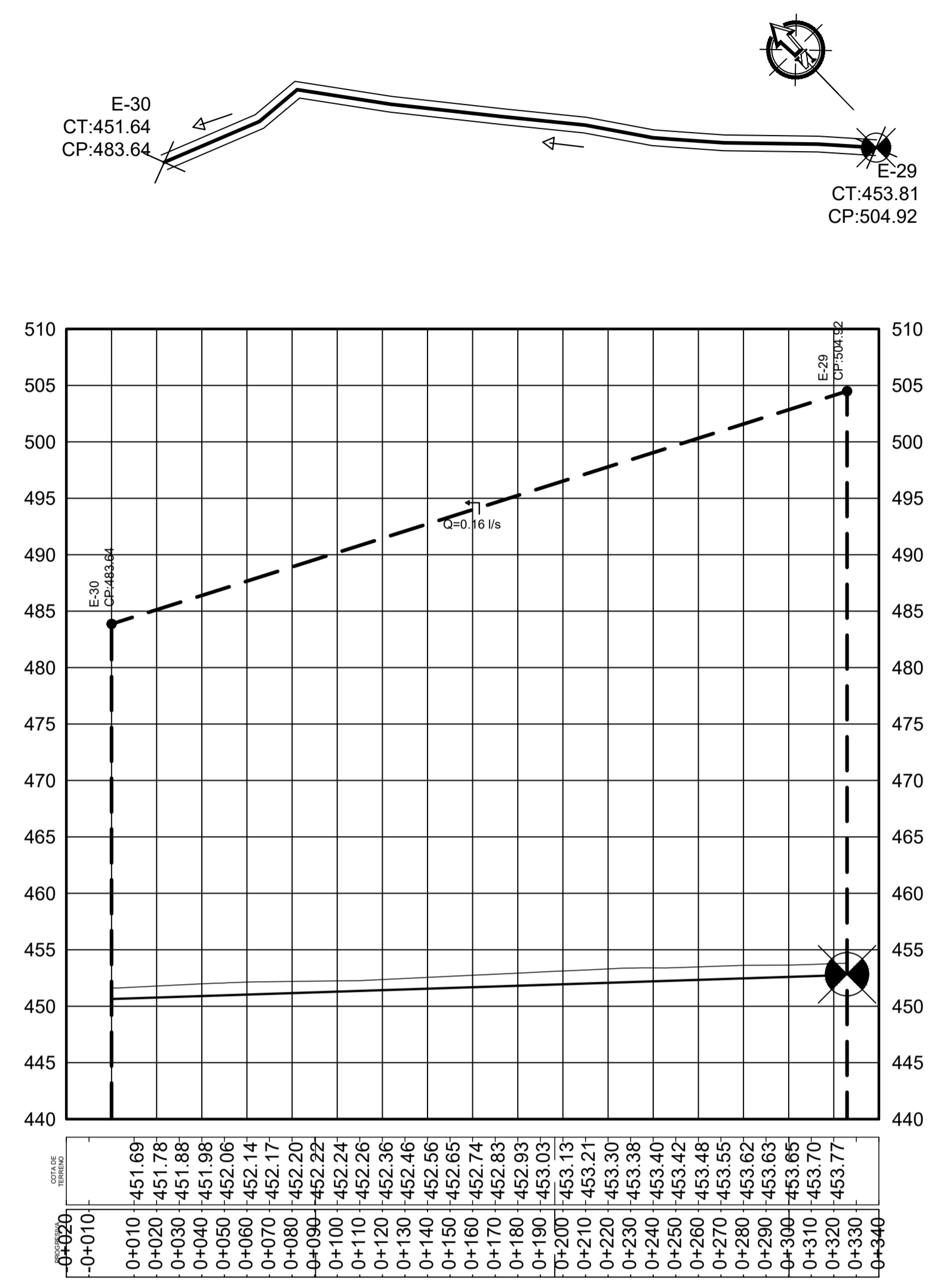
	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	<b>08</b>  <b>14</b>
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	



L=889.57m  
149 TUBOS 160 PSI  
P.V.C Ø2 1/2"

**PLANTA-PERFIL  
DE E-23 A E-29**

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400



L=325.90m  
55 TUBOS 160 PSI  
P.V.C Ø3/4"

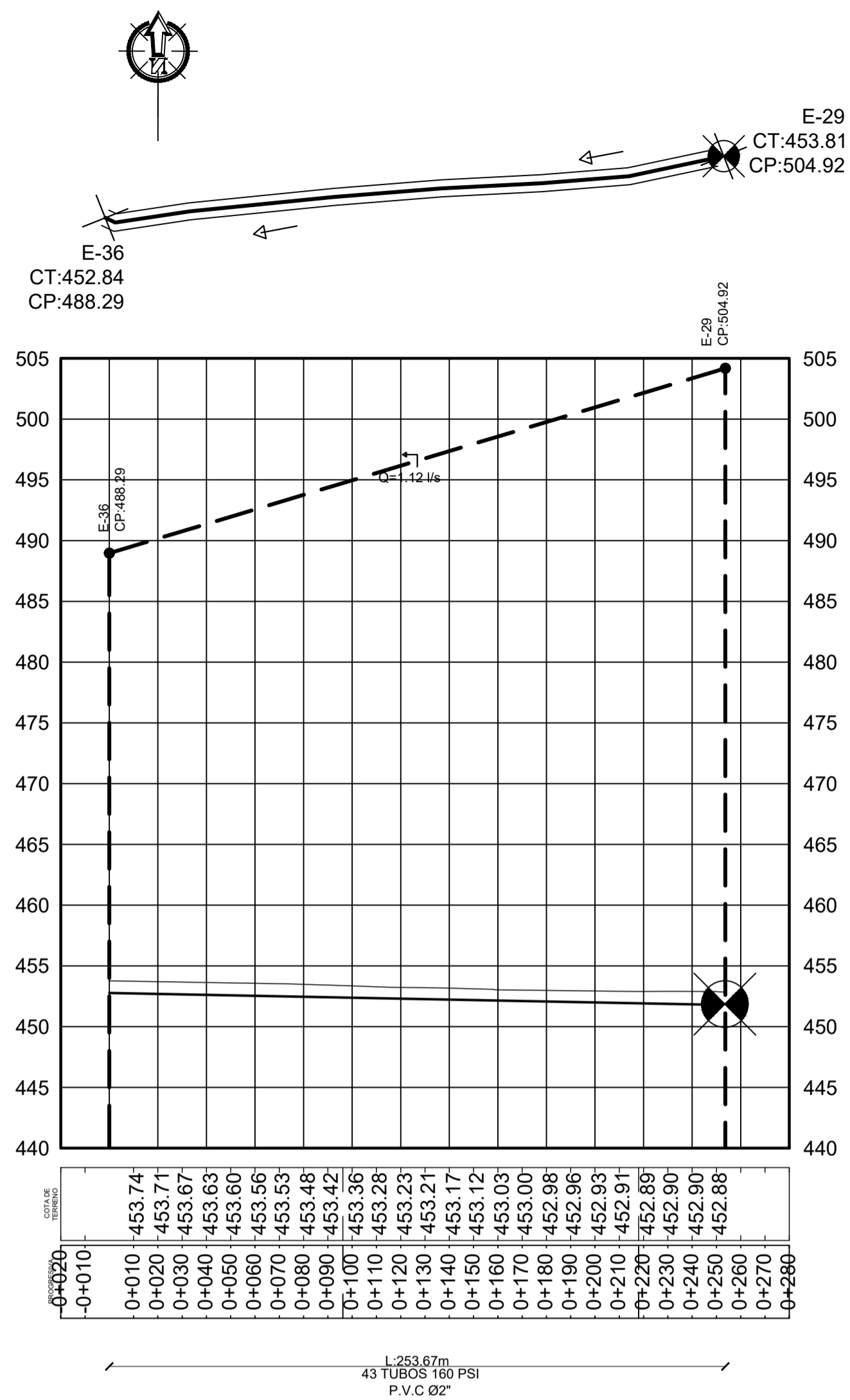
**PLANTA-PERFIL  
DE E-29 A E-30**

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA PVC
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE LIMPIEZA

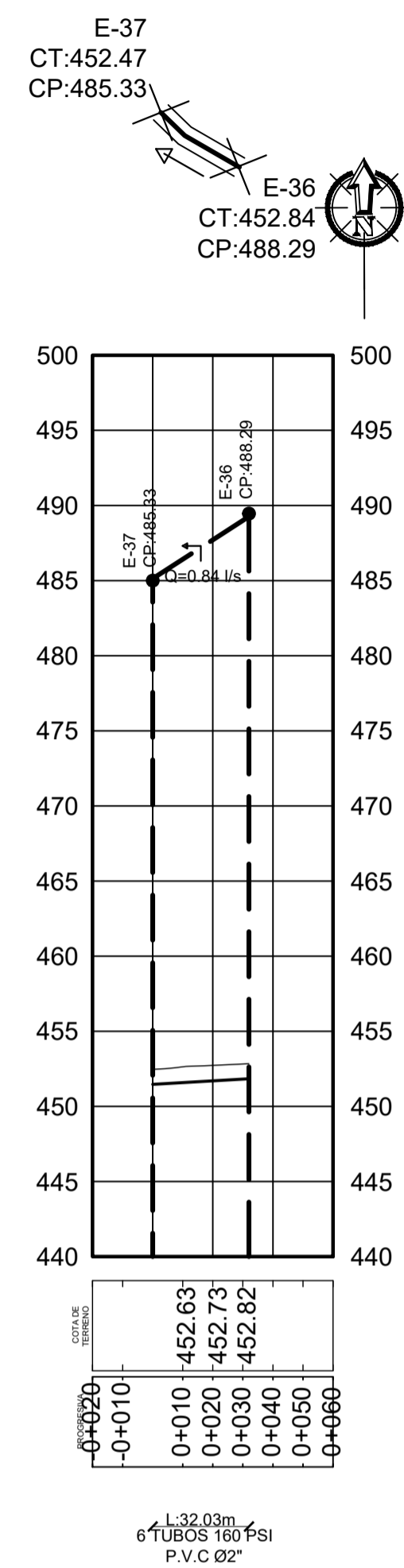
	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO	09 14
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	





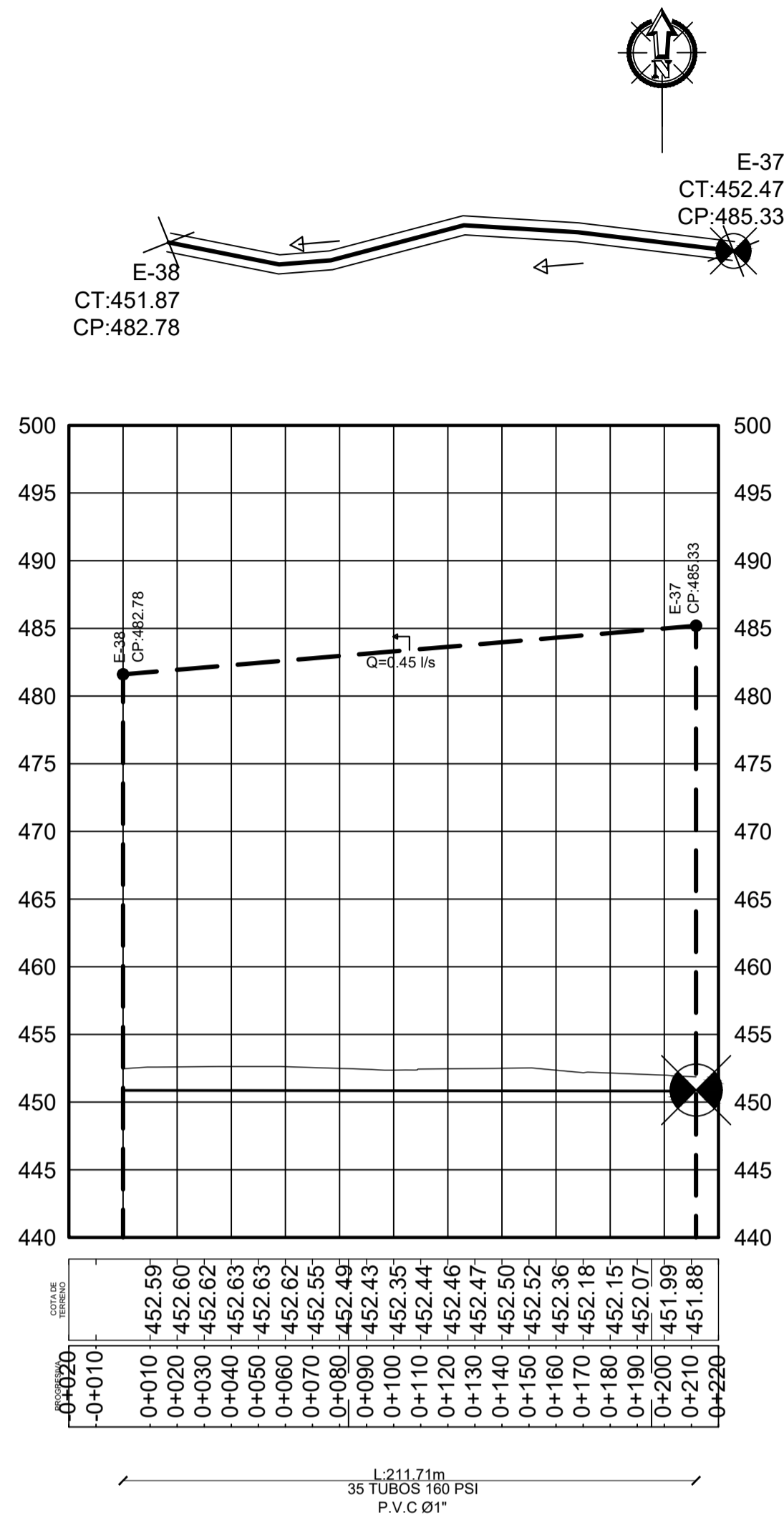
**PLANTA-PERFIL  
DE E-29 A E-36**

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400



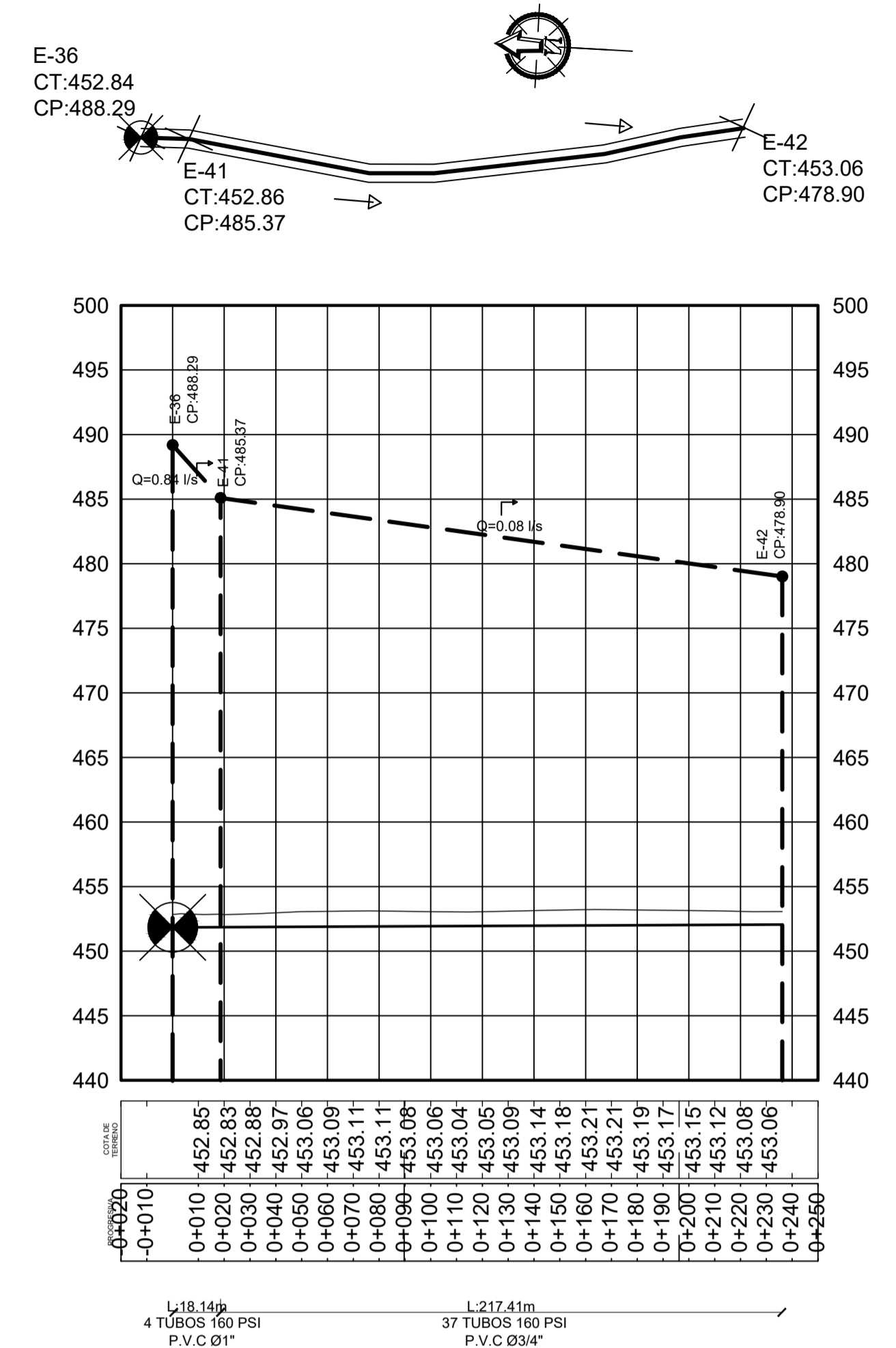
**PLANTA-PERFIL  
DE E-36 A E-47**

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400



**PLANTA-PERFIL  
DE E-37 A E-38**

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

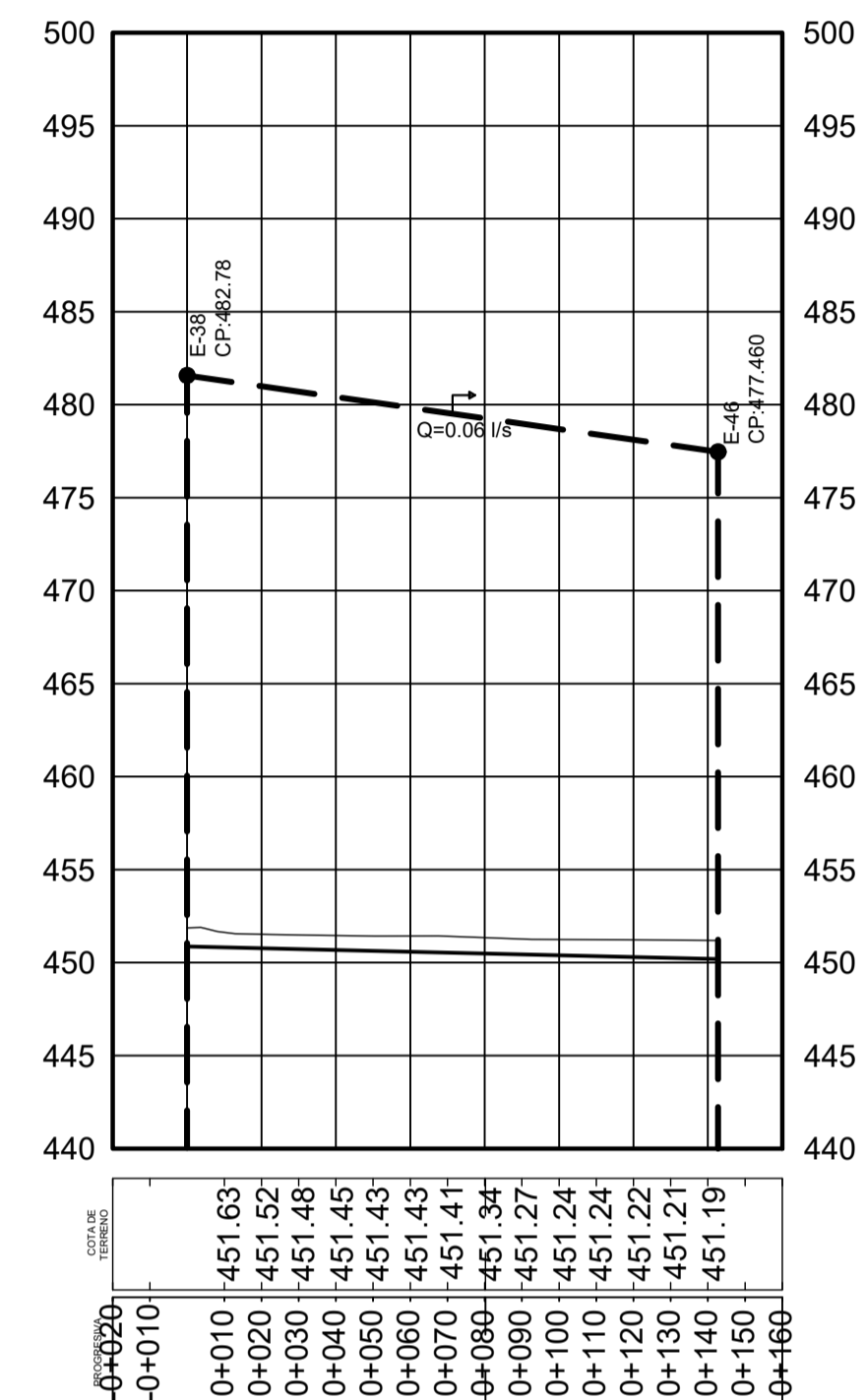
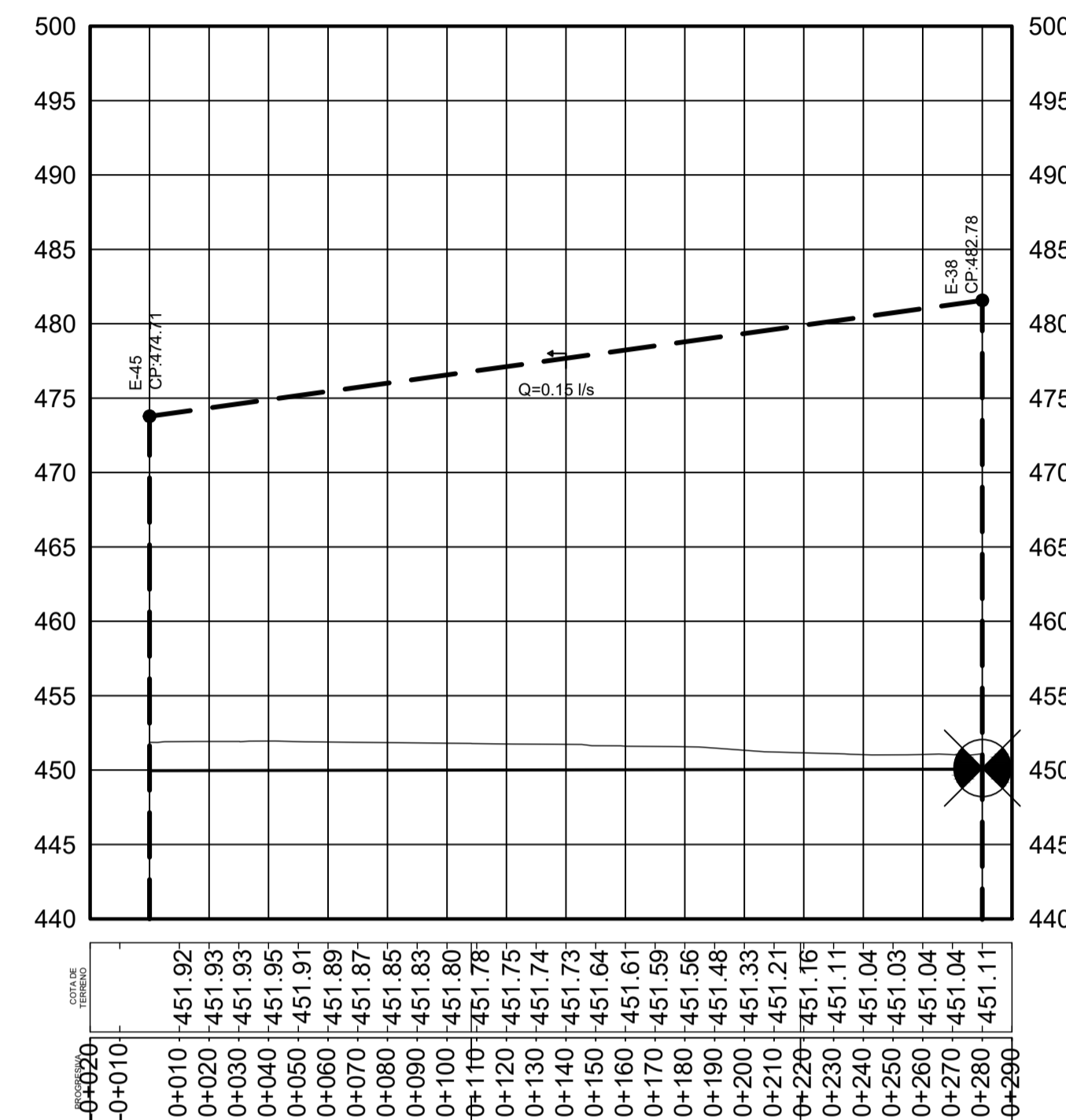
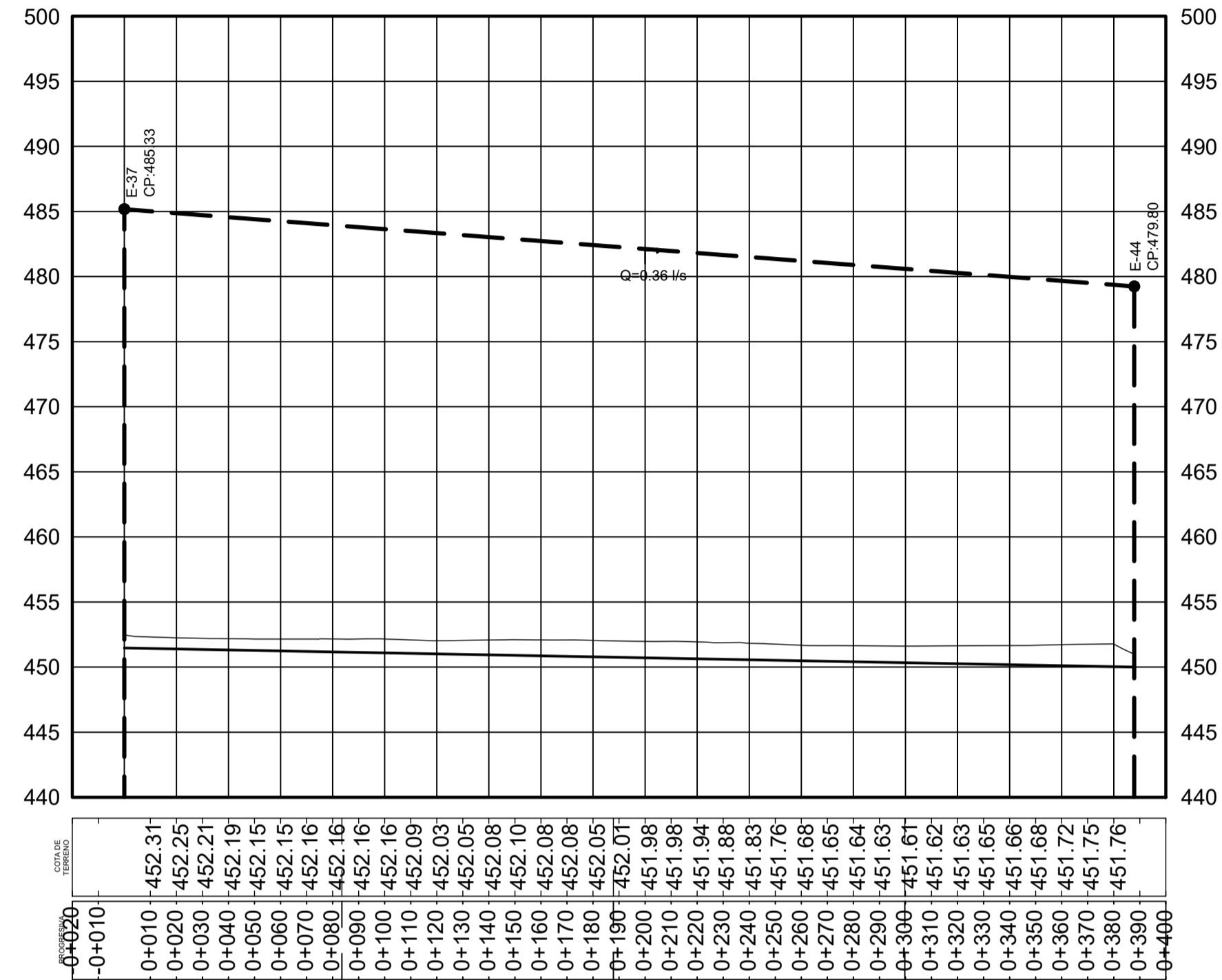
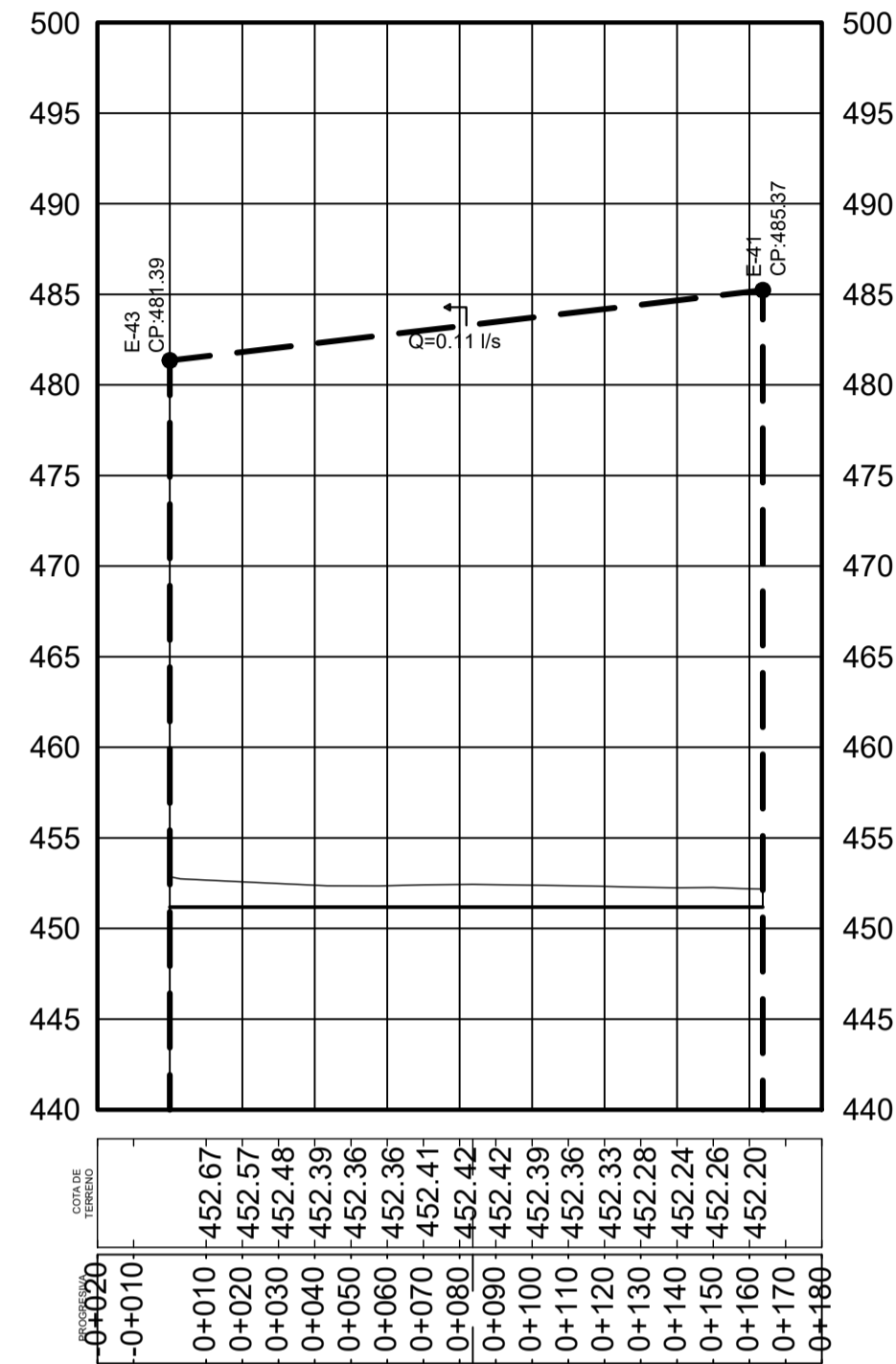
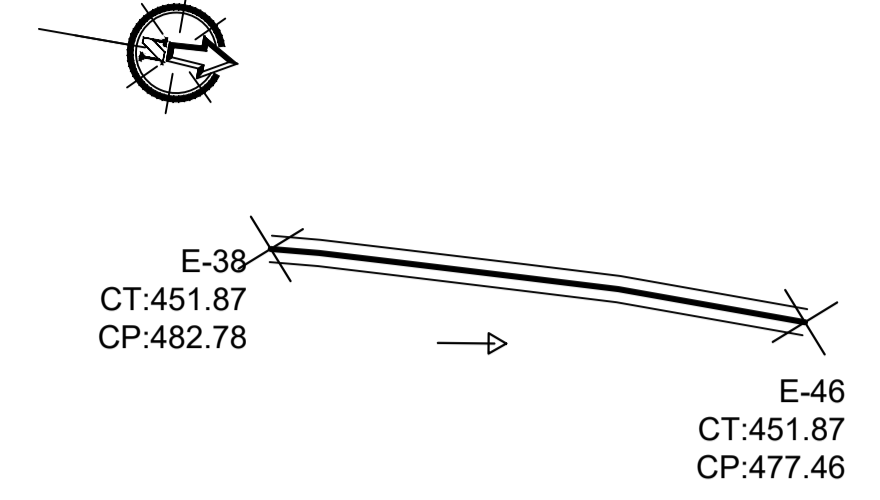
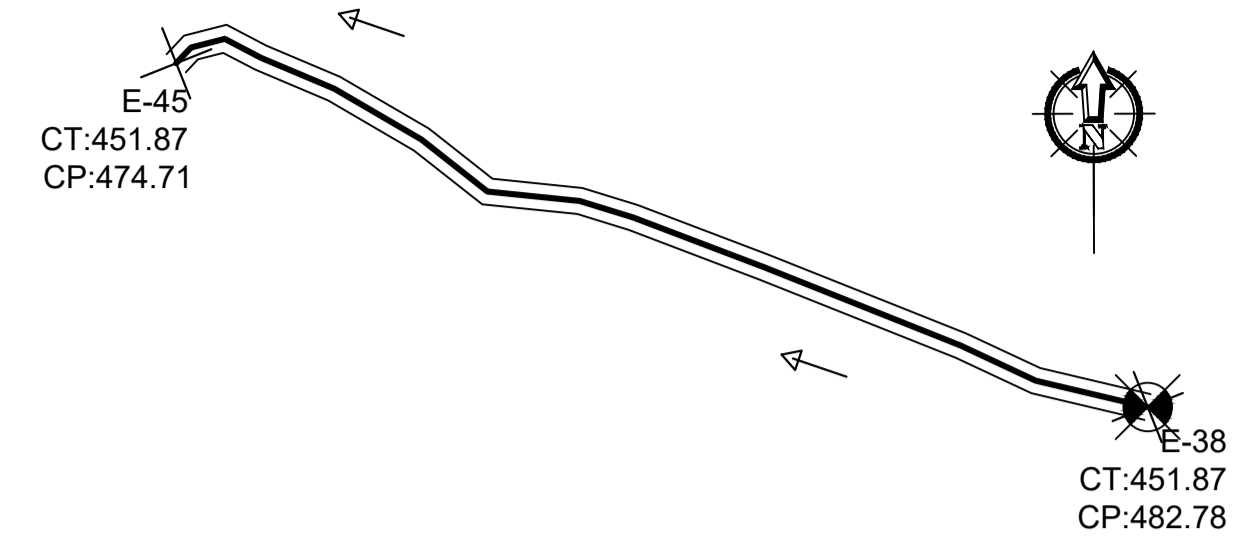
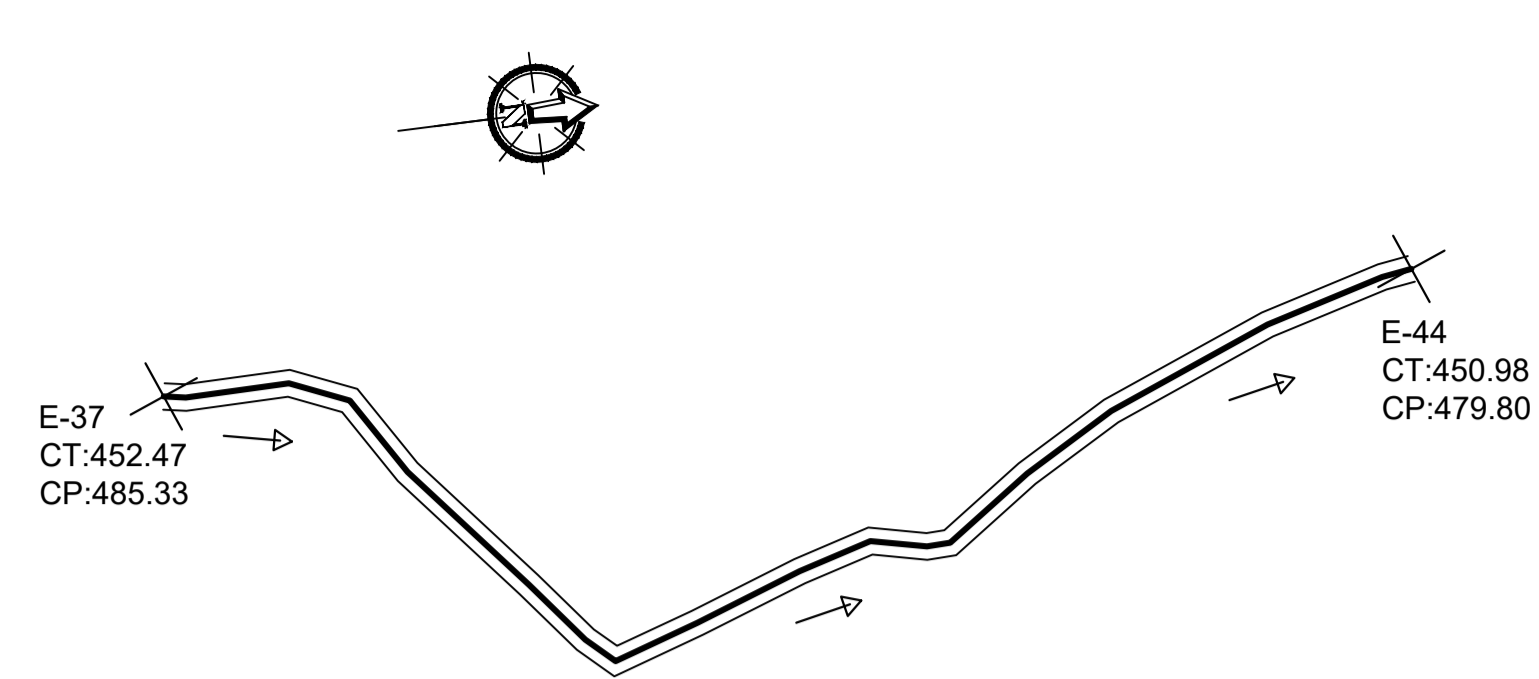
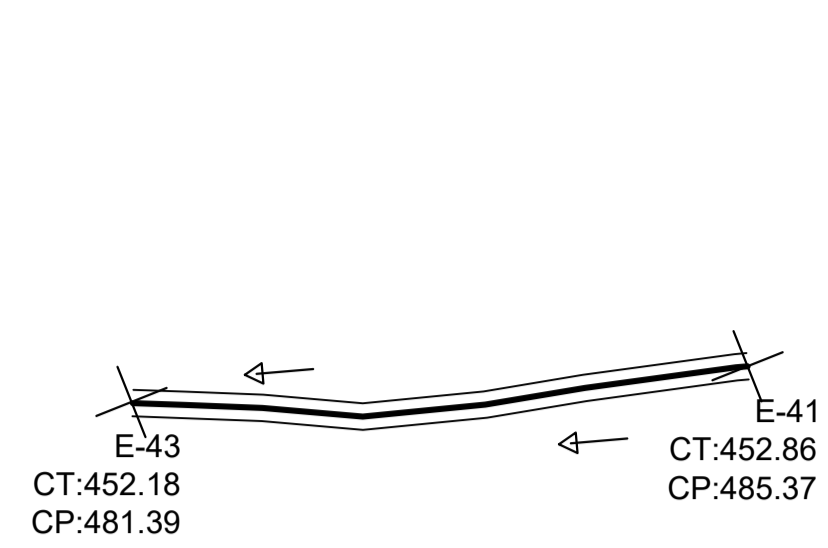


**PLANTA-PERFIL  
DE E-36 A E-42**

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA PVC
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE LIMPIEZA

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO	10 14
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	



L:163.66m  
28 TUBOS 160 PSI  
P.V.C Ø3/4"

L:387.86m  
65 TUBOS 160 PSI  
P.V.C Ø1 1/4"

L:280.00m  
47 TUBOS 160 PSI  
P.V.C Ø3/4"

L:144.23m  
24 TUBOS 160 PSI  
P.V.C Ø1/2"

### PLANTA-PERFIL DE E-41 A E-43

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

### PLANTA-PERFIL DE E-37 A E-44

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

### PLANTA-PERFIL DE E-38 A E-45

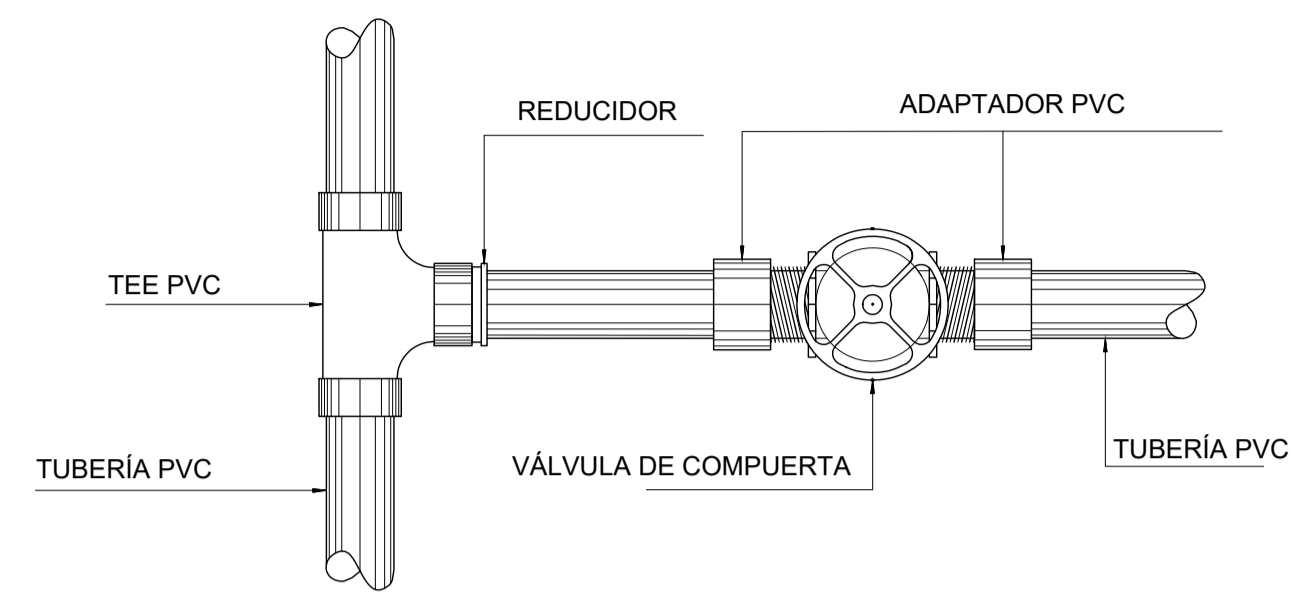
ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

### PLANTA-PERFIL DE E-38 A E-46

ESCALA H:1:1000  
ESCALA V:1:400

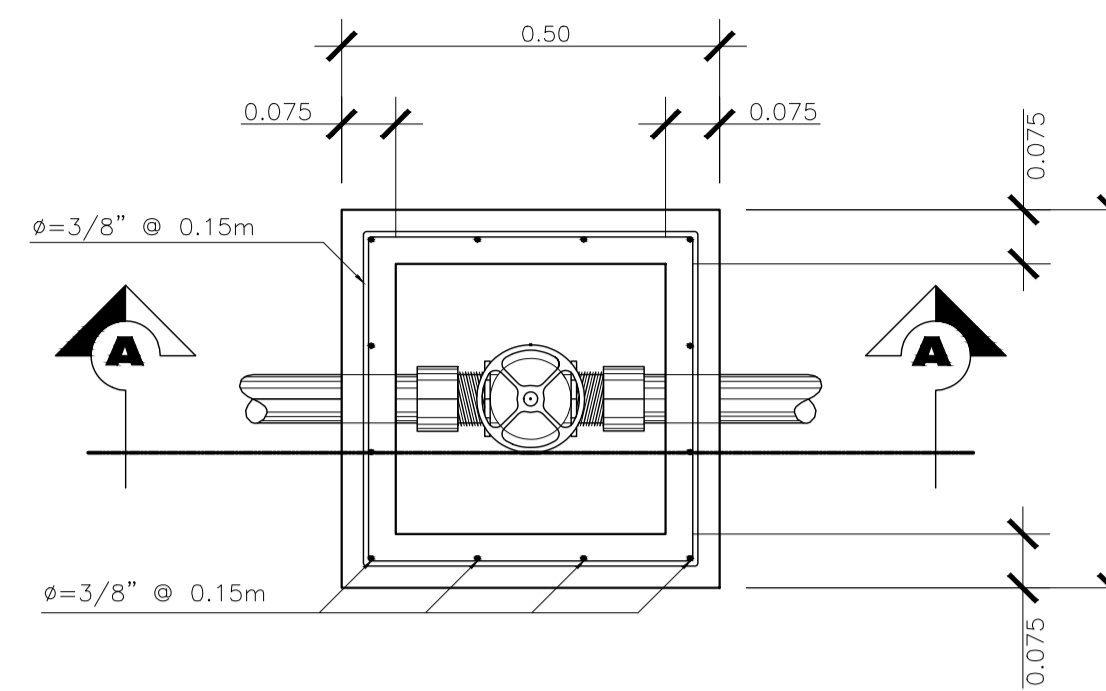
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
E-0	ESTACIÓN
	DIRECCIÓN DE CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL l/s
L	LONGITUD m
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA PVC
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE LIMPIEZA

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	
	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
PLANO DE: <b>PLANTA PERFIL</b>		PROGRAMA EPS USAC - 2019
		ESCALA: INDICADA
		FECHA: OCTUBRE 2022
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO	11
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	14



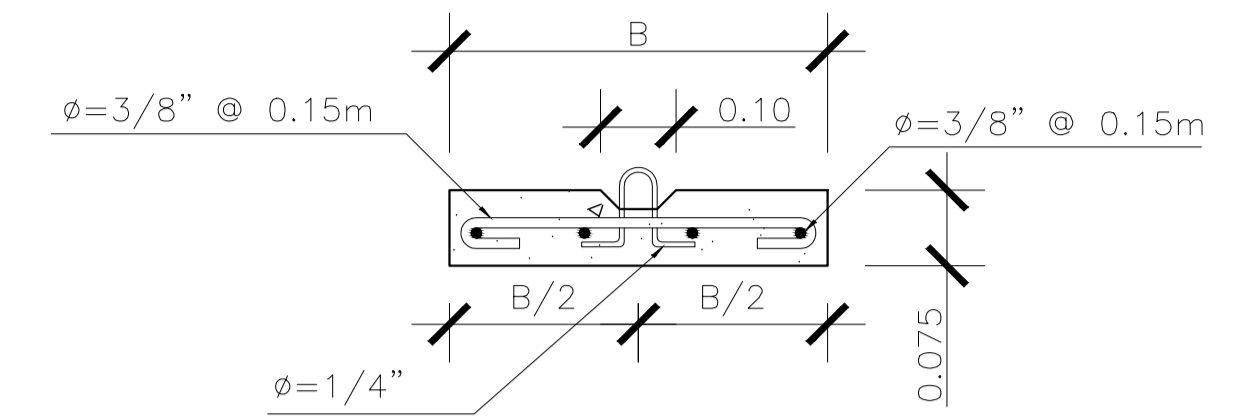
### PLANTA VÁLVULA DE COMPUERTA

ESCALA 1:10



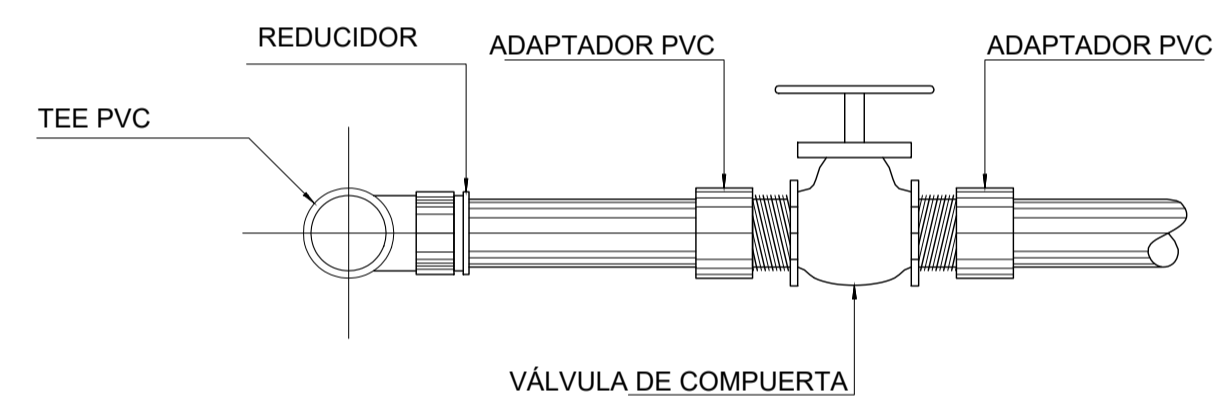
### PLANTA DE CAJA DE VÁLVULA

ESCALA 1:10



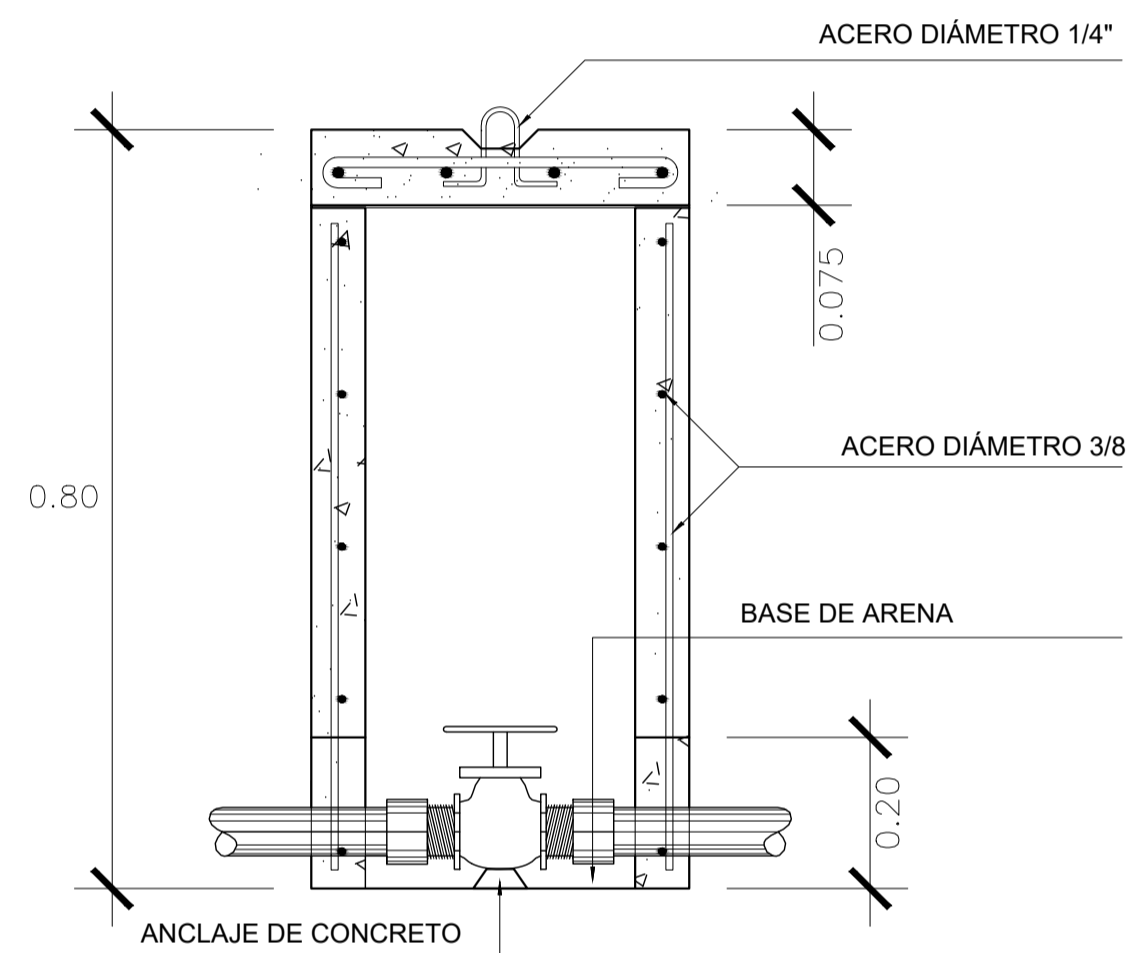
### DETALLE DE TAPADERA DE CAJA DE VÁLVULA

ESCALA 1:10



### PERFIL VÁLVULA DE COMPUERTA

ESCALA 1:10



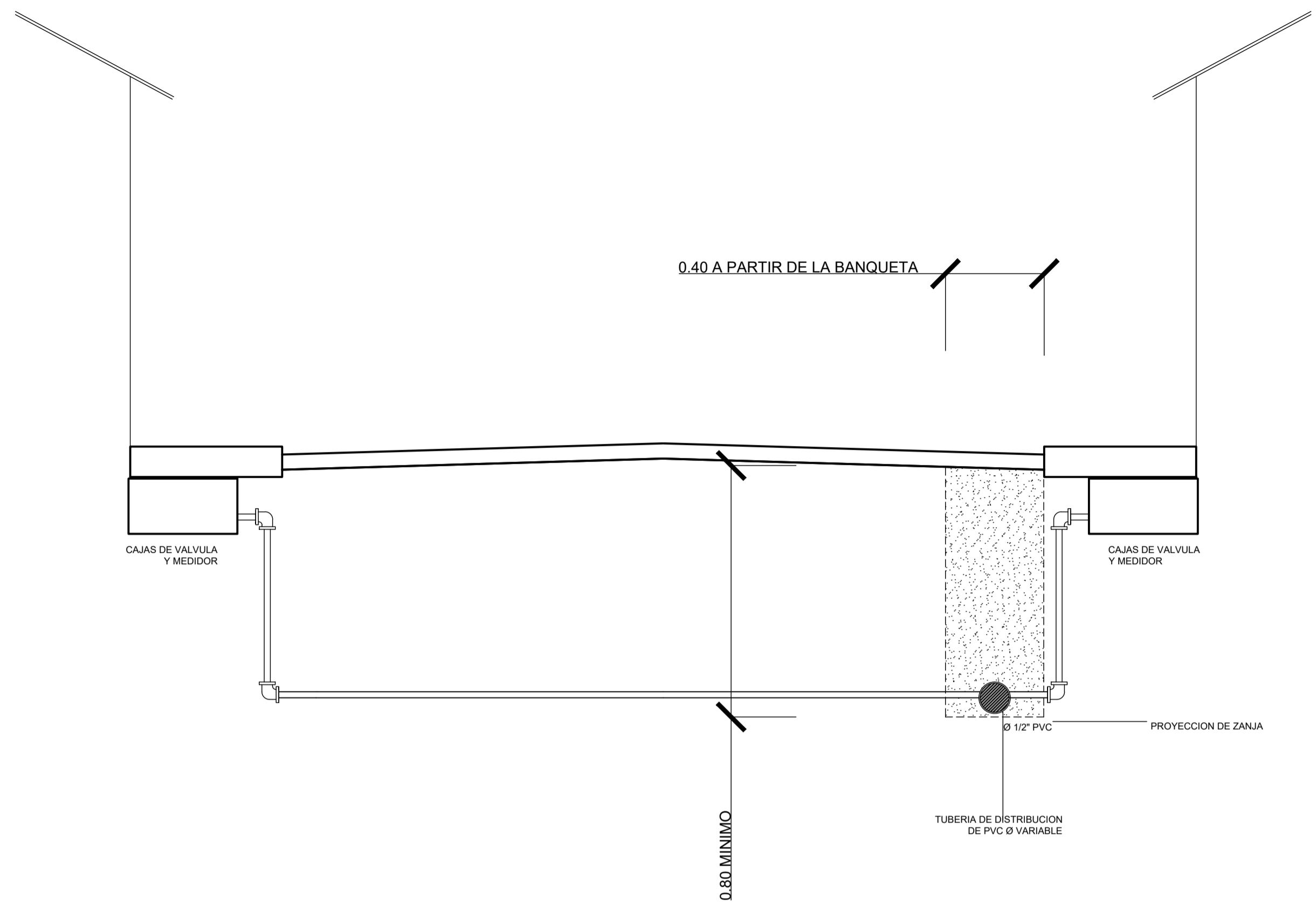
### PERFIL DE CAJA DE VÁLVULA

ESCALA 1:10

#### ESPECIFICACIONES

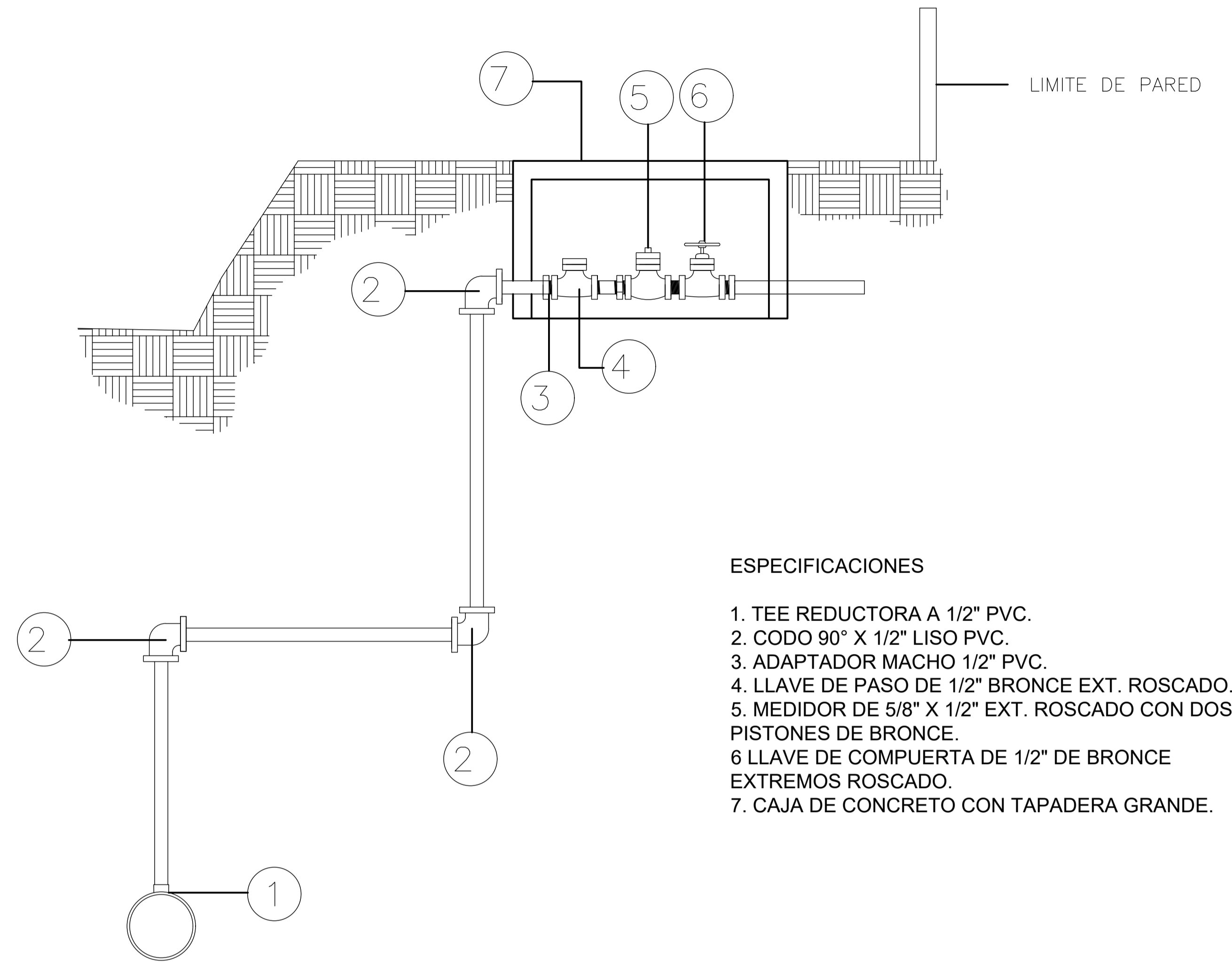
1. LAS VÁLVULAS SE ASENTARÁN SOBRE UNA CAPA DE AREA PARA FACILITAR EL DRENAJE.
2. LAS CAJAS Y TAPADERAS SE CONSTRUIRÁN DE CONCRETO  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$
3. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS
4. ACERO DE REFUERZO  $\phi=3/8''$  GRADO 60
5. TODOS LOS LADOS INTERNOS DE LAS PAREDES DE LAS CAJAS IRÁN ALIZADAS CON SABIETA PROPORCIÓN 1:2

		MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA		
		PLANO DE: <b>DETALLE DE CAJA DE VÁLVULAS</b>		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO	12		14
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR			
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		ASESOR SUPERVISOR		



**DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIAR**

ESCALA 1:10





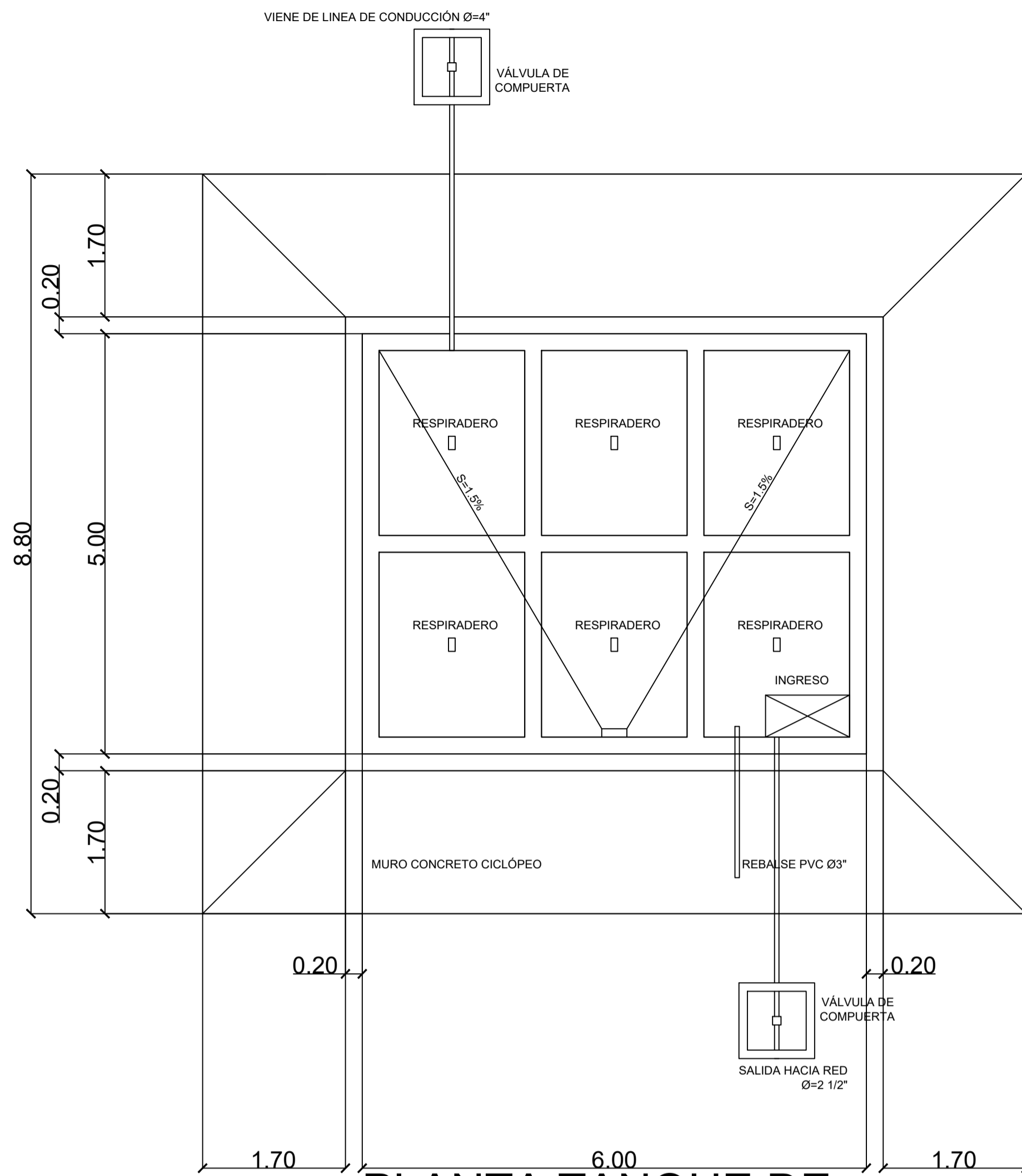
**ESPECIFICACIONES**

1. TEE REDUCTORA A 1/2" PVC.
2. CODO 90° X 1/2" LISO PVC.
3. ADAPTADOR MACHO 1/2" PVC.
4. LLAVE DE PASO DE 1/2" BRONCE EXT. ROSCADO.
5. MEDIDOR DE 5/8" X 1/2" EXT. ROSCADO CON DOS PISTONES DE BRONCE.
6. LLAVE DE COMPUERTA DE 1/2" DE BRONCE EXTREMOS ROSCADO.
7. CAJA DE CONCRETO CON TAPADERA GRANDE.

**DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIAR**

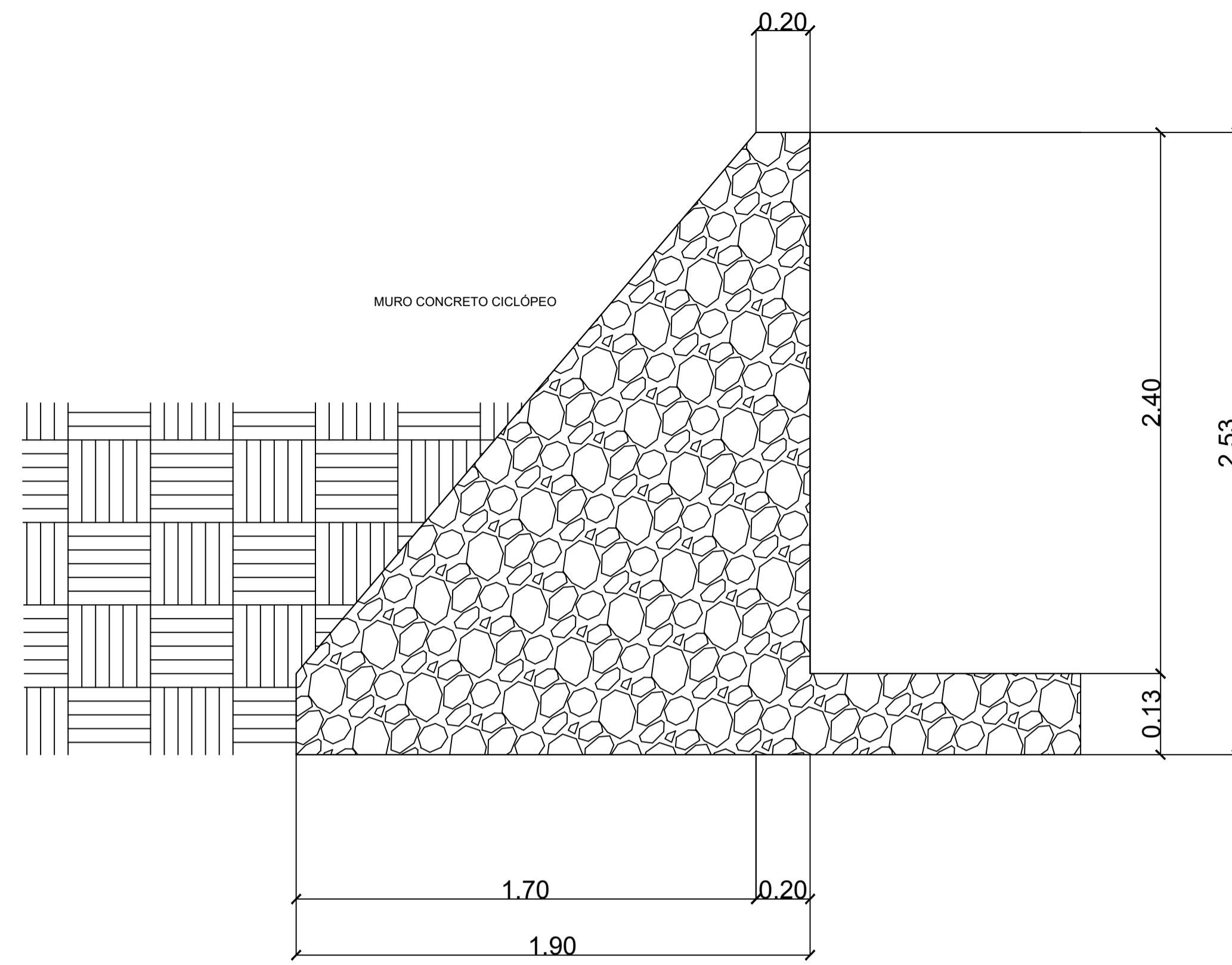
ESCALA 1:10

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA	
	PLANO DE: <b>DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIAR</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO RANDY CERMEÑO	13 14
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO RANDY CERMEÑO	SUPERVISOR	
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ASESOR SUPERVISOR	



**PLANTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

ESCALA 1:20

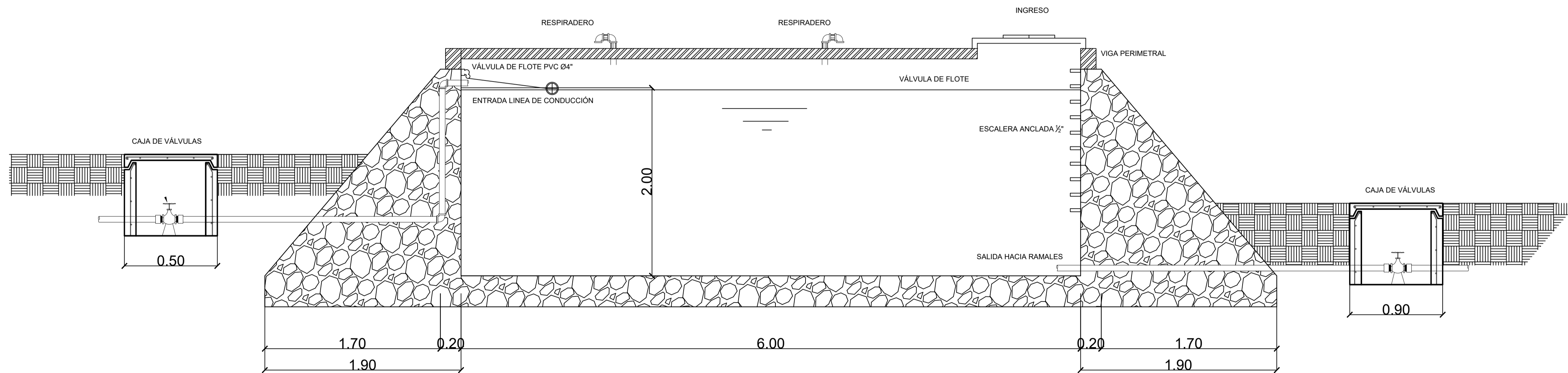


**PERFIL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

ESCALA 1:5

**ESPECIFICACIONES**

1. CONCRETO CON REFUERZO DE RUPTURA A COMPRESIÓN DE 210 kg/cm<sup>2</sup> A LOS 28 DIAS.
2. ACERO DE REFUERZO DE 2810 kg/cm<sup>2</sup>.
3. LOS MUROS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
4. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS.
5. LOS RECUBRIMIENTOS SERÁN DE 3cm.
6. EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERÁ SER PERFECTAMENTE APISONADO.
7. LA LOSA DEL TECHO DEBERÁ TENER UNA PENDIENTE DE 1%.



**PERFIL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

ESCALA 1:10

		MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA GUATEMALA, GUATEMALA		
PLANO DE: <b>DETALLE DE TANQUE</b>				PROGRAMA EPS USAC - 2019
ESCALA: INDICADA				FECHA: OCTUBRE 2022
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO <b>RANDY CERMEÑO</b>			<b>14</b>
DIBUJO Y CALCULO TOPOGRAFICO <b>RANDY CERMEÑO</b>	SUPERVISOR			
ASESOR MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR				<b>14</b>
ASESOR SUPERVISOR				

Apéndice 2. **Memoria de cálculo del diseño de la red de abastecimiento de agua potable para el caserío Playa de Oro**

Fuente. elaboración propia.



Tasa C.	2,70%
Periodo D.	25
Dotacion	120

RAMAL 1																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica (m.c.a)	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
Tanque C.R.P	C.R.P	546,17	527,59	197,625	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	18,58	1,76	2 1/2	2,537	3,134	1,005	Sí Cumple	546,17	543,036	0	15,446
C.R.P	0	527,59	517,73	113,873	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	9,86	1,79	2 1/2	2,537	1,806	1,005	Sí Cumple	527,590	525,784	0,000	9,370
E14	E16	517,73	506,82	76,609	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	10,91	1,62	2 1/2	2,537	1,215	1,005	Sí Cumple	525,784	524,569	9,370	17,749
E16	E17	506,82	494,39	92,946	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	12,43	1,64	2 1/2	2,537	1,474	1,005	Sí Cumple	524,569	523,096	17,749	28,706
E17	E19	494,39	473,62	136,302	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	20,77	1,59	2 1/2	2,537	2,161	1,005	Sí Cumple	523,096	520,934	28,706	47,314
E19	E20	473,62	462,81	67,83	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	10,81	1,58	2 1/2	2,537	1,076	1,005	Sí Cumple	520,934	519,858	47,314	57,048
E20	E21	462,81	461,32	42,488	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	1,49	2,16	2 1/2	2,537	0,674	1,005	Sí Cumple	519,858	519,185	57,048	57,865
E21	E22	461,32	459,76	130,826	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	1,56	2,69	2 1/2	2,537	2,075	1,005	Sí Cumple	519,185	517,110	57,865	57,350
E22	E23	459,76	458,24	992,387	101	197	606	1180	1,64	3,277	2,80	1,52	2,72	2 1/2	2,537	2,123	1,005	Sí Cumple	517,110	514,987	57,350	56,747
RAMAL 2																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E23	E24	458,238	453,96	967,499	15	29	90	175	0,24	0,487	0,80	4,278	1,60	1	1,161	20,275	0,712	Sí Cumple	514,987	494,712	56,75	40,752
RAMAL 1																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E23	E29	458,24	453,81	854,118	86	167	516	1004	1,40	2,790	1,93	4,43	3,00	2 1/2	2,537	10,060	0,855	Sí Cumple	514,987	504,927	56,75	51,117
RAMAL 4																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E29	E30	453,81	451,645	325,896	10	19	60	117	0,16	0,324	0,64	2,165	1,26	3/4	0,926	9,704	0,747	Sí Cumple	493,345	483,641	39,54	32,00
RAMAL 3																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E29	E36	453,81	452,842	253,672	69	134	414	806	1,12	2,239	1,73	0,968	2,94	2	2,095	5,050	1,007	Sí Cumple	493,345	488,295	39,54	35,45
RAMAL 8																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E36	E37	452,842	452,47	32,028	52	101	312	607	0,84	1,687	1,50	0,372	2,10	2	2,095	0,378	0,759	Sí Cumple	485,715	485,337	32,87	32,87
RAMAL 8.1																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E37	E38	452,47	451,87	211,72	28	55	168	327	0,45	0,908	1,10	0,6	2,22	1 1/2	1,676	2,355	0,638	Sí Cumple	485,144	482,789	32,67	30,92
RAMAL 5																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E36	E41	452,842	452,86	18,592	14	27	84	164	0,23	0,4542	0,77	0,018	2,13	1	1,161	0,343	0,665	Sí Cumple	485,715	485,372	32,873	32,512
RAMAL 6																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E41	E42	452,86	453,06	217,587	5	10	30	58	0,08	0,1622	0,44	0,2	1,45	1/2	0,716	6,289	0,624	Sí Cumple	485,197	478,908	32,337	25,848
RAMAL 7																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E41	E43	452,86	452,18	163,662	7	14	42	82	0,11	0,284	0,53	0,68	1,32	3/4	0,926	3,807	0,653	Sí Cumple	485,197	481,390	32,337	29,210
RAMAL 9																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E37	E44	452,47	450,98	387,864	22	43	132	257	0,36	0,714	0,97	1,49	1,90	1 1/4	1,464	5,337	0,657	Sí Cumple	485,144	479,807	32,674	28,827
RAMAL 10																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E38	E45	451,87	451,12	280,424	9	18	54	105	0,15	0,292	0,61	0,75	1,46	3/4	0,926	6,872	0,672	Sí Cumple	481,585	474,713	29,715	23,593
RAMAL 11																						
De	A	COTA		DH (m)	Viviendas		Población		Q <sub>medio</sub> (l/s)	Q <sub>maxH</sub> (l/s)	Q <sub>inst</sub> (l/s)	H (m)	Φ <sub>teorico</sub> (Pulg)	Φ <sub>com</sub> (Pulg)	Φ <sub>int</sub> (Pulg)	H <sub>real</sub>	Velocidad (m/s)	Chequeo Velocidad	Cota Piezometrica		Presion Dinamica	
		inicial	Final		Actual	Futura	Acutal	Futura											Inicio	Final	Inicio	Final
E38	E46	451,87	451,19	142,727	4	8	24	47	0,06	0,16	0,39	0,68	1,04	1/2	0,716	4,125	0,624	Sí Cumple	481,585	477,460	29,715	26,270



Apéndice 3. **Diseño Hidráulico – Línea de Distribución**

Fuente: elaboración propia.

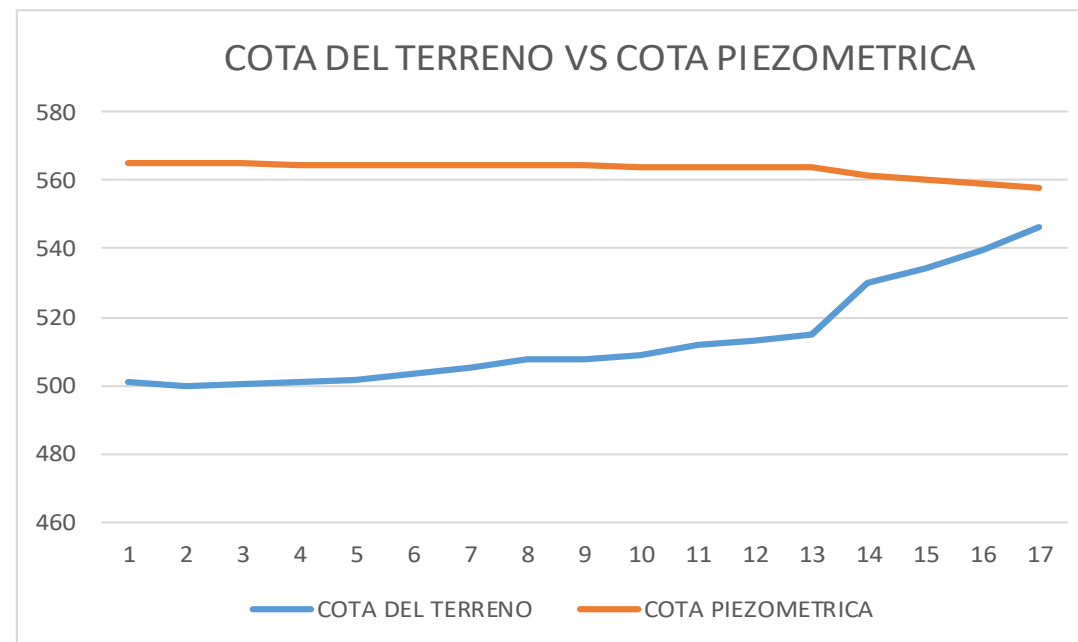


NODO		Distancia Horizontal (m)	$\Phi_{\text{comercial}}$ (Pulg)	$\Phi_{\text{int}}$ (Pulg)	Q de Diseño (l/s)	Hr Final (m)	Velocidad (m/s)
De	A						
Pozo	E1	29,401	6	5,845	7,86	0,042	0,454
E1	10,1	59,605	6	5,845	7,86	0,086	0,454
10,1	12,1	66,790	6	6,115	7,86	0,077	0,415
12,1	14,1	53,538	6	6,115	7,86	0,062	0,415
14,1	E2	163,030	6	6,115	7,86	0,189	0,415
E2	E3	97,898	6	6,115	7,86	0,113	0,415
E3	32,1	86,118	6	6,115	7,86	0,100	0,415
32,1	E4	15,868	6	6,115	7,86	0,018	0,415
E4	E5	121,397	6	6,115	7,86	0,141	0,415
E5	E6	151,909	6	6,115	7,86	0,176	0,415
E6	E7	75,222	6	6,115	7,86	0,087	0,415
E7	E8	148,988	6	6,115	7,86	0,173	0,415
E8	E9	259,784	4	3,97	7,86	2,466	0,984
E9	E10	93,423	4	3,97	7,86	0,887	0,984
E10	E11	134,862	4	3,97	7,86	1,280	0,984
E11	Tanque	138,273	4	3,97	7,86	1,312	0,984

1696,106


COTA DE TERRENO		COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINAMICA	
INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m)	FINAL (m)	INICIO (m.c.a)	FINAL (m.c.a)
500,68	499,91	565,014	564,972	64,334	65,062
499,91	500,53	564,972	564,886	65,062	64,356
500,53	501,08	564,886	564,808	64,356	63,728
501,08	501,45	564,808	564,746	63,728	63,296
501,45	503,52	564,746	564,557	63,296	61,037
503,52	505,4	564,557	564,444	61,037	59,044
505,4	507,65	564,444	564,344	59,044	56,694
507,65	507,68	564,344	564,326	56,694	56,646
507,68	508,71	564,326	564,185	56,646	55,475
508,71	512,03	564,185	564,010	55,475	51,980
512,03	512,86	564,010	563,922	51,980	51,062
512,86	515,09	563,922	563,750	51,062	48,660
515,09	530,26	563,750	561,284	48,660	31,024
530,26	534,08	561,284	560,397	31,024	26,317
534,08	539,69	560,397	559,117	26,317	19,427
539,69	546,17	559,117	557,805	19,427	11,635

COTA DEL TERRENO	COTA PIEZOMETRICA
500,68	565,01
499,91	564,97
500,53	564,89
501,08	564,81
501,45	564,75
503,52	564,56
505,4	564,44
507,65	564,34
507,68	564,33
508,71	564,19
512,03	564,01
512,86	563,92
515,09	563,75
530,26	561,28
534,08	560,40
539,69	559,12
546,17	557,80




# ANEXOS

## Anexo 1. Análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del pozo “Las Palmas”



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y SANITARIO

O.T. No. 39959		INF. No. 27.798 <b>No. 10491</b>	
INTERESADO: <b>RANDY DANIEL CERMEÑO TORRES,</b> Registro académico 2014 08431		PROYECTO: <b>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA"</b>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Caserío Playa de Oro</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-07-24; 08 h 30 min.</u>	
FUENTE: <u>Pozo Las Palmas</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB: <u>2019-07-24; 11 h 27 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>San Miguel Petapa</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>			

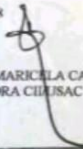
RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodoro</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>23°C</u>	
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>445,00 µmhos/cm</u>	
3. TURBIDIDAD: <u>00,43 UNT</u>	6. potencial de Hidrogeno (pH): <u>06,80 unidades</u>	9. S/C/ DIFUSOS DESINFECTOS: <u>736,00 mg/l</u>	
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
	mg/L		mg/L
1. CALCIO (Ca)	48,10	6. CLORUROS (Cl)	27,50
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> )	0,022	7. MAGNESIO (Mg)	16,04
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	30,00	8. SUELFATOS (SO <sub>4</sub> )	04,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03
5. MANGANESO (Mn)	00,004	10. DUREZA TOTAL	186,00
HIDROXIDOS mg/L		ALCALINIDAD TOTAL mg/L	
00,00		196,00	
CARBONATOS mg/L		BICARBONATOS mg/L	
00,00		196,00	


OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

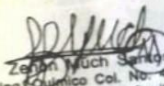
**OBSERVACIONES:** Desde el punto de vista físico-químico sanitario: DUREZA, en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29001.

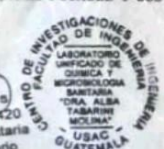
**TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>st</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.**

Guatemala, 2019-09-18

Vo.Bo.   
INGA TELMA MARICELA CANO MORÁN  
DIRECTORA CIUSAC




  
**Zenón Much Serrano**  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio




FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Continuación de anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

O.T. No. 39 959

EXAMEN BACTERIOLOGICO

**No. 10492**  
INF. No. A - 365 932

<p>INTERESADO: <u>RANDY DANIEL CERMEÑO TORRES</u> <small>REGISTRO ACADÉMICO 2014.08431</small></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Caserio Playa de Oro</u></p> <p>FUENTE: <u>Pozo Las Palmas</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>San Miguel Petapa</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u></p>	<p>PROYECTO: <u>EPS DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-07-24, 08 h30 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-07-24, 11 h27 min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
<p>SABOR: <u>-----</u></p> <p>ASPECTO: <u>Clara</u></p> <p>OLOR: <u>inodora</u></p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u></p> <p>CLORO RESIDUAL: <u>----</u></p>

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
1,00 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
0,10 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		< 1,8	< 1,8


TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según norma COGUANOR NTG 29 001.

Guatemala, 2019-09-18


Vo.Bo.

INGA. TELMA MARICELA CANO MEDCALLEN  
**DIRECTORA CII/USAC**



*[Firma]*


Zetón Much Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio




FACULTAD DE INGENIERIA --USAC--  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Laboratorio de Unificado de Química y Microbiología Sanitaria, Facultad de Ingeniería USAC

## Anexo 2. Ensayos de mecánica de suelos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

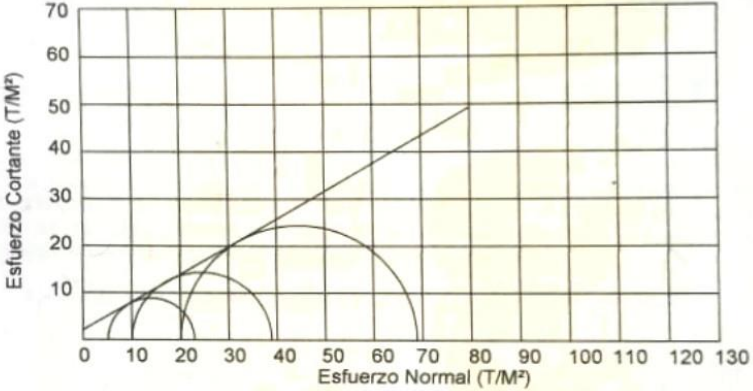
---

**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR**

INFORME No.: 323 S.S.A. O.T.: 39,962 No. 17327

INTERESADO: RANDY DANIEL CERMEÑO TORRES  
 PROYECTO: EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO PLAYA DE ORO, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA"

UBICACIÓN: CASERIO PLAYA DE ORO, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA  
 FECHA: lunes, 09 de septiembre de 2019  
 POZO: 1 PROFUNDIDAD: 2.00 m MUESTRA: 1



**PARAMETROS DE CORTE:**

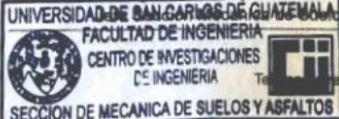
<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : <math>\phi = 30.55^\circ</math></b>	<b>COHESIÓN: <math>C_u = 2.16 \text{ Ton/m}^2</math></b>
TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.	
DESCRIPCION DEL SUELO: ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CON POMEZ	
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"	
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.	

PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	17.92	28.84	48.93
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	3.5	5.5
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.53	1.53	1.53
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.66	1.66	1.66
HUMEDAD (%H)	26.95	26.95	26.95

Atentamente,

*Omar Epique Méndez Méndez*  
Ing. Omar Epique Méndez Méndez  
Mecánicas y Asfaltos

Vo.Bo. *Mario José Mérida Meré*  
Ing. Mario José Mérida Meré  
DIRECTOR a.i. CII/USAC



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería USAC.

