



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO
CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA
PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE
CHIMALTENANGO**

Herman Leonardo Sulecio Alva

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO
CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA
PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE
CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HERMAN LEONARDO SULECIO ALVA

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
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 PARA EL CASCO CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha febrero de 2009.



Herman Leonardo Sulecio Alva

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de septiembre de 2012
REF.EPS.DOC.326.09.12

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

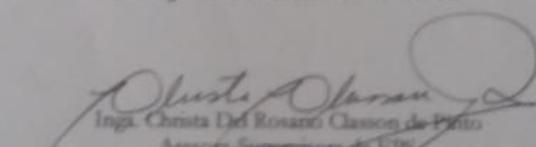
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Herman Leonardo Sulecio Alva**, Registro Académico 199912052 y CUI 1843 92535 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO.**

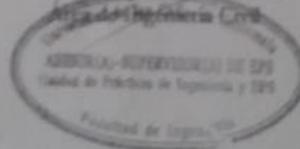
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Del Rosario Classon de Pinto
Asesora Supervisora de EPS



c.c. Archivo
CCdP/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono directo: 2442-3509



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
03 de octubre de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL, Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Herman Leonardo Sulecio Alva, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

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

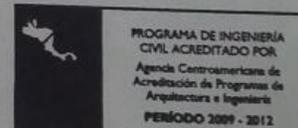
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 15 de mayo de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

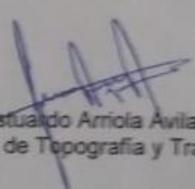
Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL, Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Herman Leonardo Sulecio Alva con registro académico 199912052 y CUI 1843 92535 0101, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad 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. Mario Estuardo Arriola Avila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 16 de mayo de 2017
REF.EPS.DMC.137.05.17

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente:

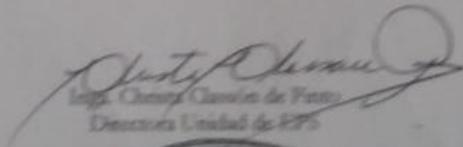
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (EPS) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario Hernán Leonardo Sulecio Alva, Registros Académicos 199912822 y CUI 1442 92225 8081, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Del Rosario Clavero de Pardo.

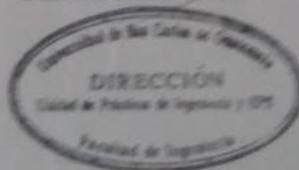
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y contentado la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora y Directora apruebo su contenido solicitándole darme el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

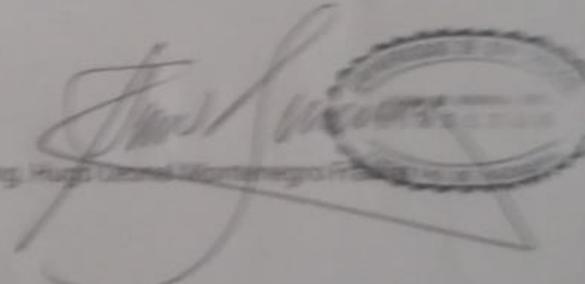

Inga. Christa Clavero de Pardo
Directora Unidad de EPS

CC:BP/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora y de la Coordinadora de E.P.S. Inga Cintha del Rosario Cascon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Herman Leonardo Sulecio Alva titulado: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERIO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN, GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO da por este medio su aprobación al dicho trabajo.


Ing. Hugo Daniel Montenegro

Guatemala, agosto
/mm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

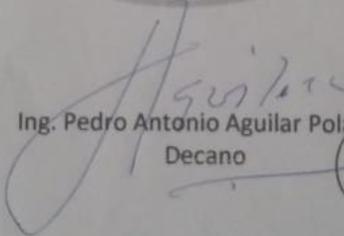


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 375.2017

El Decano 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 PARA EL CASCO CENTRAL Y DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TEPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Herman Leonardo Sulecio Alva**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Pola
Decano



Guatemala, agosto de 2017

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis padres** Herman Leonardo Sulecio Ovalle y Norma Celia Alva Meza, por su amor, ejemplo y apoyo incondicional.
- Mis abuelos** Luis Sulecio Torres (q. e. p. d.), Ena Francisca Ovalle Rodas (q. e. p. d.), Julio René Alva González (q. e. p. d.) y María Otilia Meza García, porque con su ejemplo me inculcaron los valores que me formaron como persona.
- Mis hermanos** Luis Pedro, Norma Lucía y José Julio Sulecio Alva, por compartir la ilusión e impulsarme para trabajar arduamente.
- Mi familia** Con respeto y mucho cariño.
- Mis amigos** Por tener siempre su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y la sabiduría para concluir esta carrera, la cual ejerceré en su nombre.
Mis padres	Por ayudarme a no perder el rumbo y siempre recordarme mis metas.
Facultad de Ingeniería	Con gratitud y cariño por la formación profesional que se me dio.
Inga. Christa Classon de Pinto	Por brindarme su asesoría y apoyo.
Municipalidad de Tecpán Guatemala	Por la oportunidad que me brindaron para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y por darme su apoyo.

2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL DEL MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO	9
2.1.	Descripción del proyecto.....	9
2.2.	Fuente de agua.....	9
2.3.	Levantamiento topográfico	10
	2.3.1 Altimetría.....	10
	2.3.2 Planimetría.....	11
2.4.	Análisis de calidad del agua	11
	2.4.1. Análisis fisicoquímico sanitario	12
	2.4.2. Análisis bacteriológico	12
2.5.	Factores de diseño	13
	2.5.1. Período de diseño.....	13
	2.5.2. Población futura.....	13
	2.5.3. Caudal de aforo	14
	2.5.4. Dotación.....	15
2.6.	Diseño del sistema.....	16
	2.6.1. Demanda de agua	16
	2.6.2. Consumo medio diario.....	17
	2.6.3. Caudal máximo diario	18
	2.6.4. Caudal máximo horario.....	19
2.7.	Diseño hidráulico	19
	2.7.1. Línea de conducción.....	20
	2.7.2. Presión estática en tuberías	21
	2.7.3. Presión dinámica en tubería	21
	2.7.4. Línea piezométrica	22
	2.7.5. Revisión de velocidades	24
2.8.	Obras de arte	26
	2.8.1. Caja rompedor	26

2.8.2.	Válvula de aire	27
2.8.3.	Válvula de limpieza	28
2.8.4.	Acometida domiciliar	28
2.9.	Captación	29
2.10.	Tanque de almacenamiento	30
2.11.	Desinfección.....	38
2.12.	Elaboración de presupuesto	41
2.13.	Operación y mantenimiento	45
2.14.	Propuesta de tarifa.....	45
2.15.	Evaluación socioeconómica.....	47
2.15.1.	Valor presente neto.....	48
2.15.2.	Tasa interna de retorno.....	49
2.16.	Evaluación de impacto ambiental	51
2.16.1.	Diagnóstico de riesgo de impacto ambiental	52
2.16.2.	Descripción del ambiente físico	52
2.16.3.	Análisis de vulnerabilidad del entorno	52
2.16.4.	Consideraciones a tomar para no causar daños....	53
3.	DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO	55
3.1.	Descripción del proyecto.....	55
3.2.	Levantamiento topográfico.....	55
3.2.1.	Altimetría	55
3.2.2.	Planimetría	56
3.3.	Estudio de suelos.....	56
3.3.1.	Toma de muestra	57
3.3.2.	Ensayos de laboratorio	57
3.4.	Cálculo topográfico	64

3.4.1.	Cálculo de niveles.....	64
3.4.2.	Localización de línea central	66
3.5.	Secciones transversales	68
3.6.	Diseño de carretera	69
3.6.1.	Diseño de alineamiento horizontal	69
3.6.2.	Diseño de alineamiento vertical.....	77
3.7.	Movimientos de tierras.....	81
3.7.1.	Dibujo de secciones transversales	81
3.7.2.	Diseño de subrasante.....	82
3.7.3.	Tipo de carpeta de rodadura	83
3.7.4.	Dibujo de secciones típicas	84
3.7.5.	Determinación de áreas.....	85
3.7.6.	Cálculo de volúmenes	86
3.8.	Drenajes.....	89
3.8.1.	Ubicación de drenajes	89
3.8.2.	Localización de drenajes	90
3.8.3.	Cálculo de áreas de descarga, método racional	92
3.9.	Mantenimiento	95
3.10.	Datos finales del proyecto.....	95
3.10.1.	Datos de rectas y curvas	96
3.10.2.	Movimiento de tierras	96
3.11.	Planos constructivos	96
3.12.	Presupuesto total del proyecto	96
3.13.	Cronograma físico financiero.....	97
3.14.	Evaluación ambiental inicial.....	98
CONCLUSIONES.....		105
RECOMENDACIONES.....		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109

APÉNDICE.....111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa del municipio de Tecpán Guatemala	3
2.	Ejemplo de perfil con nivel estático, línea piezométricas, pérdidas de carga H_f y presión dinámica	23
3.	Sección caja rompresión.....	27
4.	Elevación válvula de aire.	27
5.	Planta válvula de limpieza.	28
6.	Captación de nacimiento.	30
7.	Muro del tanque	34
8.	Distribución geométrica de la sección transversal del muro del tanque.	36
9.	Esquema dosificador de cloro en tabletas.....	39
10.	Ensayo de compactación, proctor modificado AASHTO T-180.	62
11.	Análisis granulométrico con tamices y lavado previo.	62
12.	Ensayo de razón soporte california (CBR), proctor modificado AASHTO T-193.....	63
13.	Esquema de lectura de nivelación.....	66
14.	Localización de línea central y ubicación de PI.....	67
15.	Ejemplo de ubicación de sección transversal respecto a línea central	69
16.	Elementos de curva horizontal.....	71
17.	Representación de datos en dibujo de la curva horizontal.....	75
18.	Elementos de curva vertical.....	78
19.	Ejemplo de sección con corte y relleno	82

20.	Elementos para cálculo de volumen.....	87
21.	Elementos para cálculo de volumen en corte y relleno.....	88
22.	Sección transversal con bombeo o pendiente transversal.....	92
23.	Atlas hidrológico proporcionado por el Insivumeh considerando el mapa de isocotas de intensidad de lluvia de 5 minutos con periodo de retorno de 10 años.....	94

TABLAS

I.	Peso y momentos por metro lineal de la sección transversal del muro del tanque	36
II.	Resumen del presupuesto.....	41
III.	Línea de conducción (12 081,16 m).....	41
IV.	Red de distribución (2 619,50 m)	43
V.	Tanque de almacenamiento y equipo de cloración (40,00 m ³)	44
VI.	Cálculo de tarifa.....	47
VII.	Tabulación curvas horizontales	75
VIII.	Valores de k según velocidad de diseño	78
IX.	Tabla de cálculo para elevaciones corregidas para curva vertical.....	79
X.	Tabulación curvas verticales	80
XI.	Resumen de presupuesto carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay	97
XII.	Cronograma físico financiero carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay	98
XIII.	Evaluación ambiental inicial.....	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Δ_c	Ángulo central de la curva circular
Δ	Ángulo de la deflexión de la tangente
Az	Azimut
Q	Caudal en litros sobre segundo
Cmd	Caudal máximo diario
O	Centro de curva circular
C	Coefficiente de rugosidad en la tubería
K	Constante que depende de la velocidad de diseño
C.T.P.	Costo total del proyecto
Qm	Consumo medio diario o caudal medio
De	Desembolsos
D	Diámetro
Dot	Dotación
Crf	Factor de recuperación de capital
fmd	Factor máximo diario
FC	Flujo de cloro
Qm.m	Gasto por mantenimiento mensual
hab	Habitantes
HG	Hierro galvanizado
I	Ingreso
i	Interés
PSI	Libra por pulgada cuadrada
l	Litros

l/s	Litros sobre segundo
L	Longitud de la tubería
m.c.a.	Metros columna de agua
m/s	Metros sobre segundo
p.p.m.	Partes por millón
%	Pendiente
e	Peralte
Hf	Pérdida de carga
n	Período de diseño
P	Pendiente
Pf	Población futura
Po	Población del último censo o actual
PVC	Policloruro de vinilo
s	Segundos
Sa	Sobreancho
Σ	Sumatoria
R	Tasa de crecimiento poblacional
TIR	Tasa interna de retorno
t	Tiempo
VP	Valor presente
VPN	Valor presente neto
VR	Valor de rescate
V	Velocidad
Vol	Volumen
Vc	Volumen de corte
Vr	Volumen de relleno

GLOSARIO

Aforo	Operación de medir caudal.
Agua potable	Es el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar completamente salubre, cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las normas o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable.
Balasto	Capa de grava o de piedra machacada con material selecto que se tiende sobre la explanación de las carreteras.
Bombeo	Ligera pendiente en el sentido transversal que se deja a la carpeta de rodadura con el fin de no permitir estancamientos de agua.
Caudal	Es la cantidad de agua que pasa en una unidad de tiempo.
Captación	Estructura por el cual se colecta agua de una fuente.
Carpeta de rodadura	Es la capa superior de la estructura sobre la que circulan los vehículos.

Conducción	Obra proveniente de la captación hacia los tanques de almacenamiento. La conducción puede realizarse a través de gravedad o por bombeo.
Corte	Consiste en la excavación ejecutada a cielo abierto en terreno natural, para preparar y formar la sección del camino.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
Cota pizométrica	Es la máxima presión dinámica en un punto de la línea de conducción.
Cuerda máxima	Es la distancia en la línea recta desde el principio de curva al punto de tangencia.
Curvas circulares	Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas.
Curva de transición	Se utilizan para proporcionar un cambio gradual de dirección al pasar un vehículo de un tramo en tangente, a un tramo de curva circular.
Curva vertical	Son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical.
Dotación	Cantidad de agua asignada por persona.

External	Es la distancia mínima entre el punto de intersección y la curva.
Fuente	Corriente de agua que brota de la tierra.
Grado curva	Es el ángulo subtendido por un arco de 20 m.
Golpe de ariete	Consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión.
Levantamiento	El proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra.
Línea central	Es el punto de referencia de donde van a partir todos los anchos o componentes de la carretera.
Longitud de curva	Es la distancia desde el principio de curva hasta el punto de tangencia, medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20 m.
Ordenada media	Es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva.
Obras de arte	Diversas y variadas estructuras como cajas rompepresión, cajas de unión, tanques, entre otras. También son conocidas como obras puntuales.

Pendiente máxima	Es la mayor pendiente que se puede utilizar en el diseño del proyecto y está determinada por el tránsito previsto y la configuración del terreno.
Pendiente mínima	Es la menor pendiente que se fija para permitir la funcionalidad del drenaje.
Pérdida de carga	Pérdida de presión en la tubería.
Presión	Es la fuerza ejercida sobre una superficie.
Principio de curva	Punto donde comienza la curva circular simple.
Punto de tangencia	Punto donde termina la curva circular simple e inicio de la tangente.
Radio de curva	Es el radio de la curva circular.
Rasante	Es la línea que se obtiene al proyectar sobre el plano vertical, el desarrollo de la corona en la parte superior de la carretera.
Rellenos	Consiste en la colocación de material especial con su humedad requerida, uniformemente colocado y compactado.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes componentes de una carretera.

Subrasante	Es la capa de terreno de una carretera preparado y compactado que soporta la estructura y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.
Subtangente	Es la distancia entre el punto de intersección y el principio de curva, medida sobre la prolongación de las tangentes.
Tangentes	Son las proyecciones sobre un plano horizontal de las rectas que unen una curva, cuya longitud es la distancia que une la curva anterior y el principio de la siguiente.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene las actividades realizadas durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado, Tecpán Guatemala, Chimaltenango. La Universidad de San Carlos de Guatemala por medio de la facultad de ingeniería y el departamento de EPS a promovido apoyo a las instituciones estatales que no disponen de fondos para contratación de profesionales.

Este informe presenta un diagnóstico de las necesidades de las comunidades, dicho diagnóstico se realizó por medio de la oficina municipal de planificación. Los proyectos se enfocan a la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de las comunidades de la cabecera de Tecpán y el caserío Chuarracanjay. Los criterios de diseño se establecen con base a normas técnicas nacionales e internacionales.

Para que sean funcionales los proyectos durante su ejecución se especifican todos los detalles que deben tomarse en cuenta para la construcción de las diversas obras de arte, los criterios y renglones para el presupuesto respectivo de cada proyecto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el casco central y diseñar la carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay, del municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

Específicos

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica del municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.
2. Proveer los planos y presupuesto necesarios para la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para el casco central del municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.
3. Crear conciencia en la población sobre el buen uso del agua, para garantizar la continuidad y calidad del servicio, mediante la educación de las personas.
4. Proveer los planos y presupuesto necesarios para la construcción de la carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay, municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se presenta es parte del Ejercicio Profesional Supervisado, el cual da a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en la etapa de formación académica y plantear soluciones a problemas reales que poseen las comunidades por no poseer una infraestructura adecuada para sus servicios.

En coordinación con la Oficina Municipal de Planificación, las autoridades municipales y el ejercicio profesional supervisado, se determinó que es necesario contar con la planificación y diseño de dos proyectos. Dado que el caudal de agua que actualmente abastece el casco central de Tecpan Guatemala es insuficiente para cubrir la necesidad de la población, se plantea el diseño del sistema de abastecimiento de agua, y la carencia de vías de comunicación en las áreas rurales de nuestro país, desfavorecen el desarrollo de nuestras comunidades, por lo que se plantea un diseño con el cual se mejorara el acceso al caserío Chuarracanjay.

Para el desarrollo de los proyectos se hace una breve descripción de la población, sus características y las consideraciones preliminares para cada diseño.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Información general del municipio

A continuación se describe la historia del municipio de Tecpán Guatemala, perteneciente al departamento de Chimaltenango.

1.1.1. Breve historia del municipio

Tecpán es uno de los municipios del departamento de Chimaltenango, fue fundado el 25 de Julio de 1524 y se convirtió en la primera capital del reino de Guatemala hasta el 22 de noviembre de 1527 cuando Pedro de Alvarado la traslado al Valle de Almolonga. El nombre Tecpán es una geonomía mexicana formada de *TEC* apócope de teculli que significa soberano y *PAN* proposición locativa que equivale a residencia o palacio, Palacio de Soberano. En este municipio floreció el reino Cakchikel y ésta es la etnia que predomina en el territorio.

1.2. Monografía del municipio

Se describe a continuación aspectos físicos, económicos y sociales del municipio de Tecpán Guatemala con el fin de exponer las características más importantes de dicho municipio.

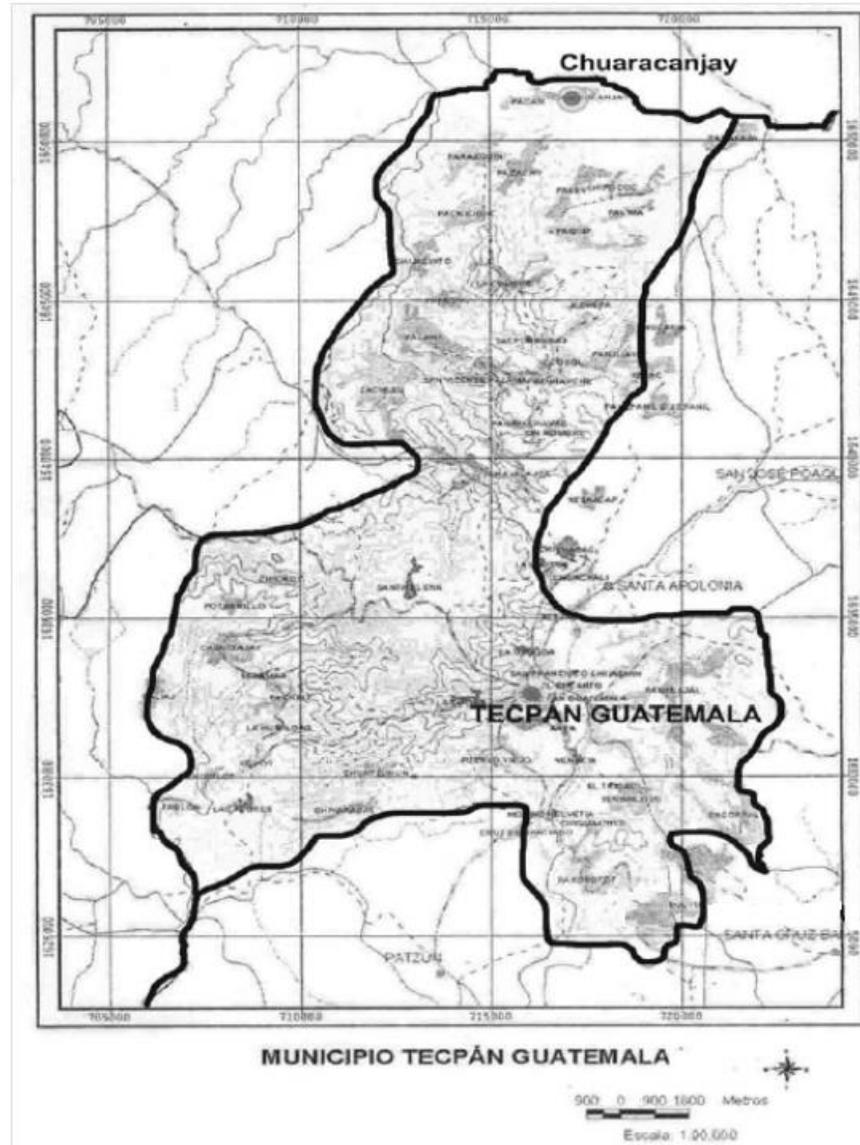
1.2.1. Aspectos físicos

El municipio de Tecpán Guatemala se encuentra a 7 500 pies sobre el nivel del mar, cuenta con un territorio accidentado, encontrándose alternativamente cerros, barrancos y planicies. Entre los cerros mas grandes se encuentra el de La Cruz.

1.2.1.1. Ubicación geográfica

Tecpán Guatemala pertenece al departamento de Chimaltenango, y está ubicado en la cordillera de los Andes, dentro del Altiplano Central de la Republica, tiene una extensión territorial de 201 Km². Nombre geográfico oficial Tecpán Guatemala. Colinda al Norte de Joyabaj (Quiché), al Este con Santa Apolonia y Comalapa (Chimaltenango), al Sur con Santa Cruz Balanya y Patzún (Chimaltenango), al Oeste con Chichicastenango (Quiché), San Andrés Semetabaj y San Antonio Palopó (Sololá), dista de la ciudad capital 89 kilómetros y de la cabecera departamental 34 kilómetros.

Figura 1. Mapa del municipio de Tecpán Guatemala



Fuente: Google Earth. Consulta: 10 de febrero de 2017.

1.2.2. Aspectos sociales

El municipio de Tecpán Guatemala es destacado por su riqueza cultural, las prácticas sociales están vinculadas tanto a la composición étnica de su población (ladina y cakchikel) como a su historia.

1.2.2.1. Salud

En el casco central del municipio existe un centro de salud y se tiene construido un hospital el cual funciona a partir de 2010. Además se cuenta con doce puestos de salud ubicada en distintas aldeas del municipio. También existe el Sistema Integral de Atención en Salud (SIAS) el cual atiende a las comunidades en las cuales no existe puesto de salud.

1.2.2.2. Infraestructura vial y comunicación

La carretera Interamericana facilita la comunicación de los habitantes de Tecpán con el resto del país, pero especialmente con los municipios vecinos de San José Poaquil, Santa Apolonia, San Juan Comalapa, Patzicía y Patzún, con quienes se mantiene una continua e intensa relación social y comercial. Existen rutas de camionetas entre el centro de la Ciudad de Guatemala y el centro de Tecpán. Un buen indicador de la actividad económica de un lugar es la frecuencia con que salen y entran las unidades de transporte extraurbano, en este caso: cada 10 minutos. Además, al interior de Tecpán hay servicios de flete y taxi que facilitan la movilización de los comerciantes y su mercadería.

Existen 3 compañías de telefonía que prestan su servicio a los habitantes en el municipio, prestando cobertura con telefonía celular aun en las aldeas más lejanas.

1.2.2.3. Aspectos culturales

La feria titular se celebra el 4 del mes de octubre, fecha en que la iglesia católica conmemora el día de San Francisco de Asís. En este mes se lleva a cabo todo tipo de actividades sociales, culturales y deportivas en honor a su patrono.

El día 25 de julio de cada año se celebra el aniversario de la fundación de Tecpán Guatemala. Entre los eventos culturales del municipio destacan las actividades deportivas donde se celebran torneos fútbol, básquetbol, papifutbol, los cuales se realizan en invierno, verano, independencia y navidades.

1.2.2.4. Población

Según datos proporcionados por el centro de salud de Tecpán Guatemala la población total del municipio se estima en 78732 habitantes de las cuales el 45% son menores de 15 años. Considerando la población anterior la densidad poblacional es de 392 habitantes por kilómetro cuadrado. Debido a la composición étnica de su población en el municipio se hablan los idiomas Español y Cakchikel.

1.2.2.5. Organización y participación comunitaria

El Municipio de Tecpán Guatemala está dividido en 1 ciudad, cuatro barrios, 35 aldeas y 22 caseríos.

1.2.3. Aspectos económicos

Tecpán Guatemala es considerado como uno de los lugares más representativos de la actividad económica de las comunidades indígenas en el Altiplano Occidental de Guatemala. El mercado de Tecpán Guatemala reúne a más de 1200 vendedores de todas las aldeas de Tecpán, de todos los municipios de Chimaltenango, y desde Quetzaltenango, Sololá, Quiché, Totonicapán, la Costa Sur y la ciudad de Guatemala. Por lo cual se considera como uno de los mercados indígenas regionales más importantes del país. Su principal día de mercado es el jueves. Según relata la población, el mercado de Tecpán (Iximché) existía desde tiempos prehispánicos.

Los principales productos agrícolas de la región son: maíz, frijol, café, jengibre, trigo, avena, diversas frutas y verduras según la temporada. Es importante distinguir la producción orientada al comercio interno y la destinada a la exportación. Generalmente, el maíz y frijol son para el propio consumo de quienes los siembran. Muchas verduras (zanahorias, por ejemplo) y frutas son llevadas el día de mercado para la venta local. Para la exportación, la actividad más rentable, se concentran en la horticultura: lechuga, arveja china, repollos y remolachas. En lo referente a la producción pecuaria de la zona destaca la crianza de ganado vacuno, caballo, lanar y porcino, que tiene su lugar de comercialización en el mercado de Chimaltenango (cabecera departamental). También es importante, para el comercio local, la venta de gallinas, gallos y pollos.

Otra actividad de importancia es la industria manufacturera, textil y alimenticia. En la manufactura sobresalen los tejidos: los tejidos tradicionales (huipiles y cortes) y la confección de suéteres y alfombras. La importancia de

esta actividad en Tecpán se hace evidente con el número de tiendas especializadas en hilos y lanas que existen en el pueblo.

1.2.4. Descripción de las necesidades

Entre las necesidades más prioritarias se encuentran la disposición de desechos líquidos (aguas negras), sólidos (basura), proporcionar agua sanitariamente segura, luz eléctrica y medios de comunicación (carreteras). La necesidad más importante es hacer conciencia de proteger el recurso más valioso que caracteriza a Guatemala, que son sus recursos naturales.

1.2.5. Justificación social

La falta de agua potable en distintas comunidades de Guatemala es un factor determinante para situarlo entre los países con mayor mortalidad infantil, debido a enfermedades de origen hídrico. La falta del vital líquido en los poblados, conlleva a proliferación de este tipo enfermedades. Por otro lado, la falta de vías de comunicación afecta al desarrollo social y cultural de una población, lo cual provoca la muerte pasiva de los enfermos, por la demora para conducirlos a un centro de salud u hospital.

En la actualidad la población del casco central de Tecpán Guatemala sufre escasez del vital líquido, pues este es restringido a unas pocas horas al día pues el caudal existente intenta repartirse entre toda la población de la manera más equitativa posible.

1.2.6. Justificación económica

La falta del vital líquido trunca las posibilidades de un desarrollo económico. La falta de vías de comunicación no deja que los pobladores de las comunidades afectadas saquen sus productos a otros mercados, lo cual dificulta el desarrollo económico de los habitantes de estos poblados y, por lo tanto, del área urbana, por la falta de competencia en precios y productos.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASCO CENTRAL DEL MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la captación, conducción, almacenaje y distribución de agua potable a un sector del casco central de Tecpán Guatemala. El agua se captará en varios nacimientos ubicados en la colonia San Carlos del municipio de Tecpán Guatemala y será conducida con tubería de PVC para agua potable,

2.2. Fuente de agua

Las fuentes de agua pueden ser de origen subterráneo o superficial. Entre las fuentes de origen subterráneo se encuentran: nacimientos, manantiales, galerías de infiltración y pozos. Entre las de origen superficial figuran: ríos, lagos, el agua de lluvia y el agua de condensación.

Para nuestro proyecto la fuente de agua utilizada serán nacimientos de brote definidos en la ladera.

2.3. Levantamiento topográfico

La topografía tiene por objeto medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para representar sobre un plano la forma y relieve. El proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra es la que se denomina levantamiento topográfico.

Las notas fueron realizadas en la libreta de campo las cuales deben ser lo más claras posibles, especificando los problemas que se puedan suscitar en el trayecto de la tubería. Es necesario realizar inspecciones preliminares para formarse un criterio sobre los elementos que serán determinantes en el diseño hidráulico del sistema.

2.3.1. Altimetría

Con la altimetría se puede saber qué diferencia de nivel existe entre distintos puntos de un terreno. Por medio de este logramos conocer la sección vertical del terreno y conocer la pendiente del terreno natural, para diseñar el tipo de obra que se desea construir. Para determinar las diferencias de nivel se utilizó taquimetría, es una técnica que se emplea para determinar rápidamente la distancia, dirección y la diferencia de elevación de un punto a otro por medio de una sola observación. El equipo utilizado fue un teodolito marca *sokkia*, trípode, estadal, plomadas y cinta métrica.

$$C_t = C_{ant.} + A_i - H_m + (1/2K (H_s - H_i) \text{seno} (2\alpha))$$

Donde

Ct = cota terreno
C ant = cota anterior
Ai = altura instrumento
Hm = hilo medio
K = constante del aparato 100
Hs = hilo superior
Hi = hilo inferior
A = ángulo cenital

2.3.2. Planimetría

La planimetría solo toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que se supone es superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales. En este caso la planimetría sirvió para localizar la línea central por donde se pretende llevar la tubería trazando una poligonal abierta. El equipo utilizado para obtener los niveles fue un teodolito marca *sokkia*, trípode, estadal, plomadas y cinta métrica. (Ver apéndice).

2.4. Análisis de calidad del agua

El agua debe llenar ciertas condiciones, tales como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.
- Inodora, insípida y fresca.
- Aireada, sin sustancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica.
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Para el análisis del agua es indispensable realizar los siguientes exámenes:

- Examen fisicoquímico sanitario
- Examen bacteriológico

2.4.1. Análisis fisicoquímico sanitario

Este análisis determina las características físicas y químicas del agua, tales como: aspecto, color, olor, sabor, pH y dureza. Específicamente para este proyecto, desde el punto de vista fisicoquímico, el agua es apta para consumo humano de acuerdo a los resultados de los exámenes de calidad del agua que se presentan en el anexo.

2.4.2. Análisis bacteriológico

El examen bacteriológico se hace con el fin de establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos, porque pueden transmitir enfermedades. Este examen se apoya en métodos estadísticos, los cuales determinan el número más probable de bacterias presentes. Dicho examen es útil como control de calidad, para verificación de alguna eventual contaminación.

Los resultados del examen bacteriológico se enmarcan en la clasificación I, calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección.

2.5. Factores de diseño

Los factores de diseño más importantes para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable son el periodo de diseño, la población futura, el caudal de aforo (caudal disponible) y la dotación (demanda), por lo que en los siguientes párrafos se describen dichos factores de una manera más amplia.

2.5.1. Período de diseño

El período de diseño adoptado para todos los componentes del sistema de este proyecto es de 22 años, considerando 2 años adicional de gestión para obtener el financiamiento y para la construcción del mismo.

2.5.2. Población futura

Para calcular la población futura se utilizó el método geométrico, tomando también posibles áreas a ser urbanizadas o de desarrollo futuro. Para el cálculo de la población futura se tomó una tasa de crecimiento del 3,52 % que es el dato que maneja el centro de salud del casco central del municipio.

Para calcular la cantidad de habitantes que se beneficiarán con este servicio al final del período de diseño, se aplicó el método de incremento geométrico, por ser el método que más se adapta al crecimiento real de la población en el medio. La fórmula para calcular la población futura es:

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde

Pf = población futura

Po = población del último censo o actual

R = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

Ejemplo en primer tramo

Po = 105 habitantes

R = 3,52 %

n = 22 años

$$Pf = 105 \text{ habitantes} (1 + 3,52/100)^{22 \text{ años}}$$

$$Pf = 224 \text{ habitantes}$$

2.5.3. Caudal de aforo

El aforo se realizó con un recipiente de volumen de 5 galones (18.925 litros) el cual se puso sobre los afluentes de los nacimientos encausando toda el agua hacia él y tomando el tiempo de llenado de cada recipiente se calculó utilizando la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t}$$

Donde

Q = caudal en litros sobre segundo

Vol = volumen en litros

t = tiempo en segundos

Ejemplo en primer aforo nacimiento 1:

Vol = cubeta de 5 galones = 18,925 (l)

t = 32,13 (s)

$$Q = \frac{18,925 \text{ l}}{32,13 \text{ s}}$$

$$Q = 0,59 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

2.5.4. Dotación

Se establece en función de tres aspectos importantes, la demanda de la comunidad, la cual está en función a sus costumbres, las que están regidas por la cultura y el clima que afecta a la zona; otro aspecto es la disponibilidad del caudal de la fuente y el tercero, es la capacidad económica de la comunidad para costear el mantenimiento y operación del sistema, sobre todo si se trata de un sistema por bombeo.

En el país existen varias instituciones que se dedican al diseño y ejecución de acueductos y cada una propone diferentes especificaciones o criterios que pueden servir de apoyo para seleccionar la dotación. Entre las dotaciones más recomendadas están:

Dotación (litros/hab/día)	Sistema de abastecimiento
De 30 a 40	Pozo excavado y bomba manual

De 40 a 50	Llena cantaros en el clima frío
De 50 a 60	Llena cantaros en clima cálido
De 60 a 80	Conexión predial en clima frío
De 100 a 150	Conexión domiciliar clima frío y en zonas urbanas marginales.
De 150 a 200	Conexión domiciliar clima cálido y en colonias no residenciales.
De 200 a 250	Colonias residenciales

De acuerdo a datos obtenidos se determinó para fines de diseño una dotación de 100 l/hab/día. Este dato se considera aceptable por el clima de la comunidad, que es cálido y además se encuentra localizada en el área urbana.

2.6. Diseño del sistema

Para el diseño del sistema se realizó una investigación en lo que se refiere a la demanda de agua, consumo medio diario, caudal máximo horario, entre otros.

2.6.1. Demanda de agua

En un sistema público de abastecimiento de agua, el consumo es afectado por una serie de factores que varían en función del tiempo, las costumbres de la región, las condiciones climáticas y las condiciones económicas que son inherentes a una comunidad, y que varían de una comunidad a otra. Estos factores de seguridad se utilizan para garantizar el buen funcionamiento del sistema, en cualquier época del año, bajo cualquier condición.

2.6.2. Consumo medio diario

Es la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, cuando no se cuenta con registros de consumo diarios se puede calcular en función de la población futura y la dotación.

$$Q_m = \frac{\text{Dot} \times \text{Pf}}{86\,400}$$

Donde

Dot = dotación

Q_m = consumo medio diario o caudal medio

Pf = población futura

Ejemplo en primer tramo:

Dot = 100 (l/hab/día)

Pf = 224 hab

$$Q_m = \frac{100 \text{ (l/hab/día) } \times 224 \text{ (hab)}}{86\,400}$$

$$Q_m = 0,26 \text{ l/s}$$

2.6.3. Caudal máximo diario

Es el caudal que debe suministrar la fuente de abastecimiento de agua, este caudal se calcula multiplicando el caudal medio por el coeficiente de variación que nos da el factor máximo diario. Los factores utilizados son 1,20 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes y 1,50 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes.

Se adoptó para el proyecto el factor 1,2.

$$Cmd = Qm \times fmd$$

Donde

Cmd = caudal máximo diario (l/s)

Qm = caudal medio diario (l/s)

fmd = factor máximo diario

Ejemplo:

Qm = 0,26 (l/s)

fmd = 1,5

$$Cmd = 0,26 \left(\frac{l}{s} \right) \times 1,20$$

$$Cmd = 0,312 \left(\frac{l}{s} \right)$$

2.6.4. Caudal máximo horario

Este caudal es el que debe ser utilizado en el diseño de la red de distribución de agua potable, el caudal máximo horario se calcula multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente de variación que nos da el factor máximo horario.

$$C_{mh} = C_{md} \times f_{hm}$$

Donde

C_{mh} = caudal máximo horario (l/s)

C_{md} = caudal máximo diario (l/s)

f_{hm} = factor hora máxima

Ejemplo:

$C_{md} = 0,312$ (l/s)

$f_{hm} = 2,5$

$$C_{mh} = 0,312 \text{ (l/s)} \times 2,5$$

$$C_{mh} = 0,78 \text{ (l/s)}$$

2.7. Diseño hidráulico

El diseño del sistema hidráulico contempla el cálculo de las pérdidas en la línea de conducción, con el fin de conocer la presión dinámica y la línea

piezométrica para el caudal de diseño. Adicionalmente se deben chequear las velocidades así como también la presión del sistema en condición estática.

2.7.1. Línea de conducción

Para garantizar que el sistema preste un servicio eficiente y continuo, durante el período de vida útil, se debe determinar la clase de tubería y los diámetros adecuados, a través del cálculo hidráulico, con fórmulas como la de Darcy-Weisbach o Hazen & Williams. Para el proyecto estudiado, se aplicó la segunda mencionada, por proporcionar resultados más aproximados:

$$h_f = \frac{1743,811141 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Donde

H_f = pérdida de carga

Q = caudal en la tubería

L = longitud de la tubería

D = diámetro

C = coeficiente de rugosidad en la tubería

Ejemplo en la línea de conducción:

Q = 1,28 (l/s)

L = 1597,38 (m)

D = 3 (pulg)

C = 150 (para PVC en HG se utiliza 100)

$$h_f = \frac{1743,811141 \times (1597,38)(m) \times (1,28(l/s))^{1,85}}{(150^{1,85}) \times (3(\text{pulg}))^{4,87}}$$

$$h_f = 1,97 \text{ (m)}$$

2.7.2. Presión estática en tuberías

Se produce cuando todo el líquido de la tubería y del recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente. La máxima presión estática que se recomienda para tuberías rotuladas con presión de trabajo de 160 PSI es 90 mca, por efectos de seguridad, teóricamente puede soportar más, pero si hay presiones mayores a la indicada será necesario colocar una caja rompepresión, tubería de 250 PSI o de hierro galvanizado (HG). En la línea de distribución, la máxima presión estática permitida es de 90 mca, ya que a mayores presiones fallan los empaques de válvulas y grifería, a menos que sea necesario utilizar presiones mayores por necesidad de salvar puntos altos.

2.7.3. Presión dinámica en tuberías

Cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor, que se disminuye por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería; lo que era altura de carga estática, ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión, conocida como pérdida de carga. La energía consumida o pérdida de carga varía, respecto de la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería. La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota de terreno de ese punto. La menor presión dinámica que puede haber en la red de distribución es

de 10 m.c.a., que es la necesaria, para que el agua pueda subir con cierta presión a las llaves de chorro.

La presión máxima sugerida es de 40 mca arriba de esta presión pueden existir problemas con los empaques de los artefactos en valvulería de la red de servicio público y la red interna de las viviendas, pudiendo exceder este límite siempre y cuando se tengan razones justificadas para hacerlo.

2.7.4. Línea piezométrica

Es la forma de representar gráficamente los cambios de presión en la tubería. Esto indica, para cada punto de la tubería, 3 elementos: la distancia que existe entre la línea piezométrica y la presión estática en cada punto, que representa la pérdida de carga o de altura de presión que ha sufrido el líquido, a partir del recipiente de alimentación, es decir, el tanque de distribución hasta el punto de estudio, o la distancia entre la línea piezométrica y la tubería representa el resto de presión estática, es decir, la presión que se mediría si se pone en el momento del flujo un manómetro en ese punto. Esta presión está disponible para ser gastada en el recorrido del agua dentro de la tubería. Y la pendiente de la línea piezométrica representa la cantidad de altura de presión que está consumiendo por cada unidad de longitud en metros, que recorre el agua. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor será el consumo de presión por metro de tubería.

Ejemplo:

Cota piezométrica en E-0 = 1021,12

Cota de terreno en E-0 = 1021,12

Cota de terreno en E-41 = 946,61

Hf de E-0 a E-41 = 1,97

Presión dinámica en E-0 = (cota piezométrica en E-0)-(cota de terreno en E-0)

Presión dinámica en E-0 = (1021,12 (m))-(1021,12 (m))

Presión dinámica en E-0 = 0,00 (m)

Cota piezométrica en E-41 = (Cota piezométrica en E-0)-(Hf de E-0 a E-41)

Cota piezométrica en E-41 = (1021,12 (m))-(1,97 (m))

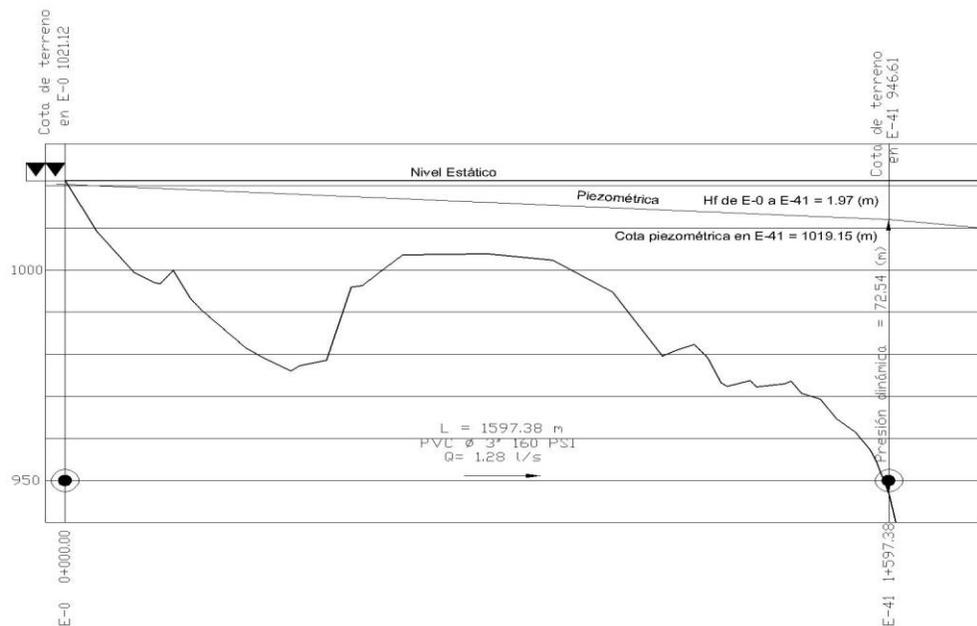
Cota piezométrica en E-41 = 1019,15 (m)

Presión dinámica en E-41 = (Cota piezométrica en E-41)-(Cota de terreno en E-41)

Presión dinámica en E-41 = (1019,15 (m))-(946,61 (m))

Presión dinámica en E-41 = 72,54 (m)

Figura 2. **Ejemplo de perfil con nivel estático, línea piezométricas, pérdidas de carga Hf y presión dinámica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.7.5. Revisión de velocidades

En todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad del líquido, para ver si se encuentra entre los límites recomendados. Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua con material en suspensión, sedimentable o erosivo, se considera los límites de velocidad desde 0,60 m/s hasta 3,00 m/s máxima. Si se trata de agua sin material sedimentable o erosivo, no hay límite inferior y se utilizará lo que resulte del cálculo hidráulico. El límite superior se fijará solamente en precaución a la sobre presión, que se debe al golpe de ariete.

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$V = 1,974 \times \frac{Q}{D^2}$$

Donde

V = velocidad (m/s)

Q = caudal (l/s)

D = diámetro del tubo (plg)

Ejemplo:

Q = 1,28 (l/s)

D = 3 (plg)

$$V = 1,974 \times \frac{1,28 \text{ (l/s)}}{3^2 \text{ (plg)}}$$

$$V = 0,3 \text{ (m/s)}$$

Para el cálculo de sobrepresión por golpe de ariete tenemos:

$$G.A. = \left(\frac{145}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

Donde

G.A. = sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua

Ea = módulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm²)

Et = módulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm²)

D = diámetro Nominal de la tubería (cm)

e = espesor de la tubería (cm)

Ejemplo:

Ea = 20 700 (kg/cm²)

Et = 30 000 (kg/cm²)

D = 7,62 (cm)

e = 0,523 (cm)

$$G.A. = \left(\frac{145}{\sqrt{1 + \frac{20\,700 \times 7,62}{30\,000 \times 0,523}}} \right) \times 0,3$$

$$G.A. = 13,08 \text{ (m)}$$

Sobrepresión = G.A. + presión máxima en tramo

Sobrepresión = 13,08 (m) + 72,54 (m)

Sobrepresión = 85,62 (mca)

En este tramo se puede utilizar tubería con resistencia de 160 psi pues es menor de los 90 (mca) de trabajo recomendados.

2.8. Obras de arte

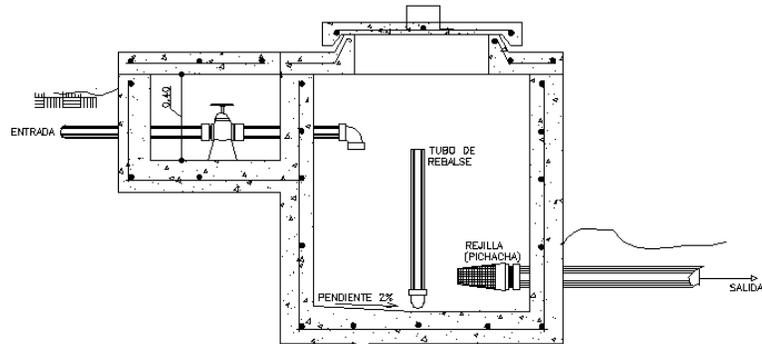
Las obras de arte consideradas necesarias en el sistema de abastecimiento son cajas rompepresión, válvulas de aire, de limpieza y las captaciones, en los párrafos siguientes se describe de mejor forma cada una de dichas obras.

2.8.1. Caja rompepresión

Las cajas rompepresión son dispositivos que se utilizan para reducir la presión del agua y evitar así el rompimiento de la tubería. Pueden ser necesarios tanto en la conducción como en la distribución. La caja puede ser hecha de concreto armado, block reforzado, ladrillo tayuyo o mampostería.

Para localizar las cajas rompepresión en una línea de conducción, se recomienda colocarlas a menos de 90 mca (metros columna de agua) de presión estática. Y para la línea de distribución, la localización se rige por el hecho de que los empaques de las válvulas de flotador se arruinan cuando se someten a presiones altas, por lo que no deberán ser sometidas a una carga estática de 60 mca. La diferencia entre ambas es que la caja de rompepresión solamente tiene válvula de flote cuando distribuye.

Figura 3. **Sección caja rompepresión**

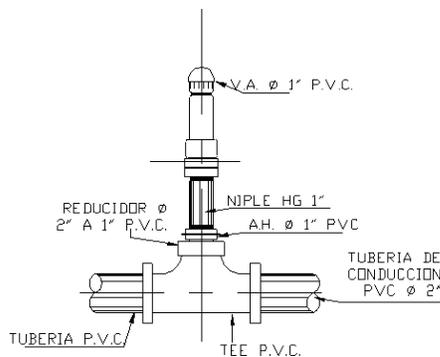


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.8.2. **Válvula de aire**

Su función es permitir el escape del aire que se acumula en las tuberías en los puntos altos, los cuales si no se purgan correctamente reducen el área útil en la sección de la tubería que tiene acumulado el aire, provocando con ello que no se cumplan las condiciones de nuestro diseño.

Figura 4. **Elevación válvula de aire**

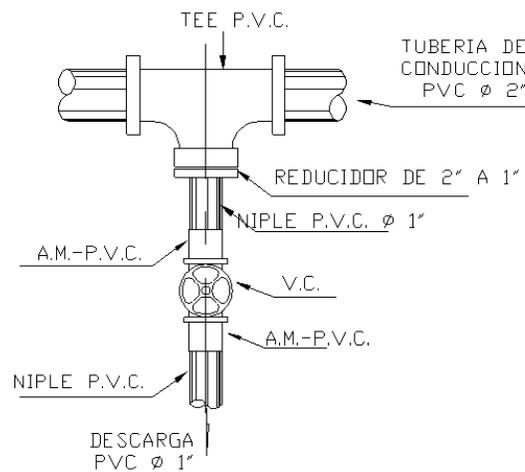


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.8.3. Válvula de limpieza

Sirven para extraer los sedimentos que se pudieran depositar en las partes bajas u hondonadas de tubería. Esta válvula consistirá en una tee con reductor seguida de una válvula de compuerta, la cual servirá para hacer una derivación del agua, provocando en ese punto una descarga del agua por donde saldrán los sedimentos. Si no se limpia la tubería de los sedimentos se provocará la reducción del área útil en la sección de la tubería que tiene acumulado el sedimento provocando con ello que no se cumplan las condiciones del diseño.

Figura 5. **Planta válvula de limpieza**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.8.4. Acometida domiciliar

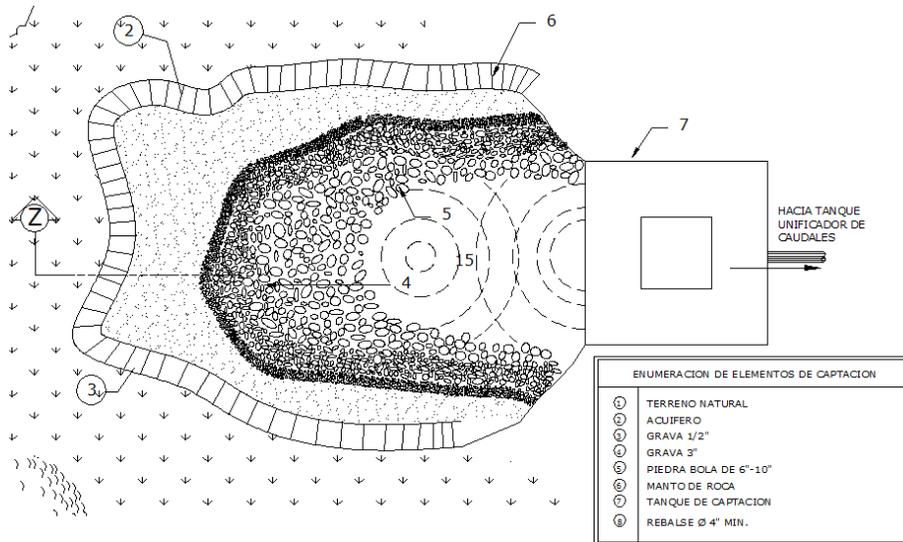
Es la última unidad de todo sistema de agua potable y tiene como finalidad, suministrar el vital líquido en condición aceptable a la población, ya

sea a través de un servicio domiciliar o bien tipo comunitario (llenacántaros o chorros públicos). Hoy en día, se construyen con tubería y accesorios de PVC, y dependiendo de las condiciones del funcionamiento del sistema, pueden incluir o no aparatos de medición del caudal servido (contadores de agua). Para la misma se utilizará la tubería de PVC diámetro de 1/2" de 315 PSI de poca longitud, que termina en una llave de paso o en un medidor de caudal, para la instalación interna del servicio en el domicilio.

2.9. Captación

Es la obra civil que recolecta el agua proveniente de uno o varios nacimientos de brotes definidos o difusos, en el caso de este proyecto, el agua se recolectará de un nacimiento tipo acuífero de brote definido en ladera. La estructura de esta obra se compone de un filtro que será construido de piedra bola, y grava, rebalse, desagüe para limpieza, pichacha y tapadera con sello sanitario para la inspección. El tanque será de concreto y deberá protegerse con una cuneta para evitar el ingreso de corrientes pluviales; finalmente, con un cerco perimetral para evitar el ingreso de personas y animales.

Figura 6. Captación de nacimiento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.10. Tanque de almacenamiento

Es un depósito de almacenamiento de agua, cuyas funciones principales son:

- Suplir las demandas máximas horarias esperadas en la línea de distribución.
- Almacenar las demandas máximas horarias esperadas en la línea de distribución.
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Se podría suprimir el tanque de almacenamiento sólo cuando la fuente asegure un caudal superior a 3 veces el consumo medio diario de la población, en cualquier época del año.

En cuanto a la estructura que se va a utilizar, dependerá de varios factores: cuando haya niveles topográficos aprovechables en las cercanías de la localidad, que permiten obtener presiones aceptables con diámetros económicos, se emplearán tanques de concreto armado sobre el terreno o semienterrados (se prefiere los primeros por el poco mantenimiento que requieren durante su vida útil).

Todos los tanques deberán tener los siguientes dispositivos:

- Cubierta hermética que impida la penetración de agua, polvo, aves, entre otros, del exterior, con su respectiva escotilla de visita para inspección y limpieza.
- Tubo de ventilación, que saque el aire durante el llenado en diámetro no menor de 2", con abertura exterior hacia abajo y provista de rejilla, que impida la entrada de vectores.
- Válvula de flote y cierre automático cuando el depósito se ha llenado (si lo cree necesario el diseñador).
- Tubería de entrada al tanque que estará situada cerca del acceso, para facilitar el aforo en cualquier momento.
- Diámetro mínimo de la tubería de rebalse que será igual al de la tubería de entrada al tanque.
- En tanques no elevados se colocará el tubo de salida al lado opuesto respecto al de entrada, de tal forma que haya circulación de agua en el tanque y se reduzca a un mínimo la posibilidad de un corto circuito.

- Escaleras interiores y exteriores en caso de que las dimensiones excedan de 1,20 m. de alto.
- El fondo del tanque debe estar siempre por encima del nivel freático.
- Las paredes de los tanques enterrados deben sobresalir no menos de 30 cm. de la superficie del terreno; el techo deberá tener una pendiente, que permita drenar hacia fuera, para evitar la entrada de aguas superficiales o de lluvia.
- El tubo de desagüe con su correspondiente llave de compuerta y de diámetro mínimo de 4", que permita vaciar el tanque en 2 o 4 horas. Para facilitar la operación de las llaves y válvulas, deben ubicarse, en lo posible, en una caja común o cámara seca.
- Los extremos de las tuberías de rebalse y desagüe deben protegerse con cedazo y tela metálica para impedir el paso de vectores y otros animales, y no se conectarán directamente al sistema de alcantarillado; deberán tener una descarga libre de 15 centímetros como mínimo.

El volumen de los tanques de almacenamiento o distribución se calculará de acuerdo con la demanda real de las comunidades. Cuando no se tengan estudios de dichas demandas, el Instituto de Fomento Municipal, Infom y Unepar, recomienda utilizar en sistemas por gravedad 25 a 40 % del consumo medio diario estimado y en sistemas por bombeo de 40 a 65 %. Entonces en este caso se construirá un tanque de almacenamiento con muros y cimiento de piedra y una losa en dos sentidos simplemente apoyada, que sea capaz de almacenar el 40 % del consumo medio diario estimado en este proyecto.

En poblaciones menores de 1 000 habitantes, del 25 al 35 % del consumo medio diario de la población, sin considerar reserva por eventualidades. Si la población está entre 1 000 y 5 000 habitantes, 35 % del consumo diario, más un 10 % por eventualidades. Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, el

45 % del consumo medio diario, más un 10 % para eventualidades. Para sistemas por bombeo, la reserva mínima deberá ser del 40 al 65 % de un día de consumo medio, salvo en los casos en que se necesite proveer una capacidad adicional para contingencias o incendios.

El volumen de almacenamiento se calcula por la expresión:

$$\text{Vol} = \frac{35 \% \times Q_m \times 86\,400}{1\,000}$$

Donde

Vol = volumen del tanque

Q_m = vaudal medio diario

Q_m = 1,28

$$\text{Vol} = \frac{35 \% \times 1,28 \left(\frac{1}{s}\right) \times 86\,400}{1\,000}$$

$$\text{Vol} = 38,70 \text{ m}^3$$

Volumen de almacenamiento necesario en el proyecto es de 38,70 m³.

Las paredes del tanque se diseñarán como muros de gravedad:

Datos:

δ_{agua} = peso volumétrico del agua

δ_s = peso volumétrico del suelo

μ = coeficiente de fricción suelo-muro

δ_c = peso volumétrico del concreto ciclópeo

Φ = ángulo de fricción interna del suelo

V_s = valor soporte del suelo

$\delta_{\text{agua}} = 1\ 000$

$\delta_s = 1\ 500$

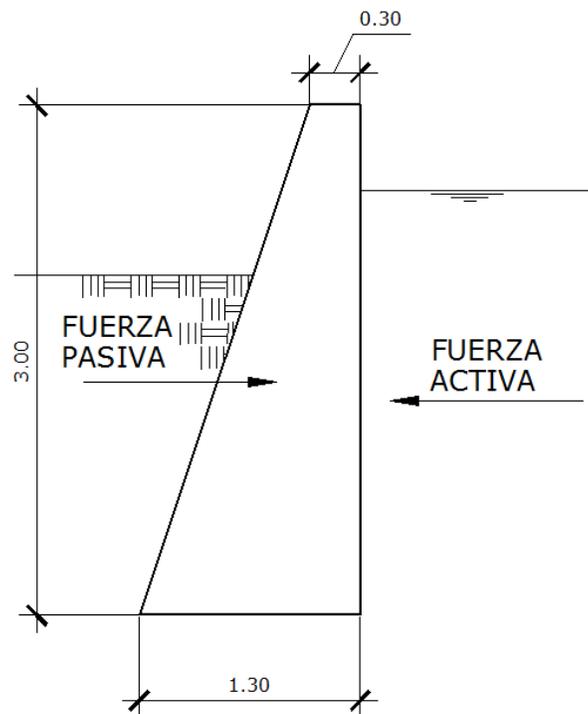
$\mu = 0,40$

$\delta_c = 2\ 700$

$\Phi = 30^\circ$

$V_s = 20\ 000$

Figura 7. Muro del tanque



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Coeficiente de empuje activo (k_a)

$$K_a = (1 - \text{Sen } \Phi) / (1 + \text{Sen } \Phi)$$

$$K_a = (1 - \text{Sen } 30) / (1 + \text{Sen } 30)$$

$$K_a = 1/3$$

Coeficiente de empuje pasivo (K_p)

$$K_p = (1 + \text{Sen } \Phi) / (1 - \text{Sen } \Phi) = 3$$

$$K_p = (1 + \text{Sen } 30) / (1 - \text{Sen } 30) = 3$$

Cálculo de cargas totales de los diagramas de presión

Carga pasiva

$$P_p \delta = \frac{1}{2} \times K_p \times \delta_s \times h^2$$

$$P_p \delta = \frac{1}{2} \times 3 \times 1\,500 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 2,00^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$P_p \delta = 9\,000,00 \text{ (kg/m)}$$

Carga activa

$$P_a \delta = \frac{1}{2} \times K_a \times \delta_{\text{agua}} \times a^2 \quad P_a \delta$$

$$P_a \delta = \frac{1}{2} \times 1 \times 1\,000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 2,50^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$P_a \delta = 3\,125,00 \text{ (kg/m)}$$

Cálculo de los momentos al pie del muro

Momento carga pasiva

$$M_p \delta = P_p \delta \times h/3$$

$$M_p \delta = 9\,000,00 \text{ (kg/m)} \times 2,00 \text{ (m)}/3$$

$$M_p \delta = 6\,000,00 \text{ (kg-m/m)}$$

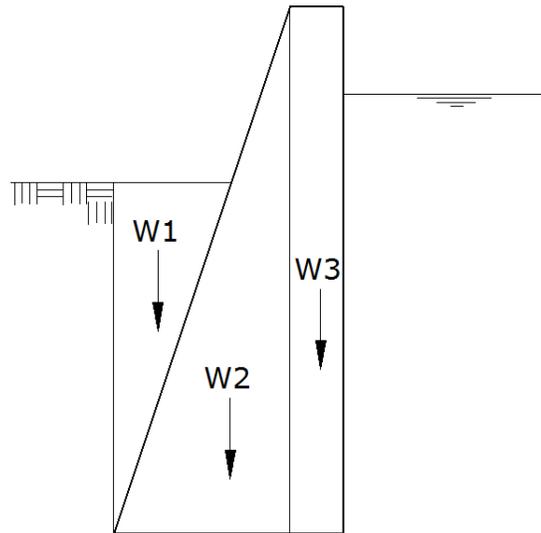
Momento carga activa

$$M_a \delta = P_a \delta \times H/3$$

$$M_a \delta = 3\,125,00 \text{ (kg/m)} \times 2,50 \text{ (m)}/3$$

$$M_a \delta = 2\,604,17 \text{ (kg-m/m)}$$

Figura 8. **Distribución geométrica de la sección transversal del muro del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Tabla I. **Peso y momentos por metro lineal de la sección transversal del muro del tanque**

Figura	Área (m²)	Peso específico	Peso	Distancia	Momento
1	0,667	1500,000	1000,500	0,333	333,167
2	1,500	2400,000	3600,000	0,666	2397,600
3	1,080	2400,000	2592,000	1,150	2980,800
			7192,500		5711,567

Fuente elaboración propia.

- Chequeo de estabilidad

Contra volteo

$$F.S. = \Sigma Mr / \Sigma M \text{ act} > 1,5 \quad F.S. = (Mp\delta + Mw) / Ma\delta$$

$$F.S. = (6\,000,00 \text{ (kg-m/m)} + 5\,711,57 \text{ (kg-m/m)}) / 2\,604,17 \text{ (kg-m/m)}$$

$$F.S. = 4,50 > 1,5, \text{ si es estable contra volteo.}$$

- Contra deslizamiento

$$F.S.D = \Sigma Fr / \Sigma F \text{ act} > 1,5 \quad F.S.D = (Pp\delta + \mu \times W) / Pa\delta$$

$$F.S.D = (9\,000,00 \text{ (kg/m)} + 0,4 \times 7\,192,50 \text{ (kg/m)}) / 3\,125,00 \text{ (kg/m)}$$

$$F.S.D = 3,80 > 1,5, \text{ se chequea}$$

- Chequeo de presión máxima bajo la base del muro

Cálculo de "a"

$$a = \Sigma mo / W \quad a = (Mp\delta + Ma\delta) / W$$

$$a = (5\,711,57 \text{ (kg-m/m)} - 2\,604,17 \text{ (kg-m/m)}) / 7\,192,50 \text{ (kg/m)}$$

$$a = 0,432 \text{ (m)}, \text{ si } 3a > L \text{ entonces no existe tensión y en este caso no existe.}$$

Cálculo de excentricidad (e)

$$e = L/2 - a$$

$$e = 1,30 \text{ (m)} / 2 - 0,432 \text{ (m)}$$

$$e = 0,218 \text{ (m)}$$

Presiones en el terreno

$$q = W / (L \times b) \pm W \times e/S$$

S = módulo de sección por metro lineal

L = base del muro 1,00 (m)

$$q = (7\,192,50) / (1 \times 1,30) \pm (7\,192,50 \times -0,218) / [(1/6)(1)^2]$$

$$q \text{ máx} = 14\,940,48 \text{ (kg/ m}^2\text{)}$$

q máx no excede el valor soporte del suelo

$$q \text{ mín} = 3\,875,10 \text{ (kg/ m}^2\text{)}$$

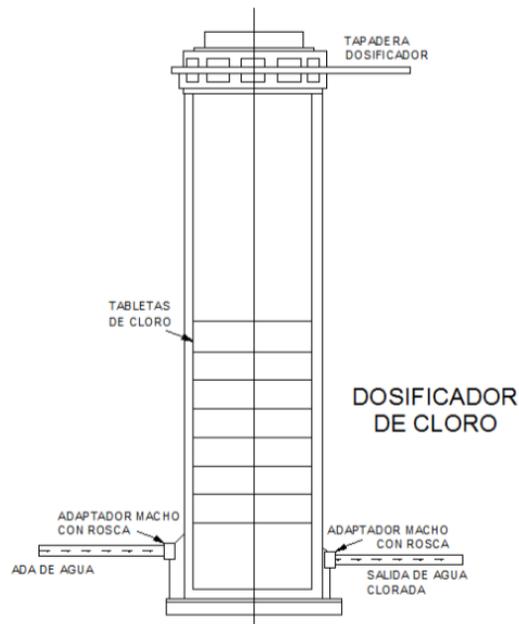
q mín > 0, no existe presiones negativas. Las dimensiones propuestas para las paredes del tanque son adecuadas, pues, permiten que los muros sean estables contra volteo y deslizamiento.

2.11. Desinfección

Para este sistema se propone usar tabletas de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ con no menos del 65 % de ingredientes activo y con las siguientes dimensiones para cada tableta: diámetro de 3 1/8", alto 1 1/4" y un peso de 300 gramos.

El funcionamiento deberá ser automático sin partes móviles, sin requerir energía eléctrica, y deberá permitir el flujo de agua a través de las tabletas de hipoclorito de calcio para formar la solución. El rango de flujo a través del clorador deberá estar entre 5 y 20 galones por minuto.

Figura 9. **Esquema dosificador de cloro en tabletas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Deberá instalarse una caja para el dosificador, la cual tiene como finalidad proteger al clorador y deberá tener una tapadera de registro con pasador y candado. Sus dimensiones interiores deben de ser de 1,00 x 1,00 metros en planta y 1,00 metro de altura, para este proyecto se recomienda un hipoclorador modelo PPG 3 015, usado para tratar el agua para pequeñas comunidades.

Según la Norma Coguanor 29001, como tratamiento preventivo contra las bacterias y virus, la cantidad mínima de cloro que se le debe aplicar al agua es de 2 p.p.m. (partes por millón).

Para calcular el flujo de cloro (FC) en gramos/hora se utiliza la siguiente fórmula:

$$FC = Q \times DC \times 0,06$$

Donde

Q = caudal de agua conducida, (1,28 l/s = 76,80 L/min)

DC = demanda de cloro, 0,2 mg/l

Por lo tanto, sustituyendo estos datos en la fórmula de FC se tiene lo siguiente:

$$FC = 76,80 \text{ L/min} \times 2 \text{ PPM} \times 0,06 = 9,216 \text{ gr/hr}$$

$$FC = 9,216 \text{ gr/hr.}$$

Al utilizar en la gráfica del hipoclorador FC de 9 216 gr/hr. modelo PPG 3 015, resulta un flujo Sc = 6 L/min, luego se procede a calcular el tiempo que se necesita para llenar un recipiente de un litro utilizando la siguiente fórmula:

$$t = 60/SC$$

Donde

t = tiempo de llenado (l/s).

Sc = flujo de solución de cloro.

$$t = 60/6 = 10 \text{ s}$$

El flujo de cloro del hipoclorador es de 9,216 gr/hr, entonces la cantidad de tabletas que consumirá en un mes son:

$$Ct = 9,216 \text{ gr/hr} \times 24\text{hr}/1\text{día} \times 30\text{días}/1 \text{ mes} = 6\ 635,52 \text{ gr/mes}$$

$$Ct = 6\ 635,52 \text{ gr/mes} \times 1 \text{ tableta}/300\text{gr}$$

$$Ct = 22 \text{ tabletas/mes}$$

2.1.2. Elaboración de presupuesto

Para la realización del mismo se toma en cuenta la cantidad de materiales, el precio de los materiales, la mano de obra calificada y la mano de obra no calificada. Se tomó un porcentaje de 5 % por imprevistos y 30 % por gastos administrativos. En la tabla se muestra un resumen del presupuesto y los renglones de trabajo del proyecto de abastecimiento de agua potable.

Tabla II. **Resumen del presupuesto**

Núm.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario
1.00	Línea de conducción (12 081,16 m)	unidad	1,00	Q1 838 774,50
2.00	Red de Distribución (2 619,50 m)	unidad	1,00	Q568 333,82
3.00	Tanque de almacenamiento y equipo de cloración (40,00 m ³)	unidad	1,00	Q65 956,67
Total				Q2 473 064,99

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Línea de conducción (12 081,16 m)**

Núm.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	Importe
1	Trabajos preliminares					Q7 520,80
1.01	Topografía	día	5,00	Q1 504,16	Q7 520,80	
2	Instalación de tubería					Q1 346 481 41
2.01	Excavación a mano de zanja para tubería (incluye corte, carga y acarreo del material sobrante)	m ³	6 946,31	Q43,28	Q300 636,30	
2.02	Instalación de tubería de pvc de ø 3" de 250 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	2 106,30	Q138,59	Q291 912,12	

Continuación de la tabla III.

2.03	Instalación de tubería de PVC de ø 3" de 160 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	4 599,76	Q104,71	Q481 640,87
2.04	Instalación de tubería de PVC de ø 2" de 160 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	1 055,89	Q64,52	Q68 125,71
2.05	Instalación de tubería de PVC de ø 1 ½" de 160 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	3 617,02	Q53,94	Q195 101,99
2.06	Instalación de tubería de PVC de ø 1" de 160 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	198,22	Q45,73	Q9 064,42
3	Obra complementaria				Q328 088,12
3.01	Relleno de zanja con material de excavación, colocación, compactación del material)	m³	5 557,05	Q23,31	Q129,534.79
3.02	Relleno de zanja con material selecto (incluye suministro, colocación, compactación del material)	m³	1 389,26	Q142,92	Q198 553,33
4	Instalación de válvulas y construcción de cajas para válvulas				Q156 684,17
4.01	Válvula de limpieza en línea de 3"	unidad	5,00	Q808,06	Q4 040,30
4.02	Válvula de limpieza en línea de 2"	unidad	1,00	Q308,86	Q308,86
4.03	Válvula de limpieza en línea de 1 ½"	unidad	4,00	Q291,30	Q1 165,20
4.04	Válvula de aire en línea de 3"	unidad	4,00	Q2 162,97	Q8 651,88
4.05	Válvula de aire en línea de 2"	unidad	1,00	Q1 950,47	Q1 950,47
4.06	Válvula de aire en línea de 1 ½"	unidad	4,00	Q1 942,11	Q7 768,44

Continuación de la tabla III.

4.07	Construcción de caja para válvula (incluye levantado, tapadera, piso, acabado de la caja)	unidad	19,00	Q2 902,88	Q55 154,72
4.08	Pasos aéreo con tubería HG 3"	unidad	6,00	Q1 752,78	Q10 516,68
4.09	Tanques de captación	unidad	3,00	Q13 374,32	Q40 122,96
4.10	Tanques unificador de caudales	unidad	1,00	Q19 162,18	Q19 162,18
4.11	Cajas rompepresión	unidad	2,00	Q3 921,24	Q7 842,48
TOTAL					Q183 8 77,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Red de distribución (2 619,50 m)**

Núm.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Importe
1	Trabajos preliminares					Q35 386,63
1.01	Topografía	día	2	Q1 504,16	Q3,008,32	
1.02	Remoción de adoquín existente (incluye remoción, carga del adoquín)	m ²	1 571,00	Q20,61	Q32 378,31	
2	Instalación de tubería					Q316 396,52
2.01	Excavación a mano de zanja para tubería (incluye corte, carga y acarreo del material sobrante)	m ³	1 571,70	Q43,28	Q68 023,18	
2.03	Instalación de tubería de PVC de ø 3" de 160 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	1 974,70	Q104,71	Q20 670,84	
2.04	Instalación de tubería de PVC de ø 2" de 160 psi (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería, colchón de material selecto)	m	644,80	Q64,52	Q41 602,50	
3	Obra complementaria					Q179 020,23
3.01	Relleno de zanja con material de excavación, colocación, compactación del material)	m ³	1 257,36	Q23,31	Q29 309,06	
3.02	Relleno de zanja con material selecto (incluye suministro, colocación, compactación del material)	m ³	314,34	Q142,92	Q44 25,47	

Continuación de la tabla IV.

3.03	Colocación de adoquín existente (incluye colchón de arena, colocación e instalación del adoquín removido)	m ²	1 571,00	Q66,70	Q104 85,70	
4	Acometida domiciliar					Q37 530,44
4.12	Acometidas domiciliarias de 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material selecto)	unidad	94,00	Q399,26	Q37 530,44	
					Total	Q568 333,82

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Tanque de almacenamiento y equipo de cloración (40,00 m³)**

Núm.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Importe
1	Trabajos preliminares					Q1,504.16
1.01	Topografía	día	1,00	Q1 504,16	Q1 504,16	
2	Instalación					Q2,443.16
2.01	Excavación a mano para tanque (incluye corte, carga y acarreo del material sobrante)	m ³	56,45	Q43,28	Q2 443,16	
3	Obra complementaria					Q3,858.84
3.02	Relleno con material selecto (incluye suministro, colocación, compactación del material)	m ³	27,00	Q142,92	Q3 858,84	
5	Tanque de almacenamiento					Q58,150.51
5.01	Tanque de almacenamiento	unidad	1,00	Q51 700,51	Q51 700,51	
5.02	Equipo de Cloración	unidad	1,00	Q6 450,00	Q6 450,00	
					TOTAL	Q65,956.67

Fuente: elaboración propia.

Los precios unitarios de cada renglón de trabajo se encuentran en los apéndices.

2.13 Operación y mantenimiento

Un sistema de agua potable no es solamente la fase de construcción, se le debe dar una operación y un mantenimiento adecuado para garantizar su buen funcionamiento. Por tal razón la municipalidad debe contar con una cuadrilla de fontaneros capaz de resolver de manera inmediata la mayoría de los problemas técnicos operativos. A continuación se sugieren las siguientes actividades de operación y mantenimiento para que el sistema de agua potable sea duradero y eficiente.

- Abrir la válvula de limpieza hasta vaciar totalmente el contenido del tanque, cerrar la válvula.
- Las operaciones de limpieza y desinfección se deben ejecutar cada seis meses.
- Revisar el estado de las válvulas, verificar que no hayan fugas, roturas o falta de piezas, en cuyo caso se deberá reparar las válvulas o bien cambiarlas.
- Revisar la estructura del tanque cada seis meses.
- Pintar y retocar con pintura anticorrosiva las válvulas y accesorios que están a la vista de la línea de conducción, esta operación debe realizarse cada 6 meses.
- Cada tres meses revisar las cajas de válvulas tales como las paredes de la caja, las tapaderas, aldabones para candados y candados.

2.14. Propuesta de tarifa

El objetivo es obtener los recursos económicos necesarios para brindar una operación y mantenimiento para que el proyecto sea duradero y eficiente. Dicho recurso puede obtenerse a través del pago mensual de una tarifa de

usuario, la cual se calcula, con un horizonte no mayor de 5 o 10 años, debido a que en el área rural difícilmente aceptarían incrementos constantes. En la propuesta de tarifa se contemplan los gastos de mantenimiento y operación.

Básicamente, existen tres tipos de sistema de tarifas de agua, denominados, sistema uniforme, unitario y diferencial.

En el sistema uniforme, el volumen de agua consumida se cobrará mensualmente por cuota general a la población, debido a que no se instalarán medidores de volumen de consumo, y el cobro mensual se calcula dividiendo el total del gasto entre el total de servicios. En este sistema toda el agua se cobra a una tarifa uniforme y el cobro mensual se calcula multiplicando tal unidad por el número de metros cúbicos de agua consumida.

En el sistema diferencial prevalecen dos conceptos con relación a las tarifas diferenciales de agua. El primero consiste en que la tarifa disminuya conforme el consumo de agua aumenta, sistema inverso.

El segundo concepto consiste en que las tarifas aumentan conforme el consumo, sistema directo, el cual predomina en casi todos los países latinoamericanos.

Para la operación del sistema de agua es indispensable la contratación de los servicios de un fontanero, ya que será él, quien brinde una adecuada operación del sistema; se estima un día a la semana (52 días al año) para mantenimiento preventivo y correctivo con un salario de Q 100,00 por día contratado por servicios personales, por lo que no se aplican prestaciones laborales, el salario anual es de 5 200,00 y el salario mensual es de Q 433,33/mes.

Tabla VI. **Cálculo de tarifa**

Cálculo de egresos mensuales	
Personal	
Fontanero/s auxiliares	Q 2 000/mes
Gasto de tratamiento	
Cloración	Q 750,00/mes
Gastos por mantenimiento	
Mantenimiento	Q 600,00/mes
Total costo mensual	Q 3 350,00/mes
Número de conexiones	94 familias
Tarifa recomendada	Q 35,65/mes

Fuente: elaboración propia.

Según los precios unitarios una acometida tiene el precio de Q 399,26 por lo que se podrá cobrar esto por cada nueva conexión.

2.15. Evaluación socioeconómica

El estudio socioeconómico trata de tiempo en el cual será rembolsado el costo del proyecto, el tiempo de reembolso debe ser el menor que se pueda para que empiece a generar ganancias.

Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el valor presente neto y su comparación con la tasa interna de retorno.

2.15.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es el procedimiento que permite calcular el valor presente (de donde surge su nombre) de una determinada suma de los flujos netos de caja actualizados, que incluyen la inversión inicial. El proyecto de inversión según este criterio, se acepta cuando el valor presente neto es positivo, porque agrega capital.

El método descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el periodo considerado. La obtención del valor presente neto constituye una herramienta fundamental para la evaluación de proyectos como para la administración financiera para estudiar el ingreso futuro a la hora de realizar una inversión en algún proyecto.

Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés, mientras que por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia, cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.

Para el proyecto de abastecimiento, requiere la inversión inicial del costo total del proyecto de Q 2 473 064,99, teniendo únicamente los ingresos anuales de la forma siguiente: $94 \text{ viviendas} \times Q 35,65 \times 12 \text{ meses} = Q 40 213,20$ y con valor de rescate nulo, con tasa de interés de 5 % anual para 20 años.

VPN = inversión inicial + costo de operación (P/A,5 %, 20)

VPN = - Q 2 473 064,99 + Q 40 213,20 (P/A%,20)

VPN = - Q 2 686 401,79

En conclusión se tienen pérdidas para el desarrollo del proyecto abastecimiento de agua potable, al realizar el estudio del valor presente neto, pero tiene justificación al ser un proyecto de beneficio social para la comunidad.

2.15.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es igual a la suma de los ingresos actualizados, como la suma de los ingresos actualizados igualando al egreso inicial, también se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero, este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplen las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión.

La TIR es la tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la duración del proyecto, es el método más utilizado para comparar alternativas de inversión y se obtiene del valor presente.

Para la TIR, el proyecto es rentable cuando es mayor que la tasa de costo de capital, dado que se ganará más ejecutando el proyecto, que ejecutando el otro tipo de inversión.

Modelo matemático es el siguiente: $(VP - VR) \times Crf + (VR \times i) + D = I$

Donde

VP = valor presente

D = desembolsos

Crf = factor de recuperación de capital

VR = valor de rescate

I = ingreso

i = interés

El cálculo de la TIR consiste en prueba y error se comienza con una tasa tentativa de actualización y con el mismo se trata de calcular un valor actual neto, se tantea hasta que sufra un cambio de signo el (VP). Después continúa a través de la siguiente fórmula:

$$i = \frac{\text{resultado de la 1 ra. prueba}}{\text{valor presente}} \times 100$$

$$i = \frac{\text{ultima tasa}}{\text{trabajada}} + \frac{\text{resultado de la 1 ra. prueba}}{\text{valor presente}} \times 100$$

$$TIR = \frac{\text{Tasa anterior}}{\text{trabajada}} + \frac{\text{resultado anterior}}{\text{tasa anterior} - \text{ultima tasa}} \times \frac{\text{diferencia}}{\text{tasas trabajadas}}$$

Para el proyecto se tiene una inversión I = Q 2 473 064,99 y producir un beneficio anual de Q 40 213,20, con vida de servicio de 20 años.

$$VP(3 \%) = - Q 2 473 064,99 + Q 40 213,20 (P/A, 3 \%, 20)$$

$$VP(3 \%) = - Q 2 473 064,99 + (Q 40 213,20 * 14,8775) = -Q1 874 793,11$$

$$VP(1 \%) = - Q 2 473 064,99 + Q 40 213,20 (P/A, 1 \%, 20)$$

$$VP(1\%) = -Q\ 2\ 473\ 064,99 + (Q\ 40\ 213,20 * 18,0456) = -Q1\ 747\ 395,56$$

Al igual que la evaluación del valor presente neto se tienen pérdidas para el proyecto de agua potable, porque con ninguna tasa de interés se pueden tener ganancias, pero se justifica al ser un proyecto de beneficio social.

2.16. Evaluación de impacto ambiental

Para la elaboración de un diagnóstico ambiental, primero debe familiarizarse con el tema del medio ambiente, el cual es un sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí los cuales están expuestos a una permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al mismo ser humano.

Los problemas de degradación ambiental, que incluyen la alteración de los sistemas ambientales, la amenaza a la vida salvaje, la destrucción de los recursos naturales, son frecuentemente resumidos bajo el término de crisis ambiental, debido a que los cambios que el ambiente está sufriendo son lo suficientemente justificados para llegar al nivel de una crisis o amenaza natural.

Todo plan de manejo ambiental, como mínimo debe contener: a) medidas de mitigación a considerar en el análisis de alternativas. b) consideraciones ambientales en el proyecto de ingeniería de la alternativa seleccionada, c) manual de operación y mantenimiento y d) plan de seguimiento o monitoreo ambiental. El plan de manejo ambiental contiene medidas de mitigación a considerar en el análisis de alternativas, se desarrollarán en la etapa de planificación, ejecución y operación del proyecto.

2.16.1. Diagnóstico de riesgo de impacto ambiental

Para el proyecto de abastecimiento de agua potable no se presentan impactos ambientales adversos que se conviertan en riesgo a la salud de la población o al medio ambiente; y al contrario ayudará a la población a satisfacer sus necesidades del vital líquido.

Al construir el proyecto de abastecimiento de agua potable se preparará el terreno para la construcción de tanques, cajas y para la colocación de la tubería. El tanque y cajas se construirán en lugares específicos, especialmente ubicados para no generar impactos negativos significativos en el medio ambiente. La tubería se colocará siguiendo linderos y calles existentes logrando no desplazar flora o fauna de la región. Las buenas medidas constructivas y de mitigación hacen poco probable la generación de impactos negativos.

2.16.2. Descripción del ambiente físico

Los elementos del medio ambiente que rodea al proyecto de abastecimiento de agua potable como la captación que afectará el manantial, el tanque de almacenamiento, la red de distribución y las conexiones domiciliarias son todo el entorno del proyecto. El ambiente físico se debe vigilar y custodiar para mantenerlo limpio.

2.16.3 Análisis de vulnerabilidad del entorno

Los aspectos negativos que deben evitarse o considerarse para brindarle solución al desarrollar el proyecto de introducción de agua potable son los descritos a continuación:

- Afectar la cobertura vegetal del terreno en lugares innecesarios
- Contaminar de cursos de agua con sedimentos y residuos
- Generación de aguas negras
- Falta de normativa
- Control de calidad

2.16.4. Consideraciones a tomar para no causar daños

Se deben emplear medidas de mitigación para no causar daños como las recomendadas a continuación:

- Reforestar el área de la cuenca.
- Controlar manejo de aguas residuales en la cuenca, principalmente si existieran en terrenos arriba de la captación.
- Circular el área de la captación y evitar el ingreso de animales.
- Motivar y capacitar a la población en el manejo y la conservación de las fuentes de agua además de incentivar la organización de las comunidades para que vigilen que el manejo integral de la cuenca y la conservación del recurso hídrico sea adecuado.
- Hacer una buena disposición de las aguas negras producidas.

3. DISEÑO DE LA CARRETERA PARA EL CASERÍO CHUARACANJAY, ALDEA PACACAY, MUNICIPIO DE TECPÁN GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño geométrico de la carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay, municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

Se realizó un estudio de suelos para determinar las propiedades del balasto. Así también, se hizo un estudio topográfico, el cual servirá para el diseño del alineamiento horizontal, alineamiento vertical y para el movimiento de tierra, incluyendo los planos y presupuesto.

3.2. Levantamiento topográfico

A continuación se describen los elementos que conforman el levantamiento topográfico.

3.2.1. Altimetría

Con la altimetría se sabe qué diferencia de nivel existe entre distintos puntos de un terreno. Por medio de este se logra conocer la sección vertical y transversal del terreno, además de su pendiente natural. Para conocer las

diferencias de nivel hay que medir distancias verticales de una manera directa o indirecta, operación denominada nivelación.

El equipo utilizado para obtener los niveles fue un teodolito marca *sokkia*, trípode, estadal, plomadas y cinta métrica.

3.2.2. Planimetría

La planimetría solo toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que se supone es superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales. El equipo utilizado para obtener los niveles fue un teodolito marca *sokkia*, trípode, estadal, plomadas y cinta métrica.

3.3. Estudio de suelos

El conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia en el estudio de la mecánica de suelos, pues mediante su atinada interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas, cuando dicho terreno presente diferentes contenidos de humedad.

Las características físicas de los suelos son de suma importancia, pues en ellos basan su comportamiento y en consecuencia, determinan su uso, entre las características físicas más importantes se encuentran; tamaño y forma de las partículas, peso específico, estructura, contenido de humedad, porosidad y distribución de vacíos, permeabilidad, capacidad de carga, entre otros.

3.3.1. Toma de muestra

La toma u obtención de muestras es el procedimiento que consiste en recoger partes, porciones o elementos representativos de un terreno, a partir de las cuales se realizará un reconocimiento geotécnico del mismo.

Las muestras son porciones representativas del terreno que se extraen para la realización de ensayos de laboratorio. Según la forma de obtención, pueden clasificarse de forma general en dos tipos; muestras alteradas que conservan sólo algunas de las propiedades del terreno en su estado natural y las muestras inalteradas que son las que conservan, al menos teóricamente, las mismas propiedades que tiene el terreno in situ. La muestra extraída para la elaboración de los ensayos de laboratorio es del tipo alterada.

3.3.2. Ensayos de laboratorio

Antes debe prepararse la muestra secándola para eliminar la humedad que esta posea. Los resultados de los ensayos pueden observarse en los apéndices.

- Análisis granulométrico

Este ensayo tiene por objeto determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y obtener la cantidad, expresada en tanto por ciento de éstas, que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, desde el tamiz de 2" hasta el tamiz Núm. 200.

- Límites de Atterberg

Los suelos que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semisólido, plástico o semilíquido. El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro.

El método usado para medir estos límites se conoce como método de atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan límites de atterberg, marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre los cuatro estados mencionados anteriormente.

- Límite líquido

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso de la muestra, con el cual el suelo cambia de estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida y según atterberg es de 25g/cm^2 . La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula.

- Límite plástico (LP)

Es el contenido de agua que tiene el límite inferior de su estado líquido, el límite plástico de un suelo se acepta como el contenido de humedad que permite cilindrarlo haciendo bastoncitos de 3 mm de diámetro sin que se rompan.

- Proctor

El ensayo de compactación proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico.

Existen dos tipos de ensayo proctor normalizados; proctor normal, y el proctor modificado. La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el proctor modificado.

Este ensayo determina la máxima densidad que es posible alcanzar para suelos o áridos, en unas determinadas condiciones de humedad, con la condición de que no tengan excesivo porcentaje de finos, pues la prueba Proctor está limitada a los suelos que pasen totalmente por la malla Núm. 4, o que tengan un retenido máximo del 10 % en esta malla, pero que pase (dicho retenido) totalmente por la malla 3/8". Cuando el material tenga retenido en la malla 3/8" deberá determinarse la humedad óptima y el peso volumétrico seco máximo con la prueba de proctor estándar.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad óptima de compactación. El ensayo puede ser realizado en tres niveles de energía de compactación, conforme las especificaciones de la obra: normal, intermedia y modificada.

- Capacidad de soporte CBR del suelo

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, subbase y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. de penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de

CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación proctor.

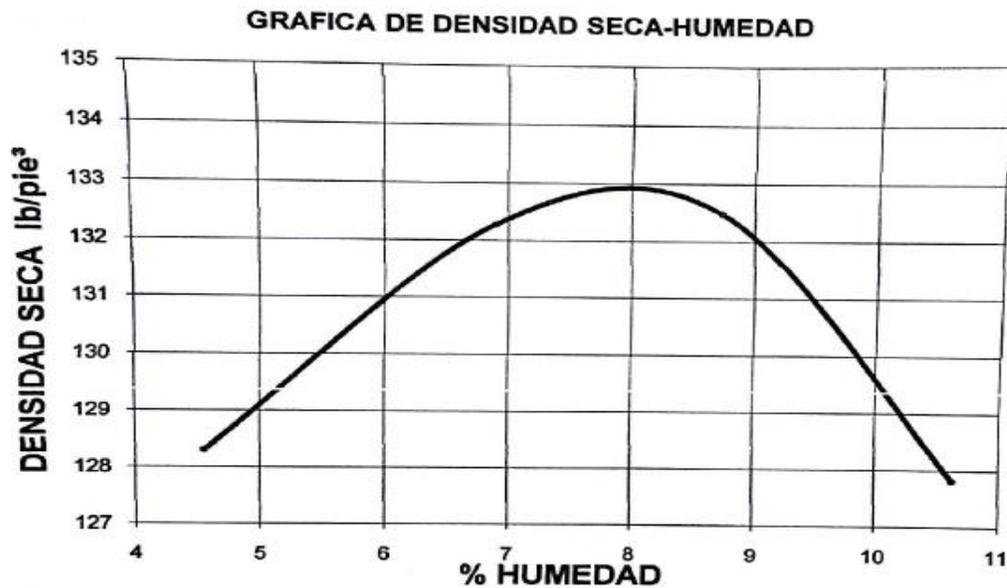
Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20

- Análisis de resultados

La muestra ensayada se describe como una muestra de suelo tipo arena con partículas de grava color gris. La densidad seca máxima se estima en 2 130 Kg/m³ con humedad óptima de 8 %. En la figura 10 se muestra la gráfica densidad seca versus humedad característica del material.

Figura 10. **Ensayo de compactación, proctor modificado AASHTO T-180**



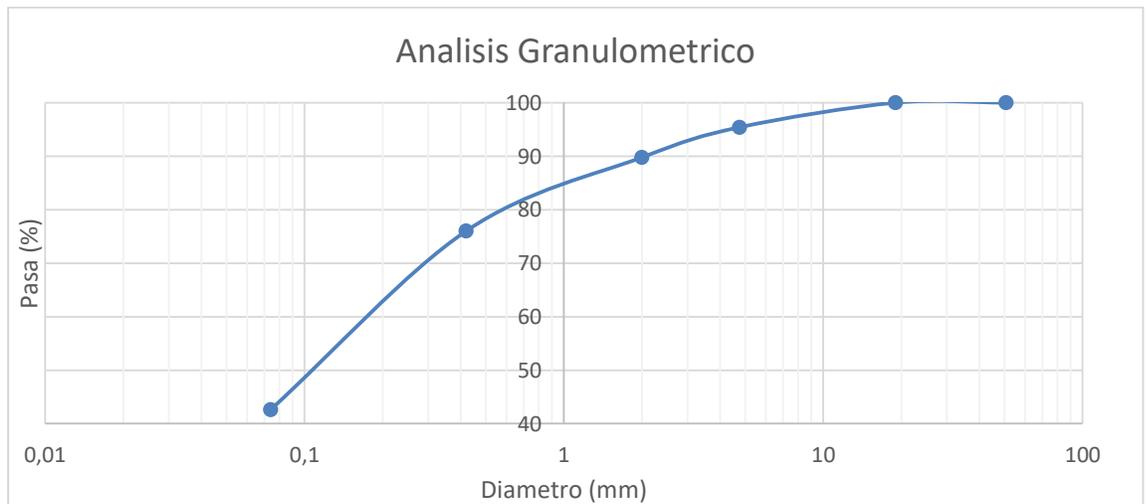
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

La granulometría determinada con el análisis granulométrico del material ensayado se muestra a continuación.

Figura 11. **Análisis granulométrico con tamices y lavado previo**

Tamiz	(")	2	0,75	4	10	40	200
Abertura	(mm)	50,8	19	4,76	2	0,42	0,074
Pasa	(%)	100	100	95,41	89,78	76,01	42,62

Continuación de la figura 11.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

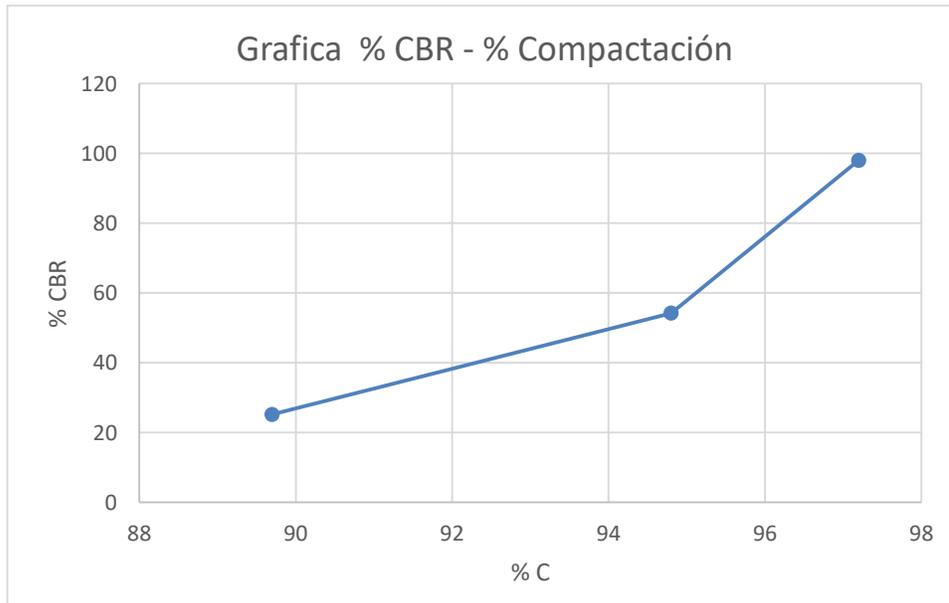
La cohesión del suelo en el límite líquido es prácticamente nula. El límite plástico encontrado en la muestra es 0 %.

En la figura 11 se muestra los resultados del ensayo de razón soporte California (CBR) del material.

Figura 12. **Ensayo de razón soporte california (CBR), proctor modificado AASHTO T-193**

Probeta	Golpes	Compactación		C (%)	Expansión (%)	CBR (%)
		H(%)	Yd lb/pie3			
1	10	8,5	119,2	89,7	0,17	25,2
2	30	8,5	125,9	94,8	0,26	54,2
3	65	8,5	129,2	97,2	0,22	98,0

Continuación de la figura 12.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.4. Cálculo topográfico

El conocimiento del terreno y de forma es la base y principal dato para iniciar un trabajo, como uno puede lograr conocer la forma del terreno y sus depresiones y elevaciones, por medio de la elaboración de los perfiles transversales y longitudinales del terreno.

3.4.1. Cálculo de niveles

El cálculo de los niveles del terreno y posteriormente su graficación, mostró la topografía real de la línea preliminar de diseño, este perfil del terreno determinó el tipo de carretera a diseñar. El cálculo de niveles se desarrolla directamente de las lecturas que se toman en campo. Los puntos de partida y

llegada son bancos para controlar y comprobar la nivelación, si no se tienen cotas ya establecidas, pueden suponerse una cualquiera para un banco de tal magnitud que no resulten cotas negativas.

El trabajo de nivelación consistió en obtener información altimétrica de la línea central, en la que se colocaron estaciones a cada 20 metros o en puntos de interés. La nivelación se obtuvo con base en el perfil natural del terreno, se tomó un banco de marca y se le estableció una cota que fue la 100,00, se hace la primera lectura para establecer la altura del instrumento. Como ya se tiene el banco se le colocó el estadal sobre el punto donde se ubicó el banco de marco; la altura del estadal leída se le suma a la cota del banco de ahí se establece la altura del instrumento, luego se coloca el estadal sobre el punto enmarcado como la estación se toma la lectura del estadal, y entonces la altura del instrumento menos la lectura del estadal sobre la estación da la cota del terreno; cuando la pendiente vaya aumentando abruptamente, es necesario buscar un punto de vuelta de mayor altura para obtener con mayor rapidez las cotas de las estaciones.

Así se tiene:

$$\text{BM en E} - 0 \ 0+000 = 100,00 \text{ (m)}$$

$$\text{Lectura de estadal en caminamiento } 0+020 = 2,21 \text{ (m)}$$

$$\text{Altura del instrumento} = 1,43 \text{ (m)}$$

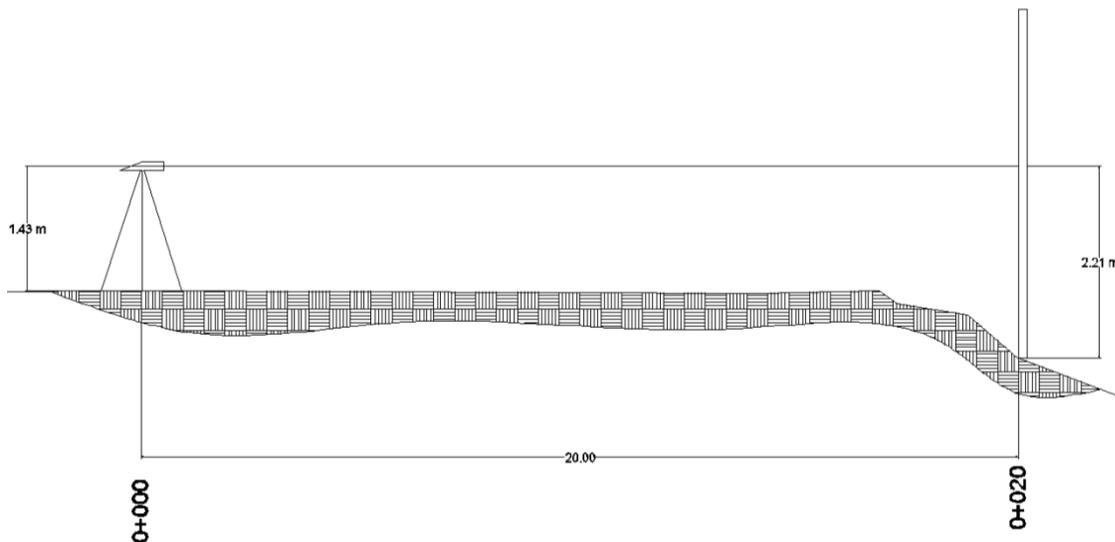
$$\text{Cota del instrumento} = 100,00 \text{ (m)} + 1,43 \text{ (m)}$$

$$\text{Cota del instrumento} = 101,43 \text{ (m)}$$

$$\text{Cota en } 0+020 = 101,43 - 2,21 \text{ (m)}$$

$$\text{Cota en } 0+020 = 99,22 \text{ (m)}$$

Figura 13. **Esquema de lectura de nivelación**



Este proceso se sigue hasta llegar a la última estación.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.4.2. **Localización de línea central**

Una vez trazadas las posibles rutas en los mapas, se inicia el trabajo de campo con un reconocimiento del terreno. Este reconocimiento se hace con la finalidad de observar directamente el terreno y sus características, en este recorrido se observan todos los datos generales de la ruta, para formular el estudio preliminar, vegetación, características de los suelos, hidrografía, entre otros, en este caso se realizó un reconocimiento terrestre. Posteriormente a la etapa de localización de la línea preliminar en campo, se realizan los trabajos de levantamiento topográficos de dicha línea.

Al tener el estudio topográfico de la zona, las coordenadas que deben calcularse son las de cada PI, teniendo la distancia y el rumbo entre cada uno.

La distancia de los PI se calcula al restar estacionamientos de los mismos y su rumbo es el dado en la libreta. Al determinar estos datos se procede al ploteo de la misma; de este ploteo se determinan los deltas o las deflexiones para el diseño del alineamiento horizontal.

De E0 a E1

Distancia horizontal = $0+000 - 0+033,28$

Distancia horizontal = 33,28 (m)

Azimut de $353^{\circ}03'17,00''$

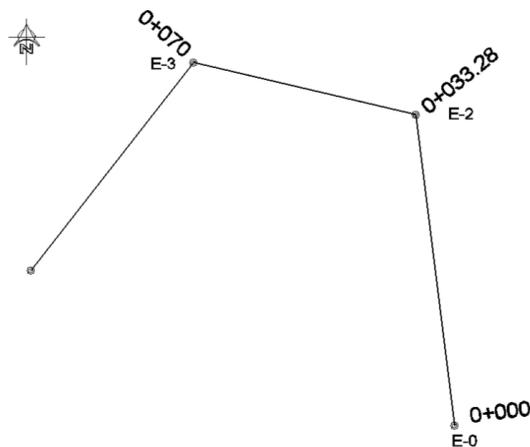
De E1 – E2

Distancia horizontal = $0+033,28 - 0+070$

Distancia horizontal = 36,72 (m)

Azimut de $281^{\circ}08'04''$

Figura 14. Localización de línea central y ubicación de PI



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

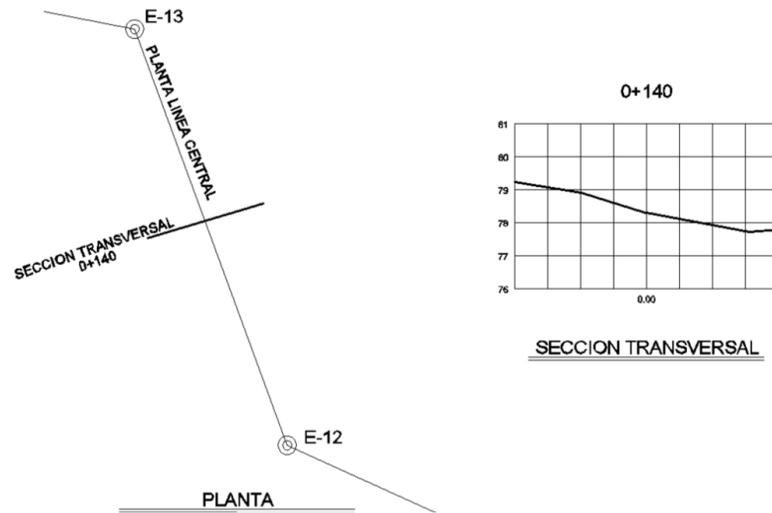
3.5. Secciones transversales

Hay que considerara las secciones transversales que son la intersección del terreno, con un plano vertical normal al eje longitudinal del terreno, o sea los perfiles transversales son perpendiculares al perfil longitudinal.

Cuando las secciones transversales son muy uniformes, se deben levantar de igual manera que los perfiles longitudinales, anotándose las altitudes y distancias leídas en un registro similar al empleado y visado en los perfiles longitudinales. Todas las lecturas deben por lo general, aproximarse al centímetro. Pero cuando los perfiles transversales son muy irregulares (caminos, arroyos, linderos, entre otros), se dibujan todos los detalles en un croquis, sobre el cual se anotan todas las medidas y lecturas hechas durante el levantamiento.

La sección transversal se dibuja de modo que la izquierda y la derecha sean las del perfil longitudinal, suponiendo que se recorre este en el sentido de la numeración ascendente del caminamiento.

Figura 15. **Ejemplo de ubicación de sección transversal respecto a línea central**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.6. Diseño de carretera

Consiste en procesar en gabinete todos los datos proporcionados por la topografía del levantamiento preliminar para posteriormente, proceder al diseño. El alineamiento de una carretera es la proyección de un plano sobre el eje de la carretera y los elementos que la integran son: tangentes, curvas circulares y curvas de transición.

3.6.1. Diseño de alineamiento horizontal

Los elementos necesarios para el diseño del alineamiento horizontal se muestran a continuación.

- Tangentes

Son las proyecciones sobre un plano horizontal de las rectas que unen una curva; la longitud es la distancia que une la curva anterior y el principio de la siguiente.

- Curvas circulares

Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Pueden ser simples o compuestas.

- Curvas de transición

Se utilizan para proporcionar un cambio gradual de dirección al pasar un vehículo de un tramo en tangente a un tramo de curva circular. En el sentido del caminamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la figura 1. El punto de intersección (PI) de las tangentes, también se llama vértice de la curva. La tangente de atrás precede al PI y la tangente de adelante lo sigue. Los puntos PC y PT se les llama punto de comienzo y de terminación de la curva, se les denomina en forma arbitraria, punto de curva y punto de tangencia, respectivamente. Observar que los radios son perpendiculares al PC y PT.

- Grado de curvatura

Es el ángulo subtendido por un arco de 20 m. se representa con la letra G.

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

- Radio de curvatura

Es el radio de la curva circular. Se simboliza con R y se obtiene de la expresión anterior.

$$R = \frac{1145,9156}{G}$$

- Ángulo central

Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como Δ . En las curvas circulares simples es igual a la de deflexión o cambio de dirección que se da entre las tangentes.

- Longitud de curva

Es la distancia del PC hasta el PT, medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20 m. Se representa con LC.

$$Lc = \frac{(2\Pi)(R)(\Delta)}{360}$$

$$L_c = \frac{20 (\Delta)}{G}$$

- Subtangente

Es la distancia entre PI y el PC, medida desde la prolongación de las tangentes. Se representa como ST.

$$ST = R (\operatorname{tg} \Delta/2)$$

- External

Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra E.

$$E = \frac{(R)(1 - \operatorname{Cos} \Delta/2)}{\operatorname{Cos} \Delta/2}$$

- Ordenada media

Es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva. Se simboliza OM.

$$OM = R (1 - \operatorname{Cos} \Delta/2)$$

- Cuerda máxima

Es la distancia en la línea recta desde el PC al PT. Se representa por CM.

$$CM = (2)(R)(\operatorname{Sen} \Delta/2)$$

Ejemplo curva C8:

Criterios a considerar

Si $\Delta > 90^\circ$ se fija radio

Si $\Delta < 90^\circ$ se fija subtangente

Para la curva a calcular $\Delta = 44^\circ 18' 32''$, entonces se fija subtangente

$$R = ST / \text{tg} (\Delta/2)$$

$$R = 36,46 \text{ (m)} / \text{tg} (44^\circ 18' 32'' / 2)$$

$$R = 77,58 \text{ (m)}$$

$$G = 1145,9156/R$$

$$G = 1145,9156/77,58$$

$$G = 14^\circ 46' 14,74''$$

$$L_c = (\Delta/G)*20$$

$$L_c = (44^\circ 18' 32'' / 14^\circ 46' 14,74'')*20$$

$$L_c = 60,00 \text{ (m)}$$

$$C_{\text{max}} = (2)(R)(\text{Sen } \Delta/2)$$

$$C_{\text{max}} = 2*77,58* \text{Sen}(44^\circ 18' 32''/2)$$

$$C_{\text{max}} = 58,51 \text{ metros}$$

Cálculo de caminamiento

$$PI = PC + Stg$$

$$PI = (0 + 299,58) + 36,46$$

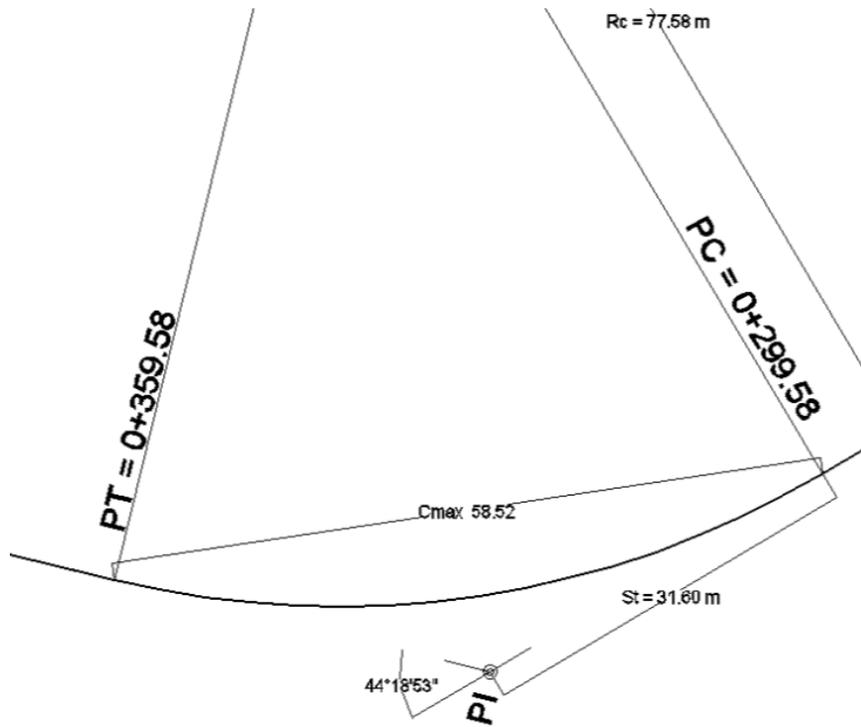
$$PI = 0 + 336,04$$

$$PT = PC + LC$$

$$PT = (0 + 299,58) + 60,00$$

$$PT = 0 + 359,58$$

Figura 17. Representación de datos en dibujo de la curva horizontal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Tabla VII. Tabulación curvas horizontales

No.	Pc	Pt	G	Delta	R	St	Cm	Lc	Sa	E%	Le
C1	0+033,28	0+046,28	96	71° 55' 13"	11,95	8,67	14,03	15	2,10	10,0	24
C2	0+059,23	0+074,23	82	61° 31' 41"	13,97	8,32	14,29	15	2,10	10,0	24
C3	0+093,50	0+106,50	72	54° 06' 19"	15,88	8,11	14,44	15	2,10	10,0	24
C4	0+115,88	0+130,88	92	69° 06' 01"	12,44	8,57	14,11	15	2,10	10,0	24
C5	0+150,99	0+165,99	90	67° 29' 53"	12,73	8,51	14,14	15	2,10	10,0	24
C6	0+174,33	0+194,33	30	30° 08' 29"	38,3	10,31	19,92	20	1,20	5,0	12
C7	0+213,12	0+263,12	26	66° 07' 51"	43,32	28,20	47,27	50	1,10	4,3	10
C8	0+299,58	0+0+359,58	15	44° 18' 53"	77,58	31,59	58,52	60	0,70	3,0	10
C9	0+436,33	0+408,33	5	5° 06' 08"	224,59	10,01	19,99	20	0,40	3,0	10
C10	0+566,30	0+586,30	10	10° 10' 19"	112,66	10,03	19,97	20	0,30	3,0	10

Continuación de la tabla VII.

C11	0+601,00	0+631,00	22	32° 34' 49"	52,76	15,42	29,60	30	1,00	3,7	10
C12	0+686,50	0+706,50	50	50° 11' 28"	22,83	10,69	19,37	20	1,80	8,3	20
C13	0+708,28	0+728,28	36	36° 20' 06"	31,54	10,35	19,67	20	1,40	6,0	14
C14	0+729,06	0+739,06	128	64° 05' 50"	8,94	5,60	9,49	10	2,10	10,0	24
C15	0+761,30	0+766,30	58	43° 18' 41"	19,84	7,88	14,64	15	2,00	9,7	23
C16	0+800,78	0+810,78	81	40° 19' 37"	14,21	5,22	9,80	10	2,10	10,0	24
C17	0+827,95	0+857,95	30	45° 13' 37"	38,01	15,83	29,23	30	1,20	5,0	12
C18	0+882,85	0+892,85	146	73° 01' 30"	7,85	5,81	9,34	10	2,10	10,0	24
C19	0+909,24	0+949,24	7	14° 04' 33"	162,82	20,10	39,90	40	0,50	3,0	10
C20	1+106,12	1+166,12	10	28° 35' 37"	120,23	30,64	59,38	60	0,60	3,0	10
C21	1+173,91	1+213,91	8	15° 02' 55"	152,29	20,12	39,88	40	0,50	3,0	10
C22	1+214,75	1+224,75	17	8° 23' 56"	68,22	5,01	9,99	10	0,80	3,0	10
C23	1+231,54	1+271,54	13	25° 04' 42"	91,39	20,33	39,68	40	0,70	3,0	10
C24	1+330,51	1+400,51	5	17° 42' 15"	226,54	35,28	69,72	70	0,40	3,0	10
C25	1+404,73	1+444,73	5	9° 08' 48"	250,56	20,04	39,96	40	0,40	3,0	10
C26	1+451,93	1+771,93	11	10° 43' 01"	106,93	10,03	19,97	20	0,60	3,0	10
C27	1+499,62	1+519,62	10	9° 53' 10"	115,91	10,02	19,97	20	0,60	3,0	10
C28	1+528,17	1+558,17	18	26° 27' 42"	64,96	15,27	29,74	30	0,80	3,0	10
C29	1+558,85	1+568,85	40	20° 00' 03"	28,65	5,05	9,95	10	1,50	8,7	21
C30	1+583,61	1+593,61	7	6° 40' 12"	171,8	10,01	19,99	20	0,50	3,0	10
C31	1+608,04	1+628,04	19	19° 17' 00"	59,43	10,10	19,91	20	0,90	3,2	10
C32	1+664,69	1+681,69	50	49° 50' 17"	22,99	10,68	19,37	20	1,80	8,3	20
C33	1+694,82	1+704,82	83	41° 38' 07"	13,76	5,23	9,78	10	2,10	10,0	24
C34	1+710,03	1+735,03	17	20° 59' 12"	68,25	12,64	24,86	25	0,80	3,0	10
C35	1+749,58	1+774,58	33	41° 06' 28"	34,84	13,06	24,46	25	1,30	5,5	13
C36	1+791,07	1+801,07	116	57° 49' 06"	9,91	5,47	9,58	10	2,10	10,0	24
C37	1+824,34	1+874,34	5	13° 24' 30"	213,66	25,12	49,89	50	0,40	3,0	10
C38	1+881,46	1+931,36	3	8° 09' 59"	350,8	25,04	49,96	50	0,20	3,0	10
C39	1+931,86	1+958,86	33	41° 30' 24"	34,51	13,08	24,46	25	1,30	5,5	13
C40	1+979,70	2+009,70	8	12° 38' 03"	136,05	15,06	29,94	30	0,50	3,0	10
C41	2+023,58	2+048,56	21	25° 50' 09"	55,44	12,72	24,79	25	1,00	3,7	10

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Diseño de alineamiento vertical

La finalidad de estas curvas es suavizar los cambios en el movimiento vertical, puesto que a través de su longitud se efectúa un paso gradual de la pendiente de entrada a la de salida; proporcionando de esta forma una operación segura y confiable, además de una agradable apariencia y características para drenaje adecuado. Las curvas pueden ser circulares, parabólicas simples o parabólicas cúbicas, entre otros.

Las especificaciones de la Dirección General de Canubis tienen tabulados valores para las longitudes mínimas de curvas para distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño.

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas. Según su forma se les conocen como curvas en columpio o en cresta. Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas de curvas, con el objetivo de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores. Estas curvas pueden ser calculadas de la siguiente forma.

Visibilidad de parada

$$L = K * A$$

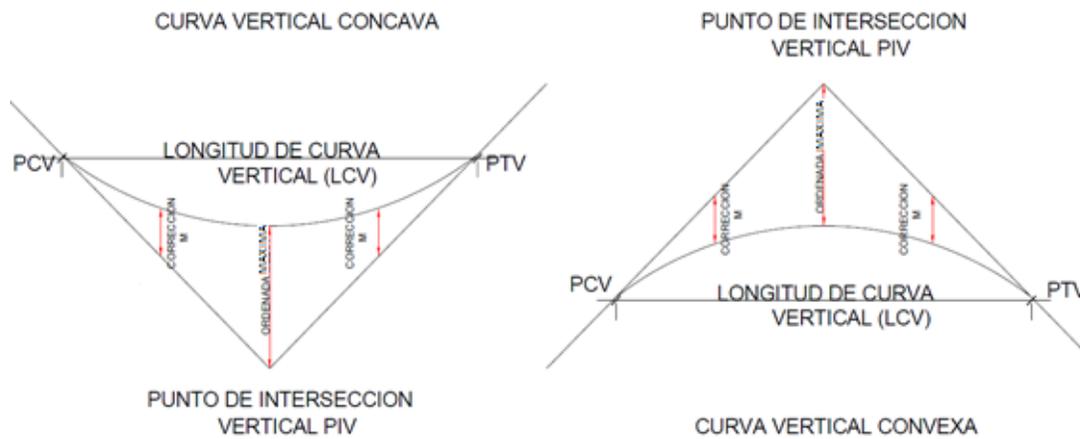
Donde

L = longitud mínima de la curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad)

K = constante que depende de la velocidad de diseño (Ver tabla VII)

A = diferencia algebraica de pendientes

Figura 18. Elementos de curva vertical



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Tabla VIII. Valores de k según velocidad de diseño

Velocidad	Convexa	Cóncava
En kph.	k	k
20	1	2
30	2	4
40	4	6
50	7	9
60	12	12
70	19	17
80	29	23
90	43	29
100	60	36

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Cálculo para elevaciones corregidas para curva vertical**

Cotas para pendiente de entrada				Cotas para pendiente de salida			
Y2	Y1	X2	X1	Y3	y2	X3	X2
54,57	54,19	1+880	1+870	55,54	54,57	1+890	1+880

cota PIV	cota PCV	cota PTV	cota tangencia	Est. PIV	Est. PCV	Est. PTV	LCV (mts)
54,57	54,19	55,54	55,54	0+1880	0+1870	0+1890	20
	Pe	Ps	OM				
	3,80	9,70	0,147500				

OBSERV.	EST	S	ELEVACION	CORRECCION	ELEV. CORREG	
PCV	0+1870		54,1900	0,00000	54,19	0
	0+1875	3,80	54,3800	0,03687	54,42	5
PIV	0+1880		54,5700	0,14750	54,72	10
	0+1885		55,0550	0,03687	55,09	5
PTV	0+1890	9,70	55,5400	0,00000	55,54	0

Fuente: elaboración propia.

$$OM = LCV * (\Delta s/800)$$

$$OM = 20,00 \times (3,80 - 9,70)/800$$

$$OM = 0,1475 \text{ m}$$

$$L = K \times A$$

$$A = Pe - Ps$$

$$A = 3,80 - 9,70$$

$$A = - 5,90$$

$$L = 5,90 \times 2$$

$$L = 11,80 \text{ m}$$

El valor mínimo de la longitud de curva es 11,80 m.

Tabla X. Tabulación curvas verticales

PCV	PCV ELE	PIV	PIV ELE	PTV	PTV ELE	K	LcV	Pe %	Ps %	OM
0+080	87,49	0+110	82,8	0+140	78,37	69,65	60	-15,63	-14,77	-0,07
0+150	76,89	0+180	72,46	0+210	69,00	18,48	60	-14,77	-11,53	-0,24
0+235	66,12	0+255	63,82	0+275	60,22	6,22	40	-11,50	-18,00	0,32
0+275	60,22	0+290	57,53	0+305	55,56	6,18	30	-17,93	-13,13	-0,18
0+315	54,25	0+335	51,63	0+355	50,36	5,91	40	-13,10	-6,35	-0,34
0+355	50,36	0+370	49,41	0+385	49,73	3,54	30	-6,33	2,13	-0,32
0+402	50,11	0+410	50,27	0+417	50,91	2,33	15	2,13	8,53	-0,12
0+417.50	50,91	0+425	51,55	0+432	51,3	1,25	15	8,53	-3,33	0,22
0+500	51,25	0+510	53,18	0+520	53,12	1,01	20	19,30	-0,60	0,50
0+615	52,54	0+635	52,42	0+655	49,25	2,62	40	-0,60	-15,85	0,76
0+670	46,87	0+680	45,28	0+690	44,81	1,8	20	-15,90	-4,70	-0,28
0+690	44,81	0+695	44,57	0+700	43,64	0,72	10	-4,80	-18,60	0,17
0+700	43,64	0+705	42,72	0+710	42,34	0,9	10	-18,40	-7,60	-0,14
0+720	41,6	0+725	41,23	0+730	41,69	0,6	10	-7,40	9,20	-0,21
0+730	41,69	0+735	42,16	740	41,11	0,33	10	9,40	0,00	0,12
0+740	41,11	0+745	40,06	0+750	39,72	0,71	10	-21,00	-6,80	-0,18
0+775	38,02	0+790	37	0+805	36,45	9,47	30	-6,80	-3,67	-0,12
0+830	35,55	0+845	35	0+860	35,6	3,93	30	-3,67	4,00	-0,29
0+860	35,6	0+870	36	0+880	37,73	1,5	20	4,00	17,30	-0,33
0+925	45,53	0+945	49	0+965	50,14	3,44	40	17,35	5,70	0,58
0+965	50,14	0+980	51	0+995	52,77	4,94	30	5,73	11,80	-0,23
1+070	61,61	1+085	63,38	1+100	64,07	4,19	30	11,80	4,60	0,27
1+100	64,07	1+110	64,54	1+120	65,96	2,07	20	4,70	14,20	-0,24
1+215	79,54	1+235	82,39	1+255	83,31	4,13	40	14,25	4,60	0,48
1+255	83,31	1+270	84	1+285	83,88	5,57	30	4,60	-0,80	0,20
1+345	83,41	1+365	83,25	1+385	81,7	5,77	40	-0,80	-7,75	0,35
1+420	79	1+445	77,07	1+470	72,9	4,72	50	-7,72	-16,68	0,56
1+470	72,49	1+485	69,74	1+500	70,22	1,39	30	-18,33	3,20	-0,81
1+500	80,22	1+515	70,7	1+530	72,8	2,78	30	-63,47	14,00	-2,91
1+550	75,6	1+560	77	1+570	75,81	0,77	20	14,00	-11,90	0,65
1+640	67,46	1+655	65,67	1+670	63,32	8,02	30	-11,93	-15,67	0,14
1+670	63,32	1+680	61,75	1+690	61,57	1,44	20	-15,70	-1,80	-0,35
1+690	61,57	1+705	61,29	1+720	59,53	3,02	30	-1,87	-11,73	0,37
1+735	57,76	1+750	56	1+765	55,18	4,77	30	-11,73	-5,47	-0,23
1+785	54,09	1+800	53,27	1+815	52,99	8,31	30	-5,47	-1,87	-0,14

Continuación de la tabla X.

1+815	52,99	1+830	52,71	1+845	53,27	5,39	30	-1,87	3,73	-0,21
1+870	54,19	1+880	54,57	1+890	55,54	3,32	20	3,80	9,70	-0,15
1+895	56,03	1+905	57	1+915	57,33	3,03	20	9,70	3,30	0,16
1+915	57,31	1+930	57,79	1+945	57,3	4,71	30	3,20	-3,27	0,24
1+955	56,98	1+970	56,49	1+985	57,36	3,33	30	-3,27	5,80	-0,34
1+995	57,94	2+010	58,81	2+025	58,53	3,95	30	5,80	-1,87	0,29
2+030	58,44	2+045	58,17	2+060	56,99	4,95	30	-1,80	-7,87	0,23
2+060	56,99	2+075	55,8	2+090	55,43	5,56	30	-7,93	-2,47	-0,21

Fuente: elaboración propia.

3.7. Movimiento de tierras

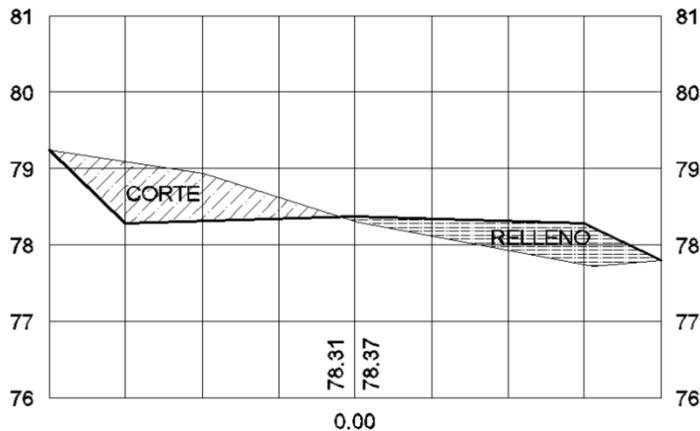
El movimiento de tierras es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes; además, se incluyen los materiales de préstamo o desperdicio que sean aptos para la conformación, compactación y el terminado del trabajo de terracería. Se debe tomar en cuenta, que el movimiento de tierras se encuentra enlazado directamente con el diseño de subrasante de la carretera, incidiendo así, en el costo de la misma. Por lo tanto, el movimiento de tierras deberá ser el más factible, desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino fije.

3.7.1. Dibujo de secciones transversales

Es la representación gráfica de los datos obtenidos de la medición topográfica, describe la sección transversal natural; puede dibujarse en papel natural, en hoja milimétrica o en una hoja digital. De ello, como se tiene establecida la sección típica, se determinan las áreas de corte o relleno.

Figura 19. **Ejemplo de sección con corte y relleno**

0+140



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.7.2. **Diseño de subrasante**

La subrasante es el perfil de la terracería del camino, compuesta por líneas rectas con pendientes determinadas y unidas por arcos de curvas parabólicas verticales. Según el sentido del caminamiento, las pendientes ascendentes son positivas y las descendentes negativas, estas se proyectan con aproximación de centésimos. La subrasante que se proyecte debe compensar cortes y rellenos, pero, no siempre es posible, pues, algunas veces existen puntos obligados; para el diseño de la subrasante del camino se consideraron los siguientes elementos: pendientes máximas, estas están en función del tipo de carretera y el tipo de terreno; pendientes mínimas, estas se usan para establecer el drenaje en las carreteras. Otro elemento importante a considerar es el movimiento de tierras, tratando de compensar los cortes con los rellenos.

3.7.3. Tipo de carpeta de rodadura

La capa de rodadura será de material selecto balasto, para obtener mayor estabilidad, del mismo. El balasto es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura. Esta carpeta de rodadura ayuda a evitar la acción de desgaste del camino por el tránsito de vehículo y la acción erosiva del agua durante la época lluviosa.

Entre las características que debe reunir la carpeta de rodadura es que debe ser de calidad uniforme y encontrarse exenta de residuos de madera, raíces, material extraño o cualquier material perjudicial. Debe ser estable a la acción abrasiva del tránsito, relativamente impermeable, poseer una acción capilar que le permita reemplazar la humedad que se pierde por la evaporación y la que es necesaria para mantener ligadas estas partículas. Dichas características se encuentran en el balasto. Cuando la capa de balasto tenga que colocarse sobre una subrasante existente, esta debe ser conformada y escarificada de acuerdo con las líneas, pendientes y secciones típicas.

El balasto debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño y debe cumplir con las siguientes especificaciones: El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 80 libras/pie³ (1 282 kilogramos/m³), determinado por el método AASHTO T193. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto no debe exceder de 2/3 del espesor de la capa de rodadura, en ningún caso debe ser mayor de 7,5 centímetros.

La porción del balasto retenida en el tamiz 4,75 mm, debe estar comprendida el 60 y el 40 % en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no

mayor de 60 % determinado por el método AASHTO T96. La porción que pase el tamiz 0,425 mm debe tener un límite líquido no mayor de 356, determinado por el método AASHTO T89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11, determinado por el método AASTHO T90. La porción que pase por el tamiz 0,075 mm no debe exceder del 15 % del peso, determinado por el método AASTHO T11.

3.7. Dibujo de secciones típicas

Las secciones típicas son perfiles transversales que muestran el comportamiento del terreno natural y el nivel del camino terminado. En este caso se tiene únicamente dos tipos de sección típica en tangente y en curva.

- Sección típica en tangente

Se debe dibujar la diferencia entre la subrasante y el nivel, arriba o debajo de la sección transversal, según sea el caso. A partir de este punto se debe trazar la sección típica, la inclinación de la típica será de 3 % (bombeo normal) a ambos lados.

- Sección típica en curva

Se dibuja la diferencia como se menciona con el valor del corrimiento de la curva. El peralte indica la inclinación de la sección típica; cuando el peralte es menor que del 3 % y la curva es hacia la izquierda, el lado izquierdo de la sección típica, permanece con el 3 % y el lado derecho de la sección se peraltea con el porcentaje calculado en esa estación para el lado hacia dónde va la curva. El sobre ancho se le suma al ancho de la sección del lado hacia dónde va la curva, si el ancho de la típica se midió a partir de la línea central,

debe restarse el corrimiento del lado opuesto a la curva. Cuando la curva va hacia la derecha, el procedimiento es el mismo solo que inversa. En casos que el peralte sea mayor del 3 %, se inclina toda la sección típica hacia el lado donde va la curva, de acuerdo con el porcentaje calculado en cada estación; el procedimiento para corrimiento y sobreancho es el mismo que se aplica para curvas con peralte menor del 3 %.

3.7.5. Determinación de áreas

El método para la determinación de las áreas dependerá de cómo se tenga la información, si se cuenta en formato digital desde algún programa de dibujo el trabajo resulta realmente sencillo, pues basta con ir tocando con el puntero del ratón cada una de las áreas para obtener la información de estas. Y si se cuenta con planos impresos el método más conveniente es utilizar un planímetro.

Por la rapidez en su operación y por la precisión que proporciona, el planímetro es el instrumento que más se presta para la determinación de las áreas. De los distintos tipos existentes, el polar de brazo ajustable es el más empleado. Se dibujan las secciones transversales del camino a escalas convenientes, generalmente 1:100 horizontal y vertical; se miden sus áreas para determinar los volúmenes de tierra que se van a mover.

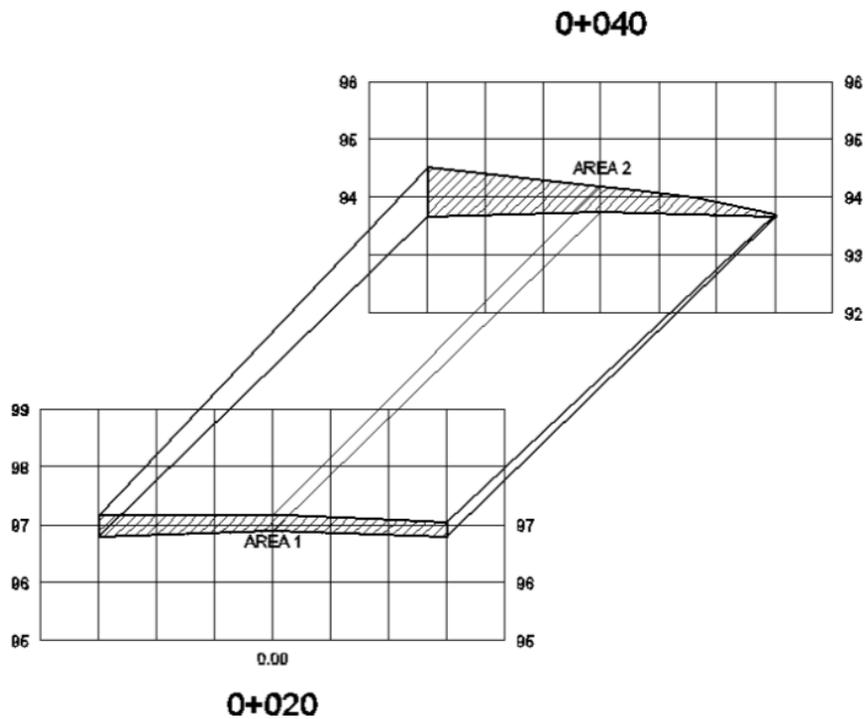
Par determinar el área, se fija el polo en el punto conveniente y se coloca la guía trazadora en un cedro de la sección, se toma la lectura inicial y se sigue el planímetro de la figura con la guía, hasta volver al punto de partida; se hace una nueva lectura y la diferencia entre estas lecturas, multiplicada por una constante, será el área buscada.

Otro método analítico para el cálculo de áreas es el método por coordenadas, el cual está basado en principios geométricos. El procedimiento para calcular el área de un polígono definido por coordenadas conocidas, consiste en calcular la mitad de la diferencia entre las sumatorias de productos en cruz X-Y y Y-X.

3.7.6. Cálculo de volúmenes

Una vez se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de los volúmenes de tierra. Para ello, es necesario suponer que el camino está formado por una serie de prismas, tanto en corte como en relleno. Entre dos secciones, el volumen es el de un prisma irregular; el área de sus bases es la medida en cada una de las secciones y la altura del prisma es igual a la distancia entre las secciones transversales; sucede esto cuando en las secciones consideradas, existe sólo corte o solo relleno. La forma más rápida para calcular el volumen es en base al producto de la semisuma de las áreas extremas, por la distancia entre estaciones.

Figura 20. Elementos para cálculo de volumen



$$V = \frac{(A1 + A2) * d}{2}$$

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Donde

A1 = área uno (primera sección)

A2 = área dos (segunda sección)

d = distancia entre secciones

A1 = 1,41 (m²) (en corte)

A2 = 6,40 (m²) (en corte)

d = 20,00 (m)

$$V = \frac{(1,41 \text{ (m}^2) + 6,40 \text{ (m}^2)) \times 20,00 \text{ (m)}}{2}$$

$$V = 78,10 \text{ (m}^3)$$

Otro caso común es que una sección este a corte y otra en relleno.

$$V_c = \frac{(Ac^2)}{(Ac + Ar)} \times \frac{d}{2}, y \quad V_r = \frac{(Ar^2)}{(Ac + Ar)} \times \frac{d}{2}$$

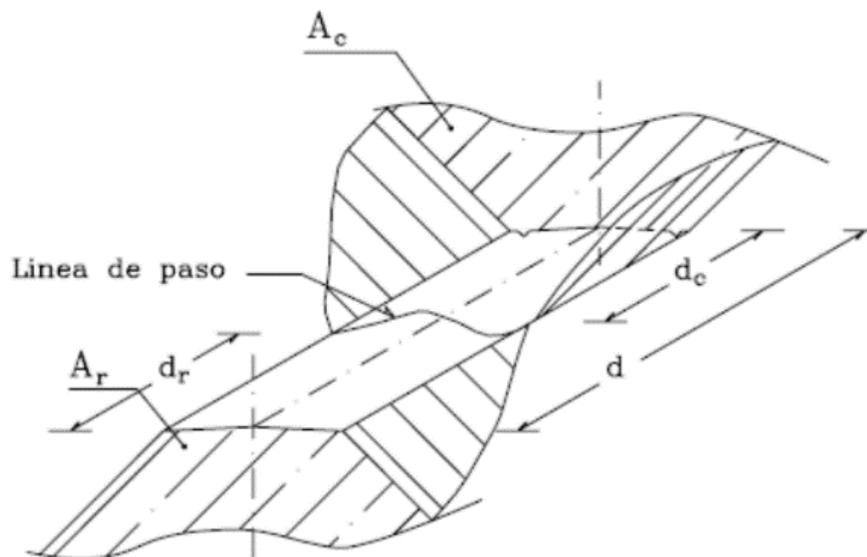
Donde

A_c = área de corte

A_r = área de relleno

d = distancia entre secciones

Figura 21. **Elementos para cálculo de volumen en corte y relleno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.8. Drenajes

El sistema de drenaje es el aspecto más importante del diseño y construcción de caminos por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y reparación. Los factores climatológicos y de suelos influyen directamente en el diseño del drenaje, los estudios de campo deben tomar en cuenta los conocimientos de la gente de la zona, para conocer tanto las crecidas máximas, como la época de estiaje de los cuerpos de agua que atraviesen el tramo carretero.

El agua de escorrentía superficial por lo general se encuentra con la carretera en sentido casi perpendicular a su trazo, por lo que se utiliza para esto, drenaje transversal, según el caudal que se presente. El agua pluvial debe de encauzarse hacia las orillas de la carretera con una pendiente adecuada en sentido transversal. A ésta se le llama bombeo normal y generalmente es del 3 %. La pendiente longitudinal mínima para la subrasante es del 0,5 %.

3.8.1. Ubicación de drenajes

Los drenajes están en función de lo que se establezca en el campo, las quebradas o riachuelos que se determinen serán la ubicación de los drenajes transversales.

La correcta ubicación de los drenajes contribuirá a alcanzar los siguientes objetivos:

- Pasar con seguridad toda la cantidad de descarga que cruce el camino.
- Remover el agua fuera de la superficie del camino sin hacer daño al mismo y a su estructura.

- Prevenir impactos negativos al ambiente a ambos lados del camino.
- Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje natural.
- Disminuir o reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- Remover el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario.

3.8.2. Localización de drenajes

Al tener los planos constructivos, la localización de los drenajes estará en función de lo que describan los mismos, dando la estación o caminamiento correspondiente y su cota respectiva.

Los elementos que pueden componer el sistema de drenaje de una carretera se dividen en dos tipos:

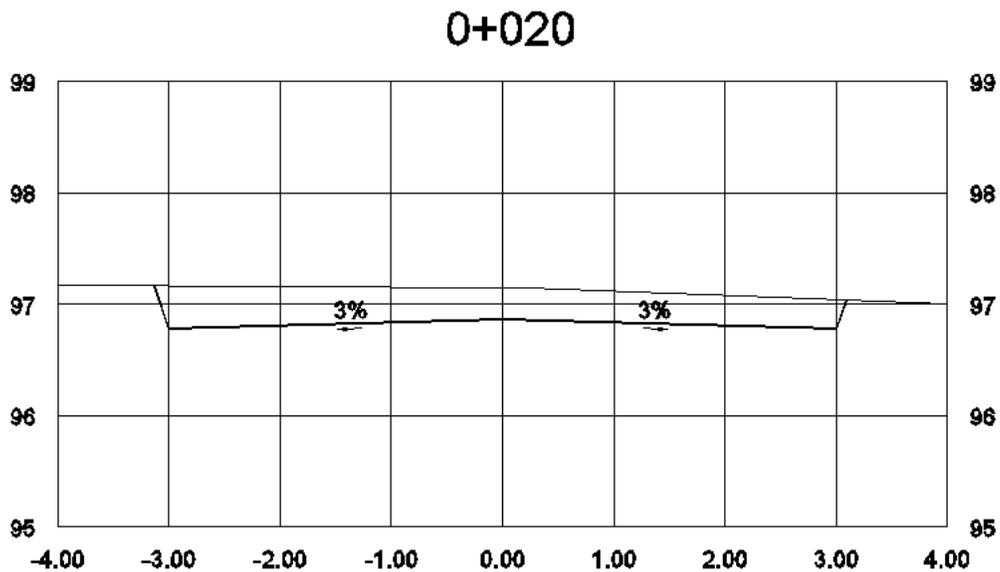
- Drenaje longitudinal

Se refiere a las obras de captación y defensa tales como cunetas, contra cunetas, bombeo. La cuneta es una zanja de sección triangular o trapezoidal destinada a recoger y encausar hacia fuera del corte, el agua que escurre de la superficie del camino, debido al bombeo así como la que escurre por los taludes de los cortes; estas son construidas paralelamente al eje del camino y se aloja a partir de la corona. La mayoría de las cunetas en los caminos son de tierra o piedra ligada con concreto; durante el proceso de mantenimiento de las cunetas no se debe quitar la hierba ni la vegetación menor que protegen las cunetas de la acción erosiva del agua; sin embargo, si se deben eliminar los arbustos que pueden restringir el flujo de agua.

Las contracunetas son pequeños canales que se construyen en lugares convenientes, para interceptar el agua que escurre hacia el camino y de esa forma evitar que se dañen los taludes de los cortes o la superficie de rodamiento. Debe procurarse que la pendiente sea suave, como uniforme y que su trazo no tenga cambios bruscos. Las dimensiones de las contracunetas pueden variar de acuerdo a la cantidad de agua que se recolecte.

Se le llama bombeo o pendiente transversal a la forma que se le da a la sección del camino para evitar que el agua de lluvia se estanque y, por lo tanto, ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terracerías que provocan saturaciones en las mismas, reblandecimientos del terreno y, finalmente, destrucción; sirve también para evitar que el agua corra longitudinalmente sobre la superficie y la erosione. El bombeo depende no solamente de la precipitación pluvial sino de la clase de superficie de la carretera, ya que una superficie dura requiere menos bombeo que una rugosa y la falta de compactación al proyectar el bombeo de una carretera debe tomarse en cuenta también en relación a la comodidad para los usuarios de la carretera, puesto que una carretera con bombeo exagerado provoca que los conductores de vehículos prefieran el centro.

Figura 22. **Sección transversal con bombeo o pendiente transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- **Drenaje Transversal**

Este se encuentra formado por tuberías y bóvedas, las tuberías pueden ser de concreto reforzado, de PVC o de lámina corrugada. El objetivo del drenaje transversal es de dar paso rápido al agua que no pueda desviarse en otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro el camino.

3.8.3. Cálculo de áreas de descarga, método racional

Para la determinación del caudal de la escorrentía superficial máxima que puede presentarse en una determinada zona, se usa el método racional. Este método consiste en considerar el caudal que se determina (por ejemplo una

cuneta) en el momento de máxima intensidad de precipitación. La ecuación que expresa este principio es:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde

Q = caudal de diseño

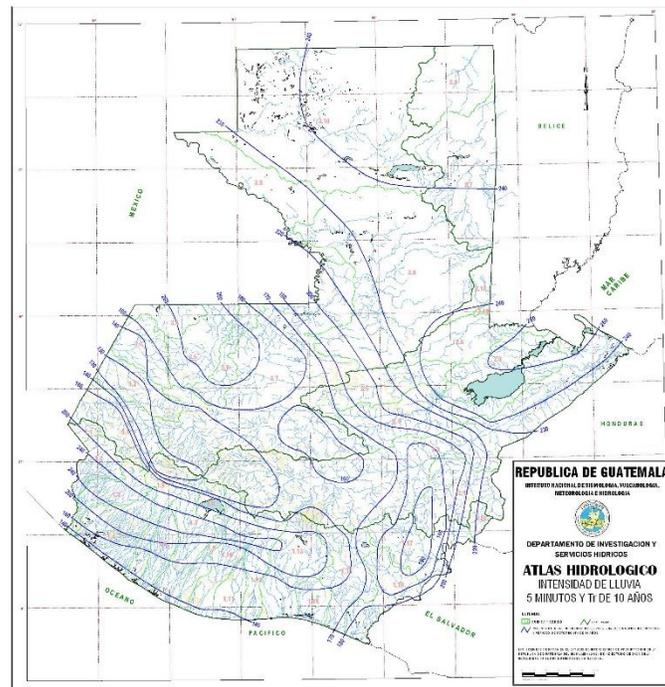
C = coeficiente de escorrentía

A = área drenada por la cuneta, en hectáreas

I = intensidad de la lluvia en milímetros por hora

Existen varias formas de obtener la intensidad que puede afectar a determinada región de Guatemala: la primera es usando las curvas de intensidad versus tiempo, la cual tiene diversas curvas que dan a conocer la posible intensidad que puede en determinada frecuencia de años con relación a la duración de lluvia. En las mencionadas curvas se puede detectar que los aguaceros más fuertes suceden en tiempos cortos; la segunda forma es usando la ecuación $I = A/(t+B)$, donde a y B son constantes proporcionados por el Insivumeh y t es el tiempo de concentración del lugar analizado, que generalmente se considera de 12 minutos. Y la tercera, que es la utilizada en este caso, es utilizar el Atlas Hidrológico proporcionado por el Insivumeh considerando el mapa de isocías de intensidad de lluvia de 5 minutos con periodo de retorno de 10 años. En cuencas grandes debe hacerse un análisis más minucioso considerando la pendiente promedio de la cuenca y de la velocidad de la partícula de agua analizada.

Figura 23. **Atlas Hidrológico proporcionado por el Insivumeh considerando el mapa de isolneas de intensidad de lluvia de 5 minutos con periodo de retorno de 10 años**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional de Guatemala.

Donde

$C = 0,30$ áreas no urbanizadas

$A = 3,5$ (Ha) = $((175 \text{ m}) \times 2) \times (700 \text{ m}) / 10\,000$

$I = 150$ (mm/h)

$$Q = \frac{0,30 \times 150 \times 3,50}{360}$$

$$Q = 0,44 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad máxima de agua en tubería 3 (m/s)

$Q = \text{velocidad} \times \text{área}$

$\text{Área} = Q / \text{velocidad max}$

$\text{Área} = 0,44 \text{ (m}^3/\text{s)} / 3 \text{ (m/s)}$

$\text{Área} = 0,15 \text{ m}^2$

$\text{Diámetro tubería} = (4 \times \text{área} / 3,1416)) ^{0,50}$

$\text{Diámetro tubería} = (4 \times 0,15 \text{ m}^2 / 3,1416)) ^{0,50}$

$\text{Diámetro tubería} = 0,44 \text{ m} = 17,21''$

Las especificaciones determinan un diámetro mínimo de 30" así que este será el utilizado.

3.9. Mantenimiento

Es la aplicación de técnicas o mecanismo que permiten conservar en buenas condiciones físicas y de funcionamiento el camino, con el propósito de alcanzar la duración esperada de acuerdo a la vida útil para la que fue diseñada, tomando en cuenta que se deben hacer visitas periódicas por miembros del comité de la aldea, ya que la responsabilidad de mantener en buenas condiciones el proyecto estará a cargo del comité de vecinos de la comunidad.

3.10. Datos finales del proyecto

Los resultados finales del diseño del proyecto son los planos y el presupuesto, los cuales servirán directamente para la construcción del mismo.

3.10.1. Datos de rectas y curvas

Las tablas de estos datos se encuentran en los apéndices.

3.10.2. Movimiento de tierras

Los datos de áreas de movimiento de tierra de corte y relleno se presentan en el apéndice.

3.11. Planos constructivos

Los planos constructivos se encuentran en apéndice del informe final; en ellos se contempla la planta, los perfiles y detalles constructivos y sus especificaciones correspondientes.

3.12. Presupuesto total del proyecto

Para la realización del mismo se toma en cuenta la cantidad de materiales, el precio de los materiales, la maquinaria a utilizar y la mano de obra no calificada. Se tomó un porcentaje de 5 % por imprevistos y 30 % por gastos administrativos. En la tabla se muestra un resumen del presupuesto y los renglones de trabajo del proyecto.

Tabla XI. **Resumen de presupuesto Carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay**

Longitud: 2103,25 m

Área: 12 619,50 m²;

Espesor: 0,20 m

Núm.	Descripción	U	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Importe
1	Trabajos preliminares					Q22 562,40
1.01	Topografía (trazo y estaqueado)	km	2,1	Q10 744,00	Q22,562,40	
2	Movimiento de tierras					Q314 796,65
2.01	Excavación no clasificada	m ³	1 806,62	Q60,85	Q109 932,83	
2.02	Excavación no clasificada desperdicio (hasta 1 Km)	m ³	906,03	Q48,50	Q43 942,46	
2.03	Terraplenes	m ³	906,03	Q50,00	Q45 301,50	
2.04	Tratamiento de subrasante	m ²	2 523,90	Q45,81	Q115 619,86	
3	Rodadura					Q259 911,22
3.01	Trendido de balasto	m ³	2 523,90	Q102,98	Q259 911,22	
4	Drenaje					Q71 310,00
4.01	Excavación y relleno para alcantarilla	m ³	60,00	Q48,50	Q2 910,00	
4.02	Tubería de PVC corrugado	m	36,00	Q1 850,00	Q66 600,00	
4.03	Concreto ciclópeo para cajas y cabezales	m	2,00	Q900,00	Q1 800,00	
					TOTAL	Q668 580,27

Fuente: elaboración propia.

3.13. Cronograma físico-financiero

El cronograma físico-financiero es del documento que respalda al proyecto en la ejecución de tiempos normales de construcción y en la ejecución brinda una herramienta de control sobre los avances realizados.

Tabla XII. **Cronograma Físico-financiero carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay**

Longitud: 2 103,25 m
Área: 12 619,5 m²
Espesor: 0,20 m

CRONOGRAMA FISICO - FINANCIERO																												
Núm.	Descripción	% Avance	% Ac.	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				Total
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Trabajo Preliminar	3,37	3,37	■	■	■	■																					Q 22 562,40
				Q 22 62,40																								
2	Movimiento de tierras	47	50			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					Q 314 796,65
				Q 39 49,58				Q 78 699,16				Q 78 699,16				Q 78 699,16				Q 39 349,58								
3	Rodadura	38,9	89																					■	■	■	■	Q 259 911,22
																Q129 955,61				Q129 955,61								
4	Drenaje	10,7	100																					■	■	■	■	Q 71 310,00
																				Q71 310,00								
				Q 61 11,98				Q 78 699,16				Q78 699,16				Q 78 699,16				Q169 305,19				Q201 26,61				Q 668 580,27
				9 %				12 %				12 %				12 %				25 %				30 %				100 %
				9 %				21 %				33 %				45 %				70 %				100 %				

Fuente: elaboración propia.

3.14. Evaluación ambiental inicial

La evaluación ambiental inicial es una herramienta de diagnóstico que utiliza el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para todo proyecto que se va a iniciar, pero que por sus características es considerado de bajo impacto ambiental.

Continuación de la tabla XIII.

Patente de Sociedad	Registro Núm. _____ Folio Núm. _____ Libro Núm. _____	
67 Patente de Comercio	Registro Núm. 62843	Folio Núm. 310 Libro Núm. _____
Núm. De Finca _____	Folio Núm. _____	Libro Núm. _____ de _____
Número de Identificación Tributaria (NIT):		
I.3 Teléfono Fax Correo electrónico:		
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: Caserío Chuaracanjay, Aldea Pacacay, Municipio de Tecpán Guatemala, Departamento de Chimaltenango		
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas		
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84)	Coordenadas Geográficas Datum WGS84	
14° 46 '00"N		
91° 00' O		
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo Epesista Herman Sulecio		
II. INFORMACIÓN GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
Actividades a realizar movimiento de tierras. Colocación de tubería. Insumos necesarios Concreto Balastro Tubería Maquinaria Camiones de volteo Retroexcavadora Camión cisterna	- Actividades o procesos Mantenimiento (especificado en hojas adjuntas) - Materia prima e insumos No aplica - Maquinaria Camiones de volteo Mini cargadora (especificado en hojas	Acciones a tomar en caso de cierre

Continuación de la tabla XIII.

Compactadores	adjuntas)	
	- Productos y subproductos (bienes y servicios)	
	- Horario de trabajo	
	- Las actividades se llevaran a cabo siempre en horario diurno	
	- Otros de relevancia	
	- No aplica	
II.3 Área a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>2 523,90</u> metros cuadrados _____ b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>2 523,90</u> metros cuadrados _____ c) Área total de construcción en metros cuadrados: <u>2 523,90</u> metros cuadrados _____		
II.4 Actividades colindantes al proyecto: Norte _____ terrenos de población _____ Sur _____ terrenos de población _____ Este _____ Terrenos de población _____ Oeste _____ Terrenos de población _____ Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, entre otros.):		
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (Norte, Sur, Este, Oeste)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYE
ores	Norte	inmediato
ores	Sur	inmediato s
ores	Este	inmediato
ores	Oeste	inmediato
II.5 Dirección del viento: De norte a sur		
II.7 Datos laborales a) Jornada de trabajo: Diurna (<input checked="" type="checkbox"/>) Nocturna (<input type="checkbox"/>) Mixta (<input type="checkbox"/>) Horas extras _____ b) Número de empleados por jornada <u>10</u> personas _____ Total empleados <u>12</u> personas _____ d) otros datos laborales, especifique _____ _____ Durante la fase de operación se emplearan 5 personas _____		

Continuación de la tabla XIII.

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...								
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...								
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento	
Agua	Servicio público	Si	6.00 m3/día	Servicio municipal de agua	Homogenización de la subrasante y compactación relleno de material selecto, mezclar concreto y en limpieza general.		Por medio de camiones Cisterna.	
	Pozo	No						
	Agua especial	No						
	Superficial							
Combustible	Otro							
	Gasolina	Si	48 galones / día		Funcionamiento de vehículos y maquinaria		Tanques de almacenamiento Propio de los vehículos y Maquinaria a utilizar	
	Diesel							
	Bunker							
	Glp							
	Otro							
Lubricantes	Solubles							

Continuación de la tabla XIII.

Lubricantes	Solubles						
	No solubles	Si	Aceite		Funcionamiento de vehículos y maquinaria		Tanques de almacenamiento Propio de los vehículos y Maquinaria a utilizar
Refrigerante							
Otros							
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p>							
<p>III. TRANSPORTE</p> <p>III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número _____ de _____ vehículos _____ 8 unidades _____</p> <p>b) Tipo de vehículo _____ Maquinaria pesada para construcción y vehículos de pasajeros _____</p> <p>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: __Bodega en el sector _____</p>							
<p>IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD</p>							

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado, como apoyo a la Municipalidad de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango, permitió comprobar y conocer las diferentes necesidades que en el municipio existen, tanto en el área de servicios básicos e infraestructura, como en las de salud, educación y otras.
2. Con el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el casco central se brinda una posible solución al problema que poseen de carencia de agua potable suficiente e indispensable para la subsistencia humana.
3. La construcción de la carretera para el caserío Chuaracanjay, aldea Pacacay, municipio de Tecpán Guatemala, beneficiará en gran manera a sus pobladores, ya que facilitará el traslado de los productos y la comunicación con el casco urbano.
4. Para alcanzar los resultados esperados se deberán seguir los parámetros, especificaciones técnicas y demás información contenida en los planos además de contar con una buena supervisión en la etapa de construcción por parte de un profesional con experiencia en el ramo.
5. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) contribuye a la formación académica del futuro profesional de la Ingeniería Civil, ya que permite la confrontación de la teoría con la práctica, además de prestar un servicio

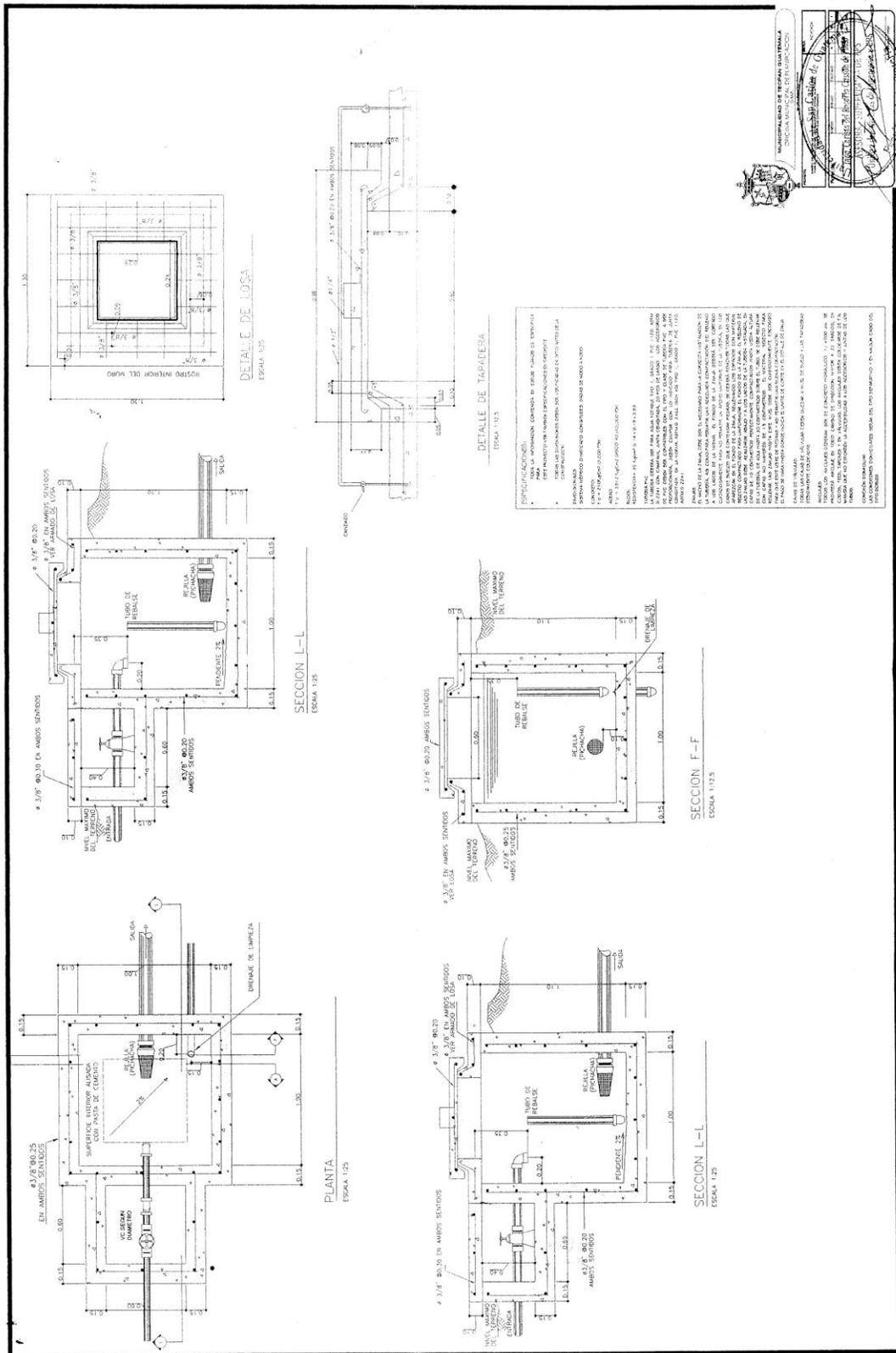
a la comunidad mediante la asesoría para la ejecución y mantenimiento de obras de este tipo de proyectos.

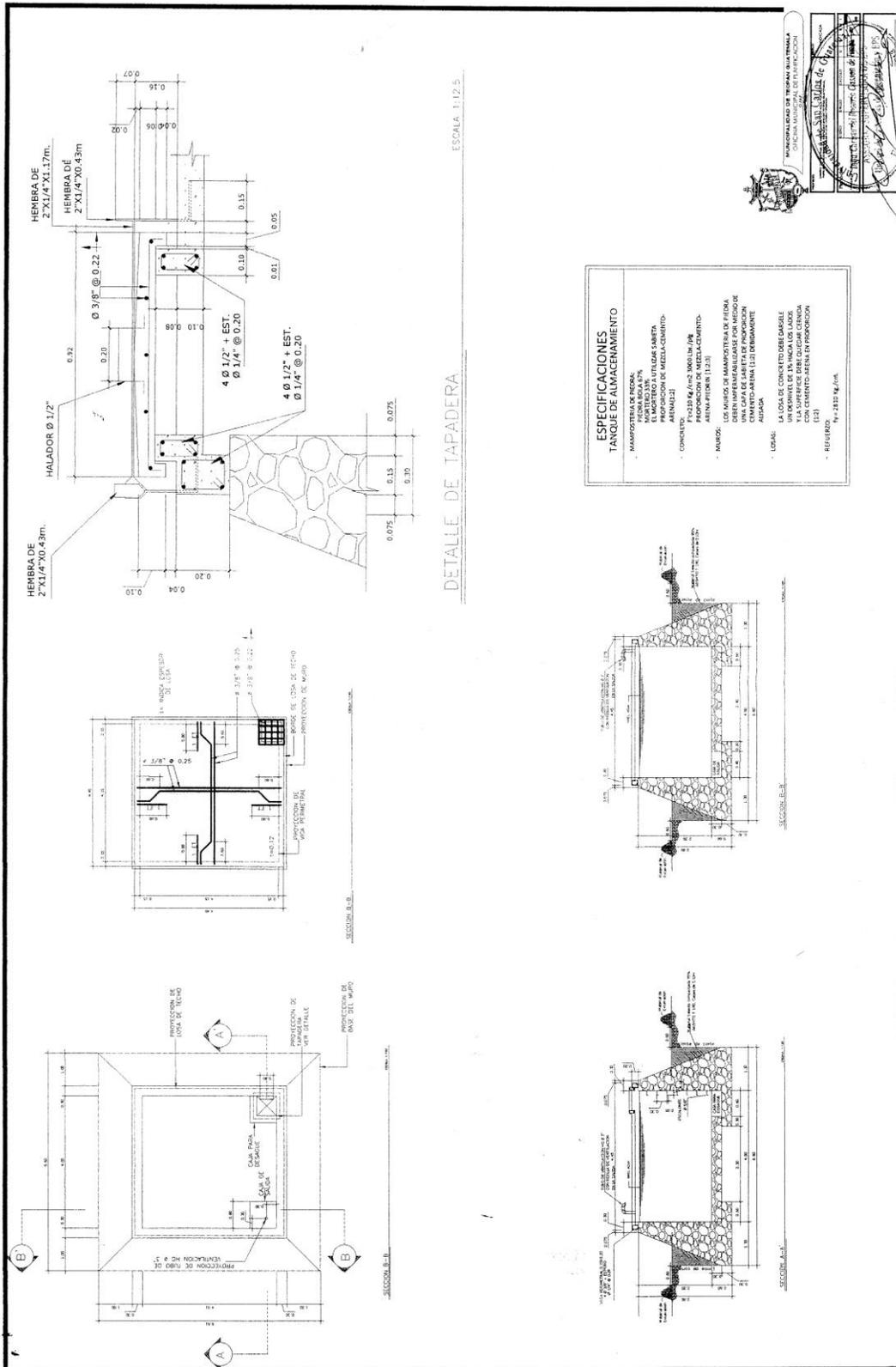
RECOMENDACIONES

1. Involucrar a los habitantes de la comunidad con los proyectos en todo proceso a través de las autoridades. Esta participación comunitaria permitirá que los habitantes conozcan el proyecto y se apropien de él desde el inicio.
2. Dar el mantenimiento adecuado al sistema de abastecimiento de agua potable, pues dándole el mantenimiento preventivo se protegerá la inversión que en este proyecto se pretende hacer.
3. Conservar la fuente de agua de la comunidad protegiéndola reforestando el área y evitando su contaminación con aguas negras.
4. Para el mantenimiento de la carretera, se recomienda dar limpieza a las cunetas al inicio y finalización de cada invierno.
5. Deberá existir una supervisión profesional constante en la fase de ejecución de los proyectos de sistema de abastecimiento de agua potable como en la construcción de la carretera, con el fin de seguir los lineamientos de construcción para obtener un proyecto de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARREAGA, Hector. *Manual de Normas Para diseño geometrico en carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Civil, 1996. 186 p.
2. CORTES, Viterbo. *Evaluación de la calidad de agua y adaptacion de un hipoclorador de bajo costo a un suministro de agua subterránea*. Trabajo de graduación de Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Civil, 1990. 89 p.
3. CRESPO, Carlos. *Vías de comunicación, caminos, ferrocarriles, puentes y puertos*. México: Limusa, S.A. DE C.V, 1986. 210 p.
4. DE AZEVEDO, Netto, *Acosta Alvarez. Manual de Hidráulica*. México: Harla, 1975. 79 p.
5. Dirección General de Caminos, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Gobierno de Guatemala. Guatemala 2001. 89 p.





ESCALA 1:12.5

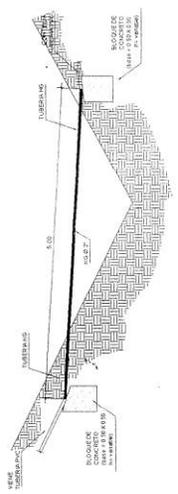
DETALLE DE TAPADERA

ESPECIFICACIONES TANQUE DE ALMACENAMIENTO

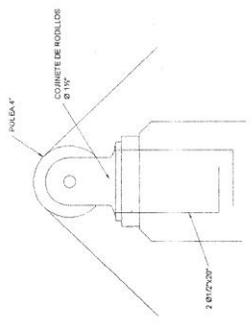
- MAMPUESTRA DE PIEDRA: MAMPUESTRA DE PIEDRA MONTAÑESA
- MORTERO AUTÓGENO: MORTERO AUTÓGENO DE CEMENTO Y ARENA EN PROPORCIÓN 1:3
- MORTERO DE MEZCLAMIENTO: MORTERO DE MEZCLAMIENTO MONTAÑESA
- CONCRETO: CONCRETO F2033 Kg./m³ 3000 Lb./m³
- PROPORCIÓN DE MEZCLAMIENTO: ARENA:PIEDRA 1:2.5
- MUROS: LOS MUROS DE MAMPUESTRA DE PIEDRA DEBEN SER REFORZADOS CON UNA CAPA DE CABLETAS DE POSICIÓN DE CEMENTO-ARENA 1:2.5 PERMANENTE
- LEJAS: LA LOSA DE CONCRETO DEBE DARLE EL MISMO PUNTO DE VISTA A LOS MUROS CON CEMENTO-ARENA EN PROPORCIÓN 1:2.5
- REFERENCIA: Pg. 233 Kg./m³


 NACIONALIDAD DE REPUBLICA CHILENA
 OFICINA NACIONAL DE PLANEACION

Ing. Oscar Oyarce
 Ing. Oscar Oyarce
 Ing. Oscar Oyarce



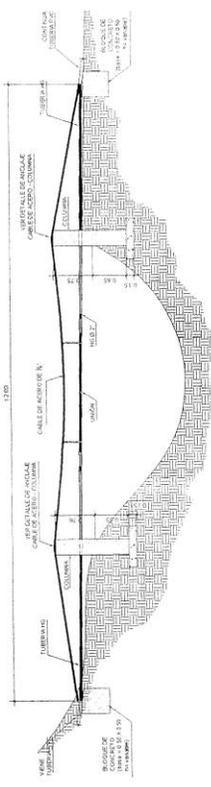
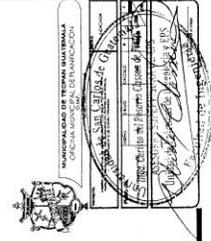
PASO AEREO
CRITERIO NO. 2
ESCALA 1/1,000



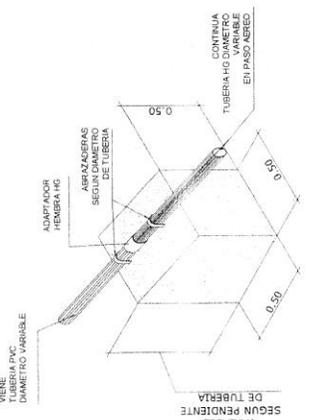
APOLLO DE CABLE
EN COLUMNA
SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES
 * CONCRETO: Fc=210 Kg./cm² 3000 Lbs./Psg
 PROPOCION DE MEZCLA-CEMENTO-ARENA-PIEDRA (1:2:3)
 * REFUERZO: fy = 2810 Kg./cm.

NOTA:
Los anclajes tendrán una altura de 1.00 a 1.50m dependiendo las condiciones del terreno ésta altura incluye el desplante hasta la parte superior de la zapata.



PASO AEREO
ESCALA 1/1,000

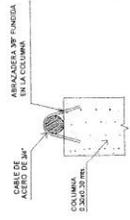


ISOMETRICO
BLOQUE DE CONCRETO
ESCALA 1/1,000

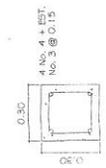
PLANTA
ESCALA 1/20



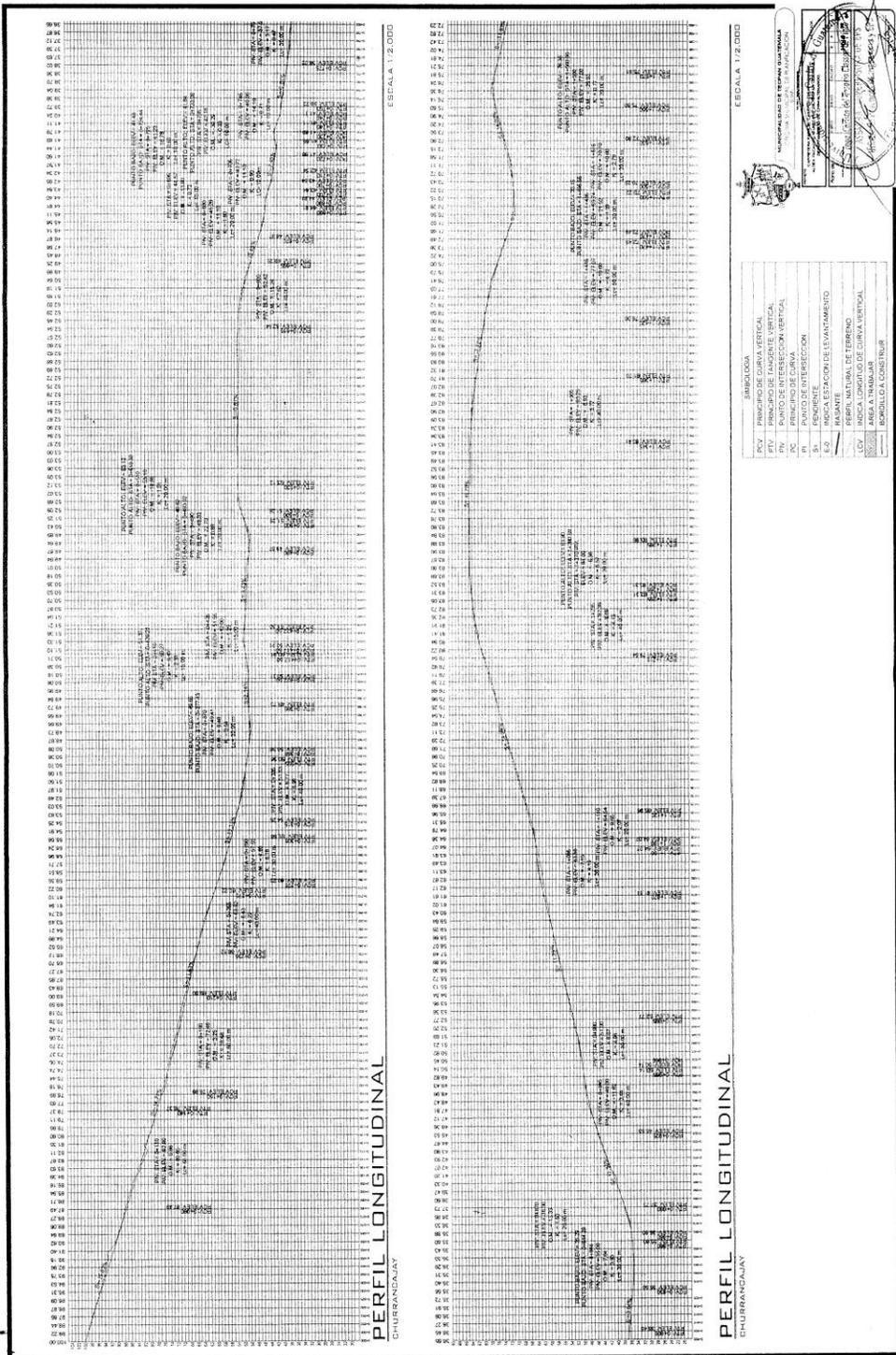
SECCION
ESCALA 1/20



ANCLAJE
ESCALA 1/20



PLANTA
COLUMNA
ESCALA 1/20



SANGOLZA
 P.V. PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 P.V. PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION
 S. PENDIENTE
 E.O. INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
 P.E. INDICA ESTACION DE TENDIDO
 L.O.V. INDICA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 A.M.S.A. T.M.B.A.U.R.
 ESPESOR DE CEMENTO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

SANGOLZA
 P.V. PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 P.V. PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION
 S. PENDIENTE
 E.O. INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
 P.E. INDICA ESTACION DE TENDIDO
 L.O.V. INDICA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 A.M.S.A. T.M.B.A.U.R.
 ESPESOR DE CEMENTO

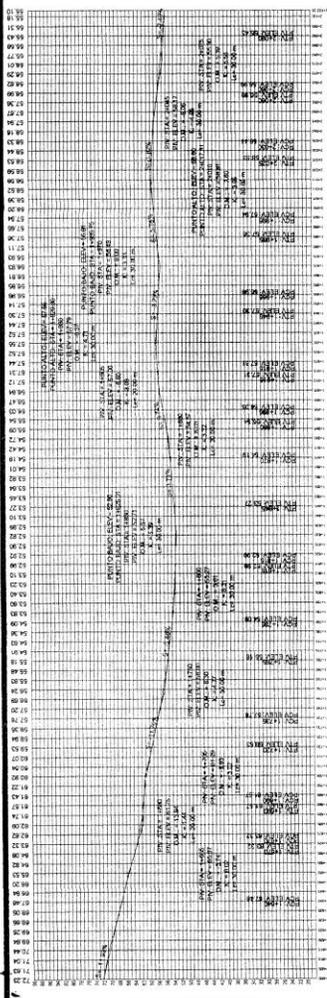
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

SANGOLZA
 P.V. PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 P.V. PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION
 S. PENDIENTE
 E.O. INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
 P.E. INDICA ESTACION DE TENDIDO
 L.O.V. INDICA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 A.M.S.A. T.M.B.A.U.R.
 ESPESOR DE CEMENTO

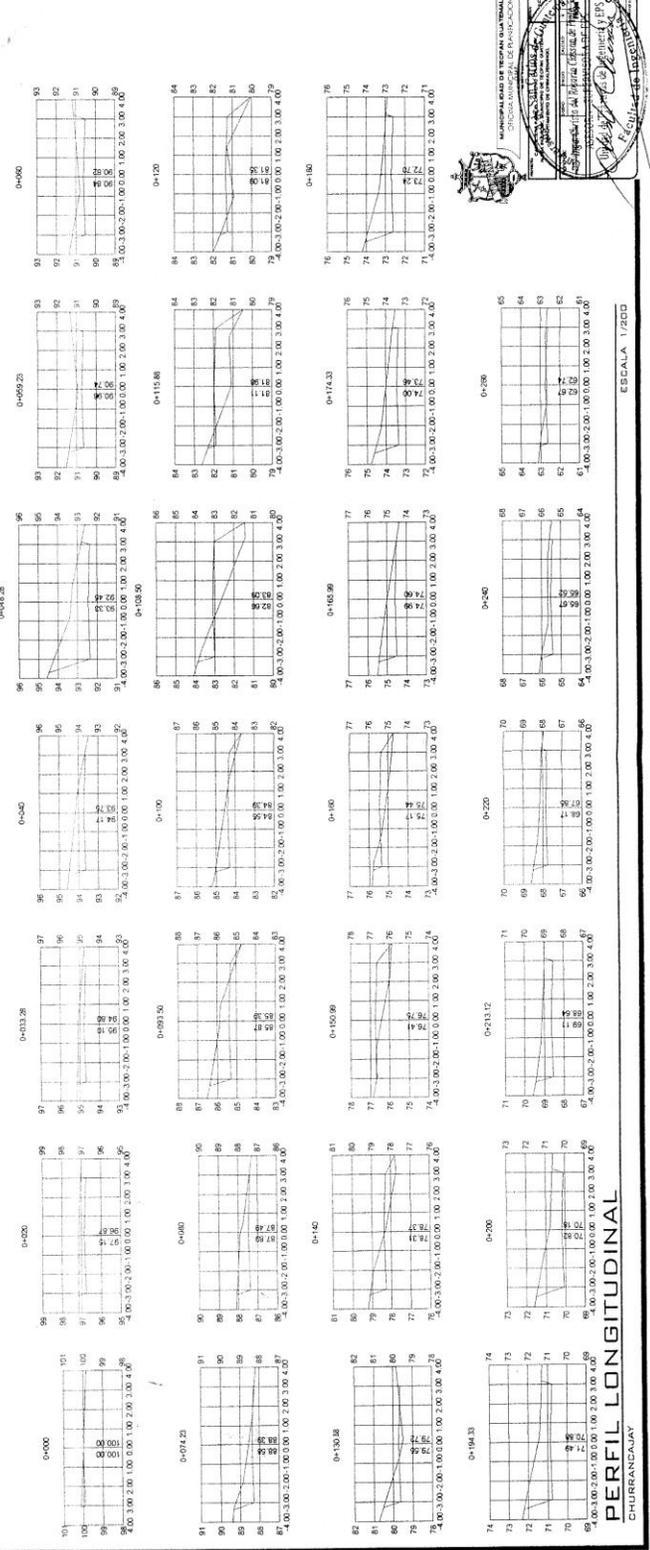
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

SANGOLZA
 P.V. PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
 P.V. PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
 P.V. PUNTO DE INTERSECCION
 S. PENDIENTE
 E.O. INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
 P.E. INDICA ESTACION DE TENDIDO
 L.O.V. INDICA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
 A.M.S.A. T.M.B.A.U.R.
 ESPESOR DE CEMENTO

SYMBOL	SINBOLOGIA
CV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PI	PUNTO DE INTERSECCION
B	PENDIENTE
ES	INDICACION DE ELEVAMIENTO
ES	INDICACION DE BAJANTE
LN	PERFIL NATURAL DE TERRENO
LCV	INDICACION DE CURVA VERTICAL
AREA A TRABAJAR	AREA A TRABAJAR
BORDELO A CONSTRUIR	BORDELO A CONSTRUIR



PERFIL LONGITUDINAL
CHURRANCALAY
ESCALA 1:2,000



PERFIL LONGITUDINAL
CHURRANCALAY
ESCALA 1:200

