



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL
MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA**

Sergio Renato Castillo Echeverría

Asesorado por la Inga. Christa Classon de Pinto

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL
MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SERGIO RENATO CASTILLO ECHEVERRÍA

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL
MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de mayo del 2018.



Sergio Renato Castillo Echeverría

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 03 de julio de 2019
REF.EPS.DOC.473.07.2019

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

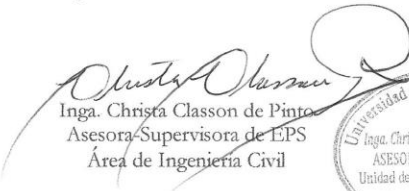
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Sergio Renato Castillo Echeverría**, Registro Académico 201212519 y CUI 2133 08517 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
CCdP/ra



Guatemala,
26 de julio de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Sergio Renato Castillo Echeverría, con CUI 2133085170101 Registro Académico No.201212519, 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 ENSEÑADA TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.





Guatemala, 18 de septiembre de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Sergio Renato Castillo Echeverría con registro académico 201212519 y CUI 2133 08517 0101, quien contó con la asesoría de la Ing. Christa 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
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 19 de septiembre de 2019
REF.EPS.D.300.09.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Sergio Renato Castillo Echeverría**, CUI **2133 08517 0101** y **Registro Académico 201212519**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Aguilar Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Sergio Renato Castillo Echeverría titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

Guatemala, octubre 2019
/mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.497.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA COLONIA CERRO COLORADO, AMATILÁN, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Renato Castillo Echeverría**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Octubre de 2019

AACE/asga
cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por regalarme la vida, la sabiduría y las fuerzas para alcanzar esta meta.
- Mis padres** Sergio Guillermo Castillo Cardona y Floridalma Echeverría Morataya de Castillo, por su apoyo, cariño, esfuerzo y su ejemplo de amor y unidad.
- Mi hermano** Romario David Castillo Echeverría, por brindarme su cariño, amistad y apoyo incondicional. Que mi triunfo sea un ejemplo de lucha y perseverancia para él.
- Mi familia** A mis abuelas María Cristina Morataya y María Izabel Cardona de Castillo (q.e.p.d.) tíos, tías, primas y primos por brindarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me formó como profesional y experimentar momentos maravillosos de mi vida que contribuyeron a mi crecimiento personal.

**Facultad de
Ingeniería**

Por brindarme el conocimiento y las herramientas necesarias para culminar mi carrera.

Mis padres

Sergio Guillermo Castillo Cardona y Floridalma Echeverría Morataya de Castillo, por su confianza, consejo, motivación, apoyo incondicional y brindarme lo necesario para alcanzar esta meta.

Mi familia

Por todo el cariño, consejo y apoyo en situaciones personales y profesionales, siendo una influencia en mi carrera.

**Municipalidad de
Amatitlán**

En especial a la alcaldesa Mara Ninethe Marroquín Flores, por darme la oportunidad de realizar mi EPS en la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y por confiar en mi capacidad para desarrollar proyectos de beneficio social.

Ingeniero Rony Gatica por su confianza y asesoría hacia mi persona.

Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial

de la Municipalidad de Amatitlán por el apoyo necesario en la realización de mi EPS.

Mis jefes

Ana Vela Castro Mellado y Rogelio Alfredo Salazar de León, por el apoyo y consejos para concluir mi trabajo de graduación, siempre estaré agradecido.

**Mis amigos de la
Facultad**

Deyris Humberto Palencia Méndez, Nestor Ferdinando Mérida Santizo, José Pablo Lucas Liquez, Cristian Andrés García Mejía, Alan Alexander Pérez Calderón, por su sincera amistad, acompañarme en mi carrera y por compartir conmigo todos los buenos y malos momentos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	3
1.1.2. Ubicación del proyecto.....	4
1.1.3. Límites y colindancias.....	5
1.1.4. Suelo y topografía.....	6
1.1.5. Clima.....	8
1.1.6. Población y demografía.....	9
1.2. Servicios públicos.....	10
1.2.1. Educación.....	10
1.2.2. Vivienda.....	10
1.2.3. Desechos sólidos.....	11
1.2.4. Agua potable.....	11
1.2.5. Servicio sanitario (letrinización, drenajes, alcantarillado).....	12
1.2.6. Transporte.....	12
1.2.7. Servicio de alumbrado.....	12
1.2.8. Otros servicios.....	12

1.3.	Diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar.....	13
1.4.	Descripción de las necesidades	13
2.	FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS.....	15
2.1.	Descripción del proyecto	15
2.1.1.	Levantamiento topográfico	15
2.1.1.1.	Planimetría	16
2.1.1.2.	Altimetría	16
2.1.2.	Selección de ruta.....	16
2.1.3.	Tránsito promedio diario (TPD)	17
2.1.4.	Curvas de nivel.....	18
2.1.5.	Secciones transversales.....	18
2.1.6.	Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos	18
2.1.6.1.	Ensayo de granulometría	19
2.1.6.2.	Límites de Atterberg	19
2.1.6.3.	Ensayo de compactación o proctor modificado	22
2.1.6.4.	Ensayo de valor sporte (CBR).....	23
2.1.6.5.	Análisis de resultados de laboratorio de suelos	23
2.2.	Diseño geométrico.....	24
2.2.1.	Diseño de localización.....	24
2.2.1.1.	Curvas horizontales.....	25
2.2.1.2.	Curvas de transición.....	29
2.2.1.3.	Peralte	30
2.2.1.4.	Sobrecancho	32

2.2.2.	Diseño de curvas verticales	33
2.2.2.1.	Ejemplo de diseño curva 1	35
2.2.3.	Correcciones.....	37
2.2.3.1.	Ejemplo de corrección curva 2.....	38
2.2.4.	Diseño de subrasante	39
2.2.4.1.	Corrección de subrasante.....	40
2.3.	Movimiento de tierras.....	41
2.3.1.	Sección típica	42
2.3.2.	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	44
2.3.3.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	44
2.3.4.	Balance.....	47
2.3.5.	Diagrama de masas.....	47
2.4.	Consideraciones de diseño en pavimentos.....	48
2.4.1.	Subrasante	49
2.4.2.	Subbase	50
2.4.2.1.	Valor soporte	51
2.4.2.2.	Piedras grandes y excesos de finos	51
2.4.2.3.	Plasticidad y cohesión	51
2.4.3.	Carpeta de rodadura.....	51
2.5.	Diseño de la carpeta de rodadura	52
2.5.1.	Método PCA (Portland Cement Association)	52
2.5.2.	Diseño de juntas	58
2.5.3.	Diseño de mezcla	62
2.6.	Diseño de drenajes	68
2.6.1.	Cálculo hidrológico	69
2.6.2.	Drenajes transversales	69
2.6.3.	Drenajes longitudinales	73
2.7.	Elaboración de planos y detalles.....	76
2.8.	Presupuesto.....	77

2.8.1.	Integración P.U.....	77
2.8.2.	Resumen de presupuesto	80
2.9.	Cronograma de ejecución físico y financiero	81
2.10.	Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento	83
2.11.	Evaluación de impacto ambiental.	86
3.	DISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL A COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN.	87
3.1.	Descripción del proyecto.	87
3.2.	Normas de diseño.....	87
3.2.1.	Periodo de diseño	87
3.2.2.	Velocidades de diseño recomendadas.....	88
3.2.3.	Diámetros mínimos de tubería	88
3.2.4.	Pendientes	89
3.2.5.	Tirante mínimo y máximo	89
3.2.6.	Distancias mínimas entre redes de alcantarillado ...	90
3.2.7.	Relaciones hidráulicas	90
3.2.8.	Ancho de zanja.....	93
3.2.9.	Profundidades mínimas de tubería.....	94
3.2.10.	Pozos de visita	95
3.2.11.	Cotas invert	97
3.2.12.	Disipador de energía	98
3.2.13.	Lugar de desfogue	100
3.3.	Drenaje pluvial.....	101
3.3.1.	Período de diseño	101
3.3.2.	Caudal de diseño	101
3.3.3.	Coeficiente de escorrentía.....	102
3.3.4.	Intensidad de lluvia.....	104
3.3.5.	Tiempo de concentración	104

3.3.6.	Área tributaria de drenaje	106
3.3.7.	Calculo hidráulico	106
3.3.7.1.	Ejemplo de un tramo.....	106
3.3.8.	Cálculo de tragantes.....	113
3.3.8.1.	Diseño de tragantes.....	114
3.3.8.2.	Localización de tragantes	114
3.3.8.3.	Geometría tragante.....	115
3.3.9.	Cálculo del tragante núm. 3.....	116
3.3.9.1.	Espejo de agua (T)	116
3.3.9.2.	Tirante de agua parcial (d).....	116
3.3.9.3.	Tirante de agua máximo (dm).....	117
3.3.9.4.	Radio de flujo.....	117
3.3.9.5.	Pendiente de inclinación.....	118
3.3.10.	Pendiente equivalente.	119
3.3.11.	Longitud efectiva.....	119
3.3.12.	Eficiencia.	120
3.4.	Cálculo de un tragante.....	120
3.5.	Planos finales.....	128
3.6.	Detalles de tragantes.	128
3.7.	Evaluación de impacto ambiental.....	129
3.8.	Presupuesto de drenaje pluvial.	129
3.9.	Evaluación de impacto ambiental.....	131
3.10.	Manual de operación y mantenimiento del sistema de drenaje	131
3.11.	Puesta en marcha de los sistemas	131
3.12.	Manual de operación.....	132
3.13.	Manual de mantenimiento.....	133
3.14.	Mantenimiento preventivo	133

3.15.	Mantenimiento correctivo.....	134
3.16.	Planos finales	135
3.17.	Presupuesto	135
3.18.	Cronogramas de ejecución.....	135
CONCLUSIONES.....		137
RECOMENDACIONES		139
BIBLIOGRAFÍA.....		141
APÉNDICES.....		143
ANEXOS.....		147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Amatitlán.....	3
2.	Mapa de Amatitlán	4
3.	Mapa de ruta Agua de Las Minas	5
4.	Mapa Cerro Corado.....	5
5.	Suelo y topografía	7
6.	Estados de consistencia de un suelo	20
7.	Elementos de curva horizontal	28
8.	Curvas de transición, curvas horizontales.....	30
9.	Tipos de curvas verticales.....	33
10.	Resumen de curvas verticales	39
11.	Resumen de corrección de curvas verticales.....	39
12.	Sección típica en curva	42
13.	Sección típica en corte	43
14.	Sección típica en relleno	43
15.	Ejemplificación método matricial para cálculo de áreas.....	44
16.	Representación geométrica de cálculo de volúmenes de tierra con áreas iguales.....	45
17.	Representación geométrica de cálculo de volúmenes de tierra con áreas diferentes	46
18.	Línea de balance de tramo.....	48
19.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje.....	53
20.	Módulo de reacción de subrasante K.....	55

21.	Clasificación de subrasante mediante valor K	56
22.	Espesor de losa de concreto según el TPPD permisible.	58
23.	Tipos de juntas.....	59
24.	Relación agua - asentamiento	64
25.	Contenido de agua recomendados	64
26.	Porcentaje de agregado fino.....	66
27.	Delimitación de área a drenar en la sección crítica de carretera	69
28.	Parámetros A, B y n para período de retorno t=2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años de la estación meteorológica INSIVUMEH	70
29.	Delimitación del área tributaria para el cálculo de cunetas.	74
30.	Sección transversal propuesta de las cunetas.....	75
31.	Unitario renglón 1.1 trazo y nivelación	78
32.	Unitario renglón 2.1 excavación no clasificada	79
33.	Resumen de presupuesto	80
34.	Cronograma físico, pavimentación rígida.....	81
35.	Cronograma financiero, pavimentación rígida	82
36.	Relaciones hidráulicas	91
37.	Tiempos de concentración según Empagua.....	105
38.	Características geométricas de un tragante tipo buzón	115
39.	Planta de calle	114
40.	Localización de tragantes	115
41.	Características geométricas de su tragante.....	115
42.	Perfil de tragante.....	118
43.	Ubicación de tragantes	121
44.	Ubicación espejo de agua.....	123
45.	Tirante máximo	124
46.	Tirante parcial	125
47.	Pendiente de inclinación	126
48.	Presupuesto de drenaje pluvial.....	130

49.	Cronograma de ejecución	136
-----	-------------------------------	-----

TABLAS

I.	Parámetros climáticos promedio de Agua de Las Minas, Amatitlán, Guatemala.....	9
II.	Clasificación de subrasante	24
III.	Diseño de curvas horizontales	28
IV.	Valores K para curvas verticales.....	34
V.	Espesores estimados de bases según su uso	50
VI.	Espesor de capa de base	56
VII.	Tipo de soporte	57
VIII.	Asentamientos recomendados.....	63
IX.	Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería	88
X.	Diámetros mínimos de tubería para el alcantarillado pluvial y materiales.....	89
XI.	Tirantes mínimos y máximos para alcantarillado pluvial y materiales.....	90
XII.	Separación mínima entre redes de alcantarillado	90
XIII.	Ancho de zanja	94
XIV.	Profundidad mínima tubería PVC.....	95
XV.	Profundidad mínima tubería cemento	95
XVI.	Diámetros de pozos de visitas en función del diámetro de la tubería.....	96
XVII.	Refuerzo pozos de visita en función de la altura.....	97
XVIII.	Coeficiente de escorrentía	103
XIX.	Manual de operación de drenaje pluvial.....	132
XX.	Manual de mantenimiento preventivo	133
XXI.	Manual de mantenimiento correctivo	134

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q dis	Caudal de diseño
cm	Centímetro
C	Coeficiente de escorrentía
CTF	Cota final de terreno
CTI	Cota inicial de terreno
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
CM	Cuerda máxima
Δ	Deflexión
So	Desviación estándar
D	Diámetro de tubería
DH	Distancia horizontal
T	Espejo de agua
E	External
S1	Factor de talud
G	Grado de curvatura
=	Igual a
IP	Índice de plasticidad
I	Intensidad de lluvia
LL	Límite líquido

LP	Límite plástico
Ls	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
L	Longitud de tubería
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m/s	Metro por segundo
Mpa	Mega pascales
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Mr	Módulo de resiliencia
n	Número de años transcurridos
SN	Número estructural
k	Módulo de reacción
OM	Ordenada media
S	Pendiente
P	Población
Pa	Población actual
Pe	Pendiente de entrada
Pf	Población futura
Po	Población inicial
Ps	Pendiente de salida
S_L	Pendiente longitudinal
e%	Peralte
PV	Pozo de visita
PU	Precio unitario

PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
Hmín	Profundidad mínima
pulg	Pulgada
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PSI	Libras por pulgada cuadrada
M	Punto medio u ordenada media
R	Radio
f'c	Resistencia del concreto
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
Sa	Sobreancho
ST	Subtangente
S_x	Pendiente transversal
r	Tasa de crecimiento
TC	Tiempo de concentración
TE	Tangente de entrada
TS	Tangente de salida
TPPD	Tráfico pesado promedio diario
TPD	Tráfico promedio diario
TPDA	Tráfico promedio diario anual
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro del drenaje
VAS	Vías Alternas del Sur

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials. (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).
Agua pluvial	Agua que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación.
Área tributaria	Área que con su escorrentía de agua contribuye a formar la cuenca del río en estudio.
AutoCAD	Software en programas de diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2d y 3d.
ASTM	American Society of Testing Materials. (Asociación Americana de Ensayo de Materiales).
Bombeo	Pendiente dada a la corona del alineamiento horizontal; hacia cada lado del eje central, para evitar acumulación del agua sobre la superficie de rodadura.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado en un instante determinado fluye dentro de una tubería.

CBR	Californian Bearing Ratio. (Ensayo de relación de soporte de california).
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias para el manejo de aguas negras o pluviales.
Compactación	Procedimiento de aplicación de energía potencial al suelo para consolidarlo y así eliminar toda relación de vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia su capacidad de soportar cargas cíclicas.
Concreto	Material pétreo artificial obtenido de la mezcla elaborada de cemento, agregados finos y gruesos, agua y aditivos.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Cuneta	Son zanjas laterales paralelas al eje de la carretera, y su función es evacuar las aguas que caen sobre la superficie de la carretera, taludes y áreas adyacentes.
Curva circular	Arco de curva circular de radio constante que une a dos tangentes.

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.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo determinadas características.
DGC	Dirección General de Caminos.
EIA	Estudio de impacto ambiental.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, para cualquier operación de levantamiento planímetro o de nivelación.
Factor de Manning	Ecuación utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Factor de rugosidad	Factor que expresa que tan lisa es una superficie.
Grado de curvatura	Ángulo subtendido por un arco de 20 metros.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

Intensidad de lluvia	Relación entre la precipitación pluvial y su duración.
Latitud	Distancia de un lugar al Ecuador, determinada por el arco del meridiano que va de dicho lugar al Ecuador.
Línea central	Es el eje de la carretera que sirve como referencia para todas las medidas transversales a esta.
PCA	Portland Cement Association. (Asociación del Cemento Portland).
Pendiente máxima	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	Menor pendiente que se fija para permitir la funcionalidad del drenaje.
Periodo de diseño	Cantidad de años que se estima para que el sistema presente un servicio eficiente.
Período de diseño	Período de tiempo el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
Rasante	Línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento.

Sección típica	Representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes componentes de una carretera.
Subrasante	Es la capa del terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que, una vez compactada y afinada tiene las secciones y pendientes específicas del terreno.
Tabulador	Tecla que se presiona para separar concepto de significado.
Talud	Son planos inclinados de la terracería que pertenecen a la sección típica y delimitan los volúmenes de corte y relleno; están comprendidos entre la cuneta y el terreno original.
Tirante	Altura de las aguas residuales y pluviales dentro de un drenaje.
TPD	Tránsito promedio diario.
UTM	Universal Transverse Mercator, sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica de Mercator.

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta para el diseño de la pavimentación rígida en ruta de acceso a el sector El Manantial, aldea Agua de las Minas y del sistema de drenaje pluvial, para la colonia Cerro Corado, Amatlán, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de la comunidad.

En el capítulo I se encuentra la fase de investigación donde se describen aspectos monográficos y de carácter socioeconómico del municipio de Amatlán.

En el capítulo II se describe la situación actual del municipio, comprende todos los parámetros de diseño que se utilizaron para el diseño de la pavimentación y de los drenajes sanitario y pluvial.

Además, continua con el diseño, planificación, presupuesto y evaluación ambiental de la pavimentación que cuenta con un largo de 1 305,53 metros, fue diseñado con pavimento rígido con 17 cm de espesor y una sección típica de 5,00 metros de ancho, teniendo en cuenta que es 1 carril con doble vía.

El diseño y planificación del sistema de drenaje pluvial cuenta con un largo de 2 200 metros de tubería de PVC, 60 pozos de visita cada uno, beneficiando a 171 viviendas. Asimismo, se realizó el presupuesto y evaluación ambiental del sistema de drenaje.

OBJETIVOS

General

Diseñar el pavimento rígido para el sector El Manantial, aldea Agua de las Minas y sistema de drenaje pluvial para la colonia Cerro Corado, Amatitlán.

Específicos

1. Elaborar una monografía completa del lugar donde se realizó el diseño.
2. Diseñar y elaborar la planificación para la pavimentación por el método PCA (Portland Cement Association) y basados en las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de caminos.
3. Diseñar y elaborar la planificación para la red de drenaje basado en las normas y especificaciones de INFOM.
4. Elaborar una evaluación de impacto ambiental basándose en la matriz de Leopold.
5. Elaborar un manual de operación y mantenimiento para ambas infraestructuras.

INTRODUCCIÓN

En el municipio de Amatitlán los habitantes del sector El Manantial, aldea Agua de las Minas, no cuentan con calles pavimentadas, ni la colonia Cerro Corado con red de drenaje pluvial. Dicha problemática prevalece, lo cual afecta en el desarrollo urbano, superación y salud de estos habitantes.

Las calles del sector son de terracería, no cuentan con una pendiente y nivel constante. El polvo que producen estas calles daña la salud de los habitantes, así como también, afecta a los vehículos y la movilidad de los mismos.

Las redes de drenaje ayudan a transportar el agua de lluvia, evitando daños en la infraestructura y mejoran las condiciones sanitarias de los lugares, previniendo daños ambientales y de sanidad.

Se formuló la realización del proyecto de EPS sobre el diseño de la pavimentación con aproximadamente 1,3 km de longitud para el acceso al sector El Manantial y de la red de drenaje pluvial con una longitud aproximada de 2,2 km la cual desfogará en un área verde para alimentar la cuenca o se conectará a la red de drenaje pluvial existente llegando hasta el río Michatoya, para la colonia Cerro Corado, Amatitlán.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

Amatitlán es un municipio del departamento de Guatemala, su historia cuenta que estuvo inicialmente asentado en el valle Pampichí o Pampichín, que en la actualidad da lugar a la aldea Belén. Por esta razón el Niño de Amatitlán venerado por la población también es llamado Niño de Belén.

Amatitlán era un importante asentamiento poqomam que formaba parte de una extensa región con Palín y los Petapas. De 1520 a 1525, cuando ocurrió la conquista del territorio guatemalteco por los españoles comandados por el capitán Pedro de Alvarado, el principal centro poqomam se ubicaba en la actual Chinautla, 12 kilómetros al norte de la actual capital. Después de la victoria española, la mayoría de poqomames fueron trasladados a un lugar llamado Santo Domingo de Mixco, 17 kilómetros al occidente del actual centro capitalino.

El segundo asiento de Amatitlán promediando el siglo XVII, después de haber estado en Pampichín, que pudo haber sido la actual finca y caserío Belén, fue en Zacualpa o Tzacualpa. Este paraje puede identificarse con toda precisión como el actual sitio arqueológico Amatitlán, al sur de la desembocadura del lago de Amatitlán que es el origen del río Michatoya, al oeste de El Morlón, al norte del puente La Gloria que antiguamente se llamaba del Molino, y al lado este de la actual ciudad cabecera, a unos 1 240 metros SNM.

Se considera el 24 de junio de 1549 como la fecha de fundación de San Juan Amatitlán, cuando era Presidente Don Alonzo López de Cerrato. Durante la Colonia, formó parte de la Quinta Provincia integrada por Sacatepéquez y los Amatitlanes. Por Real Cédula del 20 de mayo de 1680 fue elevado a la categoría de Villa.

Después de la independencia, por decreto legislativo del 28 de agosto de 1835 se le otorgó la categoría de ciudad y por un periodo de aproximadamente cuatro años llegó a ser capital del estado de Guatemala, hasta que por Acuerdo Gubernativo del 31 de mayo de 1839 se resolvió que el mando del corregimiento de la capital lo reasumiera la comandancia general por decreto Legislativo 315 de 6 de noviembre de 1839, Amatitlán, Palín, Petapa, Santa Inés Petapa (Villa Canales) y Villa Nueva, así como los lugares anexos a dichas poblaciones, se integraron en el Distrito Independiente de Amatitlán. El Acuerdo Gubernativo del 8 de mayo de 1866 dispuso que al entonces conocido como Corregimiento de Amatitlán se le otorgó la categoría de departamento, el cual tuvo vigencia durante 69 años y estuvo formado por: San Pedro Mártir, San Vicente Pacaya, Palín, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel y Santa Inés Petapa y Amatitlán.

La fiesta titular se celebra el 24 de junio en honor a San Juan Bautista, Santo Patrono. La disposición del ejecutivo del 29 de octubre de 1938, dispuso que la fiesta de la Pepesca y la Mojarra, que de hecho se había venido celebrando el último domingo de diciembre, se trasladó para el 2 de mayo de cada año. Si bien desde el siglo pasado se ha fijado la fiesta titular de la ciudad de Amatitlán y la misma cambió su nombre por disposición del Ejecutivo, se le conoce en la actualidad como de La Cruz, que conmemora la invención de la Santa Cruz.

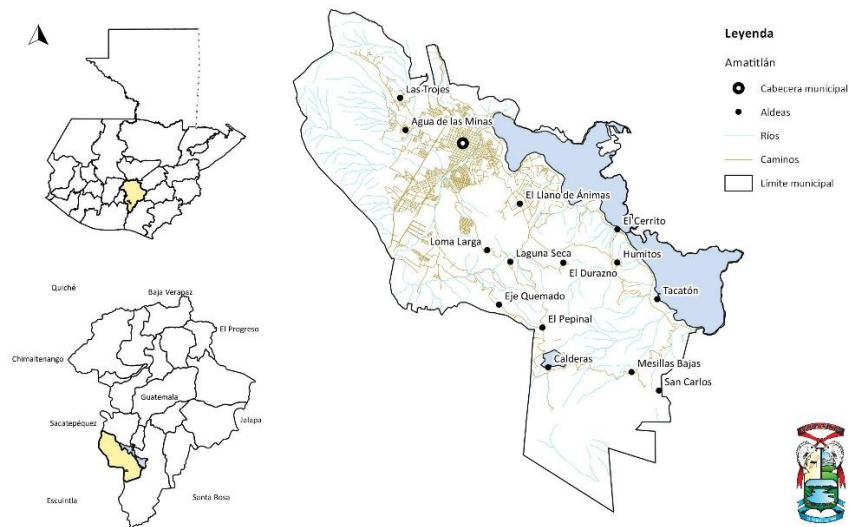
La feria fue establecida para los días del 1 al 5 de mayo de cada año, conforme al acuerdo 25 de febrero de 1893.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Amatitlán, se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud $14^{\circ} 28' 42''$ y en la longitud $90^{\circ} 37' 08''$. Se encuentra a una distancia de 25 kms. de la cabecera departamental de Guatemala.

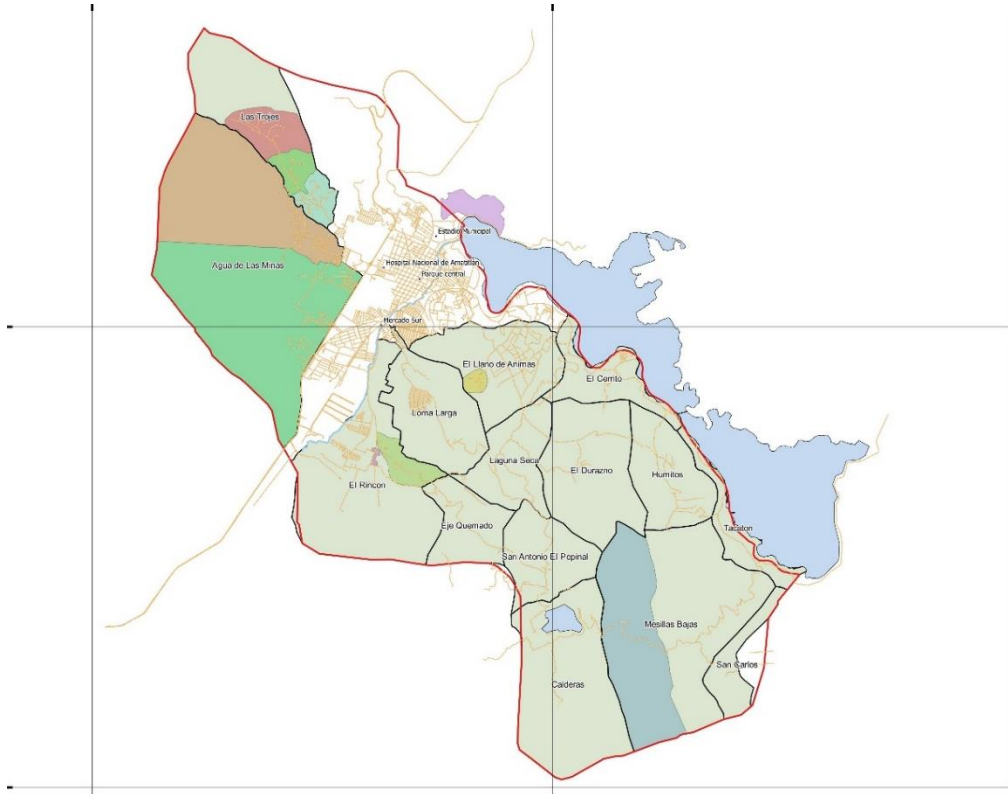
Limita al norte con los municipios de Villa Nueva, Petapa y Villa Canales (Guatemala), al sur con los municipios de Palín y San Vicente Pacaya (Escuintla) y Villa Canales (Guatemala); y al oeste con los municipios de Santa María de Jesús y Magdalena Milpas Altas (Sacatepéquez).

Figura 1. Ubicación del municipio de Amatitlán



Fuente: Municipalidad de Amatitlán. *Mapa Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial OMDUT 2019.*

Figura 2. **Mapa de Amatitlán**



Fuente: Municipalidad de Amatitlán. *Mapa Oficina Municipal de Desarrollo Urbano y Territorial OMDUT 2019.*

1.1.2. **Ubicación del proyecto**

La aldea Agua de Las Minas, en jurisdicción municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala. Rodeada al oeste de la cabecera municipio y al este de la quebrada Agua de Las Minas. 1 235 mt. sobre el nivel del mar, latitud 14° 28' 50", longitud 90° 38' 22". Por lo general su clima es templado, alcanzando los 28°.

Para ingresar a la aldea Agua de Las Minas se debe hacer por la carretera principal CA-9 Amatitlán rumbo a Escuintla, El Sector de

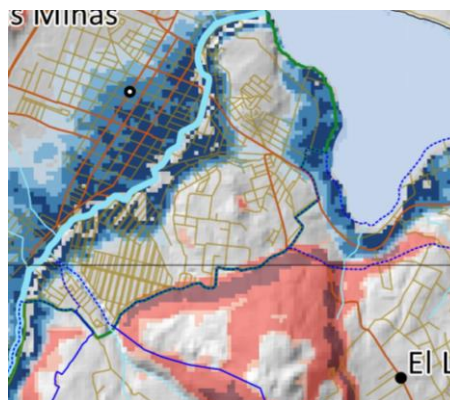
Cerro Corado, 1 193 mt. sobre el nivel del mar, latitud 14° 28' 59", longitud 90° 36' 51". Ubicado en la 5 avenida de la carretera circunvalación al lago de Amatitlán, Departamento de Guatemala. Para ingresar al sector de Cerro Corado se puede acceder por el puente de La Gloria.

Figura 3. **Mapa de ruta Agua de Las Minas**



Fuente: elaboración propia, empleando Qgis.

Figura 4. **Mapa Cerro Corado**



Fuente: elaboración propia, empleando Qgis.

1.1.3. Límites y colindancias

Limita al norte con los municipios de Villa Nueva, Petapa y Villa Canales (Guatemala); al sur con los municipios de Palín y San Vicente Pacaya (Escuintla) y Villa Canales (Guatemala); al este con el municipio Villa Canales (Guatemala); y al oeste con los municipios de Santa María de Jesús y Magdalena Milpas Altas (Sacatepéquez). Se encuentra a una distancia de 25 Km de la cabecera departamental de Guatemala

1.1.4. Suelo y topografía

Según la clasificación taxonómica de suelos, los suelos de la cuenca y el lago Amatitlán corresponden a las categorías taxonómicas III, V y VII, de vocación forestal. La mayor parte del municipio es montañoso, solo la ciudad y el caserío el Rincón ocupan terreno plano, lo demás poblados en áreas montañosas.

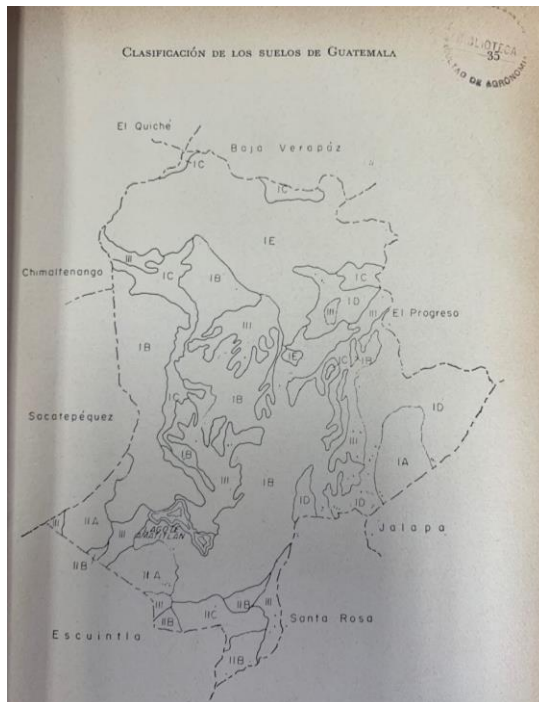
Los suelos están desarrollados sobre cenizas volcánicas a elevaciones medias, superficialmente cafés, de textura franco arcillosas, ligeramente ácido, de color rojizo, que llegan hasta un metro de profundidad. A los suelos de esta parte de Guatemala dentro de su clasificación de la siguiente manera:

- Suelos de la Altiplanicie Central: suelos profundos sobre materiales volcánicos a mediana altitud:
- Morán: profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en clima húmedo seco. Ocupan relieves de ondulados a muy ondulados a altitudes medianas superiores en el sur central de Guatemala, están asociados con los suelos Fraijanes y Barberena pero

son más profundos y pesados, y se asemejan a los suelos Guatemala y Cauqué pero son más rojizos. Originalmente estaban forestados.

- Cauqué: rofundos, bien drenados, desarrollados en clima húmedo seco sobre ceniza volcánica pomácea firma y gruesa. Ocupan relieves de ondulados a inclinados a altitudes de 1 500 msnm, sobre la meseta central de Guatemala.
- Topografía: relieves ondulados a inclinados, con pendientes menores de 20 %, pero en algunos casos son mayores de 30 %, con algunas de ellas cultivadas. Elevación entre 1 500 y 2 100 msnm

Figura 5. **Suelo y topografía**



Fuente: Municipalidad de Amatitlán.

En algunos sectores se puede encontrar suelos arcillosos, mantos de arena y mixtos. Se encuentran rellenos de cenizas y pómez, los cuales fueron depositados por lluvias de erupciones volcánicas o en parte por avalanchas de cenizas gracias a su cercanía con el volcán de Pacaya.

El municipio de Amatitlán tiene una topografía irregular, quebrada en un 65 % con pequeños valles, el mayor es ocupado por la cabecera municipal, las alturas van desde 1 150 hasta 2 565 metros sobre el nivel del mar.

1.1.5. Clima

El municipio de Amatitlán pertenece a la zona de bosque subtropical templado húmedo, que varía según las estaciones de invierno y verano, e influye en la dirección e intensidad de las corrientes eólicas, modificado por la deforestación y alteración del régimen de lluvias, por lo que ahora es más cálido. El clima es seco y caluroso en los meses de verano y húmedo en invierno, con temperaturas promedio de 25 a 30 grados centígrados. Los meses de lluvia de junio a septiembre; con precipitaciones pluviales de 650 a 1 500 mm al año. La dirección de los vientos predominante es noreste.

En Amatitlán, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es mayormente despejada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 14 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 11 °C o sube a más de 29 °C.

Con base en la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Amatitlán para actividades de tiempo caluroso es desde finales de noviembre hasta mediados de abril

Tabla I. **Parámetros climáticos promedio de Agua de Las Minas, Amatitlán, Guatemala**

Mes	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	27	29	30	33	31	30	29	29	29	28	28	28	29
Temp. máx. media (°C)	21	23	25	25	25	23	23	23	22	22	22	21	22
Temp. mín. media (°C)	8	10	13	15	16	16	16	15	15	13	11	9	13
Temp. mín. abs. (°C)	-3	2	4	7	9	10	11	10	7	6	3	-1	6
Precipitación total (mm)	2,0	1,1	11,7	50,9	141,9	211,8	415,1	278,3	220,2	165,9	32,0	2,5	1 533,4

Fuente: INSIVUMEH.

1.1.6. Población y demografía

Según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el 2002, el municipio de Amatitlán, tiene una población de 82 870 habitantes. Se encuentra distribuido por género de la siguiente forma: el 51,17 % (42 408) mujeres y 48,82 % (40 462) hombres, la población del municipio, se encuentra distribuida en: área rural 26,48 % (21 946) y urbano 73,52 % (60 924).

Se estima que su población oscila entre 800 mil y 1 millón de personas. Amatitlán ha sido considerado como un municipio dormitorio y muchos de sus habitantes no se encuentran vecindados en los registros correspondientes. Algunos se encuentran temporalmente dentro del municipio, sobre todo en horas inhábiles.

1.2. Servicios públicos

Dentro de los servicios públicos con que cuenta el municipio de Villa Nueva, se pueden mencionar los siguientes:

1.2.1. Educación

El municipio cuenta con escuelas y colegios a nivel preprimario, primario, básico y diversificado. Dichos centros funcionan en diferentes jornadas y fin de semana.

1.2.2. Vivienda

En tipos de materiales de las viviendas según la información del Censo 2002, el 88,14 % corresponde a casa formal, y en cuanto a los materiales utilizados en los muros exteriores prevalece el block con el 72,77 %, de concreto 12,16 % y a otros materiales diversos que no exceden el 3 % de hogares cada uno.

En cuanto al material de los techos, prevalecen los techos de lámina metálica en dos terceras partes de las viviendas y las losas de concreto, en una tercera parte, con otros materiales en porcentajes mínimos. Según la información censal, en los materiales del piso, prevalece la torta de cemento, el ladrillo de cemento, materiales no establecidos y ladrillo cerámico.

1.2.3. Desechos sólidos

La recolección de desechos se realiza con el tren de aseo, de servicio municipal y privado; el problema actual que se da en el relleno sanitario de AMSA, es debido a que ya llegó al límite de su vida útil.

El manejo de los desechos sólidos en el municipio, se realiza de la siguiente forma: la municipalidad tiene implementado un tren de aseo y disposición de los desechos, esto último se realiza en el vertedero administrado por AMSA en el kilómetro 22 de la carretera CA-9.

El tren de aseo municipal, atiende las instalaciones municipales y estatales (escuelas, hospital, juzgados, estación Policía Nacional Civil, clínica del IGSS y las diferentes instalaciones municipales), ubicadas en la cabecera municipal. En las aldeas atiende las instalaciones escolares, se encarga de erradicar los botaderos clandestinos. Las viviendas particulares son atendidas por servicios de recolección privado.

1.2.4. Agua potable

La proporción de hogares con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable es del 92,8 %, se deben realizar esfuerzos de inversión para dar sostenibilidad a las fuentes de agua, y al mejoramiento de la calidad que permitan el abastecimiento a los lugares poblados.

1.2.5. Servicio sanitario (letrización, drenajes, alcantarillado)

La proporción de hogares con acceso a servicio de saneamiento mejorados, es de 80,2 % y debe ampliarse y mejorarse los servicios de recolección en los hogares y el tratamiento de esos desechos.

1.2.6. Transporte

Las empresas de transporte urbano son las encargadas de realizar la movilización en el municipio y para el exterior son las empresas extraurbano, con un flujo continuo.

1.2.7. Servicio de alumbrado

En los servicios electrificados para Amatitlán, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) reportó para el 2008, 22 040 usuarios conectados a distribuidora de energía eléctrica, lo que representa aproximadamente una conexión por cada 4,5 habitantes de acuerdo a la estimación de población para ese año, y 44 que utilizan paneles solares, siendo un porcentaje mínimo de usuarios que hacen uso de fuentes alternativas de energía.

1.2.8. Otros servicios

En Amatitlán se manifiesta una concentración de servicios en el casco urbano, ya que se encuentran agencias bancarias, sedes de asociaciones y principales servicios de infraestructura, así como, sedes institucionales con presencia en el municipio.

En servicio de transporte, se encuentra con líneas que llevan a las principales aldeas y lugares poblados, operadas por cooperativas.

1.3. Diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

- Debido al desarrollo del casco urbano durante los últimos años, se ha incrementado el número de habitantes y comercios, lo cual ha agudizado los problemas en las vías de acceso. La falta de calles pavimentadas en el sector El Manantial aldea Agua de Las Minas ha afectado la movilidad y salud de sus habitantes ya que en invierno se crean pozas de lodo y durante el verano se levanta polvo. Por esto se decidió realizar el diseño de la pavimentación hacia el sector El Manantial.
- La falta de los sistemas de drenajes perjudica a los habitantes de la colonia Cerro Corado, debido a que no existe un sistema de recolección y conducción de las aguas generadas por la precipitación en las viviendas del sector, lo cual genera inundaciones, daños a la infraestructura del lugar, problemas de salud y contaminación al ambiente.
- Es por esto que junto a las autoridades de la municipalidad se tomó la decisión de realizar el diseño de la red de drenaje pluvial.

1.4. Descripción de las necesidades

Debido a las necesidades de los habitantes del sector y al crecimiento demográfico se provoca un aumento en la cantidad de habitantes en el casco urbano de Amatitlán. La cual se ha convertido en una zona importante para la

economía del municipio ya que cuenta con colegios, un centro comercial y el mercado municipal.

Las calles del sector son de terracería exceptuando una cuadra, en la cual la municipalidad ya ha colocado adoquín. Por todo esto, es de vital importancia el diseño de la pavimentación que consta de una longitud de 1,3 Km aproximadamente.

La colonia Cerro Corado cuenta con un quinel en el área sureste que pretende coleccionar el agua de lluvia del sector, pero este no se da abasto generando inundaciones en el área generando así la necesidad de un sistema de drenaje pluvial.

Analizando las necesidades de la población de la colonia se propone el diseño de la red de drenaje pluvial de la colonia, la cual consta de 2,2 Km aproximadamente con un total de 60 pozos de visita.

2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA RUTA DE ACCESO A SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consta del diseño, planificación, presupuesto y evaluación ambiental de 1,3 km de pavimentación de concreto hidráulico por el método PCA para ruta de acceso al sector El Manantial.

2.1.1. Levantamiento topográfico

Para el estudio topográfico se realizó el levantamiento a través de una estación total, la cual se encarga de recopilar la información por medio de un sistema que consiste en apuntar un prisma donde se envía un haz de luz, el cual rebota en el mismo y por medio de ángulos registrados por la estación total, más el tiempo que le toma al haz de luz en regresar, se registra la posición del punto por medio de triangulaciones y distancias. Se utilizó una brújula con la cual se pudo determinar el norte al iniciar los levantamientos. También se dejó indicado un banco de marca para futuros replanteos topográficos.

Para el trabajo de topografía se utilizó el siguiente equipo:

- Estación total marca South N6
- Trípode
- Prismas

- Estadal
- Trompos
- Estacas
- Clavos de lámina
- Pintura para tráfico
- Cinta métrica

2.1.1.1. Planimetría

El trazo planimétrico es el resultado de la proyección del terreno sobre un plano vial horizontal sobre la ruta existente del camino siguiendo y ajustándose en todo lo posible a su trayectoria original.

2.1.1.2. Altimetría

El trazo altimétrico es el resultado de la proyección de la geometría vial vertical sobre la ruta altimétrica existente del camino generado a partir de y sobre el eje planímetro proyectado. Se definen las diferencias de nivel existentes entre los puntos del terreno.

2.1.2. Selección de ruta

Este proceso se realizó tomando en cuenta que el sector El Manantial cuenta con calles definidas registradas en el departamento de catastro de la municipalidad de Amatitlán, el problema que presentan estas calles, es que no cuentan con pavimentación, lo cual dificulta la movilidad de los habitantes y causa desperfectos mecánicos a los vehículos de los mismos.

Se tomó en cuenta la topografía del terreno, la extensión de los bordillos, la pendiente máxima, que, para este caso, es que 20,15 %, siguiendo la ruta establecida de la calle actual, cuidando de realizar el menor movimiento de tierra posible para no afectar a las viviendas existentes.

2.1.3. Tránsito promedio diario (TPD)

La cantidad de vehículos que transitan en la carretera es llamada TPD (tránsito promedio diario), los cuales pasan por un determinado punto de una vía en un día, en un sentido o en ambos sentidos de la vía. Este es el principal factor que determina el espesor de un pavimento y se representa con la fórmula:

$$TPD_f = TPD_a * (1 + r)^n$$

Para este proyecto se determinó un período de diseño de 25 años, se realizó un conteo de vehículos el 22 de marzo de 2018, el cual dio como resultado un TPD de 178 vehículos con una tasa de crecimiento de 3,5 %, la cual puede analizarse teniendo como referencia los datos del Censo de población y habitación realizado en el 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

$$TPD_{25 \text{ AÑOS}} = 178 * (1 + 0,035)^{25} = 421 \text{ veh\u00edculos}$$

Lo cual a 25 años tiene proyectado un tránsito de 421 vehículos.

2.1.4. Curvas de nivel

Es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igual condiciones y de altura. Se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D 2018 para obtener la curva a nivel con mayor precisión. Se trazaron curvas a nivel a cada metro.

2.1.5. Secciones transversales

Se realizaron a lo largo de las calles con el fin de mostrar los distintos anchos de carril en los tramos realizados. La información se obtiene dependiendo de la longitud del tramo a observar transversalmente.

Se tomaron secciones a cada 20 metros de longitud, debido a que la topografía del terreno es regular.

2.1.6. Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

Es necesario establecer las características físicas y mecánicas del suelo que se encuentra en el lugar donde se realizara la pavimentación. Para esto se realiza la extracción de una muestra de suelo del lugar donde se ejecutará el proyecto.

Para este proyecto es necesario realizar los siguientes ensayos: límites de atterberg, compactación o proctor modificado, granulometría y valor soporte mediante CBR.

2.1.6.1. Ensayo de granulometría

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para ello se utiliza un tamiz, el cual es una herramienta compuesta de un marco rígido al que se halla sujeta una malla caracterizada por un espaciamiento uniforme entre hilos denominado abertura o luz de malla.

Se emplea una serie normalizada de tamices, en los cuales se hace pasar una determinada cantidad de suelo seco, quedando retenida en cada tamiz parte del suelo cuyas partículas tengan un tamaño mayor al de la abertura.

Una vez ya finalizado el proceso de tamizado se procede a pasar las cantidades retenidas en cada uno de los tamices, construyéndose una gráfica semilogarítmica donde se representan los porcentajes de peso de la muestra retenida o el que pasa, para cada abertura.

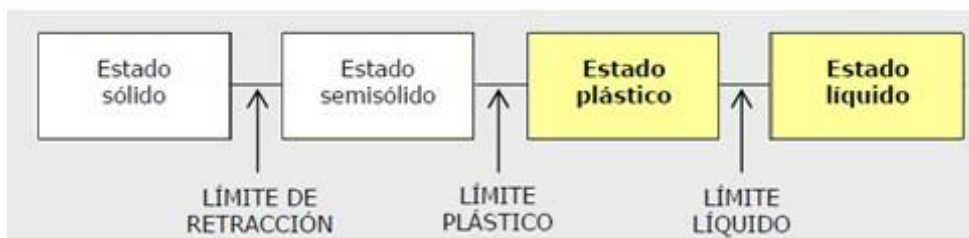
Según resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee 72,80 % de arena, 2,07 % de grava y 25,13 % de finos. El suelo se clasifica como SCU: SM, y PRA: A-2-4.

2.1.6.2. Límites de Atterberg

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad.

La presencia de agua en el suelo tiene una influencia significativa, por lo cual es necesario estudiar los límites diversos de los cuales consta el suelo y los cuales se puede dar según su grado de humedad, líquido, plástico, semisólido y sólido.

Figura 6. **Estados de consistencia de un suelo**



Fuente: elaboración propia.

- Límite líquido

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje respecto del peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido a plástico, el método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido es el que ideó Casagrande y su Norma es AASHTO T-89. El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que hayan cruzado la malla o tamiz número 40, si el espécimen es arcilloso es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico. El límite líquido del suelo que se utilizará como subrasante es de 0,0 %

- Límite plástico

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de

1/8 de pulgada sin romperse y su Norma es AASHTO T-89. El límite plástico se puede calcular de la división del límite líquido y el índice plástico.

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Límite líquido}}{\text{Índice plasticidad}}$$

$$\frac{0,0 \%}{0,0 \%} = 0,0 \%$$

El ensayo muestra un suelo con un límite plástico de 0,0 %.

- Índice de plasticidad

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico según AASHTO T-90, tanto el límite líquido, como el plástico dependen de la calidad y del tipo arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo. Y se encuentra según la fórmula:

$$\text{Índice de plasticidad} = \text{Límite líquido} - \text{Límite plástico}$$

- Según Atterberg:

Índice plástico = 0 entonces, suelo no plástico

Índice plástico = 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad

Índice plástico = $7 \leq \text{I.P.} \leq 17$ suelo medianamente plástico

Para la muestra de suelo tomada dio como resultado un índice plástico de 0,0 % lo que demuestra que es un suelo no plástico y una clasificación de ML con las descripciones de arena con limo color gris oscuro.

2.1.6.3. Ensayo de compactación o proctor modificado

La prueba de proctor modificado según la Norma AASHTO T-180, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado a diferentes contenidos de humedad.

El procedimiento de ensayo consiste en apisonar una cantidad aproximada de 35 kg de suelo, previamente tamizado por el tamiz núm. 4 y dividido por cuarteo en 4 partes aproximadamente iguales.

La muestra se humedece y se introduce en un molde metálico de dimensiones normalizadas. Para llevar a cabo el apisonado se emplea un martillo de peso normalizado, de forma que su peso y altura de caída no varíen, lo que asegura una energía de compactación constante. La normativa estipula una cantidad de 60 golpes por muestra.

Se realizan de 4 a 6 muestras con diferente grado de humedad, construyéndose la curva humedad densidad seca.

Los resultados indican que el suelo posee una densidad seca máxima de 1 613,21 Kg/m³ o 100,70 lb/pe³, y una humedad óptima de 19,30 %. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

2.1.6.4. Ensayo de valor soporte (CBR)

El ensayo de razón soporte california (CBR) según la Norma AASHTO T-193, se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada. Para determinar el CBR se toma como material de comparación o patrón piedra triturada bien graduada, que tiene un CBR igual al 100 %.

Los resultados de laboratorio demuestran que la subrasante tiene un valor soporte del 26 % en un 95 % de compactación, clasificando al suelo de apto para una subrasante sin necesidad de emplear un método de estabilización.

2.1.6.5. Análisis de resultados de laboratorio de suelos

Resumen de resultados del estudio de suelos:

- Clasificación: ML
- Descripción del suelo: arena con limo color gris oscuro
- Limite líquido: 0,0 %
- Índice plástico: 0,0 %
- Densidad seca máxima: 1 613,21 kg/m³ o 100,70 lb/pie³
- Humedad óptima (Hop): 19,30 %
- CBR al 95 % de compactación: 26 % aproximadamente
- CBR crítico: 18,07 %

En este caso, el CBR de la muestra de suelo tomada, es mayor que 20 %, por lo que se puede determinar como un suelo tolerable o de calidad aceptable y se le puede dar un uso de subrasante.

Tabla II. **Clasificación de subrasante**

Clasificación	CBR
Subrasante muy pobre	< 3 %
Subrasante pobre	3 % - 5 %
Subrasante regular	6 % - 10 %
Subrasante buena	11 % - 19 %
Subrasante muy buena	>20 %

Fuente: LOMVARDI, Verónica. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. p.131.

2.2. Diseño geométrico

Consiste en la ubicación del trazo de la carretera dentro de un terreno disponible. Está constituido por un alineamiento horizontal y uno vertical. El diseño geométrico depende de la velocidad de diseño y de la pendiente máxima de diseño. Para el diseño geométrico se utilizó el software AutoCAD Civil 3D 2018, basado en las calles ya existentes.

2.2.1. Diseño de localización

El diseño de localización dependerá de la pendiente gobernadora de diseño, los puntos obligados. Se proyectan en planta en un plano de curvas de nivel para trazar tangentes y así obtener el diseño de localización.

Es necesario revisar que en todo momento la pendiente del trazo nunca sea mayor a la pendiente máxima permitida.

En este proyecto se realizó un diseño de localización, para lo cual se utilizará el tramo existente, tratando de trazar de una mejor forma el alineamiento horizontal.

2.2.1.1. Curvas horizontales

Se llama curva circular horizontal al arco de circunferencia del alineamiento horizontal, que une dos tangentes consecutivas, en caminos vecinales de cualquier tipo se usarán curvas circulares simples y de transición en los extremos de estas tangentes. Sus elementos son los siguientes:

- Radio (R): distancia perpendicular al principio de curva (PC), o principio de tangente (PT), hacia el centro.
- Deflexión (Δ): entre los dos azimuts de la tangente de entrada y la de salida existe una diferencia angular. (Δ).

$$\Delta = \text{Azimut (TS)} - \text{Azimut (TE)}$$

- Grado de curvatura (G): se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud.

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

- Longitud de curva (LC): distancia sobre el arco o segmento de círculo desde el principio de curva (PC), al principio de tangente (PT).

$$Lc = \frac{20 \Delta}{G}$$

- Subtangente (St): distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI). Debido a que es una curva simétrica la distancia entre el PI y principio de tangente (PT) es la misma.

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- Cuerda máxima: distancia en línea recta desde el PC a PT.

$$CM = 2R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- External: distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

- Ordenada media: es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = R \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

Cálculo de una curva horizontal (curva 1, correspondiente al alineamiento principal).

Radio = 30

Delta = 80° 07' 48"

PC = 1+224,22

- Grado de curvatura (G)

$$G = \frac{1145,9156}{30} = 38,20$$

- Longitud de curva (LC)

$$Lc = \frac{20 (80^{\circ} 07' 48'')}{38,20} = 41,95$$

- Subtangente (St)

$$St = 30 * \tan\left(\frac{(80^{\circ} 07' 48'')}{2}\right) = 25,23$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2(30) * \sin\left(\frac{(80^{\circ} 07' 48'')}{2}\right) = 38,62$$

- External

$$E = \frac{30}{\cos\left(\frac{(80^{\circ} 07' 48'')}{2}\right)} = 39,20$$

- Ordenada media

$$Om = 30 \left[1 - \cos\frac{80^{\circ} 07' 48''}{2}\right] = 7,04$$

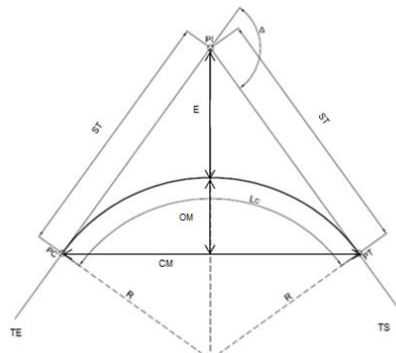
Tabla III. **Diseño de curvas horizontales**

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA														
NÚM. PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	St	Lc	CM	E	OM	PI	PC	PT	Ls	%e	Sa
PI:1	S84° 15' 11W"	14°06'17"	30,00	3,71	7,39	7,37	0,23	0,23	0+049,99	0+046,28	0+053,66	17,78	31,87%	1,07
PI:2	S64° 03' 05W"	26°17'56"	30,00	7,01	13,77	13,65	0,81	0,79	0+088,56	0+081,56	0+095,33	17,78	31,87%	1,07
PI:3	S44° 35' 48W"	12°36'38"	30,00	3,31	6,60	6,59	0,18	0,18	0+146,88	0+143,56	0+150,17	17,78	31,87%	1,07
PI:4	S53° 51' 37W"	31°08'15"	30,00	8,36	16,30	16,10	1,14	1,10	0+211,82	0+203,46	0+219,77	17,78	31,87%	1,07
PI:5	S77° 38' 13W"	16°24'57"	30,00	4,33	8,60	8,57	0,31	0,31	0+226,41	0+222,09	0+230,68	17,78	31,87%	1,07
PI:6	N87° 12' 22W"	13°53'54"	30,00	3,66	7,28	7,26	0,22	0,22	0+261,58	0+257,93	0+265,20	17,78	31,87%	1,07
PI:7	N75° 31' 03W"	9°28'43"	30,00	2,49	4,96	4,96	0,10	0,10	0+279,14	0+276,65	0+281,61	17,78	31,87%	1,07
PI:8	N71° 51' 48W"	2°10'13"	30,00	0,57	1,14	1,14	0,01	0,01	0+358,77	0+358,20	0+359,34	17,78	12,00%	1,07
PI:9	N74° 55' 14W"	3°56'38"	30,00	1,03	2,07	2,06	0,02	0,02	0+381,60	0+380,57	0+382,64	17,78	12,00%	1,07
PI:10	N83° 41' 26W"	13°35'47"	30,00	3,58	7,12	7,10	0,21	0,21	0+391,35	0+387,78	0+394,90	17,78	2,00%	1,07
PI:11	N81° 00' 51W"	18°56'56"	30,00	5,01	9,92	9,88	0,41	0,41	0+461,78	0+456,77	0+466,69	17,78	31,87%	1,07
PI:12	N62° 45' 33W"	17°33'39"	30,00	4,63	9,19	9,16	0,36	0,35	0+479,21	0+474,58	0+483,77	17,78	12,00%	1,07
PI:13	N56° 57' 17W"	5°57'06"	30,00	1,56	3,12	3,11	0,04	0,04	0+504,35	0+502,79	0+505,90	17,78	12,00%	1,07
PI:14	N60° 15' 58W"	0°40'15"	30,00	0,18	0,35	0,35	0,00	0,00	0+523,84	0+523,66	0+524,01	17,78	31,87%	1,07
PI:15	N67° 58' 13E"	14°44'15"	30,00	3,88	7,72	7,70	0,25	0,25	0+540,36	0+536,48	0+544,19	17,78	12,00%	1,07
PI:16	N78° 14' 52W"	5°49'03"	30,00	1,52	3,05	3,04	0,04	0,04	0+556,80	0+555,28	0+558,32	17,78	12,00%	1,07
PI:17	N78° 13' 42W"	5°51'25"	30,00	1,53	3,07	3,07	0,04	0,04	0+617,01	0+615,48	0+618,55	17,78	12,00%	1,07

Fuente: elaboración propia.

En la figura 7 se pueden observar mejor los elementos de la curva horizontal.

Figura 7. **Elementos de curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

2.2.1.2. 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 cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la 0. 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. Se define por la siguiente función:

$$Le = \frac{V^2}{C * Rc}$$

Donde:

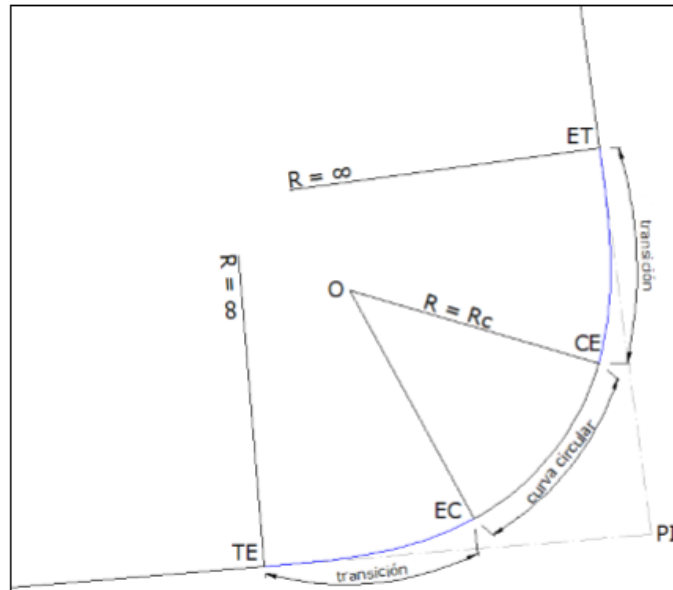
Le = longitud de espiral

V = velocidad

C = coeficiente de comodidad (varía entre 1 y 3, donde 1 es mayor comodidad)

Rc = radio de curvatura

Figura 8. **Curvas de transición, curvas horizontales**



Fuente: *Curvas de transición*. <https://doblevia.wordpress.com/2007/09/03/curvas-espinales-detransicion/curva-espinal-circular-espinal/>. Consulta: julio de 2018.

2.2.1.3. Peralte

Es la pendiente transversal que se da en las curvas de la calzada de una carretera y su objetivo es contrarrestar la fuerza centrífuga ejercida por los vehículos en las curvas.

El valor máximo que pueda asignarse al peralte debe basarse no solo a los valores prácticos que fijan la velocidad y el rozamiento, sino a la seguridad y comodidad del conductor, así como a las condiciones climáticas, topográficas, y porcentaje de vehículos pesados que circulan por la vía.

El valor mínimo del peralte con que se diseñará una curva será el que tenga el mismo bombeo de diseño de la calzada del proyecto. La transición del peralte debe efectuar una variación de forma gradual, entre el bombeo y el peralte, que no provoquen cambios bruscos en la pendiente de la calzada.

Uno de los métodos empíricos reparte dos tercios de la longitud al tramo recto y un tercio a la curva. Para mantener la seguridad, la comodidad y apariencia de la carretera se recomienda que la longitud de transición debe ser tal, que la pendiente longitudinal del borde exterior, relativa al eje central no debe ser mayor a lo que equivale una diferencia de pendiente de 0,5 %. Es Definido por la siguiente función:

$$\% e = \frac{0,0075 * V^2}{R} - f$$

Donde:

%e = valor absoluto de sobreelevación, en %

V = velocidad de diseño, en km/h

R = radio de la curva, en m

f = coeficiente de fricción lateral

Con la expresión anterior varía entre 0,10 a un máximo de 0,50 considerando que las ruedas del vehículo se encuentren en un estado de bueno a medio y una superficie de pavimento con rugosidad media, y con esta puede calcularse la sobreelevación necesaria para que no deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad determinada; sin embargo, algunos problemas relacionados con la construcción, operación y mantenimiento de la carretera, ha mostrado la necesidad de fijar un valor para sobreelevación máximo de 12 %.

2.2.1.4. Sobreancho

El sobreancho se utiliza en las curvas horizontales para mantener la misma seguridad al conducir un vehículo en línea recta, ya que, por la inflexibilidad y dimensiones del automotor; la parte trasera sigue una trayectoria distinta a la parte de adelante del mismo, esto dificulta al conductor al momento de mantener el vehículo en el eje del carril de circulación designado. Por ello es necesario aumentar la calzada en la entrada y regresarla a la normalidad en la salida de cada curva.

La Norma AASHTO utiliza la siguiente expresión empírica para determinar el sobreancho en las curvas horizontales:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{0,1}{\sqrt{R}}$$

Donde

Sa = valor de sobreancho, en m

n = número de carriles

L = longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, en m

R = radio de la curva, en m

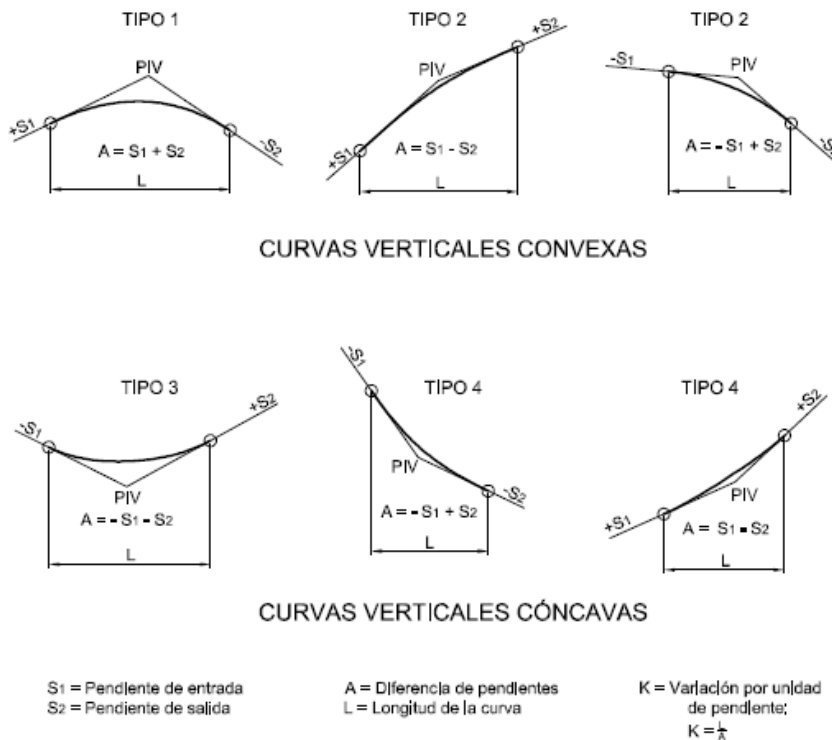
V = velocidad de la curva, en Km/h

Además, de estas consideraciones se debe tomar en cuenta que sobreanchos menores de 0,60 metros, pueden llegar a no ser necesarios en las curvas, la longitud L de la ecuación es igual a 8 metros.

2.2.2. Diseño de curvas verticales

Las curvas verticales tienen como finalidad suavizar los cambios en el alineamiento vertical, a través de su longitud se efectúa un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida; proporcionando características para un drenaje adecuado y confortabilidad para su tránsito.

Figura 9. Tipos de curvas verticales



Fuente: Ministerio de Transportes. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. p.132.

Al momento de diseñar curvas verticales se debe tener en cuenta las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales, con el objetivo de evitar el traslape y dejando la mejor visibilidad posible a los conductores. La longitud de curva mínima de curvas verticales se calcula de la siguiente manera:

$$LCV = K * A$$

Donde

LCV = longitud mínima de curvas verticales dada en metros

A = diferencia algebraica de las pendientes dada en porcentaje

K = constante que depende de la velocidad de diseño

Es necesario que las curvas verticales cumplan con la distancia de visibilidad, la longitud deberá calcularse por medio del parámetro K. En la tabla VIII se muestran los valores mínimos de K, según la velocidad de diseño.

Tabla IV. **Valores K para curvas verticales**

Velocidad (km/h)	K Según tipo de curva	
	Convexa	Cóncava
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: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1*. p. 31.

Existen criterios los cuales ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales.

- Criterio de seguridad: establece una longitud mínima que debe tener la curva para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada.

$$LCV = K * A$$

- Criterio de apariencia: evita al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

- Criterio de drenaje: se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

- Criterio de comodidad: para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección sea sumada al peso del mismo.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

2.2.2.1. Ejemplo de diseño curva 1

Es una curva cóncava con velocidad de diseño de 30 km/h, y se propuso una longitud de curva vertical (LCV) de 150 metros y un PIV en la estación

0+640,15 con elevación de 147,35 metros. Se tiene una pendiente de entrada de 7,92 % y una pendiente de salida de 12,61 %.

Teniendo en cuenta lo siguiente:

Pendiente de entrada (P_e) = 7,92 %

Pendiente de salida (P_s) = 12,61 %

$$A = |P_s - P_e|$$
$$A = |12,61 - 7,92| = 4,69$$

Se procede a calcular la longitud de curva vertical mediante los cuatro criterios.

Se propuso una longitud de curva vertical inicial de 150 metros.

- Criterio de seguridad

Para calcular la longitud de curva vertical mínima se considera un valor de $K = 4$ por ser una curva cóncava y por su velocidad de diseño de 30 km/h, Según tabla XXIII.

$$LCV = 4 * 4,69 = 18,76$$

Se procede a comparar longitud de curva vertical propuesta con longitud de curva vertical mínima.

$$150 > 18,76 \text{ (Sí cumple)}$$

- Criterio de apariencia

$$K = \frac{150}{4,69} = 31,98 \geq 30 \text{ (SÍ cumple)}$$

- Criterio de drenaje

$$K = \frac{150}{4,69} = 31,98 \leq 43 \text{ (SÍ cumple)}$$

- Criterio de comodidad

$$K = \frac{150}{4,69} \geq \frac{30^2}{395}$$

$$31,98 \geq 2,28 \text{ (SÍ cumple)}$$

- Ordenada media

$$O.M. = \frac{P_s - P_e}{800} * LCV$$

$$O.M. = \frac{4,69}{800} * 150 = 0,88$$

2.2.3. Correcciones

Se debe hacer el cálculo de la corrección de la subrasante, la cual está en función de la longitud de curva vertical que se describe a continuación.

$$y = \frac{A * l^2}{200 * LCV}$$

Donde

Y = corrección de la subrasante.

l = longitud que existe desde la estación que se analiza al PCV o PTV según sea el caso.

LCV = longitud de curva vertical.

2.2.3.1. Ejemplo de corrección curva 2

Para la estación 0+885,28 (PIV), la corrección sería:

Se calcula el principio de curva vertical (PCV).

$$PCV = PIV - \frac{LCV}{2}$$

$$PCV = 885,28 - \frac{150}{2} = 0 + 810,28$$

Se procede a calcular la corrección.

$$y = \frac{A * (PIV - PCV)^2}{200 * (LCV)}$$

$$y = \frac{7,54 * (885,28 - 810,28)^2}{200 * (150)} = 1,41$$

$$\text{Corrección Elev PIV} = \text{Elev}_{PIV} + y$$

$$178,26 + 1,41 = 179,67$$

Figura 10. Resumen de curvas verticales

ALINEAMIENTO 1																			
Curva	ESTACION			Pendiente de entrada (%)	Pendiente de salida (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de diseño	Vel (Km)	VALOR "K" MINIMO	SEGURIDAD	APARIENCIA "LCV/A > 30"	PARAMETROS						
	PCV	PIV	PTV										DRENAJE	COMODIDAD	OM				
1	0+565.15	0+640.15	0+715.15	7,92	12,61	4,69	concava	150	30	4	18,76	CUMPLE	31,98	CUMPLE	31,98	CUMPLE	31,98	#REF!	0,879
2	0+810.28	0+885.28	0+960.28	12,61	20,15	7,54	concava	150	30	4	30,16	CUMPLE	19,89	NO CUMPLE	19,89	CUMPLE	19,89	CUMPLE	1,414
3	1+107.54	1+174.39	1+241.24	20,15	-11,02	31,17	convexa	133,7	30	2	62,34	CUMPLE	4,29	NO CUMPLE	4,29	CUMPLE	4,29	CUMPLE	5,209

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Resumen de corrección de curvas verticales

ALINEAMIENTO 1											
Curva	ESTACION			Pendiente de entrada (%)	Pendiente de salida (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de diseño	ELEVACION SUBRASANTE	CORRECCION	SUBRASANTE CORREGIDA
	PCV	PIV	PTV								
1	0+565.15	0+640.15	0+715.15	7,92	12,61	4,69	concava	150	147,35	0,879	148,229
2	0+810.28	0+885.28	0+960.28	12,61	20,15	7,54	concava	150	178,26	1,414	179,674
3	1+107.54	1+174.39	1+241.24	20,15	-11,02	31,17	convexa	133,7	236,5	5,209	231,2907

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Diseño de subrasante

El trazo de subrasante se efectúa de dos fases:

- Cálculo de subrasante en rollo de perfil longitudinal

Se encuentran las elevaciones de los puntos de intersección vertical PIV, con base en las pendientes que se colocaron al momento de hacer el diseño de la subrasante y a las estaciones de los PIV. Las pendientes podrán variar al ser afinadas.

- Cálculo de subrasante en hojas de movimiento de tierras

Se colocan los estacionamientos del PIV con sus elevaciones y la longitud de curva (LCV), en el listado de estacionamientos que se tiene para el movimiento de tierra. Se debe colocar la pendiente entre cada PIV.

Se desarrolló esta actividad con los datos de la libreta de secciones transversales de localización y consistió en plotear distancias con sus respectivas elevaciones, al lado derecho e izquierdo de la línea central del caminamiento, a cada 20 metros y para mayor visualización en curvas, las secciones son cada 10 metros.

2.2.4.1. Corrección a subrasante

La subrasante es la línea proyectada sobre el perfil longitudinal del terreno que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria. La subrasante queda debajo de la base y capa de rodadura en proyectos de asfaltos y debajo del balasto en proyectos de terracería.

La subrasante es la que define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución, por lo que la subrasante es el elemento determinante del costo de la obra. Por esta razón un buen criterio para diseñar es obtener la subrasante más económica.

El proceso de selección de subrasante es por medio de tanteos, reduciéndose el número de estos únicamente con la experiencia del diseñador. Es necesario apuntar que el relleno es mucho más caro que el corte, por lo que

hay que tomar en cuenta tal situación para definir el óptimo diseño. Para efectuar el diseño de la subrasante se debe contar con la siguiente información:

- Haber definido el ancho de la carretera (la sección típica).
- Conocer el alineamiento horizontal del tramo.
- Tener el perfil longitudinal del tramo.
- Conocer las secciones transversales, las especificaciones necesarias y los datos de la clase de terreno.
- Haber determinado puntos obligados; de preferencia el diseñador deberá haber realizado una inspección en el lugar del tramo que va a diseñar, para tener un mayor número de controles.

2.3. Movimiento de tierras

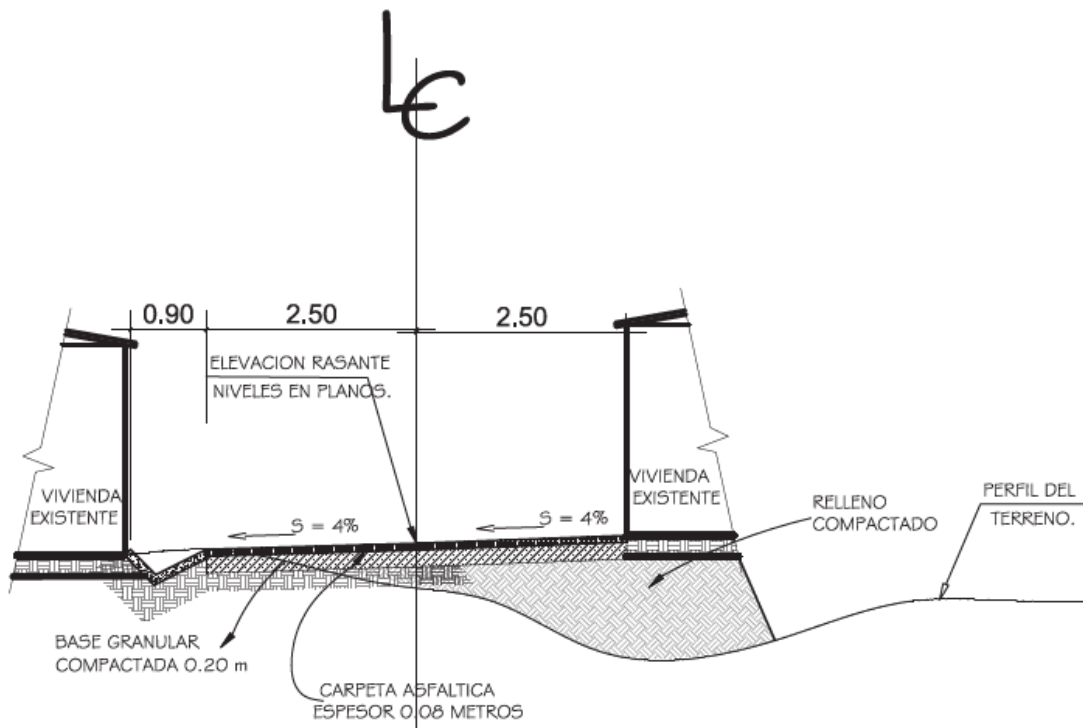
El movimiento de tierras, es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes, en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo, en la construcción de terraplenes, conformación de terracería, entre otros. Se debe tomar en cuenta que el movimiento de tierras se encuentra directamente enlazado con el diseño de la subrasante, por lo tanto, deberá ser factible desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino fije.

2.3.1. Sección típica

Una sección típica, como su nombre lo indica simboliza una sección la cual se repite a lo largo de un tramo carretero; es decir, durante varios tramos y cortes, la sección mostrará un comportamiento al típico simbolizado.

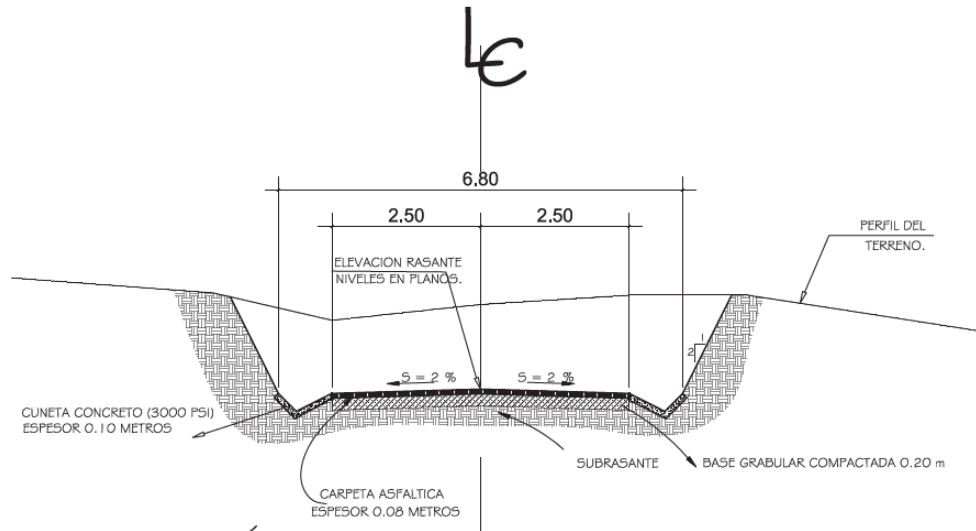
Durante en diseño de carretera se puede visualizar dos secciones típicas, las cuales son: el ancho de calzada con bordillo de ambos lados, el ancho de calzada con bordillo de un lado y cuneta del otro. Estas secciones típicas dependen de las condiciones del terreno y del proyecto.

Figura 12. Sección típica en curva



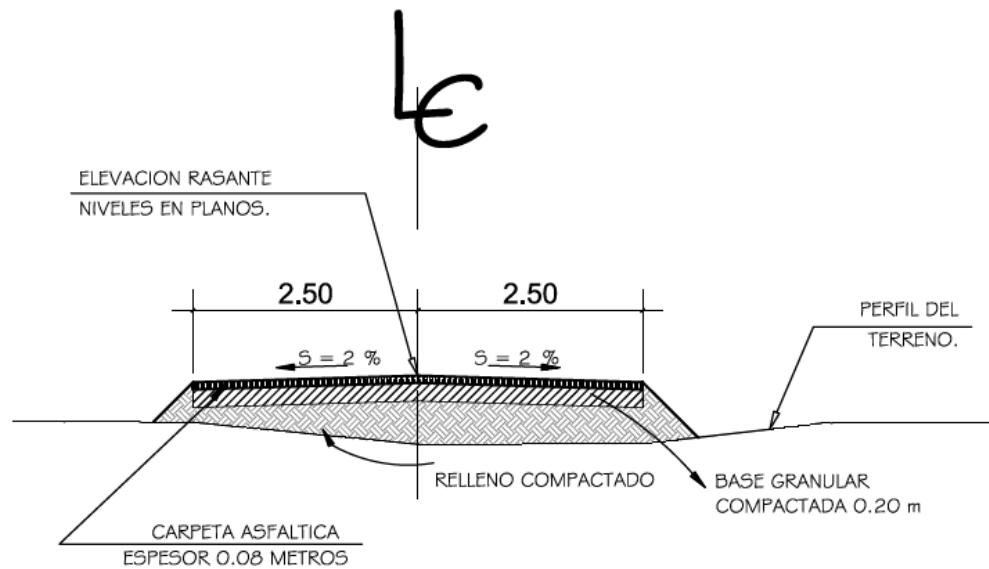
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

Figura 13. Sección típica en corte



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

Figura 14. Sección típica en relleno



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

2.3.2. Cálculo de áreas de secciones transversales

Una sección transversal está definida como un plano de corte vertical, sobre un alineamiento horizontal. En este se puede definir las dimensiones de elementos como superficie de rodadura, base, aceras, cunetas, taludes mostrando así con el terreno natural.

Se realiza por medio de identificación de polígonos cerrados, utilizando el método matricial (fórmula del área de Gauss).

$$A = \left| \frac{\sum X_i * Y_{j+1} - \sum Y_j * X_{i+1}}{2} \right|$$

Figura 15. Ejemplificación método matricial para cálculo de áreas

X	Y
x1	y1
x2	y2
xn	yn
xn+1	yn+1

Fuente: elaboración propia.

$$A = \left| \frac{(x_1 * y_2 + x_2 * y_n + x_n * y_{n+1}) - (y_1 * x_2 + y_2 * x_n + y_n * x_{n+1})}{2} \right|$$

2.3.3. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Luego de haber determinado las áreas en las secciones transversales, se procede al cálculo de volúmenes de tierra. Para ello es necesario suponer el camino en una serie de prismoides, tanto en corte como en relleno.

Entre dos estaciones el volumen es el de un prisma irregular, el área de sus bases es la medida en cada una de las estaciones y la altura del prisma es igual a la diferencia de las estaciones; esto sucede cuando en las estaciones consideradas sólo existe corte o solo relleno. La forma más rápida de calcular el volumen es con base en el producto de la semisuma de las áreas externas, por la distancia entre estaciones.

El volumen de un prisma está dado por la fórmula:

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

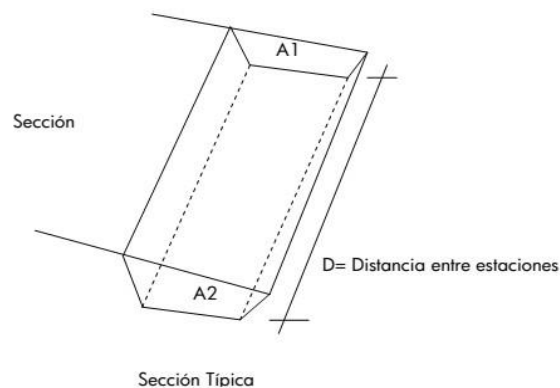
Donde

A1 = área superior de la estación

A2 = área inferior de la estación

D = distancia entre estaciones

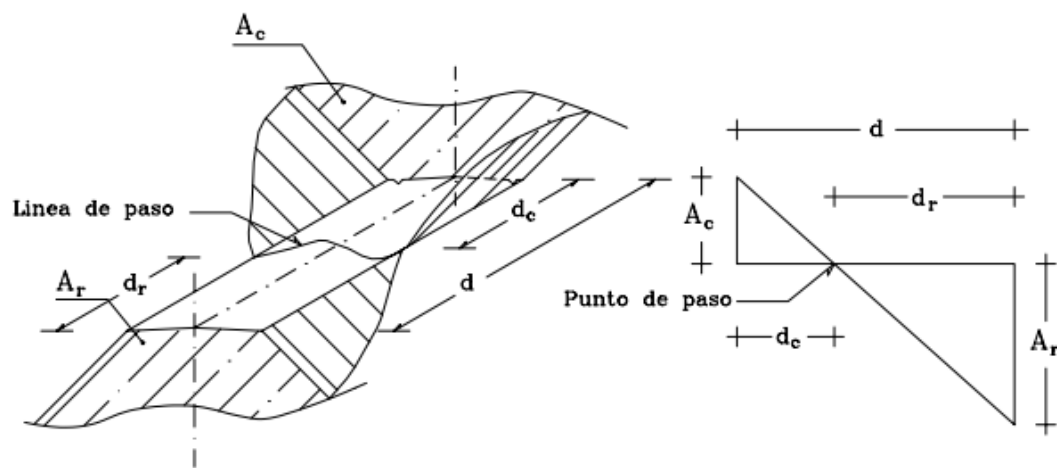
Figura 16. **Representación geométrica de cálculo de volúmenes de tierra con áreas iguales**



Fuente: CASTILLO ORDOÑEZ, Douglas Ardulfo. *Diseño de la carretera hacia el caserío Cecilar Chiquito, y puente vehicular colgante, aldea El Trapichillo, municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango.* p. 42

Cuando las áreas consecutivas son de diferente tipo se calcula una distancia de paso para determinar el volumen, y este se realiza de la siguiente manera.

Figura 17. **Representación geométrica de cálculo de volúmenes de tierra con áreas diferentes**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Topografía plana*. p. 26.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A_c y el de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno A_r y el de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$d_c = \frac{A_c}{A_c + A_r}; V_c = \frac{1}{2} * (A_c + A_o) * d_c$$

$$d_r = \frac{A_r}{A_c + A_r}; V_R = \frac{1}{2} * (A_c + A_o) * d_r$$

Donde

V_c, V_r = volumen de corte y de relleno en metros cúbicos

A_c, A_r = áreas de las secciones en corte y relleno en metros cuadrados

A_o = área de la sección en la línea de paso = 0

d_c, d_r = distancias de corte y relleno en metros

Para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D 2018.

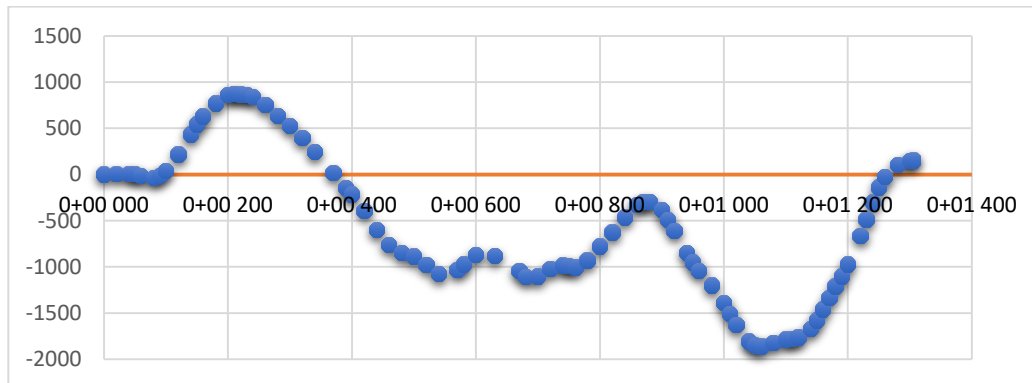
2.3.4. Balance

El balance se realiza con el fin de reutilizar el material extraído en corte para relleno. En este caso debido a la topografía del lugar, se obtuvo un sobrante de material, el cual se debe considerar para reubicarlo, y este a su vez quiere decir que existe más corte que relleno.

2.3.5. Diagrama de masas

Es un gráfico ploteado en el eje X o eje horizontal el caminamiento o recorrido, y en el eje vertical la suma acumulada de excavación y el relleno. Sirve para representar visualmente la siguiente información: las cantidades de material, las distancias de acarreo promedio (si existiera), las zonas balanceadas. Zonas balanceadas se denota como los tramos en donde la excavación es igual al relleno.

Figura 18. **Línea de balance de tramo**



Fuente: elaboración propia.

2.4. **Consideraciones de diseño en pavimentos**

En el diseño de losas de concreto para pavimentos rígidos se debe contemplar con mucho cuidado los componentes de la losa, si todos estos componentes son proporcionados de forma adecuada, el producto terminado resultará fuerte y durable. El concreto se produce por la interacción mecánica química de un gran número de materiales constituyentes.

Es vital saber las funciones de cada uno de estos materiales antes de concebir el concreto como producto terminado, el ingeniero deberá desarrollar la habilidad de seleccionar los materiales adecuados y proporcionarlos para obtener un concreto eficiente que satisfaga los requisitos de resistencia y condiciones de servicio.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de carga eje para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas

para un período de diseño de 25 años y contemplan un factor de seguridad de carga de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la base, para mejorar la estructura del pavimento rígido.

El éxito de un diseño de pavimento rígido se basa en un buen estudio de suelos, da como resultado la capacidad de absorber esfuerzo de deformación y valor soporte tanto de la subbase como los de la base, y así diseñar el espesor adecuado de la carpeta de rodadura del pavimento rígido para el lugar.

2.4.1. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento, se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno, una vez compactada, debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

2.4.2. Subbase

Es la primera capa del pavimento rígido, está constituida por una capa de material selecto o estabilizado según el estudio de suelos de un espesor compactado según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Las principales funciones de la subbase son:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base o en el caso de un pavimento rígido de la carpeta de rodadura.
- Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador, previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base hacia las cunetas, es importante que la subbase y la base en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas, para que drenen fácilmente el agua que aquellas elimina.

Tabla IV. **Espesores estimados de bases según su uso**

Tipo de base	Usos	Espesor (cm)
Granular	Carretera	10 – 15
Estabilizada	Carretera	10 – 15

Fuente: FIGUEROA RUANO, Rafael. *Diseño de pavimento rígido*. p. 29.

La capa de la subbase debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que forman y produzcan un material que llene los siguientes requisitos:

2.4.2.1. Valor soporte

El material debe tener un CBR según AASHTO T-193, mínimo de 30 % efectuado sobre una muestra saturada a 95 % de compactación según AASHTO T-180 o bien un valor de plasticidad según AASHTO T-90 de mayor a 50 %.

2.4.2.2. Piedras grandes y excesos de finos

El tamaño máximo de las piedras que contengan material de subbase no debe de exceder de 7 centímetros, el material de subbase no debe tener más del 50 % en peso de partículas que pasen el tamiz número 200 (0,075 mm).

2.4.2.3. Plasticidad y cohesión

Debe tener las características siguientes: la porción que pasa el tamiz número 40 (0,425 mm), no debe tener un índice de plasticidad según AASHTO T-90 mayor a 6. En el límite según AASHTO T-89 mayor de 25, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo según AASHTO T-146. Cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor a 8.

La capa de subbase será de 0,20 metros de espesor, según lo calculado por el método simplificado PCA.

2.4.3. Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito, se coloca encima de la base cuando es un pavimento flexible y muchas veces

sobre la subbase cuando es un pavimento rígido y está formada por una mezcla bituminosa si el pavimento es flexible, o por una losa de concreto hidráulico de cemento Portland si es pavimento rígido, y por adoquines si es un pavimento semiflexible.

2.5. Diseño de la carpeta de rodadura

Dentro del diseño del pavimento rígido se busca determinar primero el espesor de la estructura basado en el volumen de tránsito que soportará, así como las propiedades de los materiales que se utilizaran y el periodo de diseño a la que se quiere que sirva.

2.5.1. Método PCA (Portland Cement Association)

La PCA proporciona tablas y ayudas de diseño para el caso en el cual no se cuente con aforos vehiculares. Se debe seleccionar los parámetros con los cuales se tenga que tratar, ya que, por falta de criterio de selección, puede dar origen a una subevaluación del pavimento por construir.

Los pasos para diseñar son los siguientes:

- Determinar el tipo de categoría de eje carga, según la descripción de la carretera.
- Diseñar la base en función del tipo de subrasante, evaluando el CBR del material.
- Diseñar la carpeta de rodadura en función del tipo de soporte dado por la subrasante y base.

Dado a las condiciones que se encuentra el tramo carretero que se pavimentara se procede a clasificar mediante la figura 19.

Figura 19. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categorías de tráfico en función de cargas por eje						
Categoría de ejes	Descripción	TPDA	Tráfico			
			TPDD		Carga máxima por eje	
Cargados			%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, Caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1-3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos*), Arterias principales y caminos principales (bajos*)	700 - 5,000	5-18	40 - 1,000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 carriles 3,000 - 50,000 4 carriles	8-30	500 - 1,000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a altos*)	3,000 - 20,000 en 2 carriles 3,000 - 150,000+ 4 carriles o mas	8-30	1,500 - 8,000+	34	60

*La descripción de bajo, medio y alto corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino; es decir, "bajo" para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de "bajo" para un camino secundario.

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

Para este proyecto se determinó un período de diseño de 25 años, se realizó un conteo de vehículos el 22 de marzo de 2018, el cual dio como resultado un TPD de 178 vehículos con una tasa de crecimiento de 3,5 %. La cual puede analizarse teniendo como referencia los datos del Censo de población y habitación realizado en el 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) lo cual proyectando el tránsito da como resultado 421 vehículos.

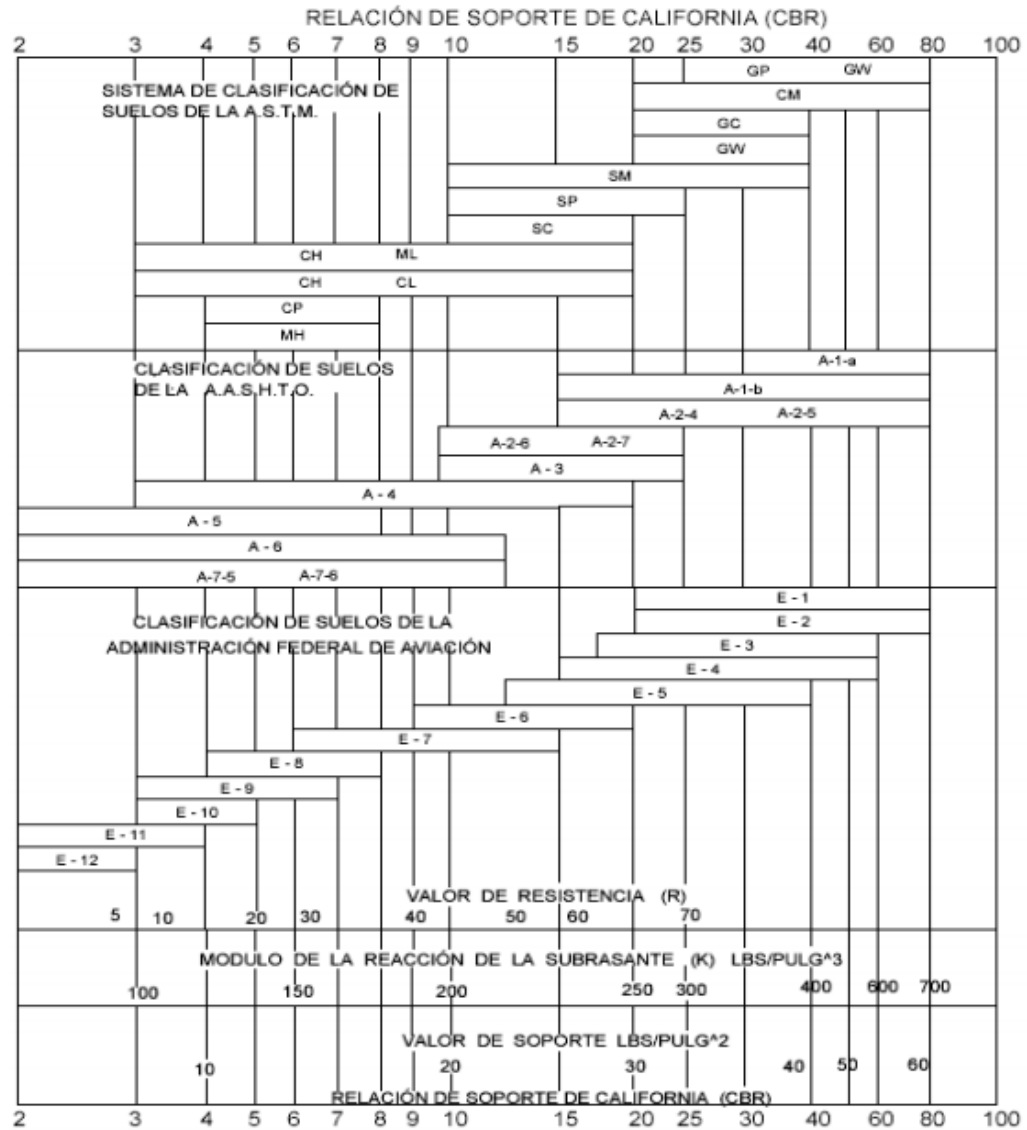
Tomando la categoría por eje núm. 1 se tiene un porcentaje de tránsito promedio pesado diario (TPPD) de 2 %, lo cual da como resultado:

$$421 * 2 \% = TPPD = 9 \text{ veh\u00edculos}$$

Para dise\u00f1ar el espesor de la base, primero se procede a determinar qu\u00e9 valor de k de la subrasante, la cual se determina por medio del esquema mostrado en la figura 20, utilizando los resultados del ensayo de CBR (ver ap\u00e9ndice 1). Seg\u00fan los ensayos de laboratorio se logr\u00f3 determinar un CBR de 26,00% al 95,00 % de compactaci\u00f3n como lo especifica la Direcci\u00f3n General de Caminos.

Mediante la figura 20 se logr\u00f3 definir $k = 7,47 \text{ kg/cm}^3$ o $370 \text{ libra/pulgada}^3$, confirmando que s\u00ed es una subrasante aceptable mediante a la siguiente figura 21.

Figura 20. Módulo de reacción de subrasante K



Fuente: LONDOÑO, Cipriano, *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto*. p. 13.

Figura 21. **Clasificación de subrasante mediante valor K**

Categoría Subrasante	Clasificación U.S.C.S.	Clasificación AASHTO	CBR (%)	K (kg/cm ³)
a.) Muy buena	GW, GP, GM, GC	A1-a, A1-b	> 25	> 8
b.) Buena	SC - SM	A2-6, A2-7	6 a 25	4 a 8
c.) Deficiente	ML, CL, MH, CH, OH, OL	A-5, A-6, A7-5, A7-6	2 a 6	2 a 4

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y la construcción de pavimentos rígidos*. p 17.

Se define como una subrasante buena debido a su valor k. Se procede a definir el espesor de la base mediante a la tabla V.

Tabla VI. **Espesor de capa de base**

Valor k de la subrasante Pci	Valor k de la base, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430
400	420	430	470	540
500	520	530	570	650

Fuente: *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*, Portland Cement Association. p. 36.

Se propone una base de 6 pulgadas (15 centímetros) de espesor, lo cual brinda un nuevo valor k de 270 libra/pulgada³. Se procede a determinar el tipo de soporte que se utilizará para el soporte de la carpeta de rodadura mediante a la tabla VII.

Tabla VII. **Tipo de soporte**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción (kg/cm³)
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2,0 – 3,35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3,6 – 4,7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5,0 – 6,0
Bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6,9 – 11,0

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149.

Dado a que el módulo de reacción aproximado es de 7,47 kilogramos sobre centímetro cúbico, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla VII es muy alto, debido a esto y que la finalidad principal de la base es evitar el efecto del bombeo de finos, no es necesario ni tampoco económico utilizar bases gruesas. El espesor de la base es de 10 centímetros.

Se procede a calcular el espesor de la losa de concreto hidráulico utilizando tabla VIII, habiendo calculado un TPPD de 9, se utilizará un bordillo prefabricado, por lo cual se define sin acotamiento debido a que no cumple ninguna función estructural para el pavimento, se estima un módulo de ruptura del concreto de 42 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

Figura 22. **Espesor de losa de concreto según el TPPD permisible**

Tabla 10.12 TPPD permisible*, categoría de carga por eje N° 1 pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesitan pasajuntas)								
Sin acotamiento ni guarnición					Acotamiento o guarnición			
Espesor de losa cm	Apoyo del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa, cm	Apoyo del terreno natural o de sub-base			
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto	
MR = 46 kg/cm ²				10.0		0.2	0.9	
	11.5			11.5	2	8	25	
	12.5	0.1	0.8	12.5	30	130	330	
	14.0	3	15	14.5	320			
	15.0	40	160					
16.5	330							
MR=42 kg/cm ²	12.5		0.1	10.0				0.1
	14.0	0.5	3	11.5	0.2	1	5	
	15.0	8	36	12.5	6	27	75	
	16.5	76	300	14.5	73	290	730	
	17.8	520		15.0	610			
MR=39 kg/cm ²	14.0	0.1	0.3	11.5		0.2	0.6	
	15.0	1	6	12.5	0.8	4	13	
	16.5	13	60	14.0	13	57	150	
	17.8	110	400	15.0	130	480		
	19.0	620						

Nota: El diseño controla el análisis por fatiga

Nota: Una fracción del TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick-ups, pero sólo pocos vehículos pesados por semana (TPPD de 0.3 x 7 días indica dos camiones pesados por semana)

*TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

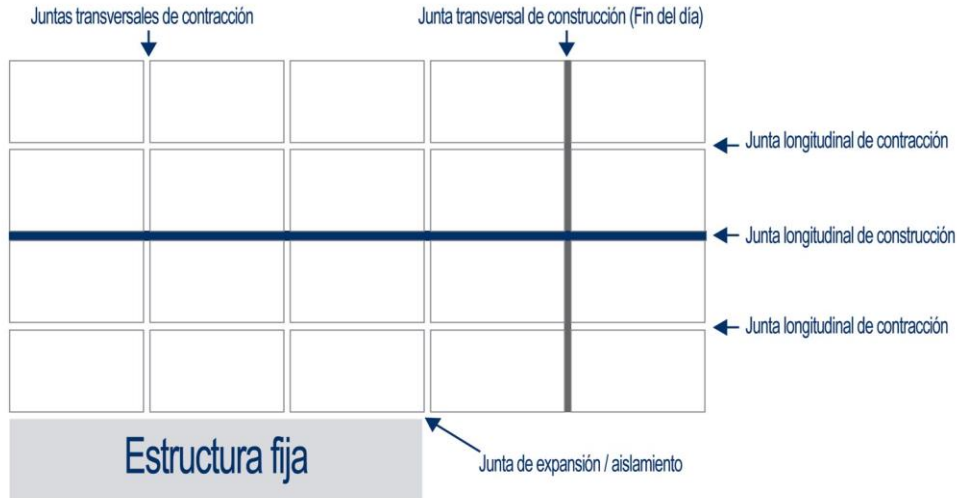
Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos*. p. 149.

Se observa que el espesor de losa que resistirá un TPPD de 9 estimado para el proyecto, corresponde a 15 cm el cual tiene un TPPD permisible de 98 según tabla VIII. Se utilizará una capa de espesor de 6 pulgadas por efectos de redondeo.

2.5.2. Diseño de juntas

Las juntas tienen como objetivo el control y disipación de esfuerzo en losas de concreto causados por contracción y expansión en presencia de cambios en la temperatura y humedad de las losas.

Figura 23. Tipos de juntas



Fuente: *Pavimentos de concreto*. <http://www.unicon.com.pe/principal/noticias/noticia/uniconsejos-tipos-de-juntas-en-pavimentos-de-concreto/196>. Consulta: junio de 2018.

- Juntas transversales de contracción

Son juntas las cuales son construidas transversalmente a la línea central y espaciadas, sirven para controlar el agrietamiento por los esfuerzos causados por contracción o encogimiento de los cambios de humedad o temperatura. Son juntas que están orientadas en ángulos rectos a la línea central y al borde de los carriles o franjas del pavimento.

Para calcular dichas juntas se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$S = F * D$$

Donde

S = espaciamiento de las juntas

F = factor de fricción entre la base y la losa de concreto, este factor se puede tomar en un rango de (21-24).

Se debe considerar que la separación entre juntas transversales no debe ser mayor de 5 metros.

Estas juntas son formadas por medio de discos de diamante, es necesario contar con buena mano de obra para permitir una superficie suave. Se deben formar cuando el concreto tiene cierto grado de endurecimiento. El corte debe ser como mínimo de 1/3 del espesor de la losa (D/3) y su ancho debe ser como mínimo de 3 milímetros.

$$S = 21 * 0,17 = 3,57$$

De acuerdo a recomendaciones de la PCA la separación entre juntas transversales no debe de ser mayor a 6.10 metros. Se utilizará un espaciamiento de 3,5 por motivos de simetría con una profundidad de 6 cm.

- Juntas transversales de construcción

Las juntas transversales de construcción son juntas, planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día, o cuando surge cualquier interrupción de la colocación.

- Juntas longitudinales de contracción

Este tipo de juntas son paralelas al eje longitudinal del pavimento, son las que determinan el ancho de los carriles y son utilizadas para evitar los agrietamientos longitudinales causados por los efectos de las cargas del tránsito y el alabeo de las losas, siendo el alabeo un pandeo de la losa causado por los cambios de temperatura y humedad.

La formación de esta junta debe realizarse haciendo una abertura de un cuarto del espesor de la losa como mínimo ($D/4$). La separación máxima de estas juntas es de 3,8 metros.

Para este proyecto se tiene en promedio un ancho de carril de 5 metros, las juntas longitudinales serán colocadas al centro de la carretera, por lo cual dichas juntas quedarán a una separación de 2,5 metros y una ranura de 0,04 m de profundidad. La relación entre largo y ancho de los tableros debe ser:

$$0,71 < \frac{x}{y} < 1,40$$

$$0,71 < \frac{2,5}{2,5} < 1,40$$

- Juntas de aislamiento o expansión

Este tipo de juntas son utilizadas para evitar desplazamientos verticales y horizontales entre el pavimento y otra estructura, sin que el pavimento sea dañado o la estructura.

El ancho de estas juntas debe ser de 12 a 25 milímetros. Dicha abertura debe ser rellena con un material no absorbente ni reactivo.

- Sellado de juntas

Son utilizadas para minimizar la filtración de agua superficial dentro de las juntas y las capas subyacentes, así como la entrada de materiales incompresibles que puedan ocasionar daños mayores. Este proceso consiste en el aserrado de la losa, entre 2 y 4 horas después de su colocación.

El sello debe comprimirse entre el 20 y el 50 % de su ancho nominal al insertarlo en la junta y el tope del mismo debe quedar a unos 6 mm debajo de la superficie del pavimento. Se debe aplicar el sellador con cuidado, removiendo de inmediato cualquier derrame y limpiando la superficie del pavimento. El sello debe ser premoldeado elastomérico de policloropreno que cumpla con la Norma AASHTO M 220 (ASTM D 2628).

2.5.3. Diseño de mezcla

Es un proceso en el cual consiste de pasos tales como: selección de elementos (cemento, agregados, agua y aditivos), determinación de sus cantidades relativas o proporcionamiento, a fin de producir concreto de trabajabilidad, durabilidad y con la resistencia necesaria para el proyecto.

- Selección de asentamiento

Es la propiedad del concreto fresco el cual indica con qué facilidad puede ser mezclado, manejado, transportado y que tan trabajable es. El grado de trabajabilidad apropiada para cada elemento depende del tamaño y su forma.

Tabla VIII. **Asentamientos recomendados**

TIPO DE ESTRUCTURA ASENTAMIENTO	
Cimientos, muros reforzados y vigas	12 cm.
Paredes reforzadas y columnas	10 cm.
Pavimentos y losas	8 cm.
Concreto masivo	5 cm.

Fuente: Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes para la ciudad de Guatemala.* p. 45.

Para este caso se utilizó un revenimiento máximo de 8 centímetros.

- Selección de tamaño máximo nominal de agregado

La cantidad de agua que se requiere para producir un determinado revenimiento depende del tamaño máximo, forma y granulometría de los agregados, temperatura del concreto, cantidad de aire incluido y el uso de aditivos.

El tamaño máximo del agregado se puede calcular mediante las siguientes relaciones: $1/5$ del ancho del elemento o $3/4$ del espaciamiento entre varillas o $1/3$ del espesor de losa. Para este proyecto se calculó $1/3$ del espesor de losa lo cual dio como resultado 2,00 pulgadas, se tomará un tamaño máximo de 1 pulgada, ya que es el mayor tamaño disponible en los materiales de la municipalidad.

- Resistencia de diseño

La resistencia especificada es de 280 kg/cm², con un agregado de 1”.

- Relación agua - asentamiento

Figura 24. **Relación agua - asentamiento**

Asentamientos En centímetros	Cantidad de agua lt/metro cúbico				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes para la ciudad de Guatemala.* p. 45.

Con los datos de asentamiento y tamaño de agregado, se obtiene la cantidad de agua, que es 195 lt/m³. Se procede a buscar en la figura 25 la relación A/C para una resistencia de 280 kg/cm² y así hallar la cantidad de cemento.

- Estimación de la relación de agua/cemento.

Figura 25. **Contenido de agua recomendados**

Resistencia	Relación
Kg/cm ²	A/C
280	0,45
246	0,47
210	0,5
176	0,54

Fuente: Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes para la ciudad de Guatemala.* p. 45.

De la tabla XXII se determina una relación A/C = 0,45 para encontrar la cantidad de materiales.

- Contenido de cemento

Este valor se obtiene mediante la relación agua/cemento y el peso del agua.

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{cantidad de agua}}{\text{relación agua - cemento}}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{195 \text{ kilogramos}}{0,45} = 433,33 \text{ kg/m}^3$$

El cual da como resultado una cantidad de cemento de 433,33 kg/m³.

- Determinar el peso de los agregados

Peso de concreto es de 2 400 kg/m³

$$\text{Peso de agregados} = \text{Peso de concreto} - (\text{Peso de cemento} + \text{Peso de agua})$$

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (433,33 + 195) = 1\,771,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Con la tabla de porcentajes de agregados, se obtiene el porcentaje de arena, para el agregado grueso de 1”.

Figura 26. **Porcentaje de agregado fino**

Tamaño máximo agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

Fuente: *material de apoyo del curso de Materiales de Construcción.*

Se definió un porcentaje de arena total de 42 % del agregado total.

- **Peso del agregado fino**

$$\text{Peso de agregado fino} = \text{Peso total de agregados} * 42 \%$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 1\,771,67 * 42 \% = 744,10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para este proyecto se utilizarán 744,10 kilogramos de agregado fino.

- **Peso volumétrico del agregado fino**

Consiste en restar los pesos de agua, cemento y agregado fino del total del peso volumétrico del concreto.

$$\text{Agregado grueso} = \text{peso de concreto} - \text{cemento} - \text{agua} - \text{ag. fino}$$

$$\text{Agregado fino} = 2\,400 - 433,33 - 195 - 744,10 = 1\,027,57 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Es necesario 1 027,57 kg de agregado fino por cada metro cúbico de concreto, con un tamaño máximo de 1 pulgada.

- Resumen de datos obtenidos

Agua = 195 lt/m³

Cemento = 433,33 kg/m³

Arena = 744,10 kg/m³

Piedrín = 1 027,57 kg/m³

- Proporciónamiento de mezcla por peso.

$$\text{Cemento} = \frac{433,33}{433,33} = 1$$

$$\text{Ag. Fino} = \frac{744,10}{433,33} = 1,72$$

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{1\,027,57}{433,33} = 2,37$$

El proporciónamiento del concreto es: 1: 1,7: 2,4.

- Proporciónamiento de mezcla metro cúbico.

$$\text{Cemento} = \frac{433,33 \text{ kg}}{42,5 \frac{\text{kg}}{\text{Saco}}} = 10 \text{ sacos de un } \text{ft}^3 \text{ cada uno}$$

$$Ag. Fino = \frac{744,10 \text{ kg}}{\text{Peso volumétrico ag. fino}}$$

$$Ag. Fino = \frac{744,10 \text{ kg}}{1\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,53 \text{ m}^3$$

$$Ag. Grueso = \frac{1\,027,57 \text{ kg}}{\text{Peso volumétrico ag. grueso}}$$

$$Ag. Grueso = \frac{1\,027,57 \text{ kg}}{1\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,64 \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos se procede a calcular proporción.

$$1\text{ft}^3 = 0,028 \text{ m}^3 * 10 = 0,27 \text{ m}^3 \text{ relación: } 0,27/0,27 - 0,53/0,27 - 0,64/0,27$$

De esta manera la proporción sería en volumen de 1: 2,1: 2,5 esperando una resistencia de 280 kg/cm² a los 28 días de la colocación.

2.6. Diseño de drenajes

La ubicación de los drenajes longitudinales como transversales se hizo de acuerdo a las condiciones de la carretera. En pendientes fuertes las cunetas serán protegidas contra la erosión, provocadas por la velocidad del agua.

En este diseño los drenajes transversales son existentes, lo que, por medio de comprobación de cálculo, se verificó si son eficientes para lo requerido.

2.6.1. Cálculo hidrológico

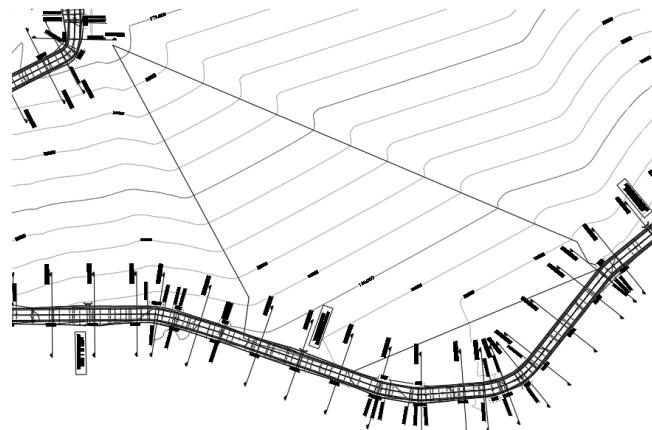
El cálculo hidrológico es muy importante en un diseño de carretera, ya sea mejoramiento o apertura de brecha, debido a que el agua es uno de los factores que más contribuyen a la vida útil de una carretera, ya que es un parámetro que puede afectar directamente a la estructura y al funcionamiento.

2.6.2. Drenajes transversales

La fase más importante de los drenajes transversales es determinar el diámetro correcto de la tubería para evacuar toda el agua sin dañar la capa de rodadura de la carretera debido a que en el proyecto ya existen los drenajes transversales, se calculara el drenaje transversal más crítico.

El drenaje más crítico será seleccionado por medio de los parámetros de cálculo, como el área tributaria más grade, debido a que todos tienen el mismo diámetro.

Figura 27. **Delimitación de área a drenar en la sección crítica de carretera**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

El área tributaria en la sección típica de carretera fue analizada a través el software AutoCAD Civil 3D 2014, en el análisis de áreas de captación de lluvia: catchment area, ground data, con la cual se delimita la microcuenca de 0,46 hectáreas generada por las curvas de nivel creada por medio de topografía.

La intensidad de lluvia se determina con la ecuación $I = A/(B+tc)n$; donde, B y n son parámetros estadísticos proporcionados por el Departamento de Investigación y Servicios Hídricos del INSIVUMEH; para la estación meteorológica de Guatemala María Linda los parámetros de ajuste se muestran a continuación:

Figura 28. **Parámetros A, B y n para período de retorno T=2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años de la estación meteorológica INSIVUMEH**

INSIVUMEH								
A	1,970	7,997	1,345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0,958	1,161	0,791	0,637	0,656	0,65	0,66	0,649
R2	0,989	0,991	0,982	0,981	0,973	0,973	0,981	0,981

Fuente: INSIVUMEH. *Estudio de intensidad de precipitación de la República de Guatemala*. p. 5.

El tiempo de concentración en microcuencas generalmente se considera de 12 minutos. En cuencas grandes debe hacerse un análisis considerando la pendiente promedio de la cuenca y la velocidad de la partícula de agua:

$$tc = \left(\frac{0,86 * L^3}{H} \right)^{0,385} * 60$$

Donde

t_c = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce principal

H = diferencia de elevaciones entre los puntos extremos del cauce

Para un período de retorno de 25 años y un tiempo de concentración 12 minutos los parámetros de ajuste son $A = 820$, $B = 2$, $n = 0,656$:

$$I = \frac{820}{(12 + 2)^{0,656}} = 145,19 \text{ mm/h}$$

Para estimar caudales por el método racional se emplea la expresión:

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

Donde:

Q = caudal en m^3/s

C = coeficiente de escorrentía = 0,30

I = intensidad de lluvia en mm/h

A = área en hectáreas = 0,46 Ha

$$Q_{dis} = \frac{0,30 * 145,19 * 0,46}{360} = 0,056 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Condiciones de diseño:

- S = 3 %
- Lleno al 90 %
- d = 36" (diámetro de tubería existente a verificar)
- Velocidad y caudal a sección llena (utilizando la ecuación de Manning):

$$V = \frac{0,03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{0,03429 * (36)^{\frac{2}{3}} * 0,03^{\frac{1}{2}}}{0,014} = 4,63m/s$$

$$Q = V * A = (4,63) * \left(\frac{\pi}{4} * (36 * 0,0254)^2\right) = 3,04m^3/s$$

- Relaciones hidráulicas

$$\frac{Q_{diseño}}{Q_{sección\ llena}} = \frac{0,056}{3,04} = 0,018$$

$$\frac{v}{V} = v = 0,3883V \quad v = 0,3883(4,63)$$

$$v = 1,80m/s \quad v < 5m/s \text{ ok}$$

$$\frac{d}{D} = 0,89 < 0,9 \text{ ok}$$

El tirante hidráulico está comprendido entre 0,10 y 0,90, debido a que se calculó el drenaje transversal más crítico, todos los drenajes existentes cumplen con los requerimientos del diseño.

2.6.3. Drenajes longitudinales

El drenaje longitudinal se toma como base las pendientes de diseño de subrasante y perfil existente, así como los cursos de agua natural y fondos de cuenca que necesariamente interceptan la ruta, se recomienda construir cunetas tipo triangular de terrenos naturales y cunetas revestidas en pendientes mayores a 10 %.

- Cálculo de cunetas

Para evitar que la carretera se deteriore como consecuencia de la escorrentía provocada por las precipitaciones, se presente el cálculo a continuación:

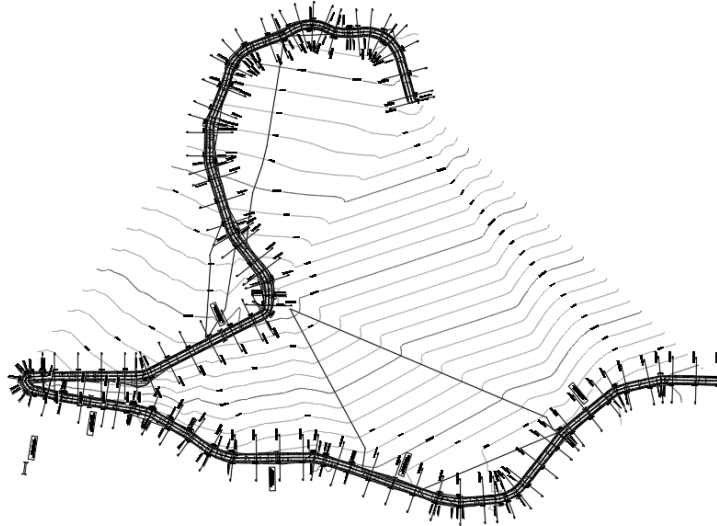
$$\text{Área} = 41\,085,83 \text{ m}^2 = 4,10 \text{ Ha}$$

$$C = 0,30$$

$$I = 145,19 \text{ mm/h}$$

El área tributaria que aporta a la cuneta fue analizada a través del software AutoCAD Civil 3D 2018 en el análisis de áreas de captación de lluvia: *catchment area, ground data*, con la cual se delimita la región de terreno generada por las curvas de nivel de la topografía hecha.

Figura 29. Delimitación del área tributaria para el cálculo de cunetas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

Para estimar los caudales por el método racional, se emplea la siguiente expresión:

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

Donde:

Q = caudal en m³/s

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mm/h

A = área en hectáreas

$$Q = \frac{0,30 * 114,19 * 4,10}{360}$$

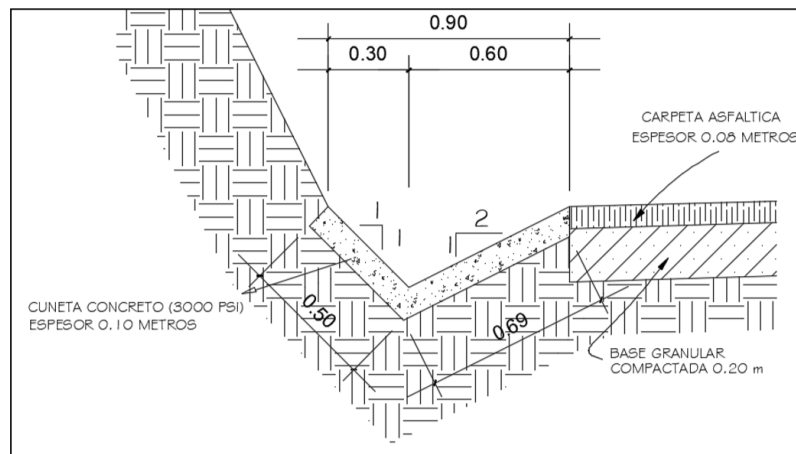
$$Q_{escorrentia} = 0,39 \frac{m^3}{s}$$

- Condiciones de diseño:

$$S = \frac{1031,48 - 1016,15}{251,96} = 0,06$$

Lleno al 70 %

Figura 30. **Sección transversal propuesta de las cunetas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

- Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$A = \left(\frac{1}{2}\right) * (0,90 * 0,21) = 0,0945m^2$$

$$P = 0,297 + 0,4696 = 0,76m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,0945}{0,76} = 0,124$$

- Usando la ecuación de Manning

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) * A * R^2 * S^1$$

$$Q = \left(\frac{1}{0,015}\right) * 0,0945 * 0,124^2 * 0,06^1$$

$$Q_{70\%} = 0,384 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{70\%} > Q_{\text{escorrentia}}$$

$$0,39 \text{ m}^3/\text{s} \approx Q_{\text{escorrentia}}$$

$$0,39 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0,384 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conclusión: el área de la cuneta propuesta con las dimensiones indicadas, es suficiente para transportar el caudal de diseño. Aún siendo similares los valores es muy poco probable que se llegue a esta condición.

2.7. Elaboración de planos y detalles

Los planos y detalles son de mucha importancia, debido a que con ello se puede cuantificar tanto los costos de construcción, como los tiempos de

duración (cronogramas), una correcta elaboración de planos permite evitar atrasos e imprevistos en la planificación y construcción.

2.8. Presupuesto

Se elaboró el presupuesto con base en la distribución de renglones de trabajo y mediante el cálculo de precio unitarios.

2.8.1. Integración P.U.

Los precios unitarios sirven para visualizar de una forma amplia y específica los trabajos que conlleva cada renglón, aunque puede variar la estructura, los precios unitarios indican los materiales a utilizar, la mano de obra, la maquinaria, y los porcentajes cuantificados según la empresa, así como los impuestos.

Figura 31. Unitario renglón 1.1 trazo y nivelación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



REGLÓN:	TRAZO Y NIVELACIÓN	PRECIO UNITARIO:		PAVIMENTACIÓN HACIA EL SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS, AMATITLÁN, GUATEMALA	
1,1		Q 34 669,53		UBICACIÓN: AMATITLÁN	
CANTIDAD:	1,31	Q 34 669,53		FECHA: FEBRERO 2019	
UNIDAD DE MEDIDA:	KM				
DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO	
MATERIALES					
ESTACAS	73,00	unidad	Q 70,00	Q 5 110,00	
CLAVO DE 3 PLG	16,00	libra	Q 15,00	Q 240,00	
PINTURA DE ACEITE	10,50	galón	Q 10,00	Q 105,00	
SEÑALIZACIÓN	1,00	global	Q 1 100,00	Q 1 100,00	
total materiales con iva				Q 6 555,00	
total materiales sin iva				Q 5 852,68	
MANO DE OBRA:					
TRAZO	5,00	día	Q 600,00	Q 3 000,00	
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	5,00	día	Q 900,00	Q 4 500,00	
ENCARGADO	5,00	día	Q 250,00	Q 1 250,00	
SUPERVISOR	2,00	día	Q 450,00	Q 900,00	
AYUDANTE (MANO DE OBRA INDIRECTA)	1,00	global	50 %	Q 4 825,00	
PRESTACIONES	1,00	global	12 %	Q 1 737,00	
total mano de obra				Q 16 212,00	
MAQUINARIA Y EQUIPO					
herramienta (5 % del costo de materiales)			5%	Q 292,63	
EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	5,00	día	Q 1 200,00	Q 6 000,00	
COSTO TOTAL MAQUINARIA				Q 6 292,63	
COSTO TOTAL DIRECTO				Q 28 357,31	
IMPREVISTOS:			5 %	Q 1 417,87	
ADMINISTRACIÓN			23 %	Q 6 522,18	
UTILIDAD			15 %	Q 4 253,60	
PRECIO				Q 40 550,96	
IVA (12 %)			12 %	Q 4 866,12	
REDONDEO POR APROX:				Q -	
PRECIO TOTAL DEL REGLÓN				Q 45 417,08	
PRECIO UNITARIO:				Q 34 669,53	

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Unitario renglón 2.1 excavación no clasificada

RENGLÓN:	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	PRECIO UNITARIO:	PAVIMENTACIÓN HACIA EL SECTOR EL MANANTIAL, ALDEA AGUA DE LAS MINAS, AMATITLÁN, GUATEMALA		
2,1			UBICACIÓN: AMATITLÁN		
CANTIDAD:	1 613,16	Q 227,74	FECHA: FEBRERO 2018		
UNIDAD DE MEDIDA:	M3				
DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO	
MATERIALES					
-				Q	-
-				Q	-
-				Q	-
-				Q	-
TOTAL MATERIALES CON IVA				Q	-
TOTAL MATERIALES SIN IVA				Q	-
MANO DE OBRA:					
ENCARGADO	4,00	día	Q 250,00	Q	1 000,00
SUPERVISOR	2,00	día	Q 450,00	Q	900,00
-				Q	-
-				Q	-
-				Q	-
-				Q	-
AYUDANTE (MANO DE OBRA INDIRECTA)	1,00	global	50 %	Q	950,00
PRESTACIONES	1,00	global	12 %	Q	342,00
TOTAL MANO DE OBRA				Q	3 192,00
MAQUINARIA Y EQUIPO					
RETROEXCAVADORA	30,00	hora	Q 300,00	Q	9 000,00
CAMIÓN DE VOLTEO 12M3	175,00	viaje	Q 100,00	Q	17 500,00
MOTONIVELADORA 14H	80,00	hora	Q 600,00	Q	48 000,00
RETROEXCAVADORA	140,00	hora	Q 350,00	Q	49 000,00
CAMIÓN DE VOLTEO 12M3	1 027,00	viaje	Q 100,00	Q	102 700,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA				Q	226 200,00
COSTO TOTAL DIRECTO				Q	229 392,00
IMPREVISTOS:			5 %	Q	11 469,60
ADMINISTRACIÓN			23 %	Q	52 760,16
UTILIDAD			15 %	Q	34 408,80
PRECIO				Q	328 030,56
IVA (12%)			12%	Q	39 363,67
REDONDEO POR APROX:				-Q	15,40
PRECIO TOTAL DEL RENGLÓN				Q	367 378,83
PRECIO UNITARIO:				Q	227,74

Fuente: elaboración propia.

2.8.2. Resumen de presupuesto

A continuación, se presenta el resumen del presupuesto de la pavimentación.

Figura 33. Resumen de presupuesto

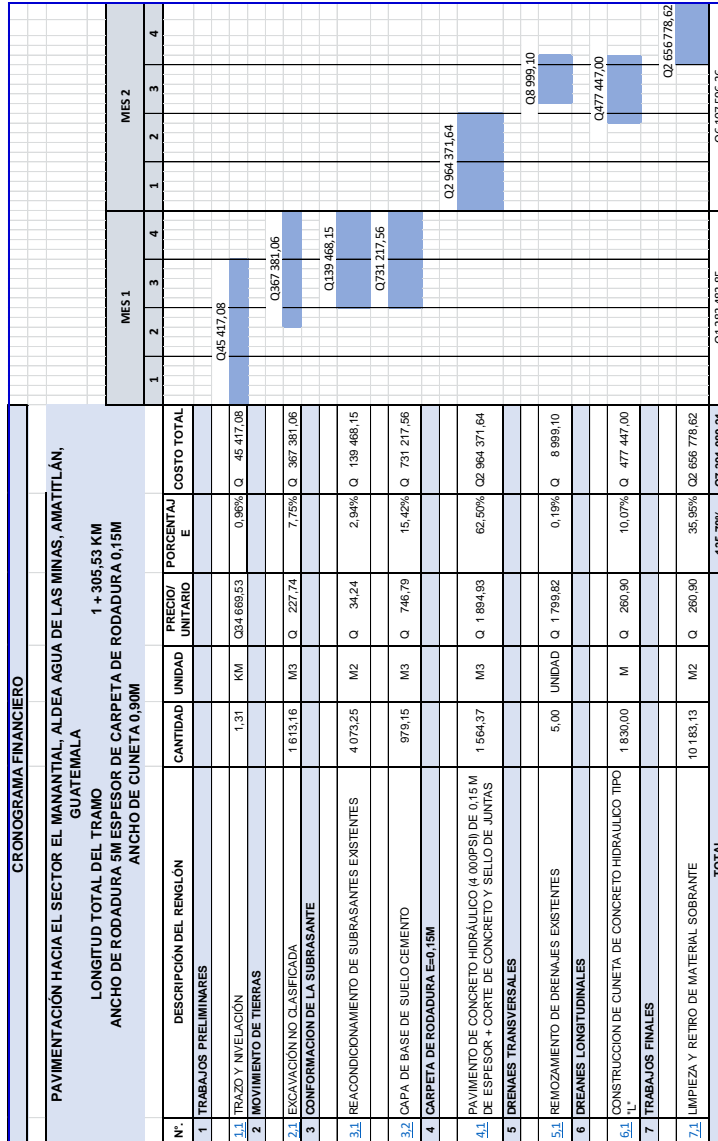
No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1.00 TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	Trazo y nivelación	km	1,31	Q 34 669,53	Q 45 243,74
SUB TOTAL					Q 45 243,74
2.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.01	Excavación no clasificada	m3	1613,16	Q 227,74	Q 367 381,06
SUB TOTAL					Q 367 381,06
3.00 CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE					
3.01	Reacondicionamiento de sub-rasantes existentes	m2	4073,25	Q 34,24	Q 139 468,15
3.02	Conformación de Base estabilizada material selecto espesor de 0.10 m	m3	979,15	Q 746,79	Q 731 217,56
SUB TOTAL					Q 870 685,71
4.00 CARPETA DE RODADURA E=0.15M					
4.01	Pavimento de concreto hidráulico (4000 PSI) de 0.15m de espesor + corte de concreto y sello de juntas	m3	1 564,37	Q 1 894,93	Q 2 964 371,64
SUB TOTAL					Q 2 964 371,64
5.00 DRENAES TRANSVERSALES					
5.01	Remozamiento de drenajes existentes	UNIDAD	5,00	Q 1 799,82	Q 8 999,10
SUB TOTAL					Q 8 999,10
6.00 DRENAJES LONGITUDINALES					
6.01	Construcción de cuneta de concreto hidráulico tipo "L"	M	1 830,00	Q 260,90	Q 477 447,00
SUB TOTAL					Q 477 447,00
7.00 TRABAJOS FINALES					
7.01	Limpieza y retiro de material sobrante	M2	10183,13	Q 0,83	Q 8 452,00
SUB TOTAL					Q 8 452,00
COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO					Q 4 742 580,25

Presupuesto realizado por: Sergio Renato Castillo Echeverría	En letras:	Cuatro Millones Setecientos Cuarenta y Dos Mil Quinientos Ocho con Veinticinco Centavos
--	------------	---

Elaboración Propia

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Cronograma financiero, pavimentación rígida



Fuente: elaboración propia.

2.10. Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento

Para dar inicio a los trabajos de construcción de las losas de concreto, debe someterse a prueba el procedimiento, maquinaria, equipos y materiales que utilizará en las operaciones necesarias. Todas las mezcladoras deben ser diseñadas de forma que aseguren una distribución uniforme de los materiales. No debe usarse ninguna mezcladora cuya capacidad indicada sea inferior a la carga de un saco. Asimismo, debe contar con un accesorio que cierre automáticamente el dispositivo de carga, con el fin de evitar que la mezcladora se vacíe antes de que los materiales hayan sido mezclados durante el tiempo mínimo especificado.

Las losas de concreto deben ser construidas sobre las superficies previamente preparadas de conformidad con las siguientes especificaciones técnicas:

- Cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta se produzcan baches o presiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto.
- Se llenan con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada o mortero.
- Se conforma y compacta el material con compactadora mecánica de operación manual, efectuándose el control de compactación conforme a lo establecido en los planos.

- Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.
- Después de pasar el equipo vibra terminador, debe ejecutarse un alisado longitudinal por medio de un flotador o niveladora maniobrada con un movimiento de uno a otro lado de la losa.
- Para el acabado final, se utiliza una escoba colocada en dirección transversal y operada con un movimiento rápido de uno a otro lado de losa. El acabado final debe ejecutarse antes del endurecimiento, y en los bordes, el acabado debe ser igual al de la superficie.
- Posteriormente, se aplica algún tipo de curador patentado o en su defecto agua, con el objeto de evitar un fraguado brusco del concreto.

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio de 280 Kg/cm³ (4 000 lbs/plg²) a los 28 días de haberse fundido. La resistencia del concreto debe basarse en pruebas de cilindros fabricados y aprobados de acero con la Norma AASHTO estipulada.

La resistencia a la compresión del concreto se basará en pruebas a los 7 y 28 días. Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto producido, deben consistir por lo menos de dos y preferentemente tres probetas para cada edad de prueba. Estas muestras deben tomarse no menos de una vez por cada 60 metros cúbicos o fracción de concreto. Las muestras para prueba de resistencia deben tomarse de acuerdo al método AASHTO T-24.

En lo que respecta a las formaletas, no pueden ser retiradas después de transcurridas 12 horas de haber sido colocado el concreto. La operación debe ser hecha con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto.

El material sellante debe colocarse en las juntas previamente secas y limpias, empleando herramientas que penetren en la ranura de las juntas. El material de relleno debe ser cuidadosamente colocado sin producir desbordamiento. Cualquier exceso debe moverse inmediatamente, limpiando la superficie. No se permitirá que queden rebordes o túmulos, especialmente en juntas transversales.

El pavimento no debe ser abierto al tránsito sino hasta transcurridos por lo menos 14 días después de la colocación del concreto o que lleguen las probetas de prueba, al ensayarlas a una resistencia de 250 Kg/cm² (3 500 lbs/pls²) a compresión. Este tiempo puede ser mejorado utilizando aditivos como acelerantes de fraguado rápido. No se recomienda su uso, salvo casos especiales con buena supervisión de laboratorio. En tiempo de mucho frío pueden ser útiles ya que el frío retarda el endurecimiento del concreto.

Las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales. Una de ellas se refiere a deficiencias de la propia losa, por un lado, comprende los defectos del concreto, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados del cemento.

Por otro lado, incluye los defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, tales como la inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia entre las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la

subbase, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión.

La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, subbase, subrasante y aún terracería y terreno de cimentación. De este tipo son las fallas por ruptura de esquinas o bordes, debido a la falta del apoyo necesario.

Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de la pasa juntas, son debidos casi siempre a que estos elementos quedan mal lubricados y no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de estos elementos, también es fuente de problemas.

Entre las fallas más comunes se encuentran: grietas por adición de agua, abultamiento por mal acabado, superficie antiderrape, deficiente curado, rajaduras o asentamientos.

2.11. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental que representa el proyecto se realiza por medio del formato de estudio de impacto ambiental inicial de la dirección de gestión ambiental y recursos naturales del ministerio de medio ambiente, dado que este es un estudio inicial se utilizó el formato DVGA-GA-002. En este formato se evalúa los proyectos que se realizarán.

3. DISEÑO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL A COLONIA CERRO CORADO, AMATITLÁN

3.1. Descripción del proyecto

Se propone el diseño de un sistema de drenaje pluvial para la colonia Cerro Corado, Amatitlán, el cual pretende recolectar, transportar y después de un tratamiento ser desfogadas en parte de la cuenca del río Michatoya. Dicho proyecto brindará a los habitantes bienestar y aumentará su calidad de vida. El sistema consta de 2,2 kilómetros aproximadamente y topografía ondulada. Con la ejecución de este proyecto se pretende beneficiar a más de 1 500 habitantes.

3.2. Normas de diseño

El sistema de drenaje pluvial se diseñó con base en los parámetros indicados en: reglamento municipal para diseño de drenajes de la Municipalidad de Guatemala, normas generales para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y parámetros propios de la unidad de planificación e infraestructura de la Municipalidad de Amatitlán.

3.2.1. Periodo de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual este brindará un servicio eficiente.

Instituciones como el INFOM, EMPAGUA y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 15 a 40 años. Para el diseño del drenaje pluvial se utilizó un periodo de diseño de 25 años.

3.2.2. Velocidades de diseño recomendadas

Las velocidades en el flujo están en función de la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y la clase de tubería utilizada. La velocidad se determina por medio de la ecuación de Manning y las relaciones hidráulicas v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad del flujo a sección llena.

Las velocidades en el flujo deben tener un máximo y mínimo, lo cual evita la generación de erosiones y sedimentos en la tubería.

Tabla IX. Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería

Tipo de alcantarillado	Tubería PVC		Tubería de cemento	
	Vel. mínima	Vel. máxima	Vel. mínima	Vel. máxima
Pluvial	0,75 m/s	5 m/s	0,6 m/s	3 m/s

Fuente: Parámetros de la Municipalidad de Villa Nueva, basado en Norma ASTM F-949. p.18.

3.2.3. Diámetros mínimos de tubería

El diámetro mínimo de tubería para el drenaje pluvial, se manejan diámetros mínimos de 8" para tubería de PVC y 10" de concreto.

El proyecto de alcantarillado se diseñó con tubería PVC, se utilizó tubería de la Norma ASTM-F794. Se utilizaron estos parámetros debido a que fueron solicitados por la municipalidad de Amatitlán.

Tabla X. **Diámetros mínimos de tubería para el alcantarillado pluvial y materiales**

Tipo de tubería	Alcantarillado pluvial
PVC	8"
Cemento	10"

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

3.2.4. Pendientes

Es recomendado que la pendiente de la tubería sea la misma del terreno, para evitar costos excesivos de excavación y acarreo, la pendiente estará en función de que cumpla con las relaciones hidráulicas y velocidades permitidas.

En áreas donde la pendiente del terreno es mínima se recomienda acumular mayor cantidad de caudales para generar mayor velocidad.

3.2.5. Tirante mínimo y máximo

Se debe procurar mantener el tirante en los rangos permitidos expresados en la tabla XI.

Tabla XI. **Tirantes mínimos y máximos para alcantarillado pluvial y materiales**

Tipo de alcantarillado	Parámetros
Pluvial diámetro menor a 20"	$0,10 \leq d \leq 0,75$
Pluvial diámetro entre 20" y 40"	$0,10 \leq d \leq 0,80$
Pluvial diámetro mayor a 40"	$0,10 \leq d \leq 0,85$

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Distancias mínimas entre redes de alcantarillado

En casos de espacios reducidos se debe cumplir con parámetros mínimos de separación de tuberías de las redes de alcantarillado.

Tabla XII. **Separación mínima entre redes de alcantarillado**

Separación	
0,5	Horizontal
0,2	Vertical

Fuente: EPM capítulo 3. p. 46.

3.2.7. Relaciones hidráulicas

Para estudiar las relaciones hidráulicas, se comparan los resultados del cálculo obtenido con una sección parcialmente llena y una a su máxima capacidad, haciendo uso de la expresión algebraica de Manning.

$$Q = \frac{A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

A = es el área de la sección en metros cuadrados

Rh = radio hidráulico

S = pendiente de la tubería en metros

N = es el coeficiente de rugosidad del material de la tubería

Con el fin de reducir el tiempo en el cálculo se utilizó la figura 36 obtenida del INFOM.

Figura 36. **Relaciones hidráulicas**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614

Continuación de la figura 36.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376

Continuación de la figura 36.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.5262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

Fuente: INFOM.

3.2.8. Ancho de zanja

Para la instalación de tuberías se debe conocer que ancho de zanja se utilizará, el cual está en función del diámetro de tubería. Se utiliza para determinar cuánto será la excavación para su instalación.

Tabla XIII. **Ancho de zanja**

Ø Tubería	Ancho
6	0,60
8	0,60
10	0,65
12	0,70
14	0,75
15	0,75
16	0,80
18	0,85
20	0,90
22	1,00
24	1,00
26	1,20
28	1,20
30	1,30
36	1,35
40	1,40
42	1,45
50	1,60
60	1,95

Fuente: Parámetros de la Municipalidad de Villa Nueva, basado en Norma ASTM D-3034

3.2.9. Profundidades mínimas de tubería

La profundidad se determina en función de las cotas invert. Se debe chequear que la tubería tenga un recubrimiento mínimo y adecuado para no ser dañada por el paso de vehículos y peatones. Para determinar la profundidad mínima ver tablas XIV, y XV según el tipo de tubería.

Tabla XIV. **Profundidad mínima tubería PVC**

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	60 cm	60 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	90 cm	100 cm	100 cm	120 cm
Tránsito pesado	90 cm	90 cm	90 cm	110 cm	110 cm	120 cm	120 cm	120 cm	140 cm	140 cm

Fuente: Norma ASTM F-949

Tabla XV. **Profundidad mínima tubería cemento**

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	117 cm	122 cm	128 cm	134 cm	140 cm	149 cm	165 cm	170 cm	175 cm	180 cm
Tránsito pesado	137 cm	142 cm	148 cm	154 cm	160 cm	169 cm	185 cm	200 cm	205 cm	215 cm

Fuente: INFOM.

3.2.10. Pozos de visita

Son elementos que forman parte del alcantarillado y cuyo propósito es servir como medios de inspección y limpieza.

Se recomienda ubicar pozos en los siguientes casos:

- En tramos iniciales
- En cambios de diámetro de tubería

- En cambios de pendiente
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En separaciones no mayores de 70 m

Los diámetros de los pozos de visita serán diseñados en función del diámetro de la tubería utilizada según criterio del manual de diseño de alcantarillado de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).

Tabla XVI. **Diámetros de pozos de visitas en función del diámetro de la tubería**

Diámetro de tubería	Diámetro de pozo (m)
10"	1,50
12"	1,50
14"	1,50
16"	1,50
18"	1,50
20"	1,50
22"	1,50
24"	1,50
26"	1,50
28"	1,50
30"	1,75
36"	1,75
40"	2,00
42"	2,00
48"	2,00
52"	2,00
60"	2,00

Fuente: Parámetros de EMPAGUA.

Según la altura de los pozos se colocará refuerzo, ver tabla XXVII.

Tabla XVII. **Refuerzo pozos de visita en función de la altura**

Altura de pozo (m)		ØPozo	Clasificación estructural
A			
0	4	1,25	Sin refuerzo
4	6	1,25	Con refuerzo
0	4	1,50	Sin refuerzo
4	6	1,52	Con refuerzo
0	4	1,75	Sin refuerzo
4	6	1,75	Con refuerzo
0	6	2,00	Con refuerzo

Fuente: Parámetros de Municipalidad de Amatitlán.

3.2.11. Cotas invert

Es la distancia que existe entre el nivel del terreno natural y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recibimiento mínimo necesario de la tubería. Por lo tanto, las cotas invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Tipos de casos:

- Diámetro de tubería de entrada y el de tubería de salida son iguales.

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

$$\text{ØA} = \text{ØB}$$

$$\text{C invert de salida} = \text{C invert de entrada} + 0,03$$

- Diámetro de tubería de entrada y el de tubería de salida no son iguales:

Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.

$$\varnothing A < \varnothing B$$

$$C \text{ invert de salida} = C \text{ invert de entrada} + (\varnothing A - \varnothing B)$$

- Diámetros de tuberías de entrada y el de tubería de salida son iguales:

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las que ingresan en él, la cota invert de salida mínima estará a 3 cm debajo de la cota más baja que entre.

$$\varnothing A = \varnothing B = \varnothing C = \varnothing D$$

$$C \text{ invert de salida} = C \text{ invert de entrada} + 0,03$$

- Diámetros de tuberías de entrada y el de tubería de salida no son iguales:

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en este, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

3.2.12. Disipador de energía

Los disipadores de energía son elementos que generan una pérdida importante de energía cinética en el flujo y mermar la erosión que esta podría

ocasionar al impactar con la estructura. Son empleados en tramos con alta pendiente longitudinal.

Dependiendo de la diferencia entre la cota invert de entrada con cota invert de salida, se define si es necesario colocar un artefacto de disipación y de que tipo.

- Pozo de visita sin artefacto disipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la cota invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, no se coloca ningún disipador.

$$0,03 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,25 \text{ m}$$

- Colchón de agua

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la cota invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un colchón de agua.

$$0,26 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,75 \text{ m}$$

- Codo disipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la cota invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un codo disipador a 45° en función del diámetro de

la tubería y la pendiente de la tubería. Este tipo de disipador regularmente solo se coloca para drenaje sanitario.

$$0,76 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 2,00 \text{ m}$$

- **Bandejas disipadoras**

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la cota invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se debe colocar bandejas cuadradas las cuales están separadas en función del caudal de entrada.

$$2,00 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 6,00 \text{ m}$$

3.2.13. Lugar de desfogue

Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, tratando de encauzarlo hacia un cuerpo de agua en movimiento o accidentes geográficos que permitan su evacuación.

Para el sistema de alcantarillado pluvial dado a la topografía del lugar se consideró desfogarlo en puntos diferentes para evitar el acumular caudal y utilizar tubería de grandes diámetros, abasteciendo a una parte de la cuenca del río Michatoya.

3.3. Drenaje pluvial

Las condiciones para la realización del diseño del drenaje pluvial se detallan en los siguientes subtítulos.

3.3.1. Período de diseño

Se diseñó un sistema de recolección de las aguas provenientes de las lluvias, para un periodo de 2 y 25 años.

3.3.2. Caudal de diseño

Para el drenaje pluvial se utiliza el método racional, que asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su esorrentía. Durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita, la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Este método está representado por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

Donde:

Q = caudal metros cúbicos por segundo

C = coeficiente de esorrentía

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

A = área en hectáreas

3.3.3. Coeficiente de escorrentía

Es el porcentaje del agua total llovida tomada en consideración, ya que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de la alcantarilla natural o artificial. Esto se debe a la evaporación, infiltración, retención del suelo, entre otros, por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de escorrentía promedio se calcula por medio de la siguiente relación:

$$c = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

c = coeficiente de escorrentía en cada área parcial

a = área parcial (Ha)

Para el diseño del drenaje pluvial se utilizó la tabla XVIII para la determinación del coeficiente de escorrentía. Estos valores están en función del tipo de superficie y el período de retorno.

Tabla XVIII. **Coefficiente de escorrentía**

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. p. 511.

3.3.4. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se determina a través de registros pluviográficos elaborados por el Departamento de Hidrología del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), con base en estaciones pluviométricas ubicadas en inmediaciones de la cabecera departamental.

La probabilidad de ocurrencia se tomará en 25 años, dada la fórmula proporcionada por el Insivumeh para el departamento de Guatemala:

$$I = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

t = tiempo de concentración en minutos

A, n y B= constantes en función del período de retorno

3.3.5. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más alto hasta un punto en diseño, este se divide en: tiempo de entrada y tiempo en la tubería.

Para el tiempo de concentración de entrada se utilizó el método del Manual de diseño de alcantarillado de la Municipalidad de Guatemala, el cual relaciona la impermeabilidad del terreno junto con su pendiente.

El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T2 = T1 + \frac{L}{60 * V}$$

Donde:

T2 = tiempo de concentración en el tramo de estudio en minutos

T1 = tiempo de concentración en el tramo anterior en minutos

L = longitud del tramo anterior en metros

V = velocidad a sección llena en el tramo anterior en metros por segundo

Figura 37. **Tiempos de concentración según Empagua**

		Tiempo de concentración									
p e n d i e n t e	< 0.01	20	19	18	17	16	15	14	13	12	
	0.01	19	18	17	16	15	14	13	12	11	
	0.02	18	17	16	15	14	13	12	11	10	
	0.03	17	16	15	14	13	12	11	10	9	
	0.04	16	15	14	13	12	11	10	9	8	
	0.05	15	14	13	12	11	10	9	8	7	
	0.06	14.5	13.5	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	
	0.07	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
	0.08	13.5	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5	
	0.09	13	12	11	10	9	8	7	6	5	
	0.1	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5	5	
> 0.10	12	11	10	9	8	7	6	5	5		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		impermeabilidad									

Fuente: Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes para la ciudad de Guatemala*. p. 31.

3.3.6. Área tributaria de drenaje

Para determinar el área tributaria se tomó en cuenta la topografía del terreno, el número y área de los lotes del tramo a recolectar, para determinar los puntos donde pasará la mayor cantidad de agua, con esto luego se procede a dividir el área a drenar en áreas parciales tratando que sean polígonos, las que tributarán a un tragante determinado.

3.3.7. Cálculo hidráulico

A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo hidráulico de drenaje pluvial tomando para este el tramo del pozo 93 al pozo 94.

3.3.7.1. Ejemplo de un tramo

Cálculo del tramo PVP - 93 a PVP - 94

Cota inicial (CI) = 100,164 m

Cota final (CF) = 97,958 m

Distancia horizontal (DH) = 62,965 m

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CI - CF)}{D.H} * 100 = \frac{(100,164 - 97,958)}{62,965} * 100 = 3,50 \%$$

- Cálculo de área tributaria

El área tributaria se determinó según la topografía del terreno y se utilizó la herramienta de AutoCAD Civil 3D para atribuir las áreas a utilizar en el diseño.

Área tributaria = 5097,844 m²

Área tributaria = 0,5098 Ha

Área tributaria acumulada = 0,509784 Ha

- Tiempo de concentración

Tiempo de concentración de tramo anterior = 12,53 min

Longitud del tramo anterior = 49,51 m

Velocidad del tramo anterior = 4,68 m/s

□

$$T2 = T1 + \frac{L}{60V}$$

$$T2 = 12,53 + \frac{49,51}{60 * 4,68}$$

$$T2 = 12,71 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia

Por medio de la tabla XXV, se obtuvieron los valores de A, B y n.

Tiempo de concentración = 12,71 min

A = 820

B = 2

n = 0,656

$$I = \frac{A}{(t + B)^n}$$

$$I = \frac{820}{(12,71 + 2)^{0,656}}$$

$$I = 140,54 \text{ mm/hr}$$

- Coeficiente de escorrentía

Por medio de la tabla se determinó el coeficiente C en función de la superficie y el tipo de superficie. Para este tramo se determinó un coeficiente de escorrentía a 25 años de 0,88

- Caudal de diseño

Coeficiente de escorrentía = 0,88 (25 años del periodo de retorno en concreto)

Área tributaria acumulada = 13,54 Ha

Intensidad de lluvia = 140,54 mm/hr (INSIVUMEH)

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

$$Q = \frac{0,88 \times 140,54 \times 13,54}{360}$$

$$Q = 4,65 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 4652,35 \frac{Lt}{s}$$

- Diseño hidráulico

Diámetro de tubería 48"

Pendiente de tubería propuesta = 1,00 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) x D^{2/3} x S^{1/2}$$

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) x 1,2192^{2/3} x 0,01^{1/2}$$

$$V = 4,53 \frac{m}{s}$$

D= 1,2192 m

S tubería= 1,00 %

V= 2,85 m/s

- Capacidad a sección llena

$$A = \frac{\pi x D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi x (48" x 0,025)^2}{4}$$

$$A = 1,1674 m^2$$

$$Q = V x A$$

$$Q = 4,53 \frac{m}{s} \times 1,1674 m^2$$

$$Q = 5,28 \frac{m^3}{s}$$

- Relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{4652,35 \frac{1}{s}}{5287,41 \frac{1}{s}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0,87989$$

Como $q < Q$, de las tablas de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores:

$$\frac{v}{V} = 1,1280 \text{ y } \frac{d}{D} = 0,727$$

- Velocidad de diseño

$$v = 1,1280 \times 4,53 \frac{m}{s}$$

$$v = 5,10 \frac{m}{s}$$

La velocidad de diseño no se encuentra dentro de los valores establecidos como se indica en la tabla XIV, pero debido a que la velocidad no traspasa por mucho los límites y al aumentar diámetro de tubería esta no baja su velocidad

de una manera considerable y al disminuir pendiente el tirante se eleva, el fabricante nos indica que la tubería de la Norma utilizada ASTM-F-794 resiste velocidades hasta de 7 m/s.

$$0,75 \frac{m}{s} \leq 5,10 \text{ m/s} \leq 5 \text{ m/s}$$

- Tirante

$$\frac{d}{D} = 0,727$$

Como la altura de tirante para un período de retorno de 25 años se encuentra dentro de los valores establecidos, el tirante cumple.

$$0,10 \leq 0,727 \leq 0,80$$

- Cotas invert

Cota invert de salida del PVP - 93

CIS = 98,51 m

Cota invert de entrada al PV - 94

CIE = 96,05 m

La diferencia entre altura entre la cota invert de entrada a la tubería del PVP-93 a la cota invert de salida a la tubería de PVP - 94 es de 2,46 m, por lo tanto, no se debe utilizar ningún método de disipación.

- Profundidad del pozo de visita

PVP - 93

Cota invert de salida= 98,51 m

Cota de terreno inicial= 100,164 m

Altura de pozo= 100,164 – 98,51 = 1,654 m

PVP - 94

Cota invert de salida= 96,05 m

Cota de terreno inicial= 97,958 m

Altura de pozo= 97,958 – 96,05 = 1,908 m

- Excavación

$$Ex = \left(\frac{\text{prof de pozo inicial} + \text{pro de pozo final}}{2} \right) \times \text{Ancho de zanja} \times Dh$$

$$Ex = \left(\frac{1,654 \text{ m} + 1,908 \text{ m}}{2} \right) \times 0,60 \text{ m} \times 61,47 \text{ m}$$

$$Ex = 65,68 \text{ m}^3$$

- Relleno

$$R = Exc - \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0,0254 \right) \times Dh$$

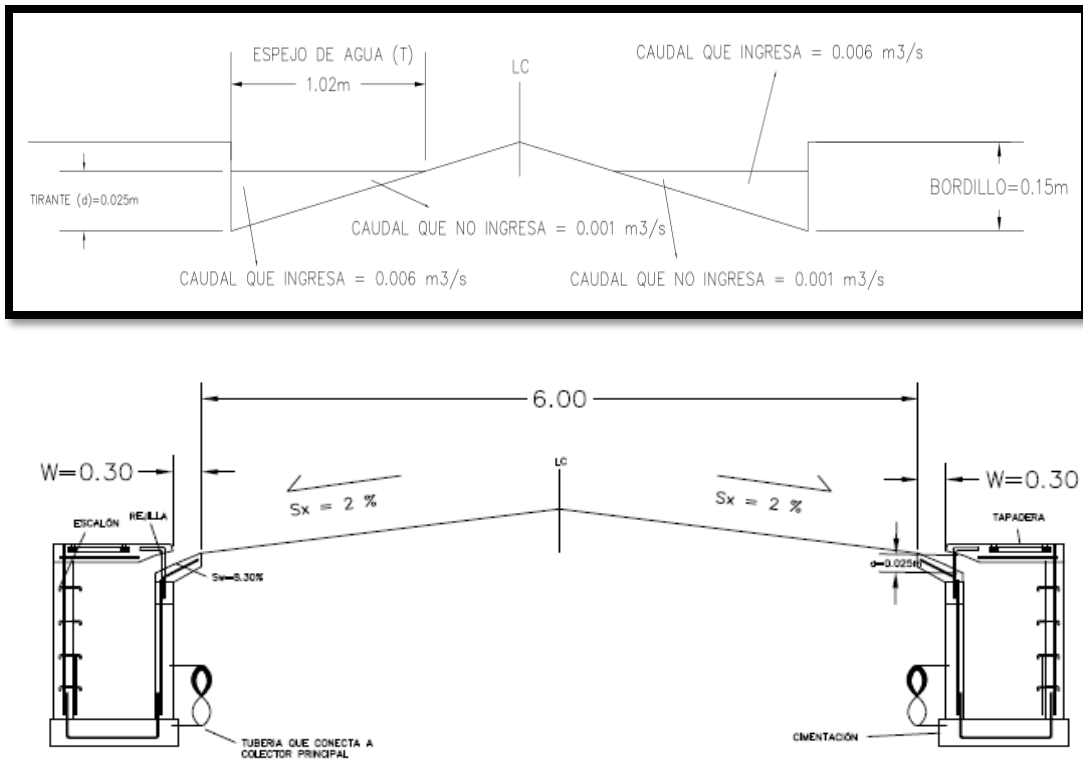
$$R = 65,68 \text{ m}^3 - \left(\frac{\pi}{4} \times 10^2 \times 0,0254 \right) \times 62,965 \text{ m}$$

$$R = 64,07 \text{ m}^3$$

3.3.8. Cálculo de tragantes

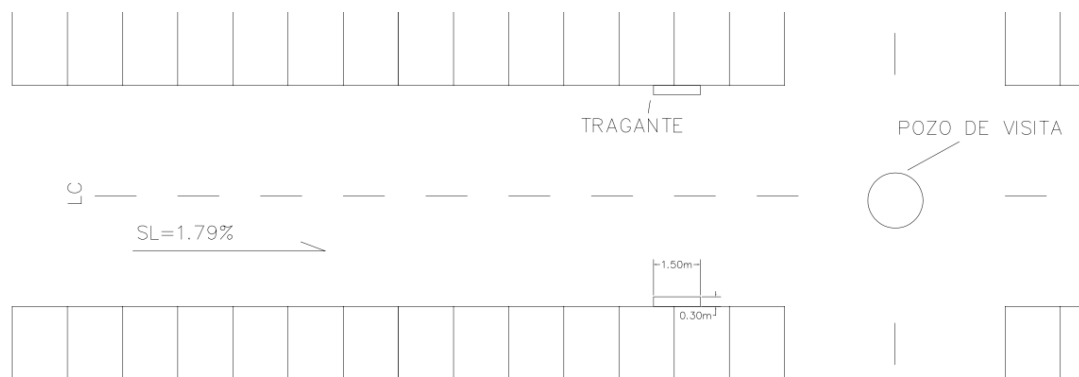
Para realizar el cálculo de un tragante primero es necesario determinar las características geométricas de la superficie, como lo son: la sección de la calle, pendiente del terreno, pendiente transversal y el tipo de superficie. Estas estructuras tienen como función la captación de las aguas pluviales que escurren en la superficie, estas pueden ser diseñadas para captar de manera longitudinal o transversal a la dirección del flujo.

Figura 38. Características geométricas de un tragante tipo buzón



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 39. **Planta de calle**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.3.8.1. Diseño de tragantes

Para el diseño de tragante se consideran las características que se detallan en los siguientes subtítulos.

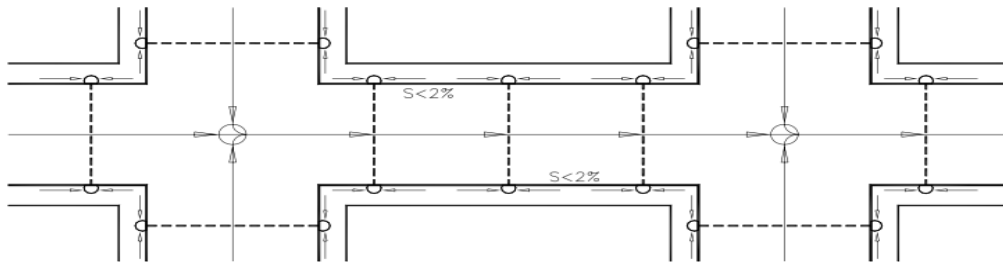
3.3.8.2. Localización de tragantes

El número y tipo esta condicionado a las diferentes características de la zona; teniendo como objetivo que el agua no revase las características de la zona.

- Lugares de colocación de tragantes.
 - En las partes bajas o depresiones de un sistema o tramo de tubería.
 - A 3,00 m de la orilla de la acera que forma la esquina.
 - Los tragantes longitudinales o de acera, se localizan por lo menos a 100 m aguas abajo de una calle.

- Antes de puentes y terraplenes.
- Cuando el tirante de agua pase los 0,10 m de altura.

Figura 40. **Localización de tragantes**

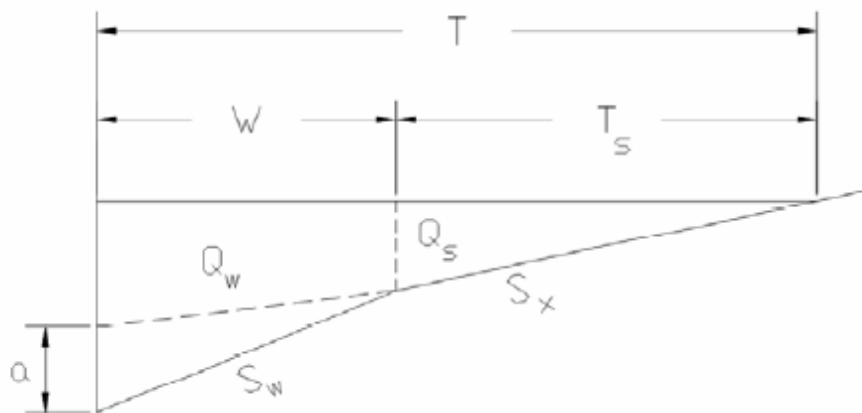


Fuente: HINDMAN, Paul. *Obras accesorias drenaje pluvial*. p. 45.

3.3.8.3. Geometría de tragante

Las características de un tragante determinan la forma en que estos captan las aguas pluviales y condicionan su eficiencia.

Figura 41. **Características geométricas de un tragante**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.3.9. Cálculo del tragante núm. 3

Los cálculos del tragante número 3 se describen en los siguientes subtítulos.

3.3.9.1. Espejo de agua (T)

Es el ancho de la superficie libre de agua y está en función de las características geométricas de la superficie.

Para el cálculo de el espejo de agua se utiliza la siguiente fórmula:

$$T = [(Q_n)/K_u S_x^{1,67} S_L^{0,5}]^{0,375}$$

Donde

Q = caudal metros cúbicos por segundo

$K_u = 0,376$ cte

S_x = pendiente transversal

n = coeficiente de rugosidad de la superficie

S_L = pendiente longitudinal

3.3.9.2. Tirante de agua parcial (d)

Es la altura parcial de un flujo cuando ocurre un evento y está en función del espejo de agua y la pendiente transversal.

Para el cálculo del tirante de agua se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = T S_x$$

Donde:

d = tirante de flujo en metros

T = espejo de agua en metros

S_x = pendiente transversal

3.3.9.3. Tirante de agua máximo (dm)

Esta es altura máxima a la que el flujo puede llegar cuando ocurra un evento y está en función de la sección de la superficie y la pendiente transversal.

Para el cálculo del tirante máximo de agua se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\text{ancho de calle}}{2} S_x$$

Donde

d = tirante máximo (m)

S_x = pendiente transversal

3.3.9.4. Radio de flujo

Es la relación del flujo frontal al flujo total dentro del canal y la pendiente transversal. Este factor es adimensional y se utiliza para la pendiente equivalente (S_e).

Para el cálculo del radio de flujo se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_o = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2,67}$$

Donde

E_o = radio de flujo

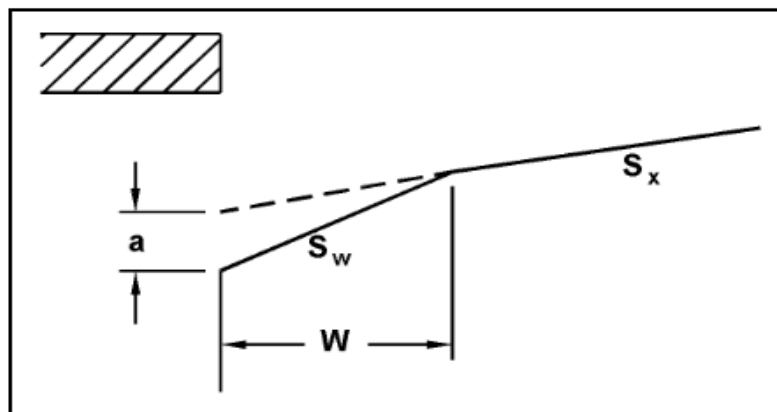
W = ancho de inclinación entre 0,40-0,60 metros

T = espejo de agua metros

3.3.9.5. Pendiente de inclinación

Es la pendiente que hace que el flujo tenga la dirección al flujo hacia el tragante y está en función del ancho de inclinación (W) y altura del canal de depresión (a).

Figura 42. Perfil de tragante



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$S_w = \frac{a}{W}$$

Donde:

W = ancho de cuenta puede ser entre 0,40 m – 0,60 metros

a = canal de depresión puede ser entre 0,025 m – 0,050 metros

S_w = pendiente dentro del tragante

3.3.10. Pendiente equivalente

Esta es la relación entre la pendiente transversal y la pendiente de inclinación con el radio de flujo.

$$S_e = S_x + S_w E_o$$

Donde:

S_e = pendiente equivalente

E_o = radio de flujo

S_w = pendiente dentro del tragante

S_x = pendiente transversal

3.3.11. Longitud efectiva

Es la longitud que debe de tener el tragante para captar el 100 % del flujo superficial y está en función del caudal, la pendiente longitudinal, la pendiente equivalente (S_e) y un factor K_T .

$$L_T = K_T Q^{0,42} S_L^{0,3} [1/(S_e)]^{0,6}$$

Donde:

L_T = longitud efectiva para captar el 100 % del flujo

$K_T = 0,817$

Q = caudal en metros cúbicos por segundo según el número de tragantes

S_L = pendiente longitudinal

S_e = pendiente equivalente

3.3.12. Eficiencia

Determina la cantidad de flujo que es captado por el tragante y está en función de la longitud efectiva y la longitud propuesta.

El porcentaje de captación puede estar entre 70 – 100 %, ya que está en función de las dimensiones del tragante y estas pueden variar según el diseñador, además, se debe recordar que el período de retorno es 25 años y la probabilidad de que ocurra el evento es impredecible.

$$E\% = 1 - \left[1 - \left(\frac{L}{L_T} \right) \right]^{1,8} \times 100$$

Donde:

L = longitud propuesta según el diseñador en metros

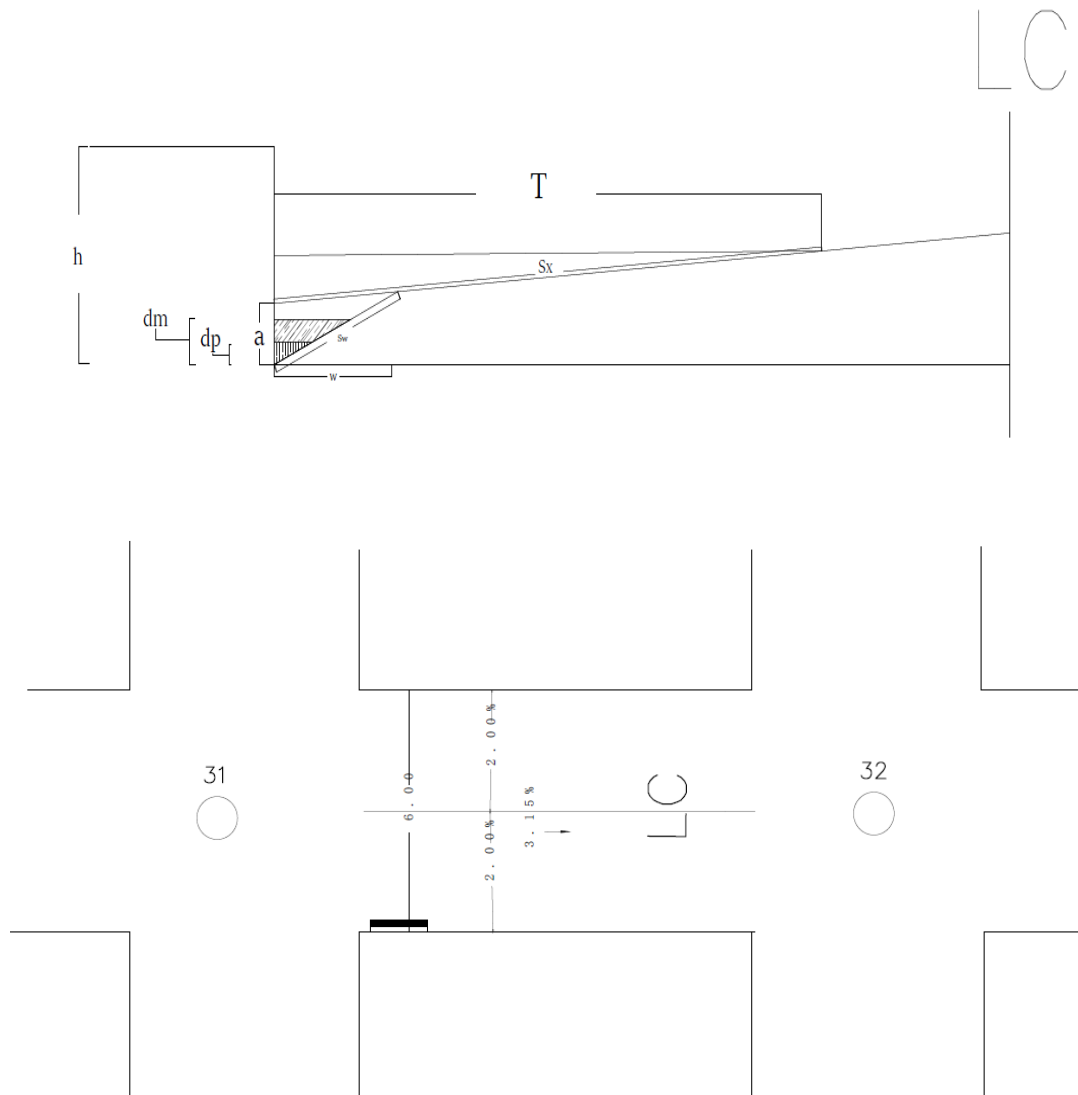
L_T = longitud efectiva en metros

3.4. Cálculo de un tragante

- Tragante núm. 33

Conociendo las características de la calle.

Figura 43. **Ubicación de tragantes**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 2018.

Ancho de calle = 6 m

Pendiente transversal de la calle = 16,00 %

Pendiente longitudinal = según la ubicación del tragante

Caudal 31-32 = 0,010 m³/s, dato obtenido del método racional

Se calculará este tragante debido a que presenta el caudal crítico.

- Espejo de agua (Td)

$$Q = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_U = 0,376 \text{ cte}$$

$$S_x = 0,020$$

$$n = 0,016$$

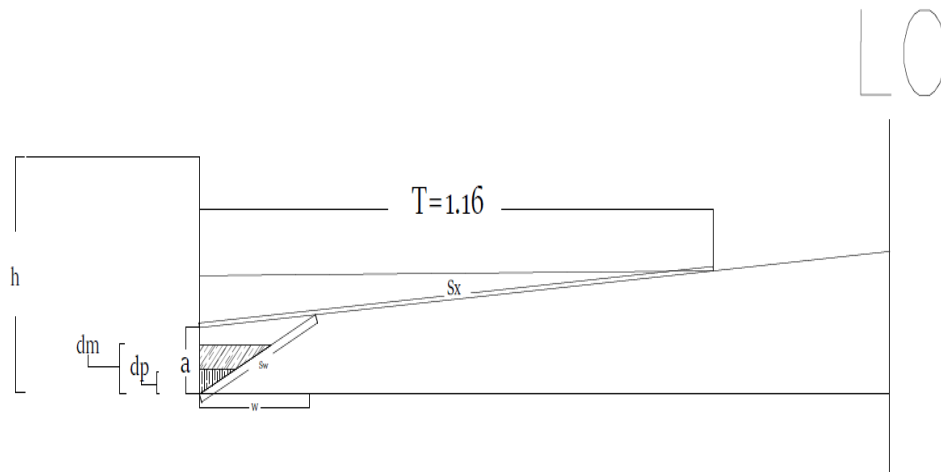
$$S_L = 0,16$$

$$T = [(Q_n)/K_u S_x^{1,67} S_L^{0,5}]^{0,375}$$

$$T = \left[\frac{(0,010 \text{ m}^3/\text{s})}{0,376 \times 0,020^{1,67} \times 0,16^{0,5}} \right]^{0,375}$$

$$T = 1,16\text{m}$$

Figura 44. Ubicación espejo de agua



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 2018.

El espejo de agua cumple con los parametros establecidos, ya que este debe ser menor o igual a 3 m.

- Tirante de agua máximo (d_m)

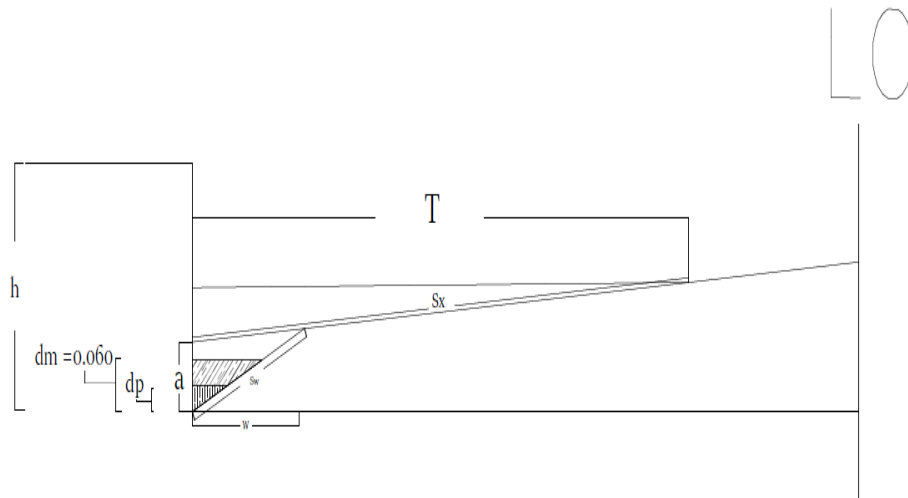
S_x = pendiente transversal

$$d = \frac{\text{ancho de calle}}{2} S_x$$

$$d = \frac{6 \text{ m}}{2} \times 0,020$$

$$d = 0,060$$

Figura 45. Tirante máximo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 2018.

- Tirante de agua parcial (d)

$$T = 1,16 \text{ (m)}$$

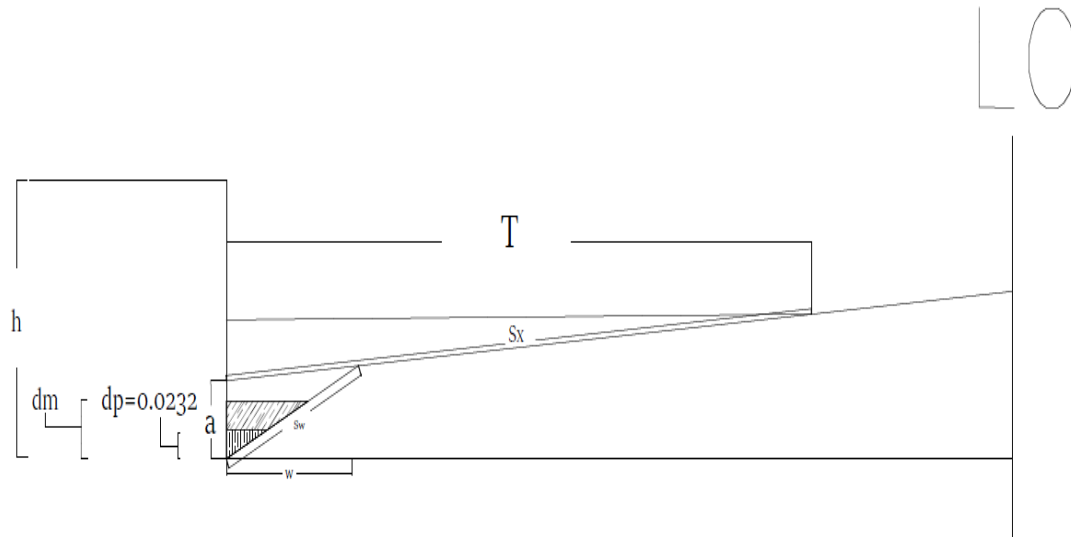
$$S_x = 0,020$$

$$d = T S_x$$

$$d = 1,16 \times 0,020$$

$$d = 0,0232$$

Figura 46. Tirante parcial



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 2018.

El tirante parcial está dentro de los parámetros, ya que el tirante parcial debe de ser menor a tirante máximo.

- Radio de flujo (Eo)

W = para este diseño se propuso 0,40 (m)

T= 1,16 (m)

$$Eo = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2,67}$$

$$Eo = 1 - \left(1 - \frac{0,40 \text{ m}}{1,16 \text{ m}}\right)^{2,67}$$

$$Eo = 0,68$$

- Pendiente de inclinación (S_w)

W = para este diseño se propuso 0,40 (m)

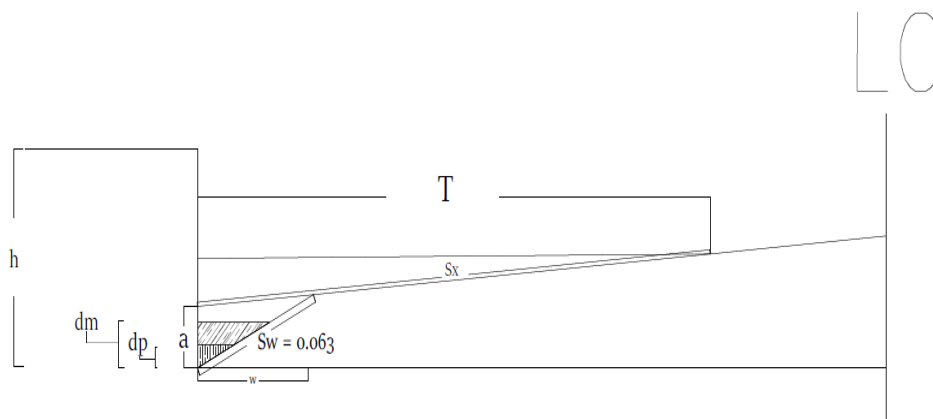
a = para este diseño canal se propuso 0,020 (m)

$$S_w = \frac{a}{W}$$

$$S_w = \frac{0,020 \text{ m}}{0,40 \text{ m}}$$

$$S_w = 0,063$$

Figura 47. **Pendiente de inclinación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 2018.

- Pendiente equivalente (S_e)

$$E_o = 0,68$$

$$S_w = 0,063$$

$$S_x = 0,020$$

$$S_e = S_x + S_w E_o$$

$$S_e = 0,020 + 0,063 * 0,68$$

$$S_e = 0,062$$

- Longitud efectiva (L_T)

Para tres tragantes en el PVP 31 al PVP 32

$$K_T = 0,817$$

$$Q = 0,010 \text{ m}^3/\text{s} / 3 = 0,0033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_L = 0,16$$

$$S_e = 0,062$$

$$L_T = K_T Q^{0,42} S_L^{0,3} [1/(S_e)]^{0,6}$$

$$L_T = 0,817 * \left(0,0033 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{0,42} * 0,16^{0,3} * \left[\frac{1}{(0,062)}\right]^{0,6}$$

$$L_T = 2,69 \text{ m}$$

- Eficiencia

$L = 1,50 \text{ m}$ longitud propuesta

$$L_T = 2,69(m)$$

$$E \% = 1 - \left[1 - \left(\frac{L}{L_T} \right) \right]^{1,8} \times 100$$

$$E \% = 1 - \left[1 - \left(\frac{1,50m}{2,69m} \right) \right]^{1,8} \times 100$$

$$E \% = 74 \%$$

La eficiencia del tragante se complicará al utilizar la longitud propuesta y se colocará 3 tragantes en el tramo del PVP 31 al PVp 32, el tragante estaría dentro de los parámetros, y contaría con una eficiencia de 74 % cumpliendo con lo que la eficiencia que debe ser mayor a 70 % de manera que el caudal que escurre al siguiente tramo es de 2 l/s.

3.5. Planos finales

Los planos finales se encuentran en la sección de anexos.

3.6. Detalles de tragantes

Los detalles de tragantes se encuentran en la sección de anexos y son establecidos por la unidad de planificación e infraestructura de la Municipalidad de Villa Nueva.


3.7. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental ser realizo en el estudio de impacto inicial.

3.8. Presupuesto de drenaje pluvial

Se presenta el presupuesto para el drenaje pluvial.

Figura 48. Presupuesto de drenaje pluvial

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS Guatemala, C.A. PRESUPUESTO DE CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO						
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA COLONIA , CERRO CORADO UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: CASCO URBANO, AMATITLÁN, GUATEMALA NOMBRE DE SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DE AMATITLÁN ÁREA DE CONSTRUCCIÓN: ANCHO (m) 1,20 LARGO (ml) 2 200,00 FECHA PROYECTO: oct-19						
No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON	
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	Replanteo Topografico	km	2,2	Q 16 597,04	Q	36 513,49
1.02	Trazo y estaqueado	m2	2 200,00	Q 13,00	Q	28 600,00
SUB TOTAL					Q	65 113,49
2,00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.01	Excavación	m3	5588,69	Q 29,31	Q	163 804,50
2.02	Relleno	m3	5200,51	Q 380,07	Q	1 976 557,84
2.03	Retiro de material sobrante	m3	71,34	Q 23,55	Q	1 680,06
SUB TOTAL					Q	2 142 042,40
3,00	TUBERIA DE CONDUCCION					
3.01	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø8" norma F-794, menor a 4 metros de profundidad	ml	6,00	Q 1 131,58	Q	6 789,50
3.02	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø10" norma F-794, menor a 4 metros de profundidad	ml	108,00	Q 1 243,10	Q	134 255,27
3.03	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø12" norma F-794, menor a 4 metros de profundidad	ml	30,00	Q 1 393,29	Q	41 798,58
3.04	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø15" norma F-794, menor a 4 metros de profundidad	ml	78,00	Q 1 641,84	Q	128 063,85
3.05	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø18" norma F-794, mayor a 4 metros de profundidad	ml	24,00	Q 5 884,76	Q	141 234,14
3.06	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø24" norma F-794, mayor a 4 metros de profundidad	ml	78,00	Q 6 793,54	Q	529 895,78
3.07	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø30" norma F-794, mayor a 4 metros de profundidad	ml	24,00	Q 3 655,22	Q	87 725,23
3.08	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø36" norma F-794, mayor a 4 metros de profundidad	ml	18,00	Q 7 859,35	Q	141 468,36
SUB TOTAL					Q	1 211 230,71
4,00	POZOS DE VISITA					
4.01	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,065m + brocal, diámetro interno de 1,50m, sin refuerzo.	unidad	42,00	Q 12 770,13	Q	536 345,46
4.02	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,065m + brocal, diámetro interno de 1,50m, sin refuerzo.	unidad	12,00	Q 36 664,97	Q	439 979,64
4.03	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,065m + brocal, diámetro interno de 1,75m, sin refuerzo.	unidad	2,00	Q 15 652,92	Q	31 305,84
4.04	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,065m + brocal, diámetro interno de 1,75m, sin refuerzo.	unidad	2,00	Q 39 212,26	Q	78 424,52
4.05	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,065m + brocal, diámetro interno de 2,00m, sin refuerzo.	unidad	2,00	Q 20 409,69	Q	40 819,38
4.06	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0,23x0,11x0,065m + brocal, diámetro interno de 2,00m, sin refuerzo.	unidad	1,00	Q 44 812,61	Q	44 812,61
SUB TOTAL					Q	1 171 687,45
5,00	TRAGANTES					
5.01	Construcción de Tragante Tipo R (episo=0,30 m + No.4 @ 0,15 m ambos sentidos, epared=0,20 m + No.4 @ 0,25 m y @ 0,30 m, elosa=0,20 m + No.4 @ 0,20 + No.5 @ 0,15 m, f c 210 kg/cm ² y fy Grado 40)	Unidad	190,00	Q 19 316,56	Q	3 670 146,40
SUB TOTAL					Q	3 670 146,40
COSTO TOTAL ESTIMADO					Q	8 260 220,44

Fuente: elaboración propia.

3.9. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental que representa el proyecto se realiza por medio del formato de estudio de impacto ambiental inicial de la dirección de gestión ambiental y recursos naturales del ministerio de medio ambiente. dado que este es un estudio inicial se utilizó el formato DVGA-GA-002. En este formato se evalúa los proyectos que se realizaran.

3.10. Manual de operación y mantenimiento del sistema de drenaje

El manual de operación y mantenimiento es una herramienta que ayuda a comprender mejor el funcionamiento de los sistemas de drenaje, así como los mantenimientos preventivos y correctivos que se le realizaran a los drenajes para asegurar así su periodo de diseño.

3.11. Puesta en marcha de los sistemas

Previo a iniciar con la operación del sistema de drenaje, deberán realizarse pruebas para asegurar que funciona adecuadamente.

La red de drenaje deberá probarse para determinar la ausencia de fugas y obstrucciones en el sistema. Ya que se trata de drenaje enterrado, la prueba deberá realizarse previo al relleno y compactado de las zanjas. La prueba consiste en aislar los distintos tramos de la tubería y llenarlos de agua. Durante la prueba debe inspeccionarse el tramo para verificar la ausencia de fugas. El nivel del agua debe mantenerse estable dentro de la tubería por 24 horas. De encontrarse fugas o variaciones en el nivel de agua, deberán realizarse las reparaciones y repetirse la prueba hasta que sea satisfactoria.

3.12. Manual de operación

Las actividades de operación se refieren a aquellas que propician un adecuado funcionamiento de las instalaciones de drenaje. A continuación, se presenta en la tabla XIX para asegurar una operación óptima de los sistemas de drenaje:

Tabla XIX. **Manual de operación de drenaje pluvial**

Frecuencia	Tarea	Responsable
Previo a la época de lluvia	Revisar que todos los tragantes se encuentren libres de basura, hojas y cualquier otro objeto que obstaculice el desfogue del agua pluvial.	Personal de operación
Semestral	Inspección de pozos de visita. Si se encuentran sólidos de gran tamaño deberán colocarse en una bolsa plástica y disponerse como desechos sólidos.	Personal de operación
	Si se encuentran arenas sedimentadas en los pozos de visita o tuberías, deberá removerse y disponerse como desecho sólido	Personal de operación
En eventos de caída de arena o ceniza volcánica	Barrer y limpiar el asfalto para evitar que la arena ingrese al sistema de tuberías y pozos.	Personal de operación

Fuente: elaboración propia.

3.13. Manual de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se refieren a aquellas que deben realizarse, preventiva o correctivamente, para que la infraestructura del drenaje se encuentre en buenas condiciones.

3.14. Mantenimiento preventivo

Las actividades preventivas son aquellas que deben hacerse rutinarias con la finalidad de identificar posibles fallos en el sistema previo a que ocasionen un problema serio en el funcionamiento del mismo.

Tabla XX. **Manual de mantenimiento preventivo**

Frecuencia	Tarea	Responsable
Anual	Revisar tuberías, pozos y tragantes en busca de fugas y filtraciones. De encontrarse deberán de realizarse las reparaciones pertinentes.	Personal de mantenimiento
	Limpiar los tragantes y pozos de visita para evitar azolvamiento en la tubería.	Personal de mantenimiento
3 años	Verificar que los pozos de visita cuenten con su cernido en buen estado. Si no aplicar nuevamente el cernido.	Personal de mantenimiento
5 años	Resellar juntas entre tubería y pozos de visita o tragantes.	Personal de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

3.15. Mantenimiento correctivo

Las actividades correctivas son aquellas que deben realizarse cuando exista algún problema evidente en la red que no permita su funcionamiento adecuado.

Tabla XXI. **Manual de mantenimiento correctivo**

Caso	Tarea	Responsable
En caso de inundación de la red	Bombear el agua hacia el pozo más cercano que se encuentre libre. Identificar el objeto u obstáculo dentro de la red que no permite el flujo por gravedad y removerlo.	Personal de mantenimiento
En caso de hundimiento de la red	Desviar el caudal. Excavar cuidadosamente el sector del hundimiento para identificar la problemática (probablemente se trate de una filtración en el sistema). Hacer las reparaciones pertinentes.	Personal de mantenimiento
En caso de ruptura de un pozo	Desviar el caudal hacia el punto más cercano. Reparar el pozo y después reanudar la operación del sistema.	Personal de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

3.16. Planos finales

- Planta general de drenajes
- Planta perfil
- Detalle de pozos de visita
- Detalle de tragante

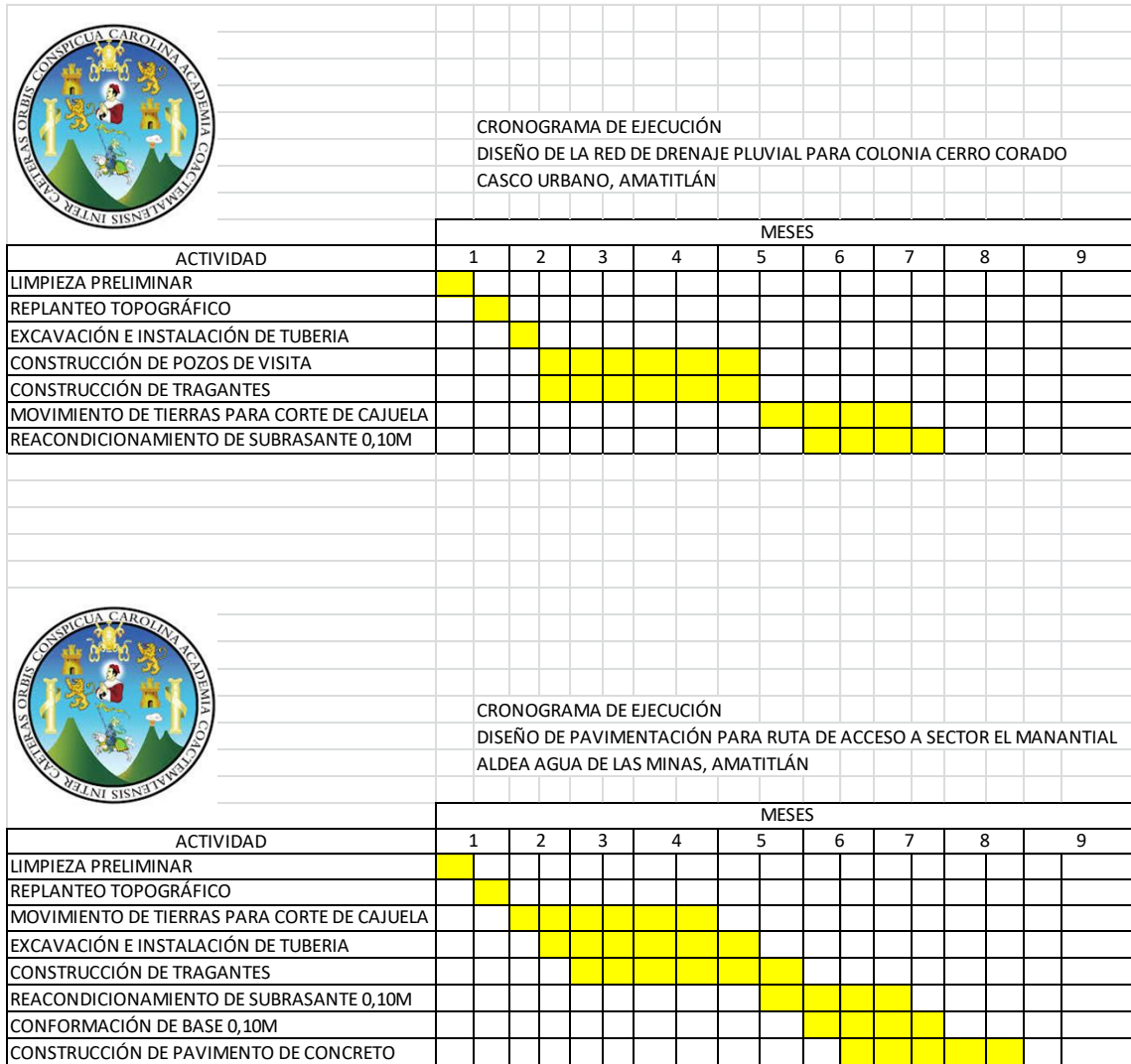
3.17. Presupuesto

A continuación, se presentan los presupuestos de ambos sistemas de drenaje, realizados según lo solicita el departamento de infraestructura de la Municipalidad de Villa Nueva.

3.18. Cronogramas de ejecución

A continuación, se presenta el cronograma de ejecución del proyecto.

Figura 49. Cronograma de ejecución



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La implementación del drenaje pluvial evitará la acumulación de escorrentía sobre las avenidas y solucionará el problema de deterioro de las calles de la colonia mejorando el flujo de tránsito.
2. La construcción de la pavimentación de la ruta de acceso a sector El Manantial, representará un aumento de plusvalía de terrenos aledaños de igual forma reducirá el tránsito vehicular, mejorando la afluencia en la zona.
3. Según las evaluaciones ambientales realizadas se determinó que los componentes que recibirán los mayores efectos perjudiciales serán: la calidad del aire, los suelos y los niveles de ruido. Sin embargo, todos los impactos generados, se producirán durante la etapa de construcción de los proyectos y tendrán una duración temporal.
4. Se elaboró un manual de operación y mantenimiento, en el cual se plantean las medidas de prevención, mitigación y corrección de los problemas que puede presentar cada proyecto y que se deberán llevar a cabo cuando los sistemas se pongan en operación.
5. Los costos unitarios de los proyectos de pavimentación rígida y drenaje pluvial son de Q3 325,50/m y Q3 754,55/m respectivamente.

6. De acuerdo a la evaluación de impacto ambiental será solamente durante la ejecución del proyecto mediante ruido, movimiento de tierras y tránsito de transporte pesado.

RECOMENDACIONES

1. Garantizar la supervisión de los trabajos, por parte de un profesional durante el proceso de construcción.
2. Brindar el mantenimiento de limpieza, supervisión y cuidado correspondiente una vez finalizada la construcción de dichos proyectos, con el objetivo de obtener obras durables y en buen estado.
3. Tomar en cuenta que el precio de la mano de obra y materiales de construcción puede cambiar en el tiempo y este factor puede elevar o disminuir el precio de cada proyecto.
4. Dar seguimiento a los manuales de mantenimiento para asegurar la vida útil y eficiencia de los sistemas evitando el colapso por el mal uso.

BIBLIOGRAFÍA

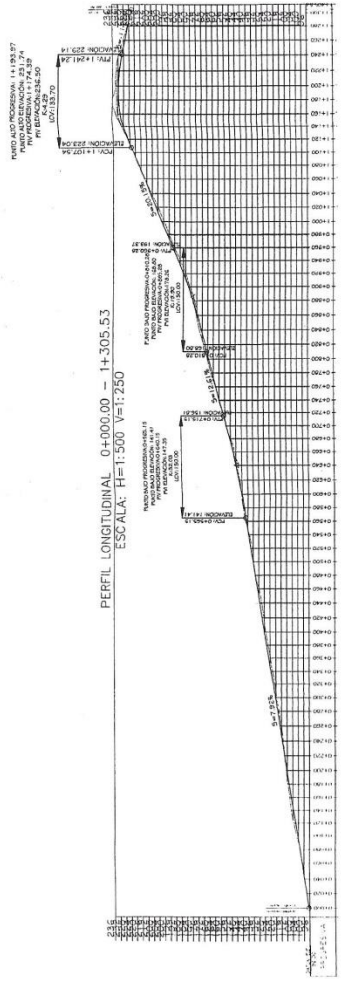
1. AMANCO. *Manual técnico de Novas: Mexichem*, 2018. 45 p.
2. CASTILLO ORDOÑEZ, Douglas Ardufo. *Diseño de la carretera hacia el caserío Ceciliar Chiquito, y puente vehicular colgante, aldea El Trapichillo, municipio La Libertad, departamento de Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 55. p.
3. CHOW, Ven Te. *Hidrología Aplicada*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1994. 584 p.
4. DURMAN, *Manual técnico de tuberías Ribloc y Ribsteel: Durman*, 2018. 24 p.
5. Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes para la ciudad de Guatemala*, Guatemala: Empagua, 2009. 37 p.
6. Empresas Públicas de Medellín. *Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado*. Medellín, Colombia, 2009. 24 p.
7. FAJARDO GIL, Oscar. *Tierra de Amatlés Monografía del Municipio de Amatitlán*. 1za ed. Guatemala: Impresiones EG, 2010. 326 p

8. Instituto de Fomento Municipal. *Normas Generales para el diseño de alcantarillados*, Guatemala: Infom. 2009. 44 p.
9. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Informe de intensidades de lluvia*. Guatemala. 4 p.
10. PAZ VALENZUELA, Jorge Raúl. *Diseño de pavimento rígido para la aldea El Rosario y drenaje sanitario para el micro parcelamiento El Naranja, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 88 p.
11. Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. Ing. Robert G. Packard, *Paving Transportation Department*. United States of America, 1984. 50 p.

APÉNDICES

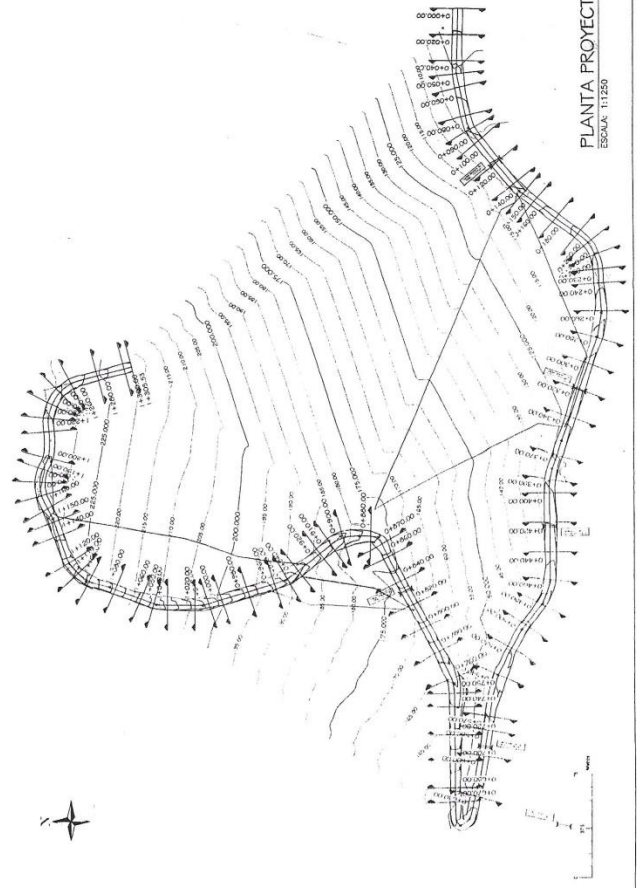
Apéndice 1. **Planos de diseño de pavimento rígido para ruta de acceso a sector el Manantial. aldea Agua de Las Minas**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.



PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 1+305.53
 ESCALA: H=1:500 V=1:250

EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA RUTA DE ACCESO A EL SECTOR EL MANANTIAL AGUA DE LAS MINAS, CONSTA DE LA COLOCACIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO DE 15CM DE ESPESOR DE LA LOSA Y UN ESPESOR DE LA BASE DE 10CM, LA SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS TRANSVERSALES DE 3.5MTS CON UNA PROFUNDIDAD DE 6CM.



PLANTA PROYECTO CONJUNTO
 ESCALA: 1:1250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RUTA DE ACCESO A EL SECTOR EL MANANTIAL AGUA DE LAS MINAS
 FECHA: 2018-02-22

INTEGRANTES:
 NOMBRE: [Redacted]
 NOMBRE: [Redacted]
 NOMBRE: [Redacted]

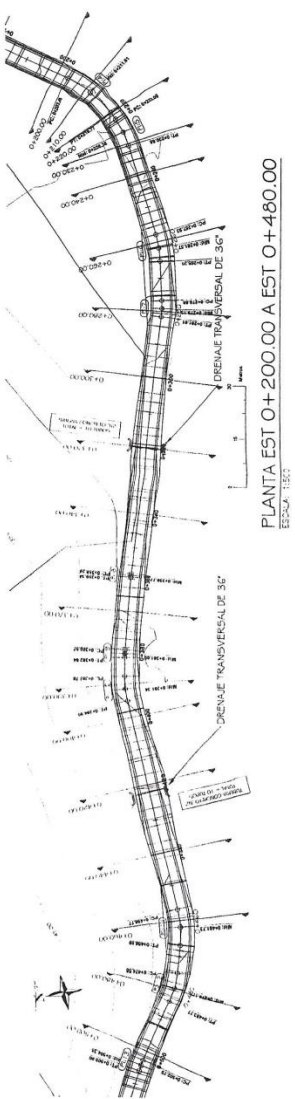
PROFESOR: [Redacted]

HIJERO	PI	DIRECCION	DELTA	RADIO	SI	LC	PC	PT	LC	R
PI.11	N01°00'51"W	139°56'	30.00	5.01	9.92	9.00	0.41	0.41	0.41	0.41
PI.10	N69°41'26"W	139°54'	30.00	3.56	7.12	7.10	0.21	0.21	0.21	0.21
PI.9	N74°55'14"W	3°02'30"	30.00	1.03	2.07	2.06	0.02	0.02	0.02	0.02
PI.8	N71°51'48"W	2°10'13"	30.00	0.57	1.14	1.14	0.01	0.01	0.01	0.01
PI.7	N75°31'03"W	9°29'43"	30.00	2.45	4.96	4.96	0.10	0.10	0.10	0.10
PI.6	N07°12'22"W	139°54'	30.00	3.66	7.26	7.26	0.22	0.22	0.22	0.22
PI.5	S77°30'13"W	16°24'57"	30.00	4.33	8.60	8.57	0.31	0.31	0.31	0.31
PT										

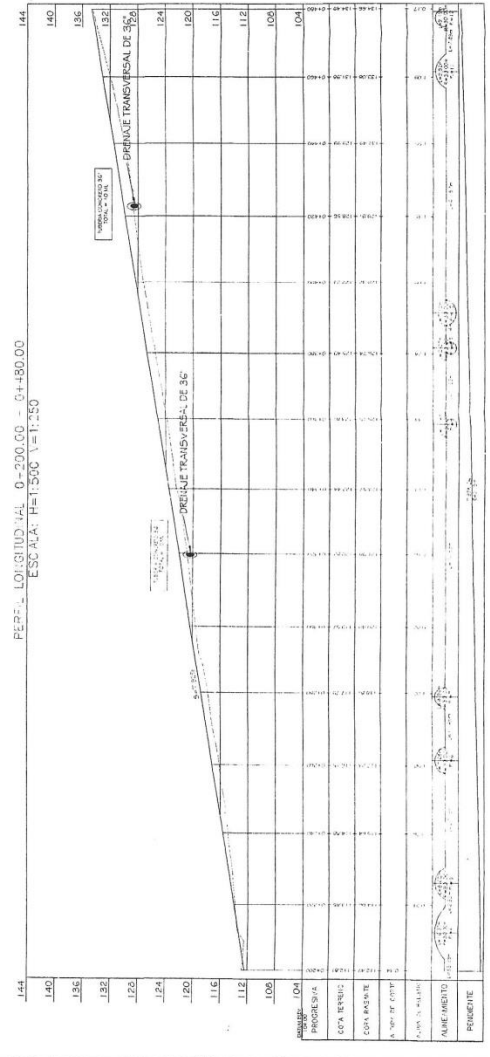
CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA

SIMBOLOGIA	
SI	Sub-Tangente
LC	Longitud de Curva
PC	Punto de Curva
PT	Punto de Tangente
LC	Longitud
R	Radio

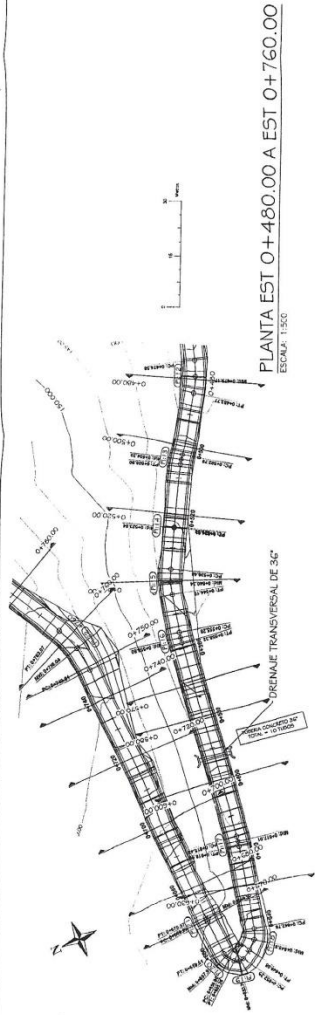
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 PLANIFICACION Y DISEÑO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
 PLANIFICACION Y DISEÑO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
 PLANIFICACION Y DISEÑO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA



PLANTA EST 0+200.00 A EST 0+480.00
 ESCALA 1:500

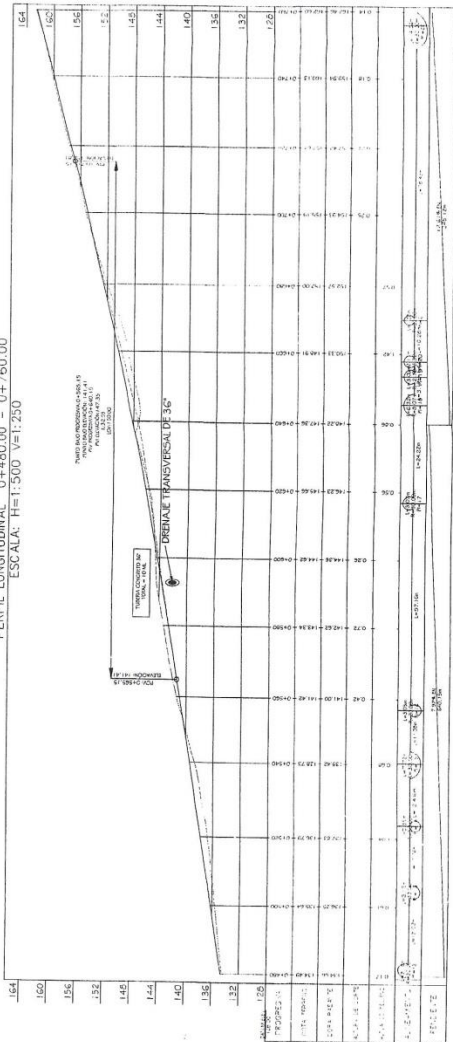


PERFIL LONGITUDINAL 0+200.00 - 0+480.00
 ESCALA H=1:500 V=1:250



PLANTA EST 0+480.00 A EST 0+760.00
ESCALA: 1:500

PERFIL LONGITUDINAL 0+480.00 - 0+760.00
ESCALA: H=1:500 V=1:250



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA

ST	Sub-Tangente	Le	Longitud de Curva	PC	Punto de intersección	PT	Principio de Tangente	Longitud	R				
F1.2	MS7 49 33W	17.938F	30.00	4.63	30.00	1.66	3.11	0.04	0.36	0.35	0.479.21	0.479.58	0.483.77
F1.3	MS6 57 17W	5.750C	30.00	1.66	30.00	0.16	0.35	0.35	0.04	0.04	0.504.35	0.503.79	0.504.01
F1.4	MS7 15 59W	0.901F	30.00	0.16	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.523.04	0.523.04	0.523.04
F1.5	MS7 59 13W	1.641F	30.00	0.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.540.36	0.540.36	0.540.36
F1.6	MS7 14 52W	5.9670C	30.00	1.52	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.556.80	0.556.80	0.556.80
F1.7	MS7 13 42W	5.9125F	30.00	1.53	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.571.01	0.571.01	0.571.01
F1.8	MS2 52 45W	4.5522F	30.00	1.53	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.586.09	0.586.09	0.586.09
F1.9	MS7 14 23E	6.1234F	30.00	1.52	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.601.31	0.601.31	0.601.31
F1.10	MS7 09 40E	3.6250F	30.00	1.52	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.617.01	0.617.01	0.617.01
F1.20	MS7 09 40E	3.6250F	30.00	1.52	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.632.39	0.632.39	0.632.39
F1.21	MS7 34 54E	2.7710F	30.00	0.64	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.649.33	0.649.33	0.649.33
F1.22	MS7 22 42E	2.79134F	30.00	0.64	30.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.666.17	0.666.17	0.666.17
F1.1	DIRECCION	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A	19.11A

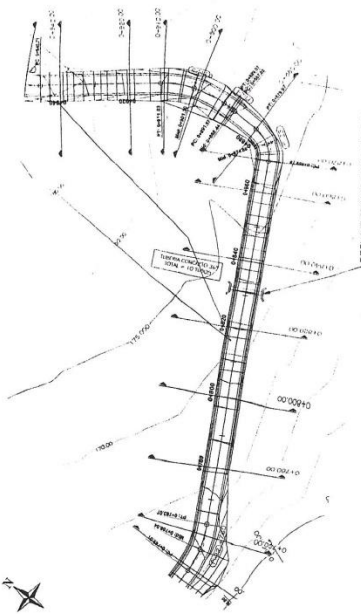
SIMBOLOGIA

SI	Sub-Tangente
Le	Longitud de Curva
PC	Punto de intersección
PT	Principio de Tangente
Longitud	Longitud
R	Radio

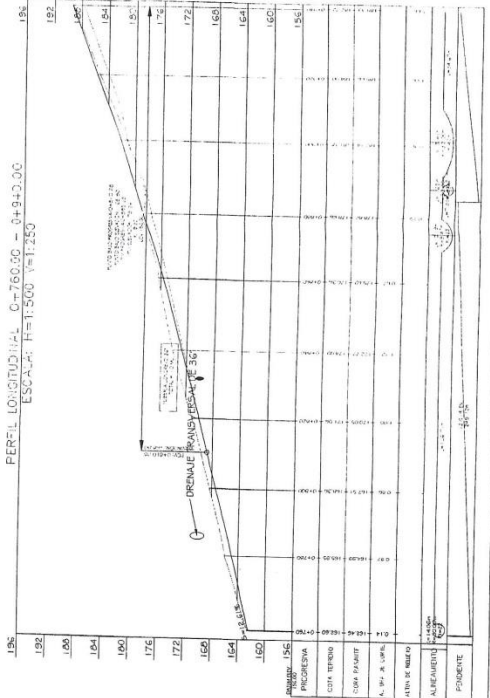
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: [Illegible]
FECHA: [Illegible]

ELABORADO POR: [Illegible]
REVISADO POR: [Illegible]



PLANTA EST 0+760.00 A EST 0+940.00
ESCALA: 1:500



PERFIL LONGITUDINAL 0+760.00 - 0+940.00
ESCALA: H=1:500 V=1:250

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA

NUMERO	DIRECCION	DELTA	RADIO	SI	Lc	CM	E	OM	PI	PC	PT
M.22	N75°22'42"E	269'194"	30.00	7.16	14.06	13.94	0.84	0.82	0+756.17	0+749.01	0+763.07
M.23	N32°08'08"E	6'17'33"	9.47	5.65	10.19	9.70	1.56	1.34	0+875.43	0+869.76	0+879.97
M.24	N07°07'57"E	2'22'51"	30.00	0.62	1.25	1.25	0.01	0.01	0+866.44	0+867.82	0+869.07
M.25	N19°35'30"W	37'1'00"	30.00	10.09	19.46	19.12	1.69	1.56	0+901.66	0+891.57	0+911.03

SIMBOLOGIA

SI	Sub-Tangencia
Lc	Longitud de Curva
CM	Curva Máxima
PI	Punto de Intersección
PC	Principio de Curva
PT	Principio de Tangente
Lc	Longitud
R	Radio

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: []
PROGRAMA: []
CARRERA: []
MATERIA: []
SEMESTRE: []
FECHA: []

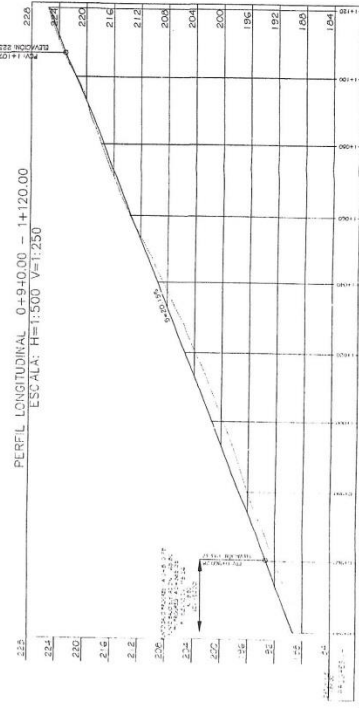
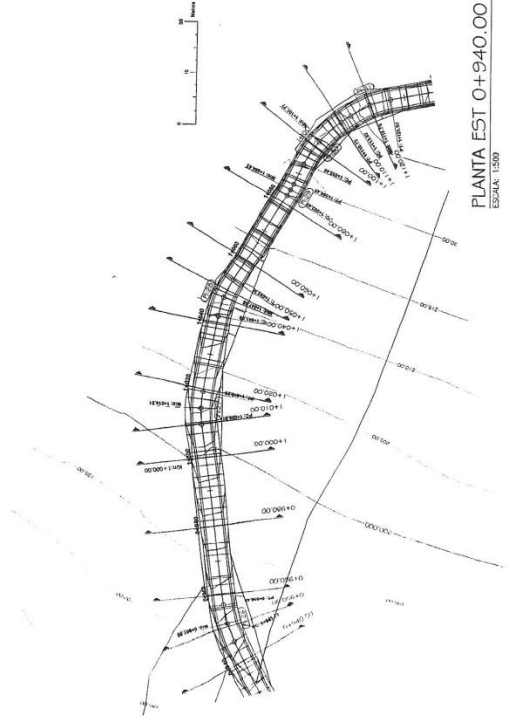
ENCARGADO DE LA ASIGNATURA: []
AUTOR: []
REVISOR: []
DISEÑADOR: []
CALIFICACION: []

LINEA	PI	DIRECCION	LENGUA	R	CM	PC	PT	LC	LT	CM	PC	PT	LC	LT	CM	PC	PT	LC	LT	
P1.26	N27°56'23"W	207.9416	30.00	5.44	10.77	10.71	0.49	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	
P1.27	N87°41'17"W	17.5557	30.00	4.73	9.49	9.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	
P1.28	N1°07'43"E	21.4204	30.00	5.75	11.46	11.29	0.59	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	
P1.29	N18°06'42"E	7.4436	30.00	7.03	4.05	4.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
P1.30	N00°13'30"E	31.7241	30.00	0.59	16.73	16.52	1.21	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	
P1.31	N57°59'57"E	23.5515	30.00	6.26	12.35	12.28	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	
P1																				

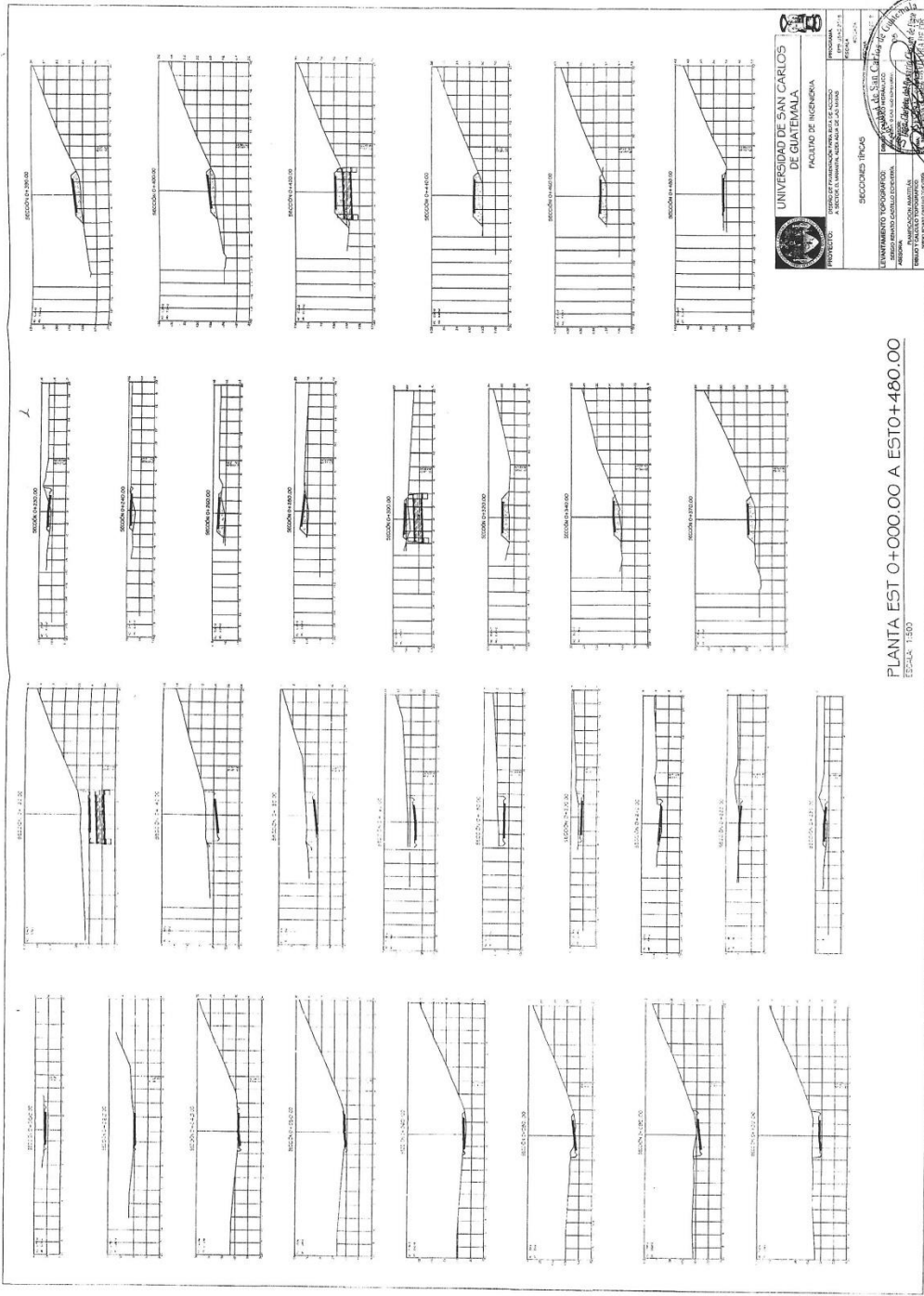
SIMBOLOGIA	
ST	Sub-Tangente
Lc	Longitud de Curva
CM	Cuerda Máxima
PI	Punto de intersección
PC	Principio de Curva
PT	Principio de Tangente
Lc	Longitud
R	Radio

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL CARRIL PARA EL PASAJE DE PEATONES EN LA AV. 14 DE JUNIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA.
FOLIO: 14-01-01
FECHA: 2012


PLANTA EST 0+940.00 A ESTI +120.00
ESCALA: 1:500



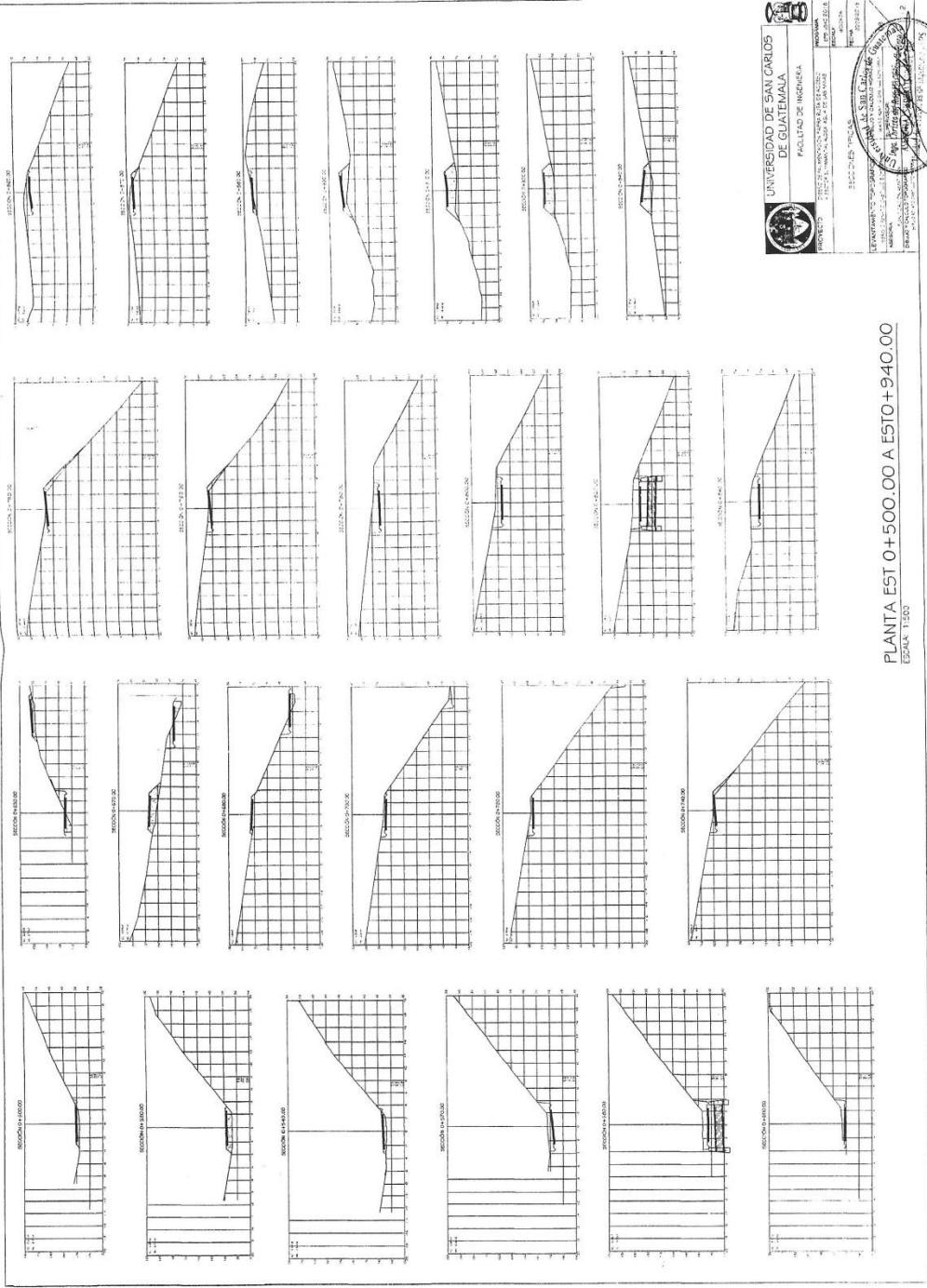
PERFIL LONGITUDINAL 0+940.00 - 1+120.00
ESCALA: H=1:500 V=1:250



PLANTA EST 0+000.00 A EST 0+480.00
ESCALA 1:500


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y DE OBRAS DE OBRAS DE FERROVIARIAS
 ASESORIA TECNICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE OBRAS DE FERROVIARIAS
 PROYECTO: **SECCION TPOUS**
 ESTACION: EST. 0+000.00 A EST. 0+480.00
 ESCALA: 1:500
 FECHA: 15/05/2018

INGENIERO RESPONSABLE: *[Firma]*
 INGENIERO AUXILIAR: *[Firma]*
 INGENIERO TECNICO: *[Firma]*
 INGENIERO TECNICO: *[Firma]*
 INGENIERO TECNICO: *[Firma]*

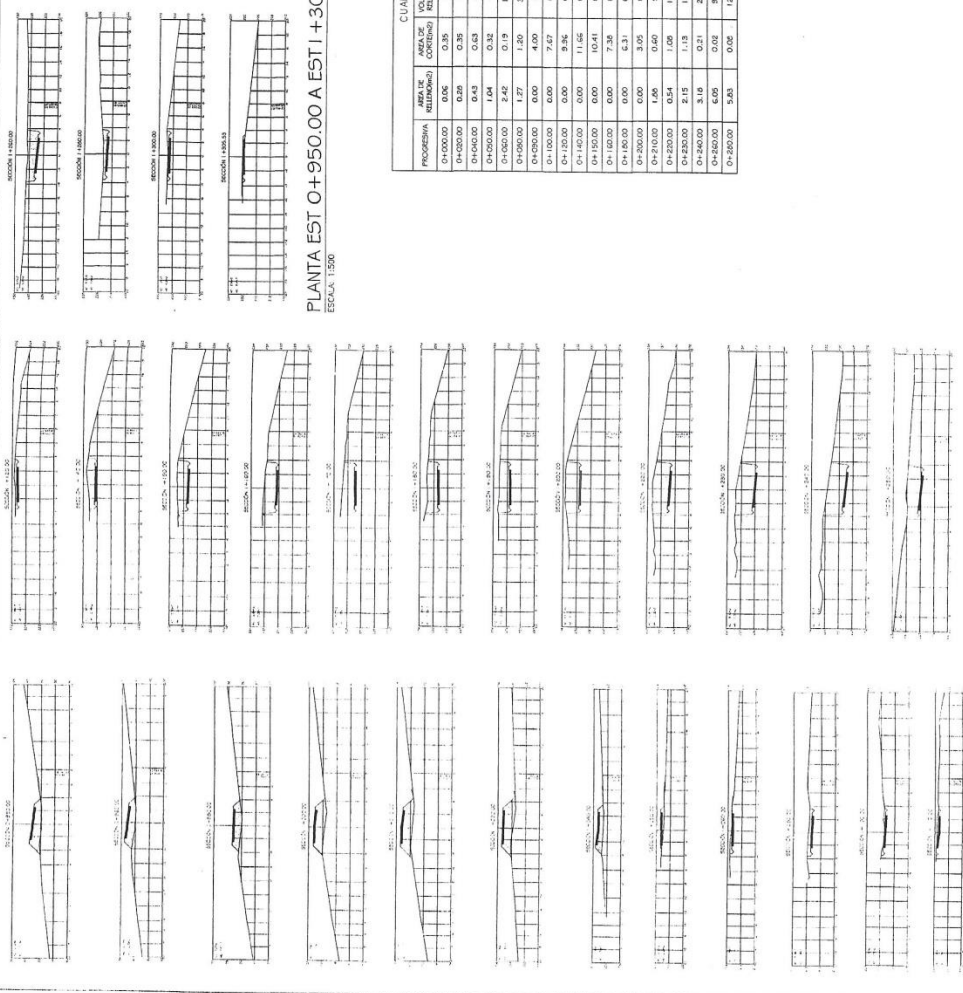


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS

PROYECTO: ...
 TITULO: ...
 AUTORES: ...
 FECHA: ...

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS

PLANTA EST. 0+500.00 A ESTO + 940.00
 ESCALA: 1:500



PLANTA EST 0+950.00 A EST 1+305.53
ESCALA: 1:500

PROGRESIVA	AREA DE SECCIONES (M ²)	AREA DE CONTENEDOR (M ²)	VOLUMEN DE ALIENACION (M ³)	VOLUMEN DE CONTENEDOR (M ³)	VOL. COMPENSABLE (M ³)	VOLUMEN (M ³)
0+000.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
0+050.00	0.43	0.35	3.48	7.04	3.40	7.04
0+100.00	0.43	0.63	7.19	9.54	10.67	16.00
0+150.00	1.04	0.32	7.44	4.65	16.11	21.54
0+200.00	2.42	0.19	17.42	2.45	35.53	28.89
0+250.00	1.27	1.20	36.65	18.62	73.37	97.61
0+300.00	0.00	4.00	6.62	24.96	70.99	62.77
0+350.00	0.00	7.67	0.00	57.89	70.99	100.68
0+400.00	0.00	8.26	0.00	57.89	70.99	297.00
0+450.00	0.00	9.26	0.00	57.89	70.99	484.21
0+500.00	0.00	10.41	0.00	109.57	70.99	632.59
0+550.00	0.00	7.36	0.00	68.82	70.99	711.71
0+600.00	0.00	6.31	0.00	136.50	70.99	844.19
0+650.00	0.00	3.05	0.00	93.29	70.99	941.19
0+700.00	1.00	0.60	9.47	17.60	68.42	958.90
0+750.00	0.54	1.00	12.29	7.59	100.75	967.56
0+800.00	2.15	1.13	13.62	10.21	114.97	977.77
0+850.00	3.16	0.21	26.67	6.64	141.24	984.42
0+900.00	6.05	0.02	36.47	2.22	233.71	986.64
0+950.00	5.83	0.00	150.32	0.95	383.93	997.58
1+000.00						633.66

SECCION TRANSVERSAL ELEVACION DE CABEZAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROFESOR: VICENTE M. RAMIREZ, M.Sc. en Ing. Civil
INGENIERO EN CARRETERAS: JUAN CARLOS GONZALEZ, M.Sc. en Ing. Civil

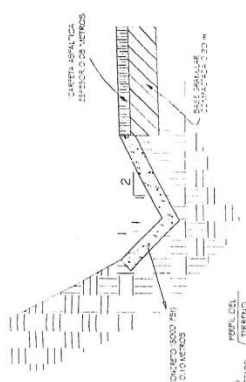
SECCIONES TIPIICAS Y SECCIONES TRANSVERSALES

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: [Logo]
DISEÑO: [Logo]
ELABORACION: [Logo]

FECHA: 2023.02.23

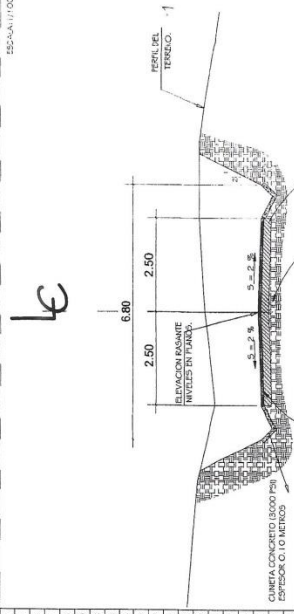
SECCION TRANSVERSAL TYPICA EN CURVA		SECCION TRANSVERSAL TYPICA EN CORTE	
PROFUNDIDAD (M)	ANCHO DE CALZADA (M)	PROFUNDIDAD (M)	ANCHO DE CALZADA (M)
0.00	3.00	0.00	3.00
0.25	3.00	0.25	3.00
0.50	3.00	0.50	3.00
0.75	3.00	0.75	3.00
1.00	3.00	1.00	3.00
1.25	3.00	1.25	3.00
1.50	3.00	1.50	3.00
1.75	3.00	1.75	3.00
2.00	3.00	2.00	3.00
2.25	3.00	2.25	3.00
2.50	3.00	2.50	3.00
2.75	3.00	2.75	3.00
3.00	3.00	3.00	3.00
3.25	3.00	3.25	3.00
3.50	3.00	3.50	3.00
3.75	3.00	3.75	3.00
4.00	3.00	4.00	3.00
4.25	3.00	4.25	3.00
4.50	3.00	4.50	3.00
4.75	3.00	4.75	3.00
5.00	3.00	5.00	3.00
5.25	3.00	5.25	3.00
5.50	3.00	5.50	3.00
5.75	3.00	5.75	3.00
6.00	3.00	6.00	3.00
6.25	3.00	6.25	3.00
6.50	3.00	6.50	3.00
6.75	3.00	6.75	3.00
7.00	3.00	7.00	3.00
7.25	3.00	7.25	3.00
7.50	3.00	7.50	3.00
7.75	3.00	7.75	3.00
8.00	3.00	8.00	3.00
8.25	3.00	8.25	3.00
8.50	3.00	8.50	3.00
8.75	3.00	8.75	3.00
9.00	3.00	9.00	3.00
9.25	3.00	9.25	3.00
9.50	3.00	9.50	3.00
9.75	3.00	9.75	3.00
10.00	3.00	10.00	3.00

CUADRO DE VOLUMEN TOTAL			
PROFUNDIDAD (M)	AREA DE TERRENO (M ²)	VOLUMEN DE TIERRA (M ³)	VOLUMEN DE VOLADRE (M ³)
0.00	3.00	0.00	0.00
0.25	3.00	0.75	0.00
0.50	3.00	1.50	0.00
0.75	3.00	2.25	0.00
1.00	3.00	3.00	0.00
1.25	3.00	3.75	0.00
1.50	3.00	4.50	0.00
1.75	3.00	5.25	0.00
2.00	3.00	6.00	0.00
2.25	3.00	6.75	0.00
2.50	3.00	7.50	0.00
2.75	3.00	8.25	0.00
3.00	3.00	9.00	0.00
3.25	3.00	9.75	0.00
3.50	3.00	10.50	0.00
3.75	3.00	11.25	0.00
4.00	3.00	12.00	0.00
4.25	3.00	12.75	0.00
4.50	3.00	13.50	0.00
4.75	3.00	14.25	0.00
5.00	3.00	15.00	0.00
5.25	3.00	15.75	0.00
5.50	3.00	16.50	0.00
5.75	3.00	17.25	0.00
6.00	3.00	18.00	0.00
6.25	3.00	18.75	0.00
6.50	3.00	19.50	0.00
6.75	3.00	20.25	0.00
7.00	3.00	21.00	0.00
7.25	3.00	21.75	0.00
7.50	3.00	22.50	0.00
7.75	3.00	23.25	0.00
8.00	3.00	24.00	0.00
8.25	3.00	24.75	0.00
8.50	3.00	25.50	0.00
8.75	3.00	26.25	0.00
9.00	3.00	27.00	0.00
9.25	3.00	27.75	0.00
9.50	3.00	28.50	0.00
9.75	3.00	29.25	0.00
10.00	3.00	30.00	0.00



DETALLE CUNETAS REVESTIDAS

SECCION TRANSVERSAL TYPICA EN CURVA

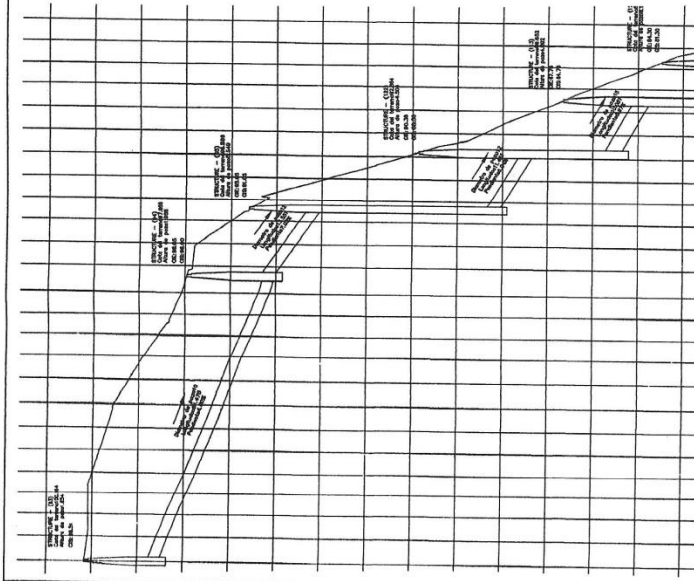


SECCION TRANSVERSAL TYPICA EN CORTE

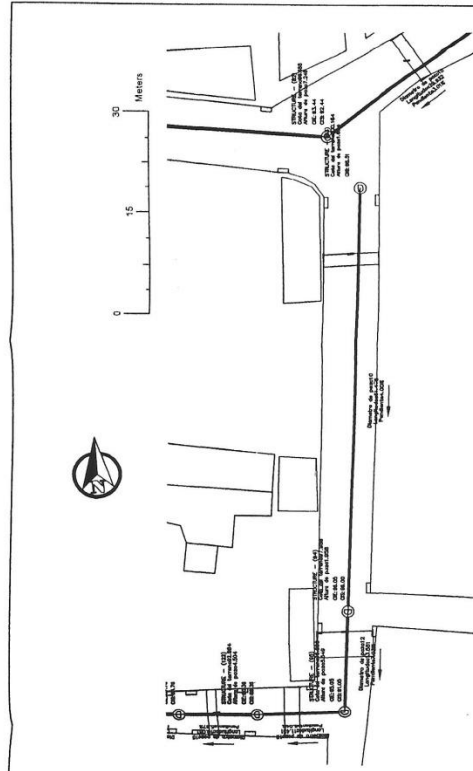
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
SECCION DE TRACCION Y PAVIMENTACION
PROYECTO DE PAVIMENTACION EN LA AVENIDA DE LA PAZ
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE INGENIERIA DE PAVIMENTACION
PROFESOR: DR. JUAN CARLOS TORRES
ESTUDIANTE: JUAN CARLOS TORRES
FECHA: 2013-12-13

Apéndice 2. **Planos de diseño de sistema de drenaje pluvial para colonia Cerro Corado, Amatitlán**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.



PERFIL POZO 93 A 122
ESC: 1:750

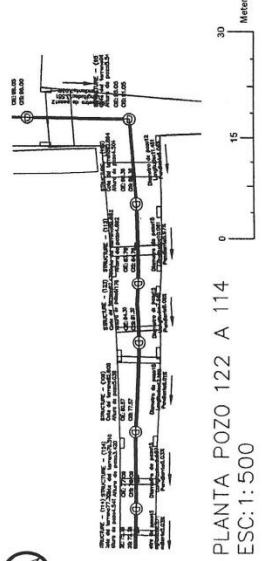
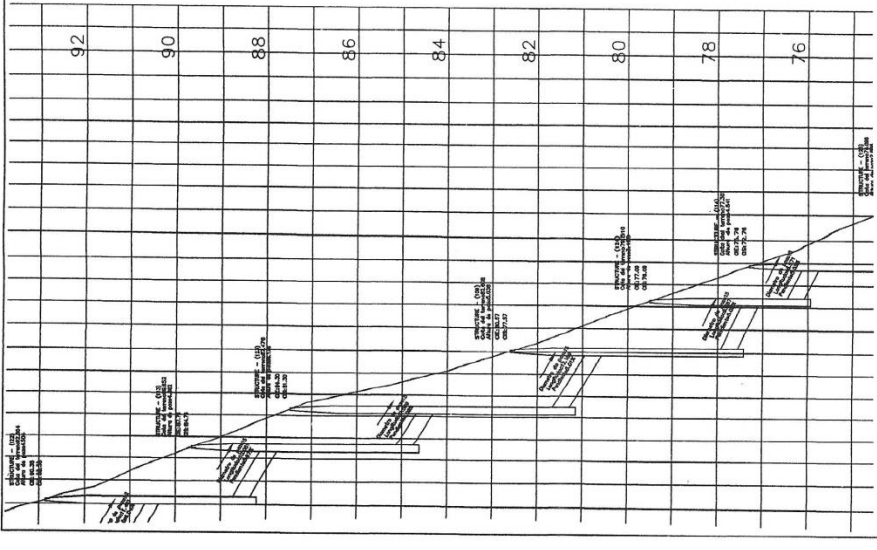


PLANTA POZO 93 A 122
ESC: 1:500

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
⊕	DH DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO
S	PENIESTE
∅	DIAMETRO TUBERIA
CT	COTA DE TERRENO
	FVC POLICARBONO DE VINILO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-498	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTRILLADO AECOM, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAQUETA, 1989	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRER DE ENGENYERIA CIVIL, CALZADA ZURRO ORDOZ
GUATEMALA, GUATEMALA
PLANTA - PERFIL
20/04/2018
22



PLANTA POZO 122 A 114
ESC: 1:500

SIMBOLOGIA	
ESTRUCTURA POZO DE VISITA	DH DISTANCIA HORIZONTAL
POZO DE VISITA	L LONGITUD DE TUBERIA
DIRECCION DE FLUJO	CIS COTA INVERT DE SALIDA
FENDIETE	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
DIAMETRO TUBERIA	PVC POLICLORURO DE VINILO
COTA DE TERRENO	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-417	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-949	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALcantarillado INCOMI, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES E IMPAGUJA, 1998	

PERFIL POZO 122 A 114
ESC: 1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE SISTEMAS DE DRENAJE Y SANEAMIENTO

PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES E IMPAGUJA

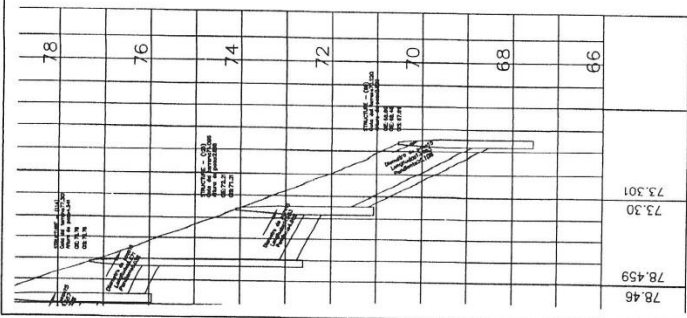
ESTADISTICO Y COORDINADOR: [Nombre]

PROFESOR ASISTENTE: [Nombre]

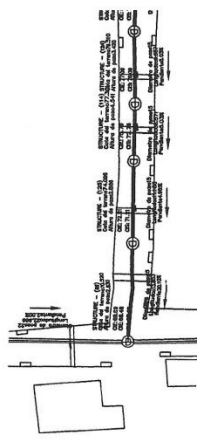
ESTUDIANTE: [Nombre]

FECHA: [Fecha]

22



PERFIL POZO 114 A 89
ESC: 1: 750



PLANTA POZO 114 A 89
ESC: 1: 500

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
⊕	DH
→	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO
S	PENDIENTE
∅	DIAMETRO TUBERIA
CT	COTA DE TERRENO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-499	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALGANTARILLADO INFOM, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGLIA, 1989	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE INGENIERIA

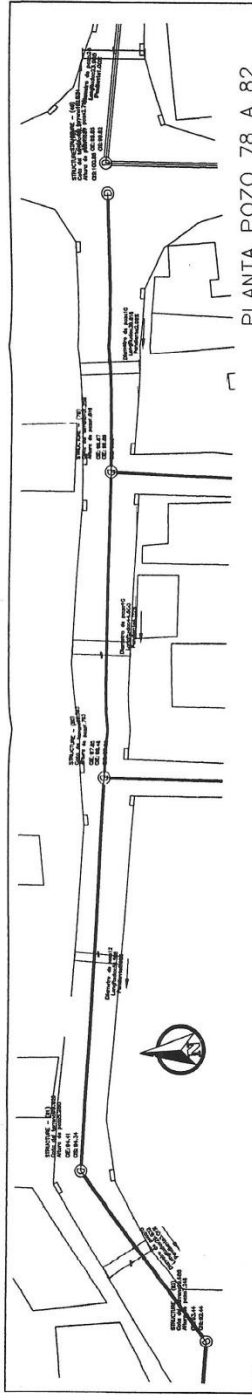
PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGLIA, 1989

ALUMNO: [Nombre del Alumno]

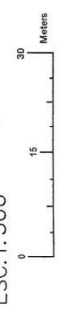
PROFESOR: [Nombre del Profesor]

FECHA: [Fecha]

22

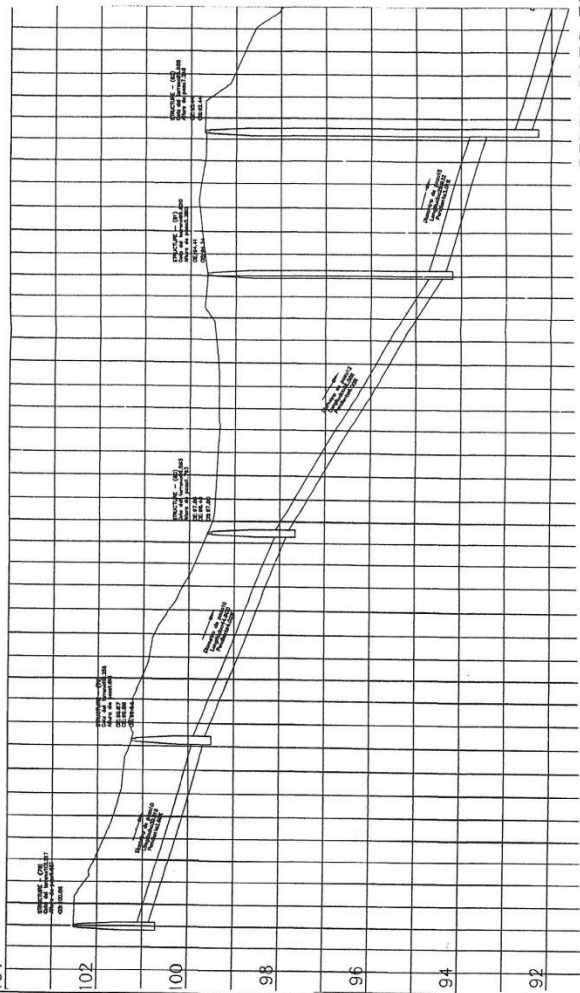


PLANTA POZO 78 A 82
ESC:1:500



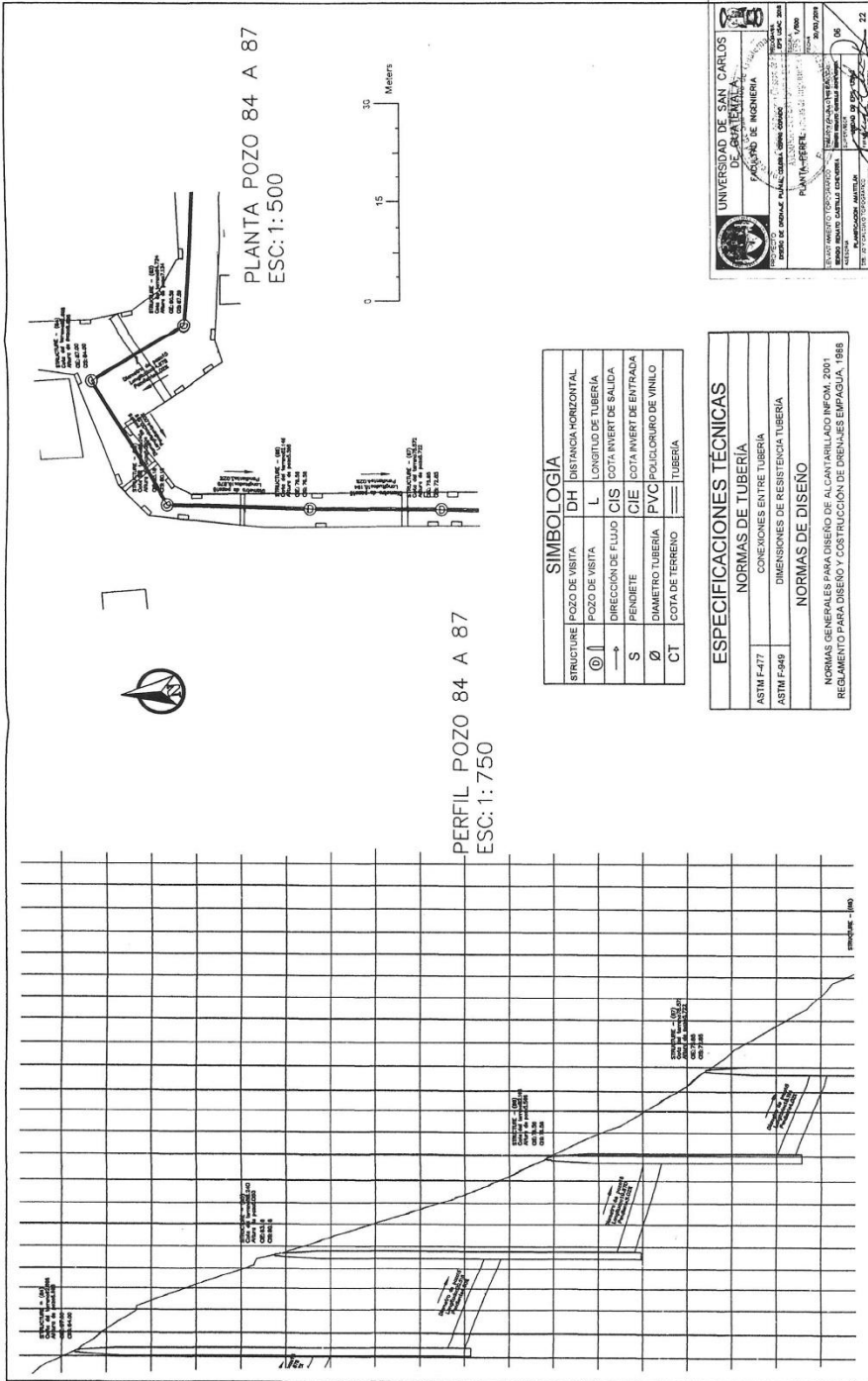
SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S	PENDIENTE
Ø	DIAMETRO TUBERIA
PVC	POLICLORURO DE VINILO
CT	COTAS DE TERRENO
==	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-549	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INCOM, 2001	
REGlamento PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUJA, 1888	



PERFIL POZO 78 A 82
ESC:1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingenieria Civil
CARRERA DE INGENIERIA EN OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO
PLANTA POZO 78 A 82
DISEÑADO POR: [Signature]
REVISADO POR: [Signature]
AUTORIZADO POR: [Signature]
FECHA: [Date]



PERFIL POZO 84 A 87
ESC: 1: 750

PLANTA POZO 84 A 87
ESC: 1: 500

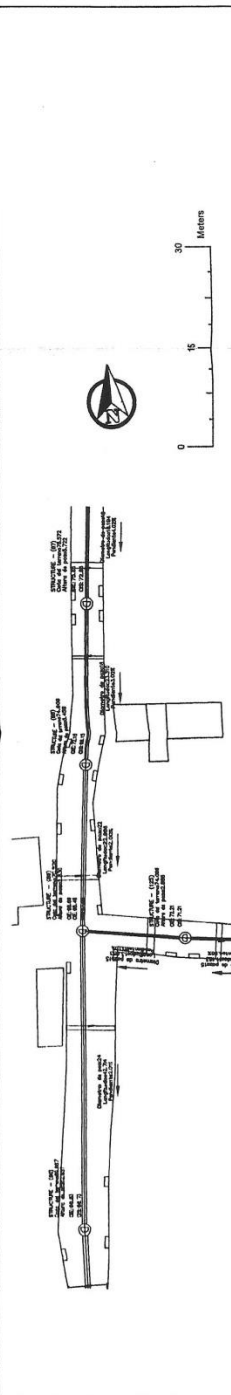
SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
PVC	POCLOSURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-949	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALGATRILADO MECAN. 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAQUA. 1988	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PLANTA PERRE
20/10/2018

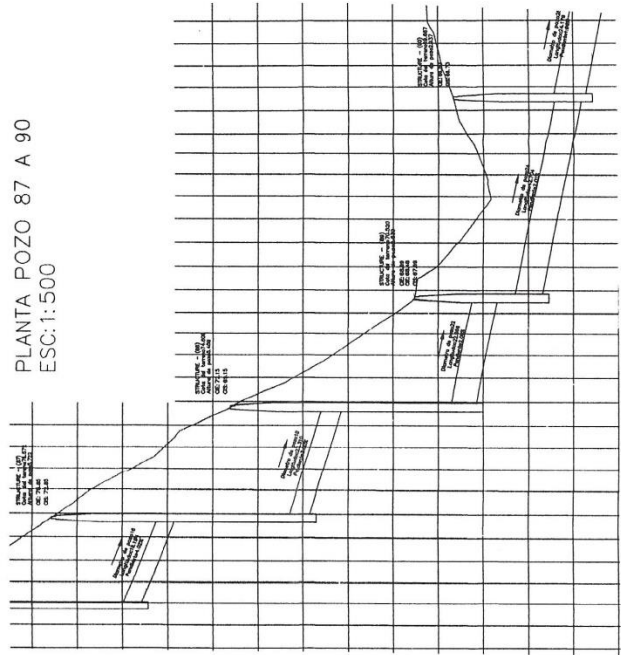
22



PLANTA POZO 87 A 90
ESC: 1:500

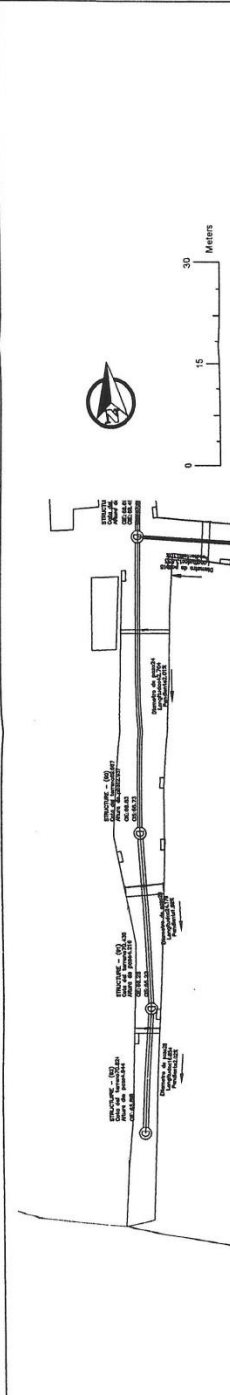
SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE NIETA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S	PERDIENTE
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
PVC	POLICLORURO DE VINILO
∅	DIAMETRO TUBERIA
CT	COTA DE TERRENO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-699	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INCOM, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES EMPASIA, 1988	



PERFIL POZO 87 A 90
ESC: 1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE DISEÑO DE OBRAS DE SANEAMIENTO
PROYECTO DE DISEÑO DE OBRAS DE SANEAMIENTO PARA EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA
PLANTA - PERFILES DE LAS TUBERIAS DE SANEAMIENTO
INGENIERO RESPONSABLE: CARLOS GONZALEZ
INGENIERO AUXILIAR: CARLOS GONZALEZ
FECHA DE ELABORACION: 2011
HOJA: 22



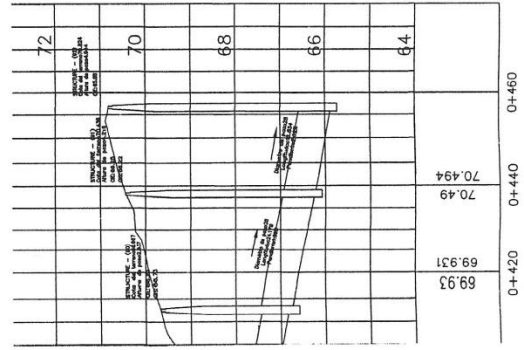
PLANTA POZO 90 A 92
ESC: 1:500

SIMBOLOGIA

⊕	POZO DE VISITA	DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	POZO DE VISITA	L	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO	CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S	PENDIENTE	CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
∅	DIAMETRO TUBERIA	PVC	POLICLORURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO	==	TUBERIA

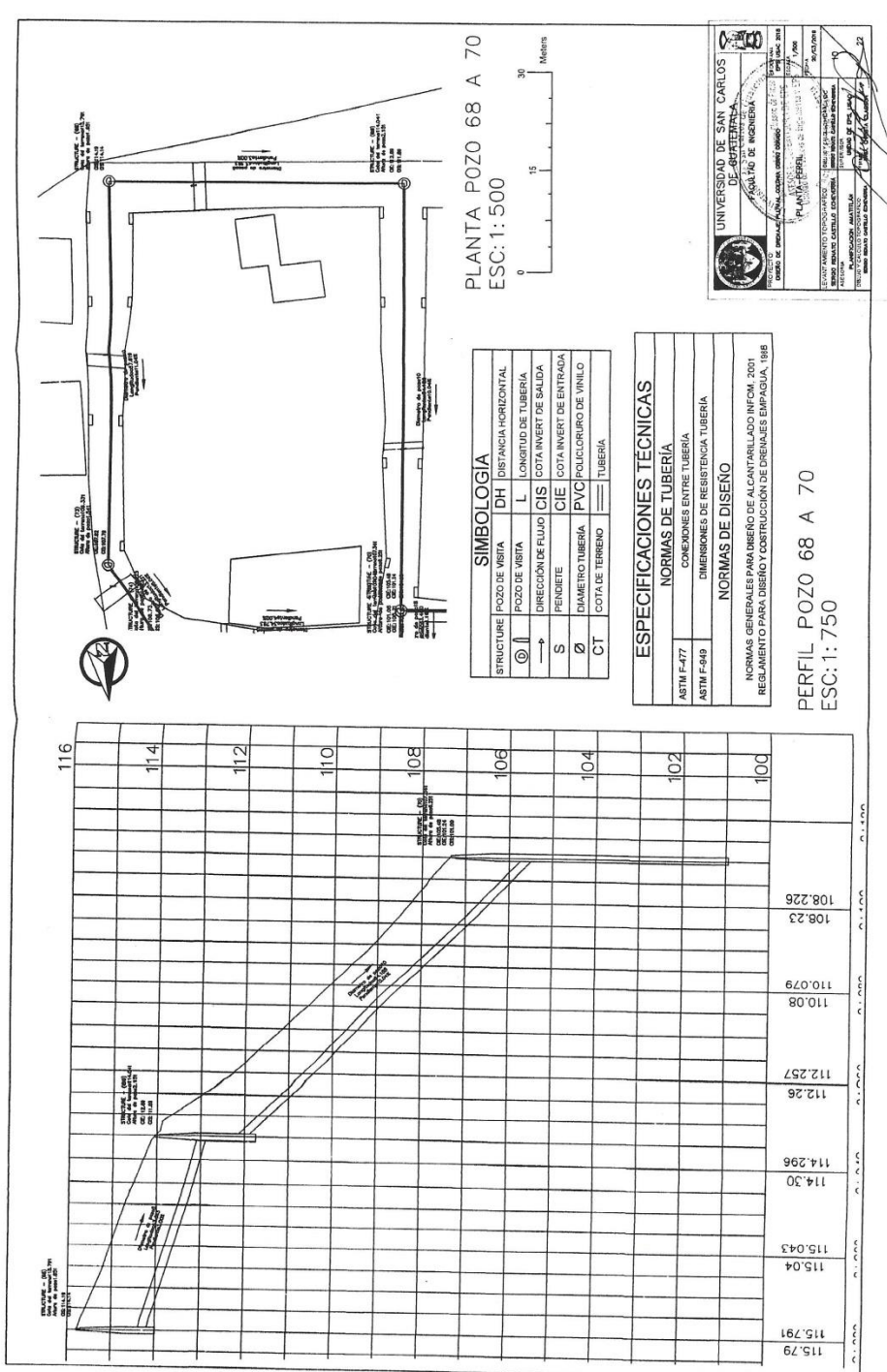
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-77	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-498	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTELLADO INCOM. 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPASADA. 1988	



PERFIL POZO 90 A 92
ESC: 1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DISEÑO DE DRENAJE URBANO
PLANTA Y PERFIL DE POZO 90 A 92
DISEÑADO POR: [Signature]
REVISADO POR: [Signature]
FECHA: 15/05/2018
22



PLANTA POZO 68 A 70
ESC: 1: 500

SIMBOLOGIA	
⊙	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
S	PENDIENTE
∅	DIAMETRO TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
DH	DISTANCIA-HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
PVC	POLICLORURO DE VINILO
—	TUBERÍA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONDICIONES ENTRE TUBERÍA
ASTM F-649	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERÍA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM. 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES EMPAGUA, 1988	

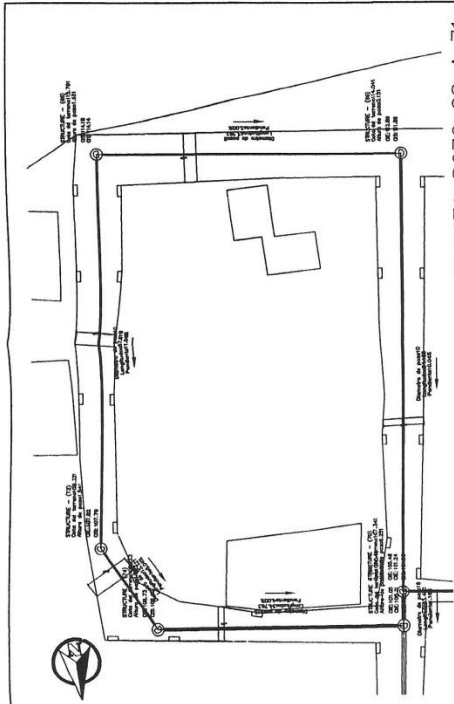
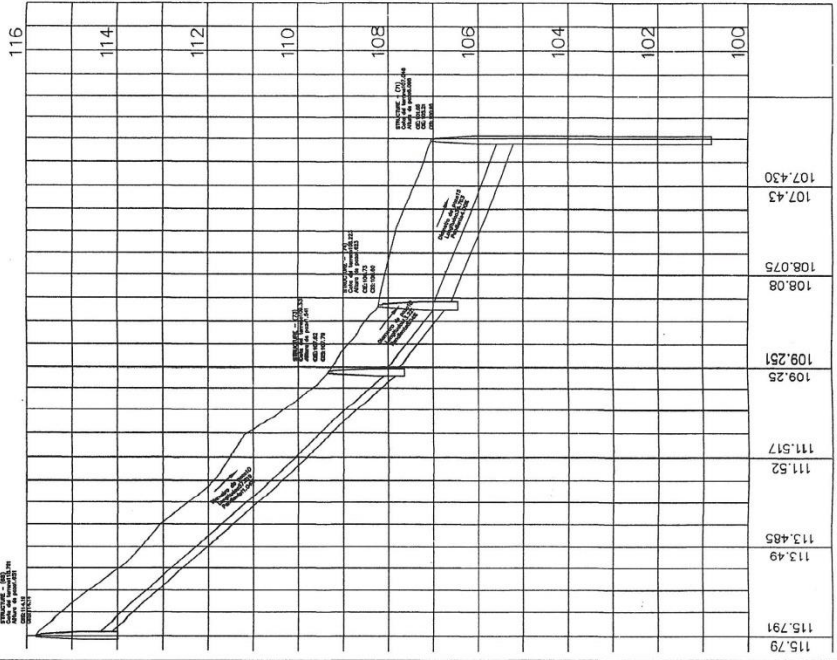
PERFIL POZO 68 A 70
ESC: 1: 750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERAS DE INGENIERIA CIVIL, INGENIERIA EN SISTEMAS DE TRANSPORTACION Y INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIA

PLANTA PERIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TRANSPORTACION
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIA

SECCIONAMIENTO (EQUIVALENCIAS):
SECCIONAMIENTO GENERAL (EQUILIBRIO):
SECCIONAMIENTO ESPECIAL (EQUILIBRIO):
SECCIONAMIENTO DE DISEÑO (EQUILIBRIO):

FECHA: 17/06/2008
AUTOR: [Firma]
REVISOR: [Firma]



PLANTA POZO 68 A 71
ESC: 1: 500

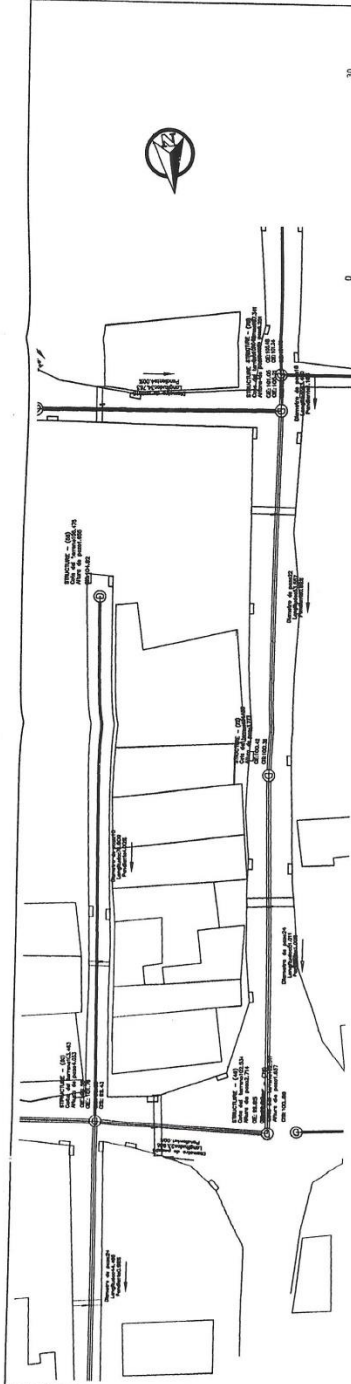
SIMBOLOGIA	
⊙	POZO DE VISITA
→	DIRECCION DE FLUJO
S	PENDIENTE
∅	DIAMETRO TUBERIA
CT	COTA DE TERRENO
—	TUBERIA
—	LONGITUD DE TUBERIA
—	COTA INVERT DE ENTRADA
—	COTA INVERT DE SALIDA
—	DISTANCIA HORIZONTAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONDICIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-949	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE CANTONILLADO INFORM. 2001	
REGLAMENTO PARA LIBERAR Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAQUETA. 1988	

PERFIL POZO 68 A 71
ESC: 1: 750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANTA - 68 A 71
2010/2011

EL INGENIERO PROYECTISTA: *[Signature]*
INGENIERO EN SISTEMAS DE DRENAJE
MAGISTER CATALDO LINDORF
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE DRENAJE
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE DRENAJE
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE DRENAJE

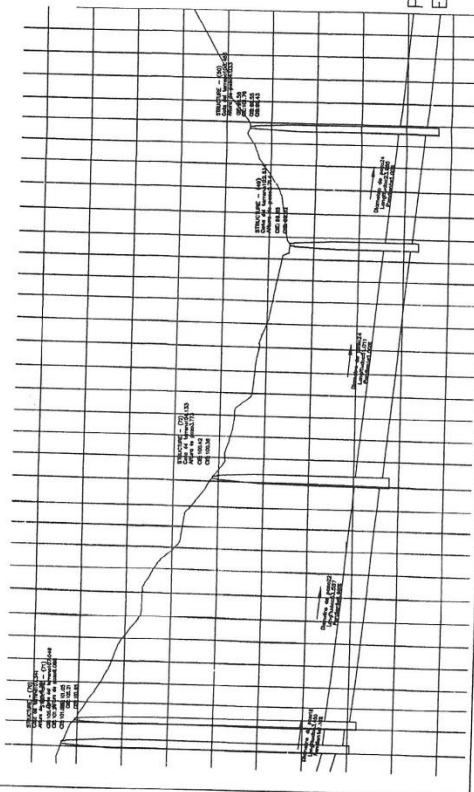


PLANTA POZO 70 A 50
ESC: 1:500



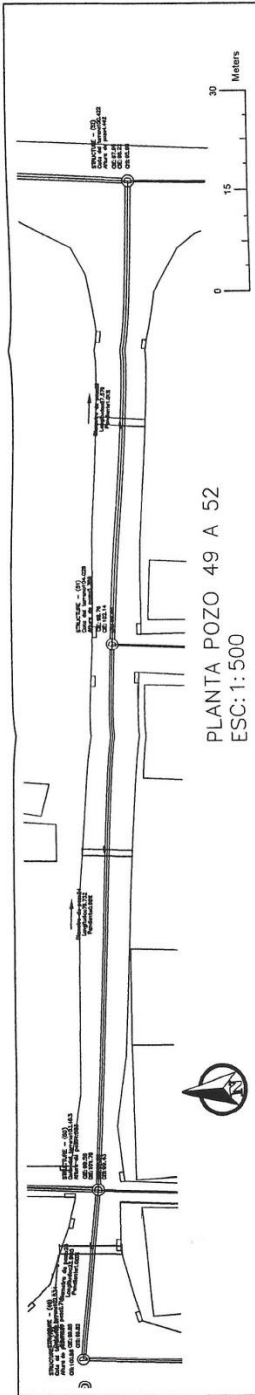
SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
①	POZO DE VISITA
L	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO
S	PERDIENTE
∅	DIAMETRO TUBERIA
CT	COTA DE TERRENO
—	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-496	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM, 2001	
RECLAMAMIENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUA, 1988	



PERFIL POZO 70 A 50
ESC: 1:750

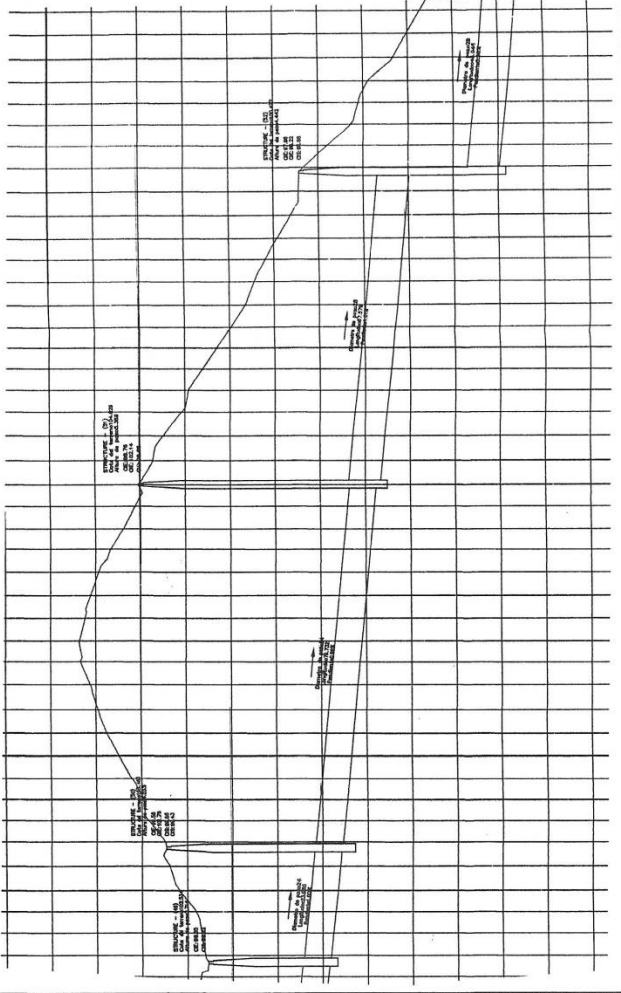
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROFESOR: DR. JUAN CARLOS ESCOBAR
ALUMNO: JUAN CARLOS ESCOBAR
MATERIA: DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM
FECHA: 12/05/2011
TITULO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM PARA UN PUEBLO RURAL
AUTOR: JUAN CARLOS ESCOBAR
DISEÑADOR: JUAN CARLOS ESCOBAR
PROFESOR: DR. JUAN CARLOS ESCOBAR



PLANTA POZO 49 A 52
ESC: 1: 500

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S	PRENDIETE
Ø	DIAMETRO TUBERIA
PVC	COLLECTOR DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO
---	TUBERIA

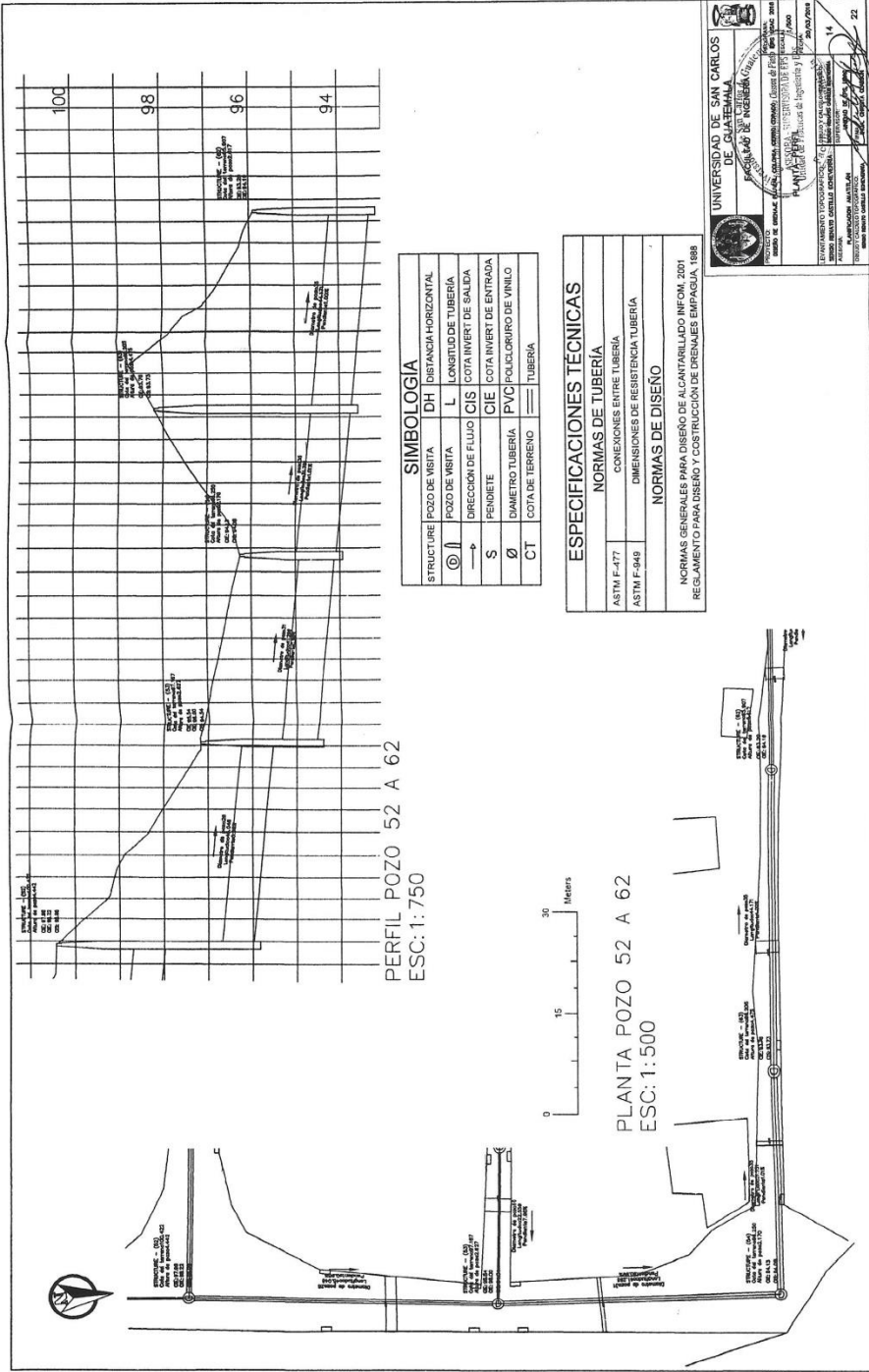
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-498	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLO INCOM. 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAQUA. 1988	



PERFIL POZO 49 A 52
ESC: 1: 750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA EN OBRAS DE SANITACION
PLANTA-Perfil
PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAQUA. 1988
AUTOR: [Signature]
FECHA: [Date]

22



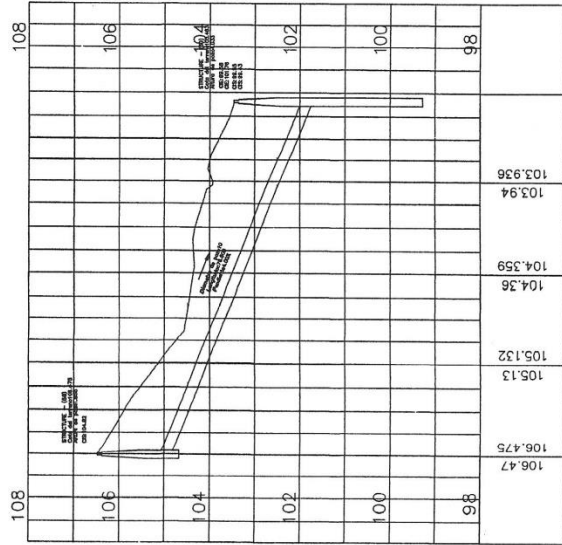
SIMBOLOGIA

STRUCTURE	POZO DE VISITA	DH	DISTANCIA-HORIZONTAL
①	POZO DE VISITA	L	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO	CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S	PENDIENTE	CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
∅	DIAMETRO TUBERIA	PVC	POLICLORURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO	==	TUBERIA

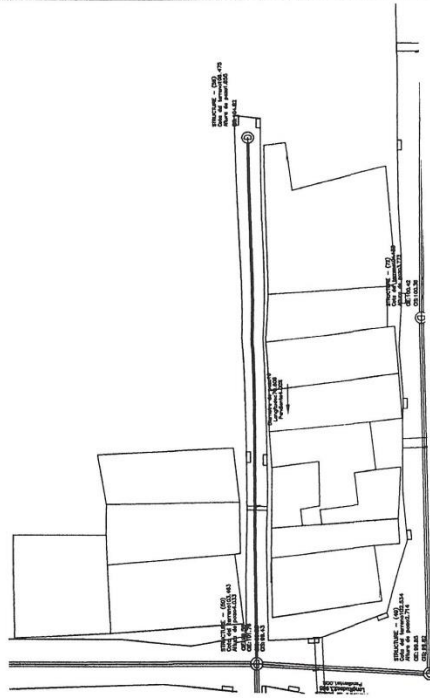
ESPECIFICACIONES TECNICAS

NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-417	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-949	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUA, 1988	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PLAN DE TUBERIA
 TUBERIA DE POLICLORURO DE VINILO
 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUA
 14
 22



PERFIL POZO 58 A 50
ESC: 1:750



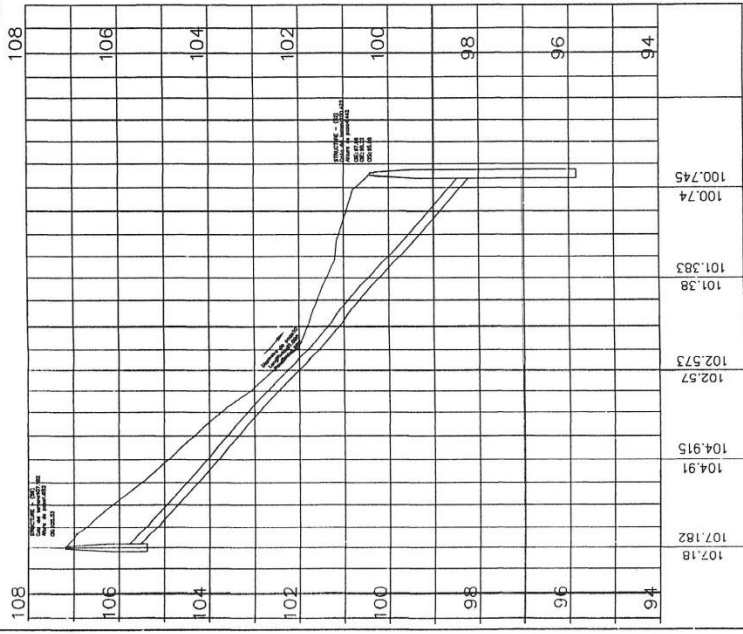
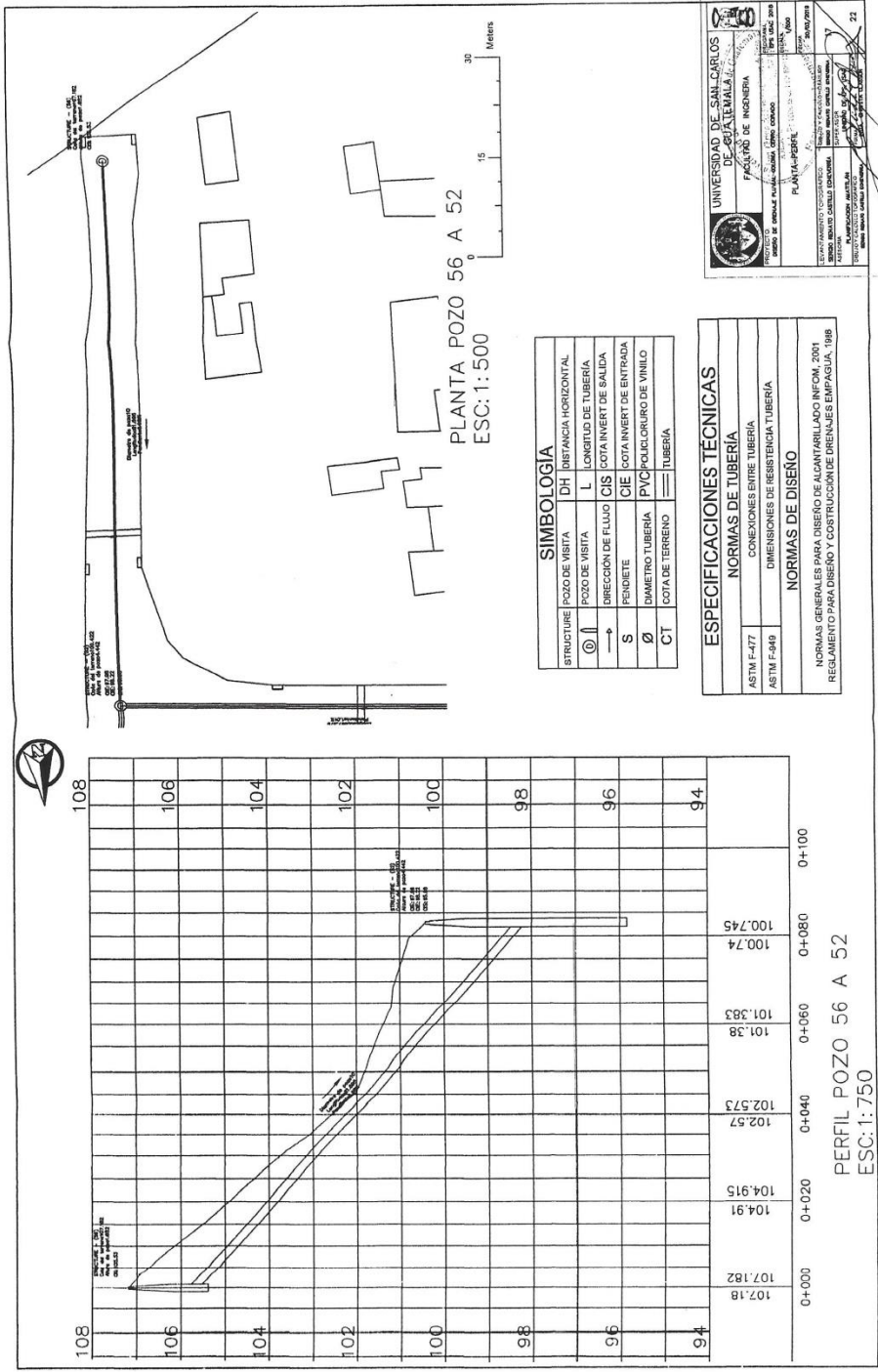
PLANTA POZO 58 A 50
ESC: 1:500

0 15 30
Meters

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA-HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
PVC	POLICLOURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO
==	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-549	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANARILLO (NOM. 2001)	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS EN EMPAQUE, 1988	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANTA-PROFIL
TUBERIA DE VISITA
CANTON GUATEMALA
REPUBLICA DE GUATEMALA
2017/2018



PLANTA POZO 56 A 52
ESC: 1:500

SIMBOLOGIA

STRUCTURE	POZO DE VISITA	DH	INSTANCIA HORIZONTAL
⊙	POZO DE VISITA	L	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUIDO	CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S	PENDIENTE	CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
∅	DIAMETRO TUBERIA	PVC	POLICLORURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO	==	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ASTM F-477	NORMAS DE TUBERIA
ASTM F-949	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
	NORMAS DE DISEÑO
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALANTARILLADO INFOM, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUJA, 1998	

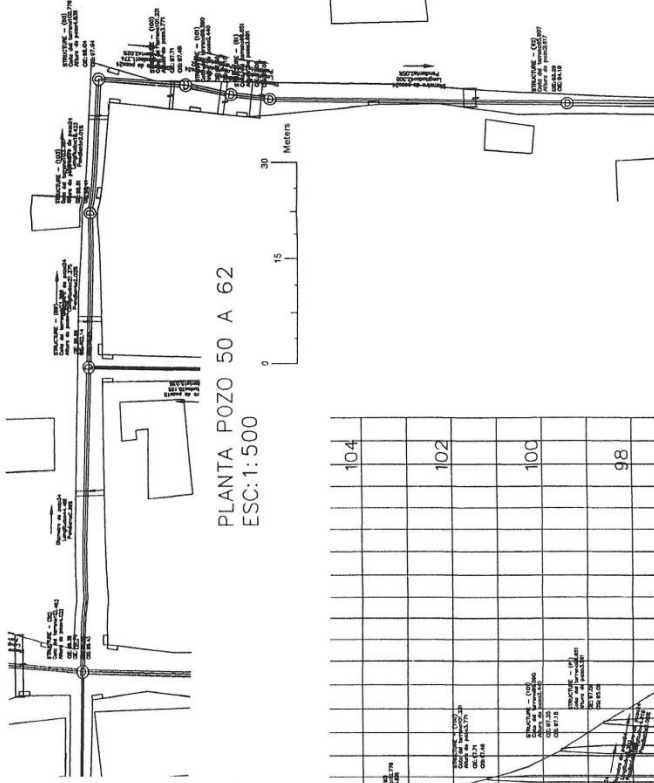
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
CARRANZA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRANZA
CARRANZA

PLANTA POZO 56 A 52

PROFESOR: DR. CARLOS GONZALEZ
ALUMNO: CARLOS GONZALEZ

FECHA: 22/05/2018

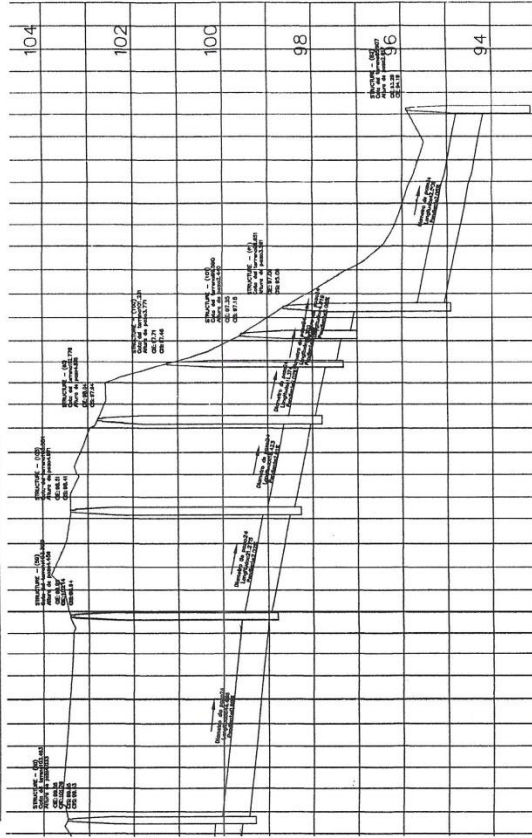
22



PLANTA POZO 50 A 62
ESC: 1:500

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CHS	COTA INVERT DE SALIDA
CHS	COTA INVERT DE ENTRADA
S	PENDIENTE
Ø	DIAMETRO TUBERIA
PVC	POLICLORURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F47	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F49	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM. 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUA. 1988	

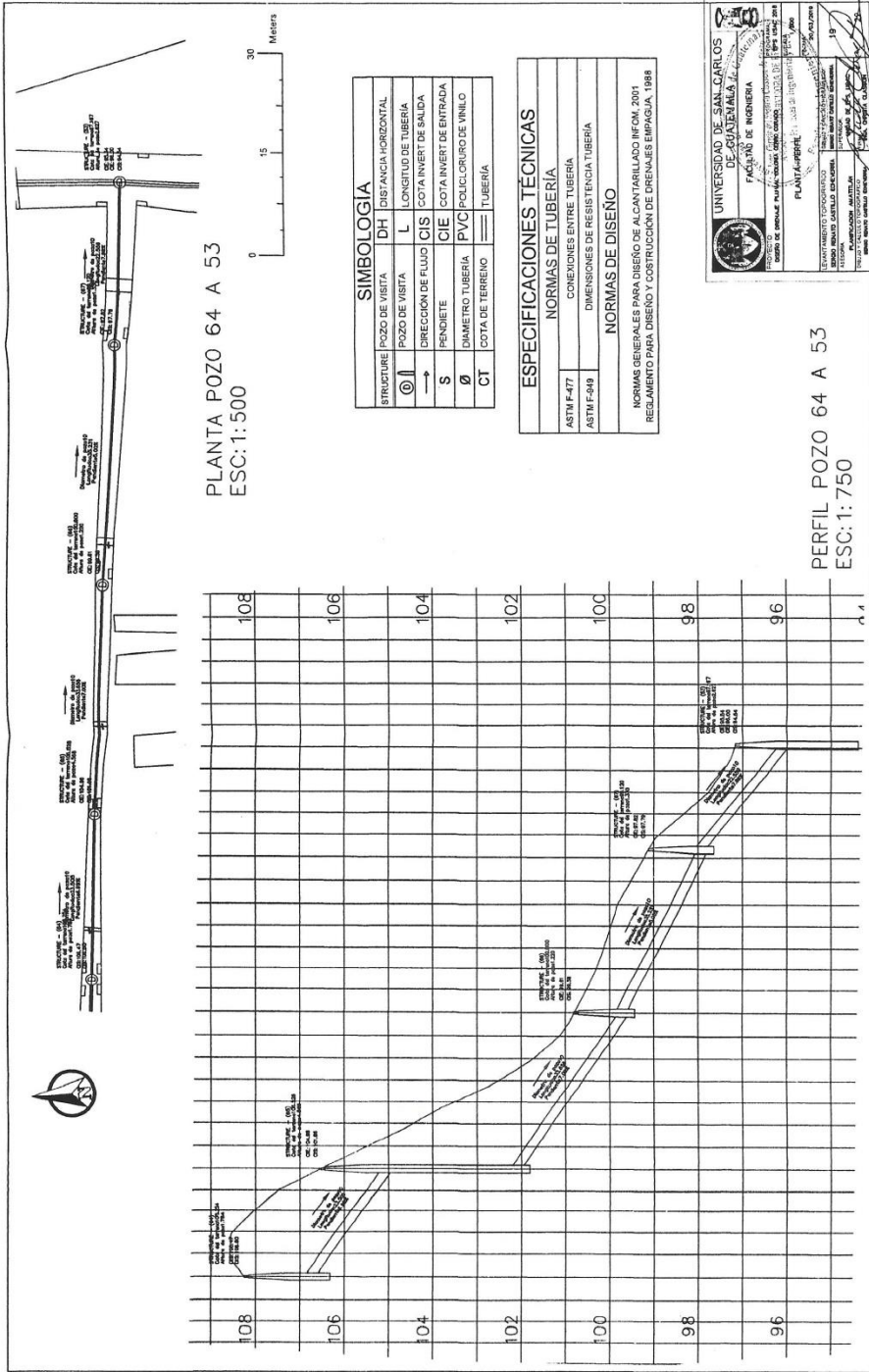


PERFIL POZO 50 A 62
ESC: 1:750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN OBRAS DE SANEAMIENTO
PLAN (PERFIL) DE POZO DE RECEPTOR

PROFESOR: DR. JUAN CARLOS ESCOBAR
AUTOR: ESTEBAN GONZALEZ
AYUDANTE: JUAN CARLOS ESCOBAR
FECHA: 2018

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE OBRAS DE SANEAMIENTO
ESTUDIOS Y PROYECTOS DE OBRAS DE SANEAMIENTO
ESTUDIOS Y PROYECTOS DE OBRAS DE SANEAMIENTO



PLANTA POZO 64 A 53
ESC: 1: 500

PERFIL POZO 64 A 53
ESC: 1: 750

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
PVC	POLICLORURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-549	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INFOM. 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y COSTRUCION DE DRENAJES EMPAGAJA, 1988	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRER DE ARENAL PUNTA-CRISTO, CARRER 10-10 DE LA ZONA 13
GUATEMALA, GUATEMALA

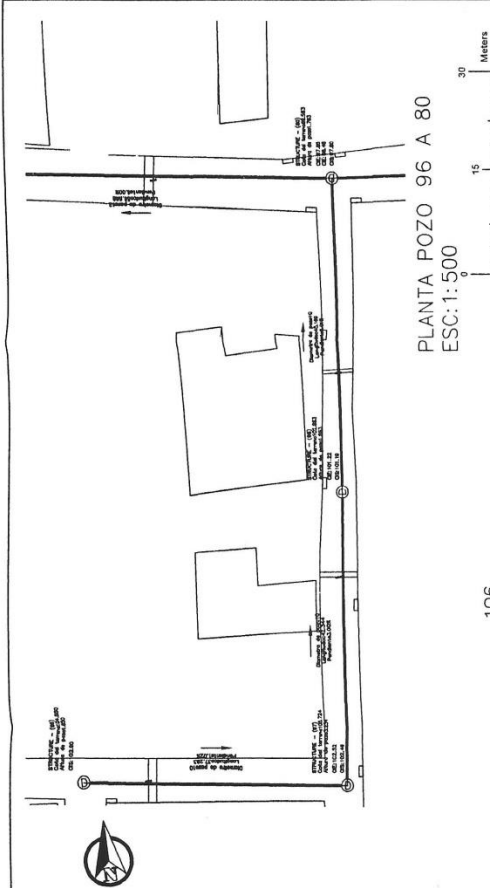
PLANTA POZO 64 A 53

ESTADISTICO REGISTRADO
INGENIERO CIVIL
BOBBI BARRIOS ESCOBAR
CARRER 10-10 DE LA ZONA 13
GUATEMALA, GUATEMALA

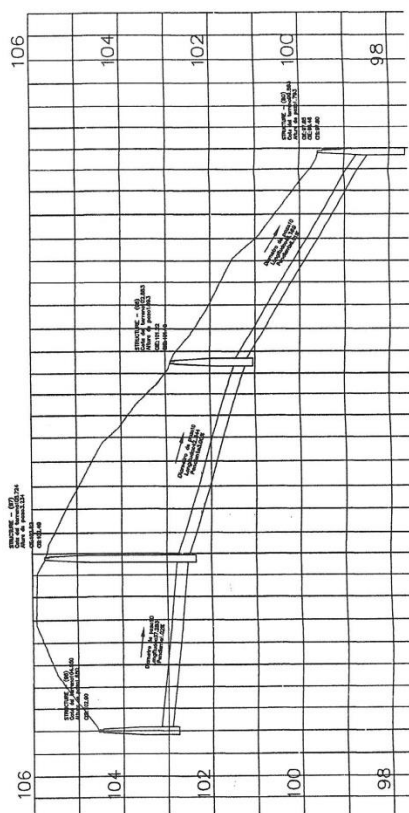
19

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISTA
①	DH
	INSTANCIA HORIZONTAL
→	L
→	LONGITUD DE TUBERIA
→	CIS
→	COTA INVERT DE SALIDA
S	CIE
S	COTA INVERT DE ENTRADA
∅	PVC
∅	POLIDORURO DE VINILO
CT	COTA DE TERRENO
	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-499	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLO INFOM, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES EMPACSLA, 1988	

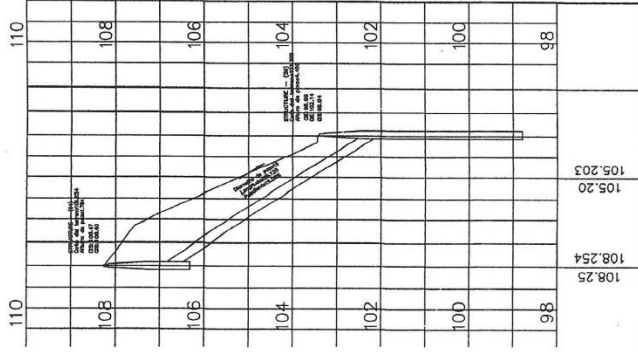


PLANTA POZO 96 A 80
ESC: 1: 500

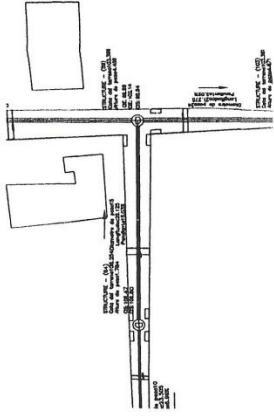


PERFIL POZO 96 A 80
ESC: 1: 750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANTA POZO
ELEVACIONES Y COTAS
INFORMACION GENERAL
AUTOR: [Signature]
FECHA: [Date]



PERFIL POZO 64 A 59
ESC:1:750



PLANTA POZO 64 A 59
ESC:1:500

SIMBOLOGIA	
STRUCTURE	POZO DE VISITA
⊙	DH DISTANCIA HORIZONTAL
L	LONGITUD DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO
S	PENDIENTE
∅	DIAMETRO TUBERIA
CT	COTA DE TERRENO
≡	TUBERIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA
ASTM F-849	DIMENSIONES DE RESISTENCIA TUBERIA
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADO INCLINADO, 2001	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES EMPAGUADA 1988	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
CARRERAS DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO Y DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE DRENAJES
PLANTA-PERFIL POZO 64 A 59
DISEÑADO POR: [Nombre] / 2010
PROFESOR: [Nombre] / 2010
CARRERA: INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO
CARRERA: INGENIERIA EN SISTEMAS DE DRENAJES
FECHA: 22/03/2011

Continuación del anexo 1.

<p>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (<u>OBLIGATORIAMENTE</u> que tenga relación con la actividad a realizar):</p> <p style="text-align: center;">CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL</p>
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p> <p>La construcción del sistema de drenaje pluvial de la colonia Cerro Corado, ubicada en el casco urbano del municipio de Amatlán.</p> <p>La actividad que se desarrollara en obra construcción de drenaje pluvial es la realización de zanjas, colocación de tubería, construcción de pozos de visita, el relleno de zanjas, corte y nivelación del terreno.</p> <p>Debido a la necesidad del saneamiento ambiental básico, las fuertes lluvias y las complicaciones que estas generan en caminos de terracería es necesario la construcción de los sistemas de drenaje pluvial de la colonia Cerro Corado.</p> <p>La ejecución de este proyecto es una obra pública y social para proteger a los pobladores de las colonias en donde se realizará el proyecto ya que tiene como objetivo mejorar las condiciones de vida de la población.</p>
<p>I.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:</p> <p>A.1. Representante Legal: Mara Nineth Marroquín Flores (Alcalde Municipal)</p> <p>A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):</p> <p>B) De la empresa: Municipalidad de Amatlán</p> <p>Razón social:</p> <p>Nombre Comercial:</p> <p>No. De Escritura Constitutiva:</p> <p>Fecha de constitución:</p> <p>Patente de Sociedad Registro No. Folio No. Libro No.</p> <p>Patente de Comercio Registro No. Folio No. Libro No.</p> <p>C) De la Propiedad:</p> <p>No. De Finca Folio No. Libro No. de dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>D) De la Empresa y/o persona individual:</p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT)</p>

Continuación del anexo 1.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>I.3 Teléfono Correo electrónico:</p>	
<p>I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento).</p> <p>Casco urbano, Colonia Cerro Corado, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</p>	
<p style="text-align: center;">Latitud: 14°30'50.35"N (INICIO)</p>	
<p style="text-align: center;">Latitud: 14°30'40.85"N (FINAL)</p>	
<p style="text-align: center;">Longitud: 90°37'5.41"O (INICIO)</p>	
<p style="text-align: center;">Longitud: 90°37'25.93"O (FINAL)</p>	
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>5ta Ave. Y 6ta Calle esquina, en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala</p>	
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p>	
<p>II. INFORMACION GENERAL</p>	
<p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>	

Continuación del anexo 1.

II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar Excavación, colocación de tubería para drenaje, construcción de pozos de visitas, conexiones domiciliarias, corte de suelo, compactación. • Insumos necesarios Tubería PVC, ladrillos tayuyo, concreto, hierro de diferente diámetro, alambre de amarre, madera, clavos. • Maquinaria Retroexcavadora, Motoniveladora, vibro-compactador, camión de volteo, vibro compactadora manual • Otros de relevancia Ninguna 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos Excavación de zanjas Colocación de tubería de PVC Construcción de pozos de visita Compactación Nivelación • Materia prima e insumos Tubería de PVC Cemento Piedrín Arena Acero diferente diámetro Alambre de Amarre • Maquinaria Retroexcavadora, Motoniveladora, vibro-compactador, camión de volteo, vibro compactadora manual • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo 7:00 a 16:00 horas de lunes a viernes • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre Si el proyecto es abandonado a mitad de la construcción la municipalidad deberá de rellenar toda excavación y tapar las tuberías del alcantarillado. En caso el proyecto sea abandonado al final del periodo de diseño, este no presenta riesgo para la población
<p>II.3 Área</p>		
<p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: Área total de construcción en metros cuadrados:</p>		

Continuación del anexo 1.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
----------------------	----------------------------------

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	10 $\frac{m^3}{mes}$ 0.33 $\frac{m^3}{dia}$ 0.013 $\frac{m^3}{hora}$	Municipalidad	Mezcla de materiales Disminución de partículas de polvo en suspensión	Camión cisterna	Toneles de almacenamiento de agua
	Pozo	No	----	----	----	----	----
	Agua especial	No	----	----	----	----	----
	Superficial	No	----	----	----	----	----
Combustible	Otro	No	----	----	----	----	----
	Gasolina	No	----	----	----	----	----
	Diesel	No	----	----	----	----	----
	Bunker	No	----	----	----	----	----
	Glp	No	----	----	----	----	----
	Otro	No	----	----	----	----	----
Lubricantes	Solubles	No	----	----	----	----	----
	No solubles	No	----	----	----	----	----
Refrigerantes	No	----	----	----	----	----	----
Otros	No	----	----	----	----	----	----
<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>							

Continuación del anexo 1.

III. IMPACTO AL AIRE	
GASES Y PARTICULAS	
<p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p>Se generan partículas en suspensión por el movimiento de tierras que se genera con el uso de la maquinaria</p>	
MITIGACION	
<p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Se rociara periódicamente el área de trabajo y se brindara mascarilla a los trabajadores.</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Ruido</p>	
<p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p> <p>Maquinaria</p>	
<p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p> <p>Se trabaja en jornadas diurnas para que el impacto del ruido sea menor.</p>	
OLORES	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p>La obra no producirá olores</p>	
<p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p>No se producen olores</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos,</p> <p>qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p>	
<p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p>	

Continuación del anexo 1.

<input type="checkbox"/>	c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día
<input type="checkbox"/>	d) Generación mayor a 1000 libras por día
V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):	
El tipo de desecho es ordinario ó sólidos comunes.	
V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?	
No se generan desechos peligrosos	
V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado	
Los desechos que se generan no necesitan de tratamiento se recolectan por el tren de aseo público, que pasa 2 veces por semana.	
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado	
Los desechos se trasladan por el servicio de recolección, son trasladados al relleno sanitario de AMSA	
V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?	
Se instruirá a los trabajadores a reducir la cantidad de materiales que generan desechos solidos.	
V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)	
Relleno de AMSA	

Continuación del anexo 1.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
<p>CONSUMO</p> <p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) No se utilizara ningún tipo de consumo de energía eléctrica ya que los trabajos serán realizados al aire libre y en horario de mañana y tarde donde la luz solar es suficiente.</p> <p>VI. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____</p> <p>b) Sistema privado</p> <p>c) generación propia</p> <p>No aplica</p> <p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI NO</p> <p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p>	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
<p>VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosques - Animales - Otros <p>Especificar información Debido a que el proyecto es dentro de un área urbanizada no se ve afectada la fauna</p> <p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? La operación del proyecto NO requiere efectuar corte de árboles</p> <p>VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? El proyecto no afectara la biodiversidad ya que se encuentra en un sector urbanizado.</p>	
VIII. TRANSPORTE	
<p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Número de vehículos 1 b) Tipo de vehículo Agrícola c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: Entrada a la comunidad. d) Horario de circulación vehicular e) Vías alternas 	

Continuación del anexo 1.

IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Etnia mestiza ó ladino.	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES	
IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____	
b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____	
c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____	
Ampliar información de la respuesta seleccionada	
La actividad se realizará en un sitio urbanizado por lo que no afecta ningún recurso cultural, natural o arqueológico del área.	
ASPECTOS SOCIAL	
IX.3. ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)	
IX.4 Qué tipo de molestias?	
No se han generado molestias respecto al proyecto.	
IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?	
PAISAJE	
IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?	
La actividad no afectara el paisaje del entorno	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio	
b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores	
c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:	
La actividad no representa ningún riesgo a la salud de los pobladores.	

Continuación del anexo 1.

<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p> <p>La actividad no representa ningún riesgo a la salud de los pobladores.</p>
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> <p>Riesgos ocupacionales potenciales; caídas al mismo nivel o de la maquinaria.</p> <p>Se proporciona al personal equipo de seguridad, se les da capacitación de uso.</p>
<p>Equipo de protección personal</p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p>El equipo de protección consiste en: mascarilla, botas con punta de acero, cascos, anteojos.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Para evitar molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores, el proyecto se llevará a cabo en jornada matutina para evitar molestia hacia los vecinos por ruido de la maquinaria. Así mismo, el personal será capacitado y proporcionado de material de protección personal para evitar accidentes por el uso de la maquinaria, caídas en el lugar, deslizamientos, entre otros.</p>

Fuente: MARN.

Continuación del anexo 2.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN				
<p>I.3 Teléfono Correo electrónico:</p>					
<p>I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>Km 22, Casco urbano, sector El Manantial, Aldea Agua de Las Minas, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;"><i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i></p> <table border="1" style="width: 100%; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Latitud: 14°30'50.35"N (INICIO)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Latitud: 14°30'40.85"N (FINAL)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Longitud: 90°37'5.41"O (INICIO)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Longitud: 90°37'25.93"O (FINAL)</td> </tr> </table>		Latitud: 14°30'50.35"N (INICIO)	Latitud: 14°30'40.85"N (FINAL)	Longitud: 90°37'5.41"O (INICIO)	Longitud: 90°37'25.93"O (FINAL)
Latitud: 14°30'50.35"N (INICIO)					
Latitud: 14°30'40.85"N (FINAL)					
Longitud: 90°37'5.41"O (INICIO)					
Longitud: 90°37'25.93"O (FINAL)					
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>5ta. Ave. Y 6ta. Calle esquina, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala</p>					
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p> <p>Sergio Renato Castillo Echeverría, cel: 30898644, sergiorcastillo92@gmail.com</p>					
<p>II. INFORMACION GENERAL</p>					

Continuación del anexo 2.

II.3 Área c) Área total de terreno en metros cuadrados: 49,873 d) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 6,527.65 Área total de construcción en metros cuadrados: 6,527.65																				
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN																			
II.4 Actividades colindantes al proyecto: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">NORTE TERRENO BALDIAO (BOSQUE)</td> <td style="width: 50%;">SUR BARRANCO</td> </tr> <tr> <td>ESTE CENTRO RECREATIVO GUATEL</td> <td>OESTE RELLENO SANITARIO (AMSA)</td> </tr> </table> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 33%;">DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="width: 33%;">DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TERRENO BALDIO (BOSQUE)</td> <td>NORTE</td> <td>CONTIGUO</td> </tr> <tr> <td>BARRANCO</td> <td>SUR</td> <td>CONTIGUO</td> </tr> <tr> <td>CENTRO RECREATIVO GUATEL</td> <td>ESTE</td> <td>GONTIGUO</td> </tr> <tr> <td>RELLENO SANITARIO (AMSA)</td> <td>OESTE</td> <td>CONTIGUO</td> </tr> </tbody> </table>		NORTE TERRENO BALDIAO (BOSQUE)	SUR BARRANCO	ESTE CENTRO RECREATIVO GUATEL	OESTE RELLENO SANITARIO (AMSA)	DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	TERRENO BALDIO (BOSQUE)	NORTE	CONTIGUO	BARRANCO	SUR	CONTIGUO	CENTRO RECREATIVO GUATEL	ESTE	GONTIGUO	RELLENO SANITARIO (AMSA)	OESTE	CONTIGUO
NORTE TERRENO BALDIAO (BOSQUE)	SUR BARRANCO																			
ESTE CENTRO RECREATIVO GUATEL	OESTE RELLENO SANITARIO (AMSA)																			
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																		
TERRENO BALDIO (BOSQUE)	NORTE	CONTIGUO																		
BARRANCO	SUR	CONTIGUO																		
CENTRO RECREATIVO GUATEL	ESTE	GONTIGUO																		
RELLENO SANITARIO (AMSA)	OESTE	CONTIGUO																		
II.5 Dirección del viento: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Dirección del viento</td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> ↓ N ↘ NNE ↘ NNE ↘ NNE ↓ N ↓ N </td> </tr> <tr> <td>Velocidad del viento (km/h)</td> <td style="text-align: center;"> 15-29 16-24 13-18 9-16 11-23 12-26 </td> </tr> </table>		Dirección del viento	↓ N ↘ NNE ↘ NNE ↘ NNE ↓ N ↓ N	Velocidad del viento (km/h)	15-29 16-24 13-18 9-16 11-23 12-26															
Dirección del viento	↓ N ↘ NNE ↘ NNE ↘ NNE ↓ N ↓ N																			
Velocidad del viento (km/h)	15-29 16-24 13-18 9-16 11-23 12-26																			
II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto? a) inundación (X) b) explosión () c) deslizamientos (X) d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio (X) e) Otro () Detalle la información Inundación: La intensidad de lluvia en época lluviosa y el no contar con drenajes provoca inundaciones. Incendio: En época seca las personas en ocasiones queman basura y el incendio puede salirse de control. Deslizamientos: La intensidad y fuerza de agua en época lluviosas, provoca que la tierra tenga deslizamientos.																				

Continuación del anexo 2.

II.7 Datos laborales							
a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras							
b) Número de empleados por jornada: <u> 10 </u> Total empleados <u> 10 </u>							
Se trabajará en 1 turno de 7:00 – 16:00 horas. De lunes a viernes.							
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...							
INSTRUCCIONES						PARA USO INTERNO DEL MARN	
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(meses día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	10 $\frac{m^3}{mes}$ 0.33 $\frac{m^3}{dia}$ 0.013 $\frac{m^3}{hora}$	Municipalidad	Mezcla de materiales Disminución de partículas de polvo en suspensión	Camión cisterna	Toneles de almacenamiento de agua
	Pozo	No	-----	-----	-----	-----	-----
	Agua especial	No	-----	-----	-----	-----	-----
	Superficial	No	-----	-----	-----	-----	-----
Combustible	Otro	No	-----	-----	-----	-----	-----
	Gasolina	Sí	2gal/día	Municipalidad	Maquinaria		Deposito
	Diesel	Sí	8gal/día	Municipalidad	Maquinaria		Deposito
	Bunker	No	-----	-----	-----	-----	-----
	Glp	No	-----	-----	-----	-----	-----
	Otro	No	-----	-----	-----	-----	-----

Continuación del anexo 2.

Lubricantes	Solubles	No	----	----	----	----	----
	No solubles	No	----	----	----	----	----
Refrigerantes	No	----	----	----	----	----	----
Otros	No	----	----	----	----	----	----
<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>							
III. IMPACTO AL AIRE							
GASES Y PARTICULAS							
<p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: ¿polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p>Se generan partículas en suspensión por el movimiento de tierras que se genera con el uso de la maquinaria</p>							
<p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Se rociará periódicamente el área de trabajo y se brindará mascarilla a los trabajadores.</p>							
INSTRUCCIONES						PARA USO INTERNO DEL MARN	
RUIDO Y VIBRACIONES							
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Sí, ruido</p>							
<p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p> <p>Maquinaria, en las calles donde se construirá</p>							
<p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p> <p>Se trabaja en jornadas diurnas en horarios donde no afecten el sueño de los vecinos del lugar.</p>							

Continuación del anexo 2.

OLORES	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p>La obra no producirá olores</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p>No se producen olores</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado</p> <p>El proyecto genera aguas residuales ordinarias.</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios</p> <p>531</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>f) sistema de tratamiento</p> <p>g) Capacidad</p> <p>h) Operación y mantenimiento</p> <p>i) Caudal a tratar</p> <p>j) Etc.</p> <p>Las aguas residuales ordinarias serán temporales, empresa que prestara el servicio de baños portátiles tratarán las aguas</p>	

Continuación del anexo 2.

<p>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior. Actualmente las aguas residuales se descargan hacia los barrancos que rodean el asentamiento, no se efectúa como el numeral anterior.</p>
<p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</p> <p>IV.5 <u>Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</u></p> <p>No existe un alcantarillado en el lugar por lo que corre por las calles libremente hasta dar hacia las partes más bajas del terreno y los barrancos, existe un desfogue construido por la municipalidad anteriormente que dé hacia un barranco, un solo cuenta con una cuneta en la orilla de la calle que transporte el agua hacia el desfogue.</p>
<p>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</p>
<p>DESECHOS SÓLIDOS</p> <p>VOLUMEN DE DESECHOS</p> <p>V.1 <u>Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</u></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día _____</p> <p><input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día _____</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día _____</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día _____</p> <p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</p> <p>El tipo de desecho es ordinario ó sólidos comunes.</p> <p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p> <p>No se generan desechos peligrosos</p> <p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p>Los desechos que se generan no necesitan de tratamiento se recolectan por el tren de aseo público, que pasa 2 veces por semana.</p> <p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p> <p>Los desechos se trasladan por el servicio de recolección, son trasladados al relleno sanitario de AMSA</p> <p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p>

Continuación del anexo 2.

Se instruirá a los trabajadores a reducir la cantidad de materiales que generan desechos solidos. V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos) Relleno de AMSA	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
CONSUMO	
<p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes)</p> <p>No se utilizara ningún tipo de consumo de energía eléctrica ya que los trabajos serán realizados al aire libre y en horario de mañana y tarde donde la luz solar es suficiente.</p> <p>VI. 2 Forma de suministro de energía</p> <p> a) Sistema público _____</p> <p> b) Sistema privado</p> <p> c) generación propia</p> <p>No aplica</p> <p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p style="text-align: center;">SI NO</p> <p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p>	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
<p>VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosques - Animales - Otros <p>Especificar información</p> <p>___ Debido a que el proyecto es dentro de un área urbanizada no se ve afectada la fauna</p> <p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?</p> <p>La operación del proyecto NO requiere efectuar corte de árboles</p> <p>VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?</p> <p>El proyecto no afectara la biodiversidad ya que se encuentra en un sector urbanizado.</p>	
VIII. TRANSPORTE	

Continuación del anexo 2.

<p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Número de vehículos 1 b) Tipo de vehículo Agrícola c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: Entrada a la comunidad. d) Horario de circulación vehicular e) Vías alternas 	
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</p>	
<p>ASPECTOS CULTURALES</p>	
<p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Etnia mestiza ó ladino.</p>	
<p>INSTRUCCIONES</p>	<p>PARA USO INTERNO DEL MARN</p>
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p>	
<p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> d) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ e) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ f) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____ <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p> <p>La actividad se realizará en un sitio urbanizado por lo que no afecta ningún recurso cultural, natural o arqueológico del área.</p>	
<p>ASPECTOS SOCIAL</p>	
<p>IX.3. ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)</p>	
<p>IX.4 Qué tipo de molestias?</p> <p>No se han generado molestias respecto al proyecto.</p>	
<p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>	

Continuación del anexo 2.

<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?</p> <p>La actividad no afectara el paisaje del entorno</p>
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p>
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p> <p>La actividad no representa ningún riesgo a la salud de los pobladores.</p>
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> <p>Riesgos ocupacionales potenciales; caídas al mismo nivel o de la maquinaria.</p> <p>Se proporciona al personal equipo de seguridad, se les da capacitación de uso.</p>
<p>Equipo de protección personal</p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p>El equipo de protección consiste en: mascarilla, botas con punta de acero, cascos, anteojos.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Para evitar molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores, el proyecto se llevará a cabo en jornada matutina para evitar molestia hacia los vecinos por ruido de la maquinaria. Así mismo, el personal será capacitado y proporcionado de material de protección personal para evitar accidentes por el uso de la maquinaria, caídas en el lugar, deslizamientos, entre otros.</p>

Fuente: MARN.

Anexo 3. Estudio de suelos

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		USAC TRICENTENARIA Universidad de San Carlos de Guatemala		
INFORME No. 335 S.S.		O.T.: 38,753	No. 15594		
Interesado:	Sergio Renato Castillo Echeverria				
Proyecto:	EPS "Diseño de pavimento rígido para ruta de acceso a sector El Manantial, Aldea Agua de las Minas, Amatitlán"				
Asunto:	ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG				
Norma:	AASHTO T-89 Y T-90				
Ubicación:	Municipalidad de Amatitlán				
FECHA:	jueves, 23 de agosto de 2018				
RESULTADOS:					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	ML	Arena con limo color gris oscuro
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD					
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.					
Atentamente,					
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos	Vo.Bo.			Ing. Pablo Christian de León Rodríguez DIRECTOR CII/USAC	
					
FACULTAD DE INGENIERIA -USAC- Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252 Página web: http://cii.usac.edu.gt					

Continuación del anexo 3.



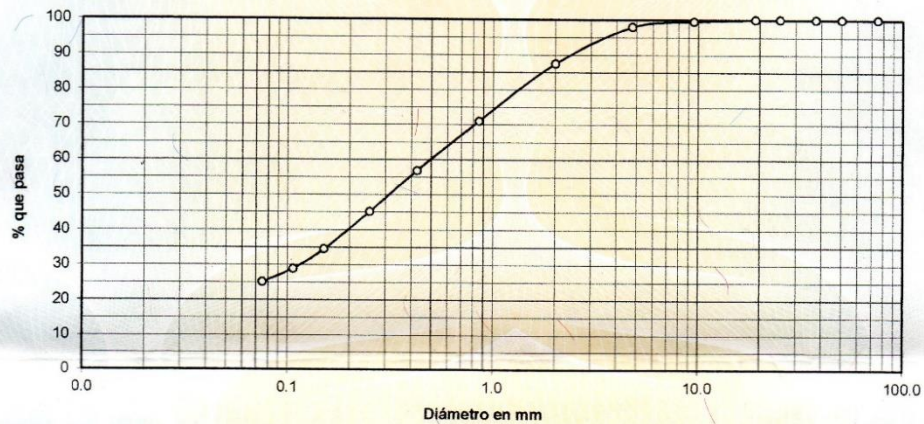
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe No.: 336 S.S. O.T.: 38,753 **No. 15597**
 Interesado: Sergio Renato Castillo Echeverría
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para ruta de acceso a sector El Manantial, Aldea Agua de Las Minas, Amatitlán"
 Ubicación: Municipalidad de Amatitlán
 Fecha: jueves, 23 de agosto de 2018

Análisis con Tamices:			Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	87.45
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	71.07
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	56.89
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	45.16
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	34.52
3/8"	9.5 mm	99.53	140	106 µm	28.94
4	4.75 mm	97.93	200	75 µm	25.13



Descripción del suelo: Arena con limo color gris oscuro
 Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 2.07 D10: *
 P.R.A.: A-2-4 % de Arena: 72.80 D30: 0.103 mm
 % de finos: 25.13 D60: 0.500 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

Vo.Bo.

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
 DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 3.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. 15598

INFORME No.: 337 S.S.

O.T.: 38,753

INTERESADO: Sergio Renato Castillo Echeverría

PROYECTO: EPS "Diseño de pavimento rígido para ruta de acceso a sector El Manantial, Aldea Agua de las Minas, Amatitlán"

ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO

NORMA: ASTM C-29

DIRECCIÓN: Municipalidad de Amatitlán

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena con limo color gris oscuro


FECHA: jueves, 23 de agosto de 2018

RESULTADO DEL ENSAYO:


Peso Especifico del Suelo Suelto: 1504.38 kg/m³

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.


Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC



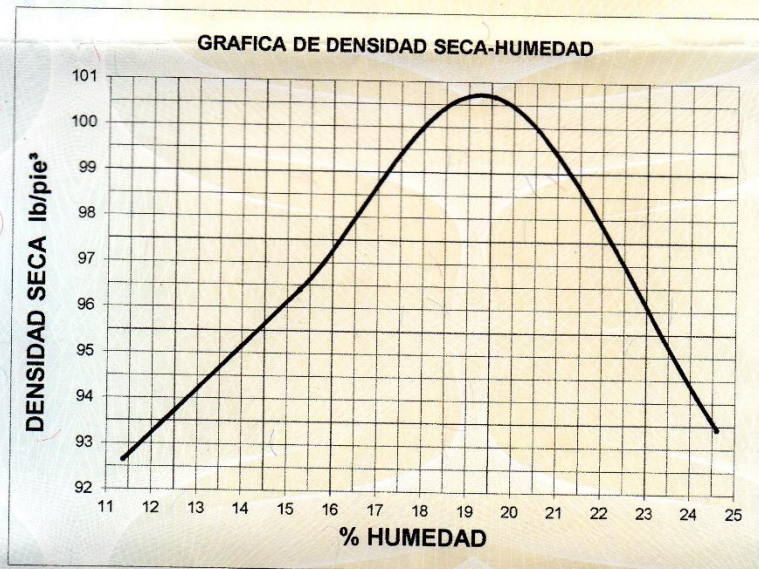
Continuación del anexo 3.

INFORME No. 338 S.S.

O.T.: 38,753

No. 15599

Interesado: Sergio Renato Castillo Echeverría
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180
Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para ruta de acceso a sector El Manantial, Aldea Agua de las Minas, Amantitlán"
Ubicación: Municipalidad de Amantitlán
Fecha: jueves, 23 de agosto de 2018





Descripción del suelo: Arena con limo color gris oscuro
Densidad seca máxima γ_d : 1,613.21 Kg/m³ 100.70 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 19.30 %
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

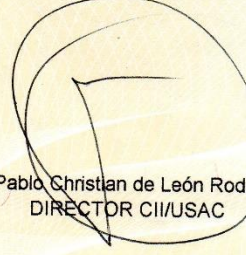
Vo. Bo.


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez

Jefe Sección Mecánica de Suelos
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA** 

SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS


Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC



Continuación del anexo 3.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

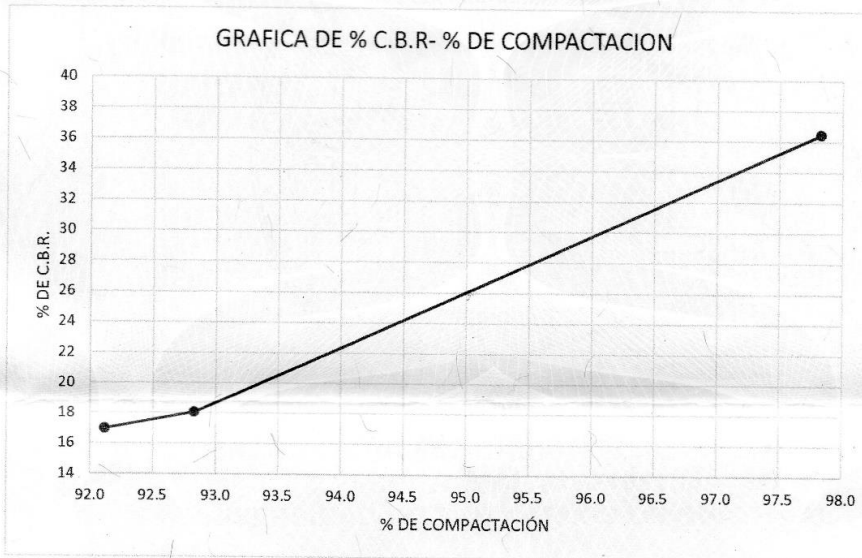
INFORME No. 339 S.S.

O.T. No. 38,753

No. 15600

Interesado: Sergio Renato Castillo Echeverría
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para ruta de acceso a sector El Manantial, Aldea Agua de las Minas, Amantitlán"
 Ubicación: Municipalidad de Amantitlán
 Descripción del suelo: Arena con limo color gris oscuro
 Fecha: jueves, 23 de agosto de 2018

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	19.30	92.76	92.1	0.76	16.96
2	25	19.30	93.48	92.8	0.65	18.07
3	56	19.30	98.51	97.8	0.72	36.47



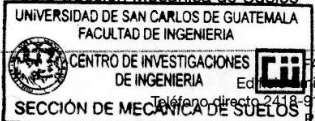
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar Enrique Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.

Pablo Christian de León Rodríguez
 Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
 DIRECTOR CII/USAC



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - USAC -
 Edificio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono: Directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.