



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA
MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM,
SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

Edwin Alejandro López De León
Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA
MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM,
SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN ALEJANDRO LÓPEZ DE LEÓN
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de agosto de 2021.

Edwin Alejandro López De León

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 01 de marzo de 2023
REF.EPS.D.73.03.2023

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edwin Alejandro López de León, CUI 2749 28019 0101 y Registro Académico 201602616**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 04 de febrero 2023

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

Ingeniero Fuentes:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de EPS, “**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**”, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **EDWIN ALEJANDRO LÓPEZ DE LEÓN, Registro Académico: 201602616**, quien contó con la asesoría del **ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ**.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica
Cc: Estudiante xxxxxxxxxxxx
Archivo

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado



Guatemala, 20 de febrero de 2023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
USAC

Estimado Ingeniero Fuentes:

Por este medio se informa que el Área de Topografía y Transportes, ha aprobado el trabajo de graduación denominado: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PAKAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Edwin Alejandro López De León**, con CUI **2749280190101** y registro académico No. **201602616**, quien contó con la asesoría de la Ingeniero Civil **Oscar Argueta Hernández**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que se aprueba al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS,



Ing. Alejandro Castañón López
Coordinación de Área de
Topografía y Transportes

FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN



LNG.DIRECTOR.094.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por: **Edwin Alejandro López De León**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

”



Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, mayo de 2023

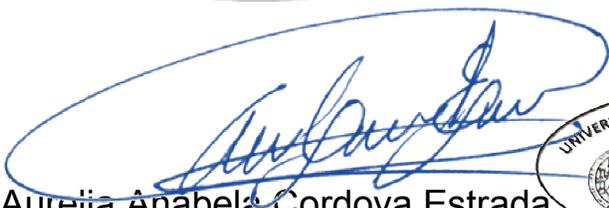


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.392.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por: **Edwin Alejandro López De León**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme luz y sabiduría para seguir el camino para culminar esta etapa de mi vida.
- Mi mamá** Lucrecia De León. Por aconsejarme y apoyarme incondicionalmente a lo largo de esta travesía, siendo la motivación e inspiración en todo momento de mi vida.
- Mi tía** Patricia De León. Por apoyarme a lo largo de la carrera y en la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la formación académica y por permitir alcanzar este logro.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de aprender en la prestigiosa facultad de ingeniería todos los conocimientos necesarios para ser un profesional honrado.
EPSUM	Por darme la oportunidad de realizar mi EPS y experimentar un nuevo reto en mi vida.
Mi familia	Por ser el apoyo incondicional y comprensivos con mi persona a lo largo de esta travesía. Los amo mucho.
Mis amigos y amigas	Por estar en las buenas y las malas. Además de estar presentes en los momentos importantes de mi vida. Les estaré agradecida de por vida, Ian Santisteban, Daniel Andrino, Alessandro Liquez, Bryan Aguilar, Ashley Guzmán, Glenda Azucena, Anna Lucía, Jorge Baldizón, Víctor Rojas, Gensuya Jung, Gabriela Recinos y todos aquellos que siempre estuvieron presentes.

Mi compañera de vida

Belén Contreras, por estar presente en mi vida y apoyarme cuando más lo necesitaba. Ser mi coincidencia favorita y compartir hoy y siempre en esta vida.

Mi asesor

Ing. Oscar Argueta Hernández, por compartir sus conocimientos y guiarme para realizar este trabajo de graduación de manera exitosa.

**Municipalidad de San
Juan La Laguna**

Por la oportunidad de ejercer mi EPS y apoyarme en el aprendizaje de la ingeniería civil.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Juan La Laguna.....	1
1.1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.1.2. Localización geográfica	2
1.1.3. Accesos y comunicación	2
1.1.4. Recursos naturales.....	3
1.1.4.1. Recurso hídrico.....	3
1.1.4.2. Bosques.....	4
1.1.4.3. Suelo	4
1.1.5. Aspectos climáticos	4
1.1.6. Actividades económicas	5
1.1.7. Comercio y turismo.....	5
1.2. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la zona central, municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	6
1.2.1. Descripción del proyecto	6
1.2.2. Priorización de las necesidades aprobado por el Concejo Municipal	7

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal, San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Ubicación geográfica.....	10
2.1.3.	Levantamiento topográfico	11
2.1.3.1.	Planimetría	12
2.1.3.2.	Altimetría	12
2.1.3.2.1.	Método Taquimétrico	13
2.1.4.	Generalidades de un sistema de alcantarillado.....	17
2.1.5.	Consideraciones de diseño	17
2.1.6.	Período de diseño	18
2.1.6.1.	Cálculo de la población	18
2.1.7.	Cálculo de caudales	19
2.1.7.1.	Dotación	19
2.1.7.2.	Velocidades máximas y mínimas de diseño.....	20
2.1.7.3.	Tirante o profundidad de flujo.....	20
2.1.7.4.	Caudal domiciliar.....	21
2.1.7.4.1.	Factor de retorno.....	22
2.1.7.5.	Caudal de conexiones ilícitas	23
2.1.7.6.	Caudal de infiltración.....	24
2.1.7.7.	Caudal comercial e industrial	25
2.1.7.8.	Caudal sanitario	27
2.1.7.9.	Factor de caudal medio	28
2.1.7.10.	Factor de Harmond	29
2.1.7.11.	Caudal de diseño	30
2.1.8.	Tipo de tubería a utilizar	30

2.1.9.	Diámetros de tubería y pendientes	31
2.1.10.	Cotas Invert	31
2.1.11.	Pozos de visita.....	35
2.1.11.1.	Consideraciones para pozos de visita	35
2.1.11.2.	Disipadores de energía.....	36
2.1.12.	Conexiones domiciliarias	40
2.1.13.	Profundidad de la tubería	41
2.1.13.1.	Ancho de zanja	42
2.1.13.2.	Volumen de excavación.....	42
2.1.14.	Principios hidráulicos	43
2.1.15.	Relaciones hidráulicas	43
2.1.16.	Caudal a sección llena.....	44
2.1.17.	Ecuación de Manning	44
2.1.18.	Ejemplo de diseño de un tramo	45
2.1.19.	Propuesta de tratamiento de aguas servidas.....	50
2.1.19.1.	Fosa séptica	51
2.1.19.2.	Diseño de la fosa séptica.....	52
2.1.19.3.	Pozo de absorción	54
2.1.19.4.	Localización de un pozo de absorción	55
2.1.20.	Plan de operación y mantenimiento.....	55
2.1.21.	Evaluación de impacto ambiental inicial	56
2.1.22.	Evaluación socio-económica	58
2.1.22.1.	Valor presente neto	58
2.1.22.2.	Tasa interna de retorno	60
2.1.23.	Planos finales y detalles	61
2.1.24.	Presupuesto.....	61
2.1.25.	Cronograma.....	65

2.2.	Diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, San Juan La Laguna, Sololá.....	65
2.2.1.	Descripción del proyecto	65
2.2.2.	Ubicación geográfica.....	66
2.2.3.	Levantamiento topográfico	67
2.2.3.1.	Planimetría	67
2.2.3.2.	Altimetría	67
2.2.4.	Tipos de pavimentos	68
2.2.4.1.	Pavimentos rígidos.....	68
2.2.4.1.1.	Estructura de un pavimento rígido.....	69
2.2.4.2.	Pavimentos flexibles.....	69
2.2.5.	Subrasante.....	70
2.2.6.	Capa de Subbase.....	71
2.2.7.	Capa de Base.....	72
2.2.8.	Tipos de juntas	73
2.2.8.1.	Juntas transversales de contracción	74
2.2.8.2.	Juntas longitudinales de contracción....	74
2.2.8.3.	Juntas transversales de construcción ..	74
2.2.8.4.	Juntas longitudinales de construcción	74
2.2.8.5.	Juntas transversales de expansión/aislantes.....	75
2.2.9.	Ensayos de suelos	75
2.2.9.1.	Ensayo de granulometría	76
2.2.9.2.	Ensayo de límites de Atterberg	77
2.2.9.2.1.	Límite líquido.....	78
2.2.9.2.2.	Límite plástico	80
2.2.9.2.3.	Límite de contracción	82

	2.2.9.2.4.	Índice de plasticidad	82
	2.2.9.3.	Ensayo de compactación o Proctor modificado	83
	2.2.9.4.	Ensayo de valor soporte	84
	2.2.9.5.	Análisis de resultados	85
2.2.10.		Diseño geométrico de carreteras	86
	2.2.10.1.	Alineamiento horizontal	88
	2.2.10.2.	Alineamiento vertical.....	91
2.2.11.		Consideraciones de diseño	93
2.2.12.		Diseño de pavimento rígido	94
	2.2.12.1.	Subrasante	94
	2.2.12.2.	Subbase	96
	2.2.12.3.	Carpeta de rodadura.....	97
	2.2.12.4.	Diseño de juntas	101
2.2.13.		Drenajes pluviales	103
	2.2.13.1.	Cunetas	103
	2.2.13.2.	Drenaje transversal.....	111
2.2.14.		Diseño de mezcla	112
2.2.15.		Especificaciones técnicas	118
	2.2.15.1.	Control de calidad de los materiales..	119
	2.2.15.2.	Replanteo topográfico.....	119
	2.2.15.3.	Señalización en obra	119
	2.2.15.4.	Limpieza y chapeo.....	120
	2.2.15.5.	Movimiento de tierras	120
	2.2.15.6.	Preparación de la subrasante	121
	2.2.15.7.	Subbase granular	122
	2.2.15.8.	Concreto hidráulico.....	124
2.2.16.		Plan de operación y mantenimiento.....	126
2.2.17.		Evaluación de impacto ambiental inicial	126

2.2.18.	Planos finales y detalles	127
2.2.19.	Presupuesto	127
2.2.20.	Cronograma	129
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES		133
REFERENCIAS		135
APÉNDICES.....		139
ANEXO.....		165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario en la cabecera municipal de San Juan La Laguna, Sololá	11
2.	Hilos taquimétricos vistos en la mira del teodolito	13
3.	Determinación de la cota según el valor del ángulo cenital.....	15
4.	Dimensiones de tubería para alcantarillado	33
5.	Pozo sin artefacto disipador	37
6.	Pozo con colchón de agua	38
7.	Pozo con codo disipador	39
8.	Pozo con bandejas disipadoras.....	40
9.	Esquema de una conexión domiciliar.....	41
10.	Ubicación del diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	66
11.	Estructura del pavimento rígido.....	69
12.	Toma de muestra de suelo alterada.....	76
13.	Estados de consistencia de suelos de grano fino.....	78
14.	Copa de Casagrande y herramienta de corte para prueba de límite líquido	79
15.	Porción de suelo antes y después de la prueba.....	80
16.	Procedimiento para prueba de límite plástico	81
17.	Relación aproximada entre la clasificación de suelos y CBR.....	96
18.	Delimitación de área tributaria a carretera	106
19.	Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes	110

TABLAS

I.	Datos de la estación meteorológicos ubicada en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá	5
II.	Caudal de infiltración en función del nivel freático	24
III.	Profundidad mínima en función del tráfico vehicular.....	34
IV.	Ancho libre de zanja en cm.....	42
V.	Costo de mano de obra y equipo para operación y mantenimiento	56
VI.	Desglose del costo indirecto	61
VII.	Prestaciones del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario	62
VIII.	Integración de precio unitario para el sistema de alcantarillado sanitario.....	63
IX.	Presupuesto para el sistema del alcantarillado sanitario	64
X.	CBR mínimo del material para la capa de subbase	72
XI.	CBR mínimo del material para la capa de base.....	73
XII.	Clasificación del suelo según su plasticidad	83
XIII.	Clasificación del suelo según su valor de C.B.R.....	85
XIV.	Clasificación de los Terrenos en función de las pendientes naturales.....	87
XV.	Características geométricas de la carretera en estado final tipo E	88
XVI.	Valores de radio, deflexión y grados de curvatura en curvas horizontales.....	90
XVII.	Valores de K para visibilidad de parada.....	92
XVIII.	Longitud de curva mínima en proyección vertical	93
XIX.	Clasificación de vehículos según su categoría	99
XX.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados	100
XXI.	Pavimento con trabazón de agregados de trave en juntas	100
XXII.	Resumen de especificaciones para colocación de dovelas	101
XXIII.	Períodos de retorno según las características de la región	104

XXIV.	Período de retorno para estructuras de control de agua	107
XXV.	Parámetros de la estación meteorológica de Santiago Atitlán	107
XXVI.	Coeficientes de rugosidad de Manning según el material	109
XXVII.	Asentamientos recomendados	112
XXVIII.	Cantidad aproximada de agua de mezclado	114
XXIX.	Relación agua – cemento según el peso	115
XXX.	Estimación del peso del concreto	116
XXXI.	Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto	117
XXXII.	Graduación del agregado grueso para uso en pavimentos hidráulicos.....	125
XXXIII.	Mantenimiento preventivo y correctivo para carretera de concreto	126
XXXIV.	Prestaciones para el proyecto diseño de pavimento de concreto	127
XXXV.	Integración de precio unitario diseño de pavimento de concreto.....	128
XXXVI.	Presupuesto para el pavimento de concreto	129

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
bh-MB	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical
bmh-S(c)	Bosque muy Húmedo Subtropical (Cálido)
Q	Caudal
cm	Centímetro
C	Coeficiente de escorrentía
CT	Cota de terreno
Cl_E	Cota Invert de entrada
Cl_s	Cota Invert de salida
Ø	Diámetro de tubería
D	Distancia
e_t	Espesor de tubería
f_{qm}	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmond
F.R.	Factor de retorno
G	Grado de curvatura
°C	Grados Celsius
i	Intensidad de lluvia
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
km	Kilometro
km/h	Kilometro por hora

lb/pulg³	Libra por pulgada cúbica
L.L.	Límite líquido
L.P.	Límite plástico
lt/hab/día	Litros por habitante al día
lt/s	Litros por segundo
LCV	Longitud de curva
m	Metro
m/s	Metro por segundo
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
msnmm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
N.P.	No plástico
S	Pendiente
P_f	Población futura
P_o	Población inicial
pulg	Pulgadas
R	Radio hidráulico
W/m²	Vatios por metro cuadrado
V	Velocidad a sección llena

GLOSARIO

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials.</i>
ACI	<i>American Concrete Institute.</i>
Aguas negras	Agua proveniente de viviendas, zonas comerciales e industriales que conduce excretas o suciedad.
Alcantarillado sanitario	Conducto de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar las aguas negras.
AMSCLAE	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno.
ASTM	<i>American Society of Testing Materials</i> (Asociación Americana de Ensayos de Materiales).
Caudal	Volumen de fluido que es conducido por una tubería por unidad de tiempo.
CBR	<i>California Bearing Ratio.</i>
Conexión domiciliar	Colector de propiedad particular que conduce el agua residual de una edificación hasta la tubería colectora.

Cota Invert	Altura entre el nivel de suelo y la parte interna inferior de la tubería que determina la localización de la entrada y salida del mismo dentro del pozo de visita.
Desfogue	Acción de verter las aguas negras tratadas hacia un cuerpo de agua.
DGC	Dirección General de Caminos.
Dotación	Cantidad de agua estimada que consume un habitante por día.
EIA	Evaluación de impacto ambiental.
Especificaciones	Normas que contienen criterios para realizar de forma adecuada un proyecto.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Pavimento	Estructura conformada de diversas capas (subrasante, subbase o base y carpeta de rodadura) que permite el paso vehicular de manera segura y cómoda.
PCA	<i>Portland Cement Association.</i>
PDM	Plan de Desarrollo Municipal.
PSI	<i>Pounds – forcé per square inch.</i>

Pozo de visita	Estructura que conforma el sistema de alcantarillado que permite realizar el mantenimiento de las tuberías.
PVC	Policloruro de vinilo.
Subrasante	Es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento, está es conformada de suelo natural o mejorada con material de un banco de préstamo.
Suelo	Es una capa delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración o alteración físico-química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan.
Teodolito	Instrumento para medir ángulos en sus planos respectivos.
TPD	Transito promedio diario.
TPDC	Transito promedio diario de camiones.
VPN	Valor presente neto.

RESUMEN

En el siguiente trabajo de graduación se presenta la propuesta de los proyectos de un sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal y de un diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá, Guatemala; como parte del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S).

En la fase I se encuentra la fase de investigación donde se describe la monografía del lugar, recursos naturales, aspectos climáticos, actividades económicas del municipio y la priorización de las necesidades del lugar.

En la fase de servicio técnico profesional comprende conceptos básicos, normas del Instituto de Fomento Municipal y de la Dirección General de Caminos, criterios de diseño y ejemplificación de diseño de cada proyecto.

Al final de este trabajo se encuentran los planos, tablas de resultados y documentos de apoyo para el diseño de ambos proyectos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal y el diseño del pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala.

Específicos

1. Capacitar a las autoridades municipales sobre el mantenimiento y operación de la infraestructura vial y el sistema de alcantarillado sanitario.
2. Planificar el sistema de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades hidrosanitarias de la población del municipio.
3. Mejorar el camino a Pa kajnom para reducir el gasto económico de los transportistas provocado por su mala calidad.

INTRODUCCIÓN

En el municipio de San Juan La Laguna del departamento de Sololá, es evidente la inexistencia de infraestructura sanitaria y el deterioro de los medios de comunicación vial; problemática producida por la inadecuada administración y planificación de las autoridades que afecta a la región en concepto de la economía, salud y medio ambiente.

Considerando la problemática del municipio, se presenta dos alternativas que ayude al desarrollo de la población, una de índole hidrosanitaria y la otra de infraestructura vial, con el objetivo de contribuir tanto el desarrollo de la población, como el fortalecimiento del saneamiento ambiental y mejoramiento de una de sus vías de comunicación. Por ello, es necesario el diseño y construcción de un sistema de alcantarillado sanitario; diseño y construcción de un pavimento de concreto.

En el presente trabajo de graduación se presenta el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y el diseño de pavimento de concreto hidráulico, los cuales cumplen con los parámetros permisibles y establecidos por sus respectivas normas, así también se evaluó la viabilidad de ambos proyectos considerando la planificación en general como tal y el costo de inversión de cada uno.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Juan La Laguna

A continuación, se presenta información relevante del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, con el objetivo de conocer el entorno del lugar para la implementación de los proyectos presentados en este trabajo de investigación y suplir las necesidades de sus habitantes de acuerdo a ello.

1.1.1. Antecedentes históricos

En la antigüedad existía una comunidad llamada Patana'x, ubicada en el municipio de San Juan, que en el idioma del Tz'utujil significa Pa = en y Tana'x = tinaja de barro; posteriormente se hace la modificación a Xe Kuku' Aab'aj, que en el idioma nativo significa frente o debajo de la tinaja de piedra, haciendo ilusión a que era una piedra grande en forma de tinaja en donde se almacenaba agua en tiempos de lluvia y los animales de la región acudían a este lugar para abastecerse. (SEGEPLAN, 2018, p. 6)

Previa la colonización, los pobladores cuentan que sufrían maltratos de un personaje que vivía en los cerros aledaños de Las Cristalinas, conocido como Kaqak'axool. Este personaje fue expulsado de la región, lo que provocó una peste que afectó a los pobladores. Los pobladores se dieron cuenta que dicho personaje tenía la capacidad de ayudar a vencer este mal, por lo que durante días subían al cerro a rezar para que Kaqak'axool volviera. Sin embargo, no regresó y las muertes siguieron hasta provocar

una disminución en la población. Posteriormente, los reyes tz'utujiles decidieron cambiar el nombre del lugar, por Patana'x a Xe Kuku' Aab'aj.

En la época de la colonia fue fundada como pueblo, entre 1,618 y 1,623, fue producto del desplazamiento de un grupo de habitantes provenientes de Santiago Atitlán. Este grupo nombró al lugar como San Juan Atitlán, el cual se modificó el nombre de Atitlán por La Laguna, ya que un visitante, Antonio Lara, ordenó castellanizar los diferentes apellidos indígenas y lugares geográficos. (SEGEPLAN, 2018, p. 7)

1.1.2. Localización geográfica

El municipio de San Juan La Laguna se encuentra en las coordenadas geográficas latitud 14°41'39,4" N y longitud 91°17'14,30" O y a una altura de 1 585 msnm. Se localiza al occidente del país, en el departamento de Sololá. Colinda con el norte con el municipio de Santa Clara La Laguna y San Pablo La Laguna, al este del Lago de Atitlán y al municipio de San Pedro La Laguna, al sur con el departamento de Suchitepéquez y al oeste con los municipios de Santa Catarina Ixtahuacán y Santa María Visitación.

1.1.3. Accesos y comunicación

En cuanto a, SEGEPLAN, Tiene tres rutas de acceso al municipio, la principal es por la carretera Interamericana CA-1 Occidente km. 148, en el desvío a la ruta que conecta a los municipios de Santa Lucía Utatlán, Santa María Visitación, Santa Clara La Laguna y San Pablo La Laguna.

La otra ruta alterna es por el municipio de Panajachel que rodea el lago a travessando los municipios de Santa Cruz La Laguna, San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna y por último a San Juan La Laguna. (SEGEPLAN, 2009)

La tercera ruta es por medio de lancha, desde el embarcadero de Panajachel, atravesando el lago de Atitlán hacia el municipio de San Juan La Laguna.

1.1.4. Recursos naturales

A continuación, se mencionan los recursos naturales pertenecientes al municipio de San Juan La Laguna, en donde se desglosa la flora, suelo y el recurso hídrico como tal.

1.1.4.1. Recurso hídrico

Como parte del recurso hídrico, en San Juan La Laguna se encuentra el río Yatzá, río Panán y el lago de Atitlán. Este último es el cuerpo de agua más importante para la región, debido a que es usado como ruta de transporte lacustre, pesca artesanal y para el riego de cultivos cercanos a la orilla.

“En la zona de estudio se encuentran 22 nacimientos de agua, de los cuales 12 se sitúan en la cabecera municipal” (SEGEPLAN, 2018, p. 17). El nacimiento K’uwa’ I y K’uwa’ II son los más importantes debido a que se utilizan para abastecer a la población.

1.1.4.2. Bosques

En la región se encuentra el Cerro Panán, el área verde más grande del municipio, el cual converge flora como el cedro, teca, palo blanco y hormigo, tepe miste y hormigo. Los bosques están clasificados como Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) y Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S(c)).

1.1.4.3. Suelo

La agricultura es la actividad más realizada en el municipio dado que la mayoría de los habitantes cultiva café, maíz, frijol, tomate, papa, chile, repollo, rábano y güisquil.

1.1.5. Aspectos climáticos

El clima del municipio es templado. La altitud de la región está entre 1,100 y 2,600 msnm; mientras el punto más alto conocido como Rostro Maya es de 2,257 msnm y se encuentra situado al noroeste del municipio, el punto más bajo se encuentra en la aldea Pasajquim a 1,300 msnm.

La Autoridad para el Manejo Sustentable de La Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), estableció una estación meteorológica en el municipio de San Juan La Laguna, por lo que los siguientes datos son obtenidos de dicha estación:

Tabla I. **Datos de la estación meteorológicos ubicada en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá**

Temperatura mínima	10.6 °C
Temperatura máxima	30.7 °C
Precipitación anual	992.5 mm
Humedad promedio anual	75.09 %
Radiación solar máxima	1,512 W/m ²
Velocidad del viento	37 km/h

Fuente: AMSCLAE (2020). *Informe Anual Monitoreo Climático.*

1.1.6. Actividades económicas

La economía del municipio es desarrollada por actividades agrícolas, entre ellas destaca la producción de café, las cuales son comercializadas en las cooperativas de café. También existen cooperativas de chocolate, de tejidos, de miel y de plantas medicinales. Se destacan comercios de artesanías, tela típica y de pinturas. Estos comercios son operados de generación en generación por familias que son beneficiadas de los ingresos que estos producen.

1.1.7. Comercio y turismo

Las cooperativas del café, la miel, chocolate, tejidos, artesanías, plantas medicinales y de pinturas son los productos más importantes en el municipio, debido a que son los que se comercializan.

El turismo es lo que se realiza en la región, los principales atractivos son tanto el mirador del Cerro Kiaq'Aiswaan, los coloridos murales que transmiten la historia del municipio, como también el cerro llamado Rostro Maya desde el cual

se observa el lago. De igual manera, cabe destacar la importancia de las exposiciones de arte, tours ecológicos, tour del café, tour de las abejas y tour del chocolate.

1.2. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la zona central, municipio de San Juan La Laguna, Sololá

De acuerdo al diagnóstico realizado en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá, se identificaron las principales necesidades a suplir en la comunidad siendo estas las que se indican a continuación.

1.2.1. Descripción del proyecto

En la zona central de la cabecera municipal no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades de los habitantes. Las viviendas al no estar conectadas a una red de drenajes tienen fosas sépticas, sin embargo, quién brinda el servicio que se encarga de vaciar las fosas no se encuentra en operación, por lo que al momento de que estas sobrepasan su capacidad, las personas tienden a verter las aguas negras en las calles, provocando molestias a los transeúntes e incrementando la contaminación del lago de Atitlán.

El camino a Pa kajnom, es una carretera transitada por vehículos y camiones que a lo largo de este tramo recogen productos agrícolas y productos maderables que son comercializados tanto a nivel local como departamental. Sin embargo, por ser un camino de terracería, en época de invierno el suelo se erosiona generando hoyos que perjudican a los conductores. También en época de verano, al transitar los vehículos se genera polvo que causa molestias a la vista de los conductores y enfermedades pulmonares.

Por ende, se propuso al Concejo Municipal el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario ubicado en la cabecera municipal y del diseño de un pavimento rígido en el lugar llamado Pa kajnom.

1.2.2. Priorización de las necesidades aprobado por el Concejo Municipal

Según las propuestas de la Dirección Municipal de Planificación, el alcalde y el Concejo Municipal se priorizaron algunas necesidades, las cuales se describen a continuación:

- Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario
- Diseño de un pavimento de concreto
- Mejoramiento de calles principales
- Construcción de canchas polideportivas
- Mejoramiento de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos
- Rehabilitación de la planta de tratamiento

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal, San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala

Como parte de este trabajo de graduación se realizó el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario; para ello, se consideraron parámetros topográficos, hidráulicos, poblacionales y aplicando criterios de ingeniería se propuso un sistema óptimo que supla las necesidades identificadas de la población objetivo.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario ubicado en la zona central de la cabecera municipal de San Juan La Laguna, Sololá. Este se planificó en dos fases debido a que, por su magnitud, se prefiere controlar el desarrollo del mismo por partes, mejorando la atención a cada etapa según lo planeado y evitando la obstrucción de las vías principales que interfieren en la instalación del alcantarillado sanitario. Según el Instituto Nacional de Estadística (2018), el total de viviendas actuales es de 455, con una densidad poblacional de 5 habitantes por vivienda y una tasa de crecimiento de 4.07 %.

La fase 1 del proyecto posee una longitud total de 1,579.03 metros lineales de tubería, 32 pozos de visita de profundidades variables y 243 conexiones domiciliarias. Se propone el diseño y construcción de pozos de absorción y que el desfogue de las aguas servidas se haga a una planta de tratamiento existente.

La fase 2 del proyecto se encuentra integrada de una longitud total de tubería de 1,421.47 metros lineales de tubería, 27 pozos de visita de profundidades variables y 212 conexiones domiciliarias. De igual manera, se propone el diseño y construcción de pozos de absorción y que el desfogue de las aguas servidas sea en el área que la municipalidad destinó para el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Para las dos fases se utilizará tubería de PVC bajo la norma ASTM F949. El diámetro mínimo a utilizar es de 6", exceptuando los tramos iniciales por tener caudales pequeños, se utilizará diámetro de 4".

2.1.2. Ubicación geográfica

El proyecto se desarrollará en la zona central de la cabecera municipal del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá, Guatemala. Las coordenadas geográficas son Latitud 14° 41' 41,17" N y Longitud 91° 17' 11,61" O.

Figura 1. **Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario en la cabecera municipal de San Juan La Laguna, Sololá**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Google Earth Pro (2021). *San Juan La Laguna, Sololá*. Recuperado de <https://bit.ly/40Jy4TW>.

<https://earth.google.com/web/search/San+Juan+La+Laguna/@14.69356065,-91.28796154,1608.52620166a,2250.03906991d,35y,41.38551856h,44.78700749t,0r/data=CmoaQBI6CiQweDg1OGViNTI3NTIkZTIkNWl6MHhkZmY5YTM4YzE0MThlMDQqEINhbiBKdWFuExhIExhZ3VuYRgCIAEiJgokCRvJZBuZ6DVAEV3mIXHUog5AGTtSNtpQMFHAIQ57ZzObIVvA>.

2.1.3. Levantamiento topográfico

Se realizó para obtener la posición de puntos específicos en la superficie terrestre, es decir, obtener distancias horizontales y alturas verticales de puntos de la región a analizar. El equipo utilizado fue: un teodolito marca SOUTH serie ET-05, trípode, plomadas, estatal de 5 m, cinta métrica y clavos de 3”.

2.1.3.1. Planimetría

Es la rama de la topografía que sirve para obtener gráficamente la superficie de una región medida, proyectando los puntos en un mismo plano horizontal. (Morales, 1996, p. 6.)

Para el proyecto de alcantarillado sanitario se utilizó una poligonal abierta con radiaciones debido a que se estableció medición de datos a lo largo de las calles principales de todo el municipio y en cada estación, se midió la localización exacta de las calles, edificaciones importantes, elevaciones y depresiones que fueron considerados para el diseño de dicho sistema.

2.1.3.2. Altimetría

Se le denomina altimetría a la rama de la topografía que sirve para obtener los cambios de nivel de los puntos del plano horizontal, generando las curvas de nivel de una región medida.

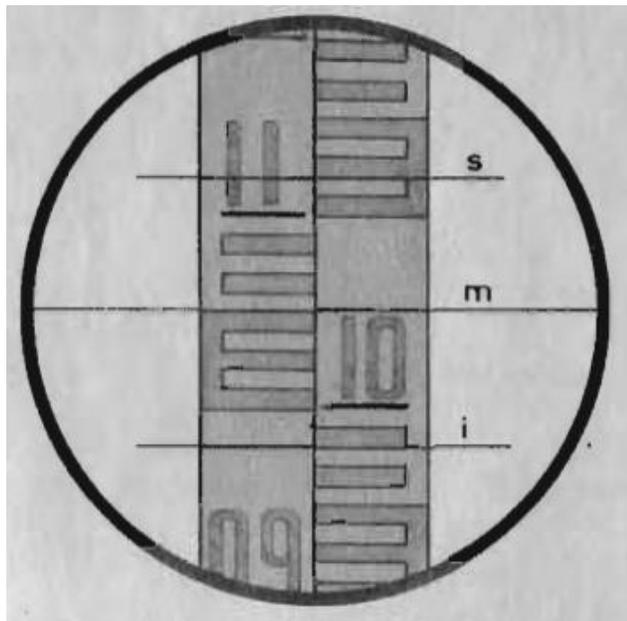
Para este proyecto se utilizó el método taquimétrico, utilizando las respectivas fórmulas para el cálculo de los cambios de alturas de los puntos del área medida en donde se implementará el sistema de alcantarillado propuesto. Se consideró este método para evitar bloqueos u obstrucciones en el tránsito vehicular por el uso de la cinta métrica para la determinación de la distancia horizontal entre estaciones o de estación a punto de radiación. El equipo que se utilizó fue de un teodolito, estatal de 5 m y plomadas.

2.1.3.2.1. Método Taquimétrico

“La taquimetría comprende un procedimiento de medición rápida e indirecta de distancias horizontales y verticales, entre un punto denominado estación a un punto observado” (Morales, 1996, p. 175).

En el levantamiento topográfico se toman las lecturas de los hilos taquimétricos, correspondientes al hilo superior (s), al hilo medio (m) y al hilo inferior (i), como se observa en la figura 2. También se toma la lectura del ángulo cenital en relación al punto observado.

Figura 2. Hilos taquimétricos vistos en la mira del teodolito



Fuente: Torres (2000). *Topografía*.

Posteriormente, con las lecturas tomadas de los hilos taquimétricos y el ángulo cenital se procede a calcular las distancias verticales y horizontales de los puntos observados utilizando las siguientes fórmulas:

- Distancia Horizontal

$$DH = 100 * L_{es} * (\text{sen}(A_z))^2 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

DH = distancia horizontal de la estación al punto observado, en m

L_{es} = lectura de estadía, es la diferencia entre hilo superior e hilo inferior

A_z = ángulo cenital

- Distancia Vertical

$$DV = 0.5 * 100 * L_{es} * \text{sen}(2 * A_z) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

DV = distancia vertical de la estación al punto observado, en m

L_{es} = lectura de estadía, es la diferencia entre hilo superior e hilo inferior

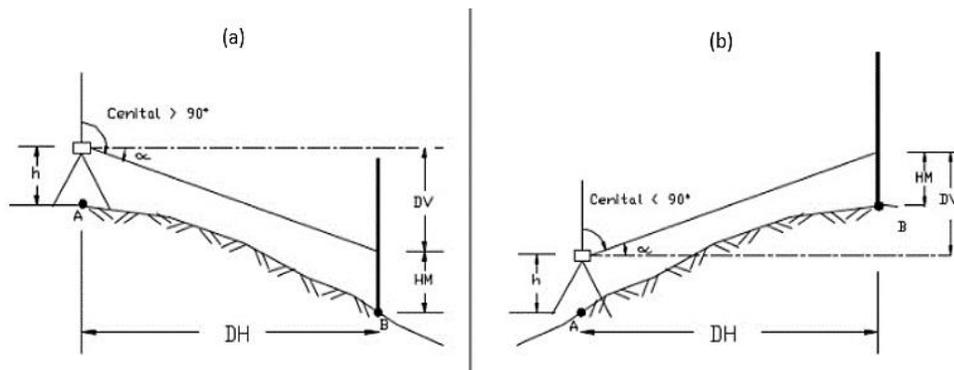
A_z = ángulo cenital

- Cálculo de Cotas

Para calcular las cotas de los puntos observados en el levantamiento topográfico, hay que tomar en cuenta que si el ángulo cenital es mayor a 90°, el

punto B o punto observado será una elevación menor que el punto A (figura 3a), mientras que si el ángulo cenital es menor a 90°, el punto B será una elevación mayor que en el punto A (figura 3b).

Figura 3. **Determinación de la cota según el valor del ángulo cenital**



Fuente: López (2018). *Práctica 4: Taquimetría*.

Considerando el valor del ángulo cenital, la cota del punto B se calcula según sea el caso:

- Si el ángulo cenital es mayor a 90°, se resta la distancia vertical. Debido a que la cota de punto B se encuentra en depresión.

$$Cota_B = Cota_A + h - DV - HM$$

(Ec. 3)

Donde:

Cota_B = elevación en punto B, en m

Cota_A = elevación en punto A, en m

DV = distancia vertical, en m

HM = hilo medio, en m

- Si el ángulo cenital es menor a 90°, se suma la distancia vertical. Debido a que la cota de punto B se encuentra elevada.

$$Cota_B = Cota_A + h + DV - HM$$

(Ec. 4)

Donde:

Cota_B = elevación en punto B, en m

Cota_A = elevación en punto A, en m

h = altura de instrumento, en m

DV = distancia vertical, en m

HM = hilo medio, en m

- Ejemplo de cálculo de cota de EST. 1 a RAD. 1.1

Cota en EST. 1	1,596.00 m
Altura de instrumento en EST. 1.1	1,535.00 m
Hilo superior	0.99 m
Hilo medio	0.96 m
Hilo inferior	0.93 m
Angulo cenital	94° 51' 20"

Utilizando la ecuación 1 y 2, se calcula la distancia horizontal y vertical entre el punto EST. 1 a RAD. 1.1

$$DH = 100 * (0.99 \text{ m} - 0.93 \text{ m}) * (\text{sen}(94^\circ 51' 20''))^2$$

$$DH = 5.96 \text{ m}$$

$$DV = 0.5 * 100 * (0.99 \text{ m} - 0.93 \text{ m}) * \text{sen}(2 * (94^\circ 51'20''))$$

$$DV = 0.506 \text{ m}$$

Luego, se calcula la cota en el punto RAD. 1.1. Para ello, se considera que el ángulo cenital es mayor a 90° , por lo que la cota se encuentra en depresión. En este caso, se utiliza la ecuación 3 donde se resta el DV.

$$Cota_{RAD\ 1.1} = 1,596.000 \text{ m} + 1,535.000 \text{ m} - 0.506 \text{ m} - 0.960 \text{ m}$$

$$Cota_{RAD\ 1.1} = 1,595.07 \text{ m}$$

Con el procedimiento anterior, se calcularon las cotas para los demás puntos, ver en apéndice 1.

2.1.4. Generalidades de un sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado sanitario es el conjunto de tuberías o conductos cerrados que recolectan, conducen y trasladan las aguas residuales, trabajando bajo la definición de un canal, hacia su tratamiento final. Para este caso, éstas llegan a una planta de tratamiento de aguas residuales, y luego se incorporan a un cuerpo de agua (mar, río o lago).

2.1.5. Consideraciones de diseño

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se rigió por las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), el cual contiene criterios técnicos de diseño, construcción y presentación del proyecto.

2.1.6. Período de diseño

Es el tiempo en el que la infraestructura presta su servicio de forma eficiente y adecuada, hasta el momento en que ésta necesite de una ampliación o mejoramiento.

Según las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (2019), “los sistemas de alcantarillado sean proyectados durante un período de 30 a 40 años” (p. 12).

En este caso, el período de diseño del sistema de alcantarillado será de 35 años, considerando el crecimiento poblacional, incremento en el desarrollo comercial y la calidad de los materiales. También se propone un tiempo de planificación y construcción del sistema de 3 años.

2.1.6.1. Cálculo de la población

Se estima la población tributaria que hará uso del sistema de alcantarillado sanitario, tanto al inicio como al final del período de diseño. Para estimar la población futura se utilizó el método de crecimiento geométrico por medio de la siguiente ecuación:

$$P_F = P_O * (1 + r)^n$$

(Ec. 5)

Donde:

P_F = población futura

P_O = población actual

r = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

El número de habitantes actual o población inicial, se determinó en base a las viviendas que estarán conectadas al sistema, las cuales son 455 viviendas y utilizando el dato de densidad poblacional de 5 habitantes/vivienda se obtiene un valor de 2,275 habitantes.

Datos:

$P_0 = 2,275$ habitantes

r = 4.07%, obtenido del Instituto Nacional de Estadística (INE)

n = 35 años

$$P_F = 2,275 * (1 + 0.0407)^{35}$$

$$P_F = 9,192 \text{ habitantes futuros}$$

2.1.7. Cálculo de caudales

Como parte del diseño del alcantarillado sanitario, uno de los parámetros hidráulicos más importantes es el caudal a conducir por el sistema; para ello, previo a determinar dicho valor, se deben identificar los factores que intervienen como por ejemplo la dotación, los límites máximos y mínimos del caudal dentro de la tubería.

2.1.7.1. Dotación

Es la cantidad de agua que se proporciona a un habitante para uso diario, la dotación se expresa en (lt/hab/día).

La municipalidad de San Juan La Laguna provee a la población una dotación de 90 lt/hab/día que es la que se utilizará para el diseño de este sistema.

2.1.7.2. Velocidades máximas y mínimas de diseño

La velocidad de flujo en una tubería se determina mediante la ecuación de Manning, en donde intervienen factores como el diámetro, la pendiente y la rugosidad de la tubería. También se utilizan las relaciones hidráulicas v/V para calcular la velocidad del flujo producida por el caudal de diseño, siendo V la velocidad a sección llena.

Según el INFOM (2019), “el rango de velocidad, se encuentra entre 0.60 m/s a 2.50 m/s” (p. 16).

Por otra parte, el rango de velocidad que dicta el Reglamento para Diseño y Construcción de Drenajes de la Municipalidad de Guatemala (1988) se encuentra entre 0.60 m/s a 3.00 m/s.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario propuesto, se estableció una velocidad mínima de 0.60 m/s y una velocidad máxima de 3.00 m/s. La velocidad mínima es para que los sólidos no se sedimenten en la tubería, mientras que la velocidad máxima es para evitar la erosión en el interior de la tubería debido a los sólidos del flujo.

2.1.7.3. Tirante o profundidad de flujo

El tirante del flujo deberá ser mayor o igual al 10 % del diámetro de la tubería y menor o igual al 75 % de ella.

En el diseño del proyecto, el tirante menor calculado es de 0.10 del diámetro de la tubería, mientras que el tirante mayor es de 0.717. Los valores del tirante se encuentran en el rango permisible.

Cabe destacar que, en los tramos iniciales, los tirantes calculados son menores al 10 % del diámetro de la tubería debido a que el caudal sanitario es muy pequeño. En este caso, se priorizó el cumplimiento de los límites de velocidad para evitar la sedimentación de los sólidos en el interior de la tubería disminuyendo la sección de la misma.

Los valores calculados de tirante por cada tramo del sistema se observan en el apéndice 2.

2.1.7.4. Caudal domiciliar

Es el caudal producido por las actividades domésticas del ser humano, estas pueden ser como la limpieza de alimentos, trastos o uso del sanitario cuyas aguas residuales son evacuadas al sistema de alcantarillado.

El caudal domiciliar se relaciona con la dotación, debido a que un porcentaje de esta regresa; por lo que se aplica un factor de retorno para el cálculo del caudal.

$$Q_{DOM} = \frac{Dot.* Hab.* F. R.}{86,400}$$

(Ec. 6)

Donde:

Q_{DOM} = caudal domiciliar, en lt/s
Dot. = dotación, en lt/hab/día
Hab. = número de habitantes futuros
F.R. = factor de retorno

$$Q_{DOM} = \frac{90 \text{ lt/hab/día} * 9,192 \text{ hab} * 0.85}{86,400}$$
$$Q_{DOM} = 8.14 \text{ lt/s}$$

La municipalidad estableció las zonas que se conectarán al sistema de alcantarillado propuesto, por lo que se realizó un censo a pequeña escala para determinar el número de viviendas real, y posteriormente utilizando el dato de densidad poblacional, se procedió a calcular el número de habitantes tal y como se muestra en el inciso 2.1.6.1. Para este proyecto, se consideró un factor de retorno de 85 %, debido a que la población usa el agua mayormente para el lavado de ropa, alimentos, higiene corporal y servicios sanitarios.

2.1.7.4.1. Factor de retorno

Se define como el porcentaje de agua (agua residual) que regresa al drenaje luego de ser usada.

El factor de retorno depende de los hábitos de la población, la dotación de agua y las variaciones del consumo según las estaciones climáticas de la región. Sin embargo, si no se cuenta con la información necesaria, se recomienda asumir un valor entre 0.80 a 0.85. (OPS, 2005, p. 20)

En este proyecto se considera un factor de retorno de 0.85 dado que la dotación de agua es baja pero el uso de ella es constante por actividades en la comunidad, como el lavado de ropa y alimentos. Además, de la higiene personal.

2.1.7.5. Caudal de conexiones ilícitas

Es el agua proveniente de conexiones clandestinas de patios domiciliarios que conectan al sistema las aguas de lluvia.

Para determinar el caudal de conexiones ilícitas, el INFOM (2019) recomienda considerar el 10 % del caudal domiciliar. En regiones que no se cuenten con un sistema de agua pluvial se puede utilizar un valor más alto.

En el proyecto se considerará un valor del 30 % para el cálculo del caudal de conexiones ilícitas, debido a que el municipio no cuenta con un sistema de drenaje pluvial por lo que se preverá que una fracción de la población que tenga patio conectará al sistema sanitario las aguas pluviales.

$$Q_{CI} = 30\% * Q_{DOM} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

Q_{CI} = caudal de conexiones ilícitas, en lt/s

Q_{DOM} = caudal domiciliar, en lt/s

$$Q_{CI} = 30\% * 8,14 \text{ lt/s}$$

$$Q_{CI} = 2,44 \text{ lt/s}$$

2.1.7.6. Caudal de infiltración

Es el agua del subsuelo que se infiltra en el sistema, por medio de las uniones de tuberías o en las estructuras de los pozos de visita. Además, se considera la profundidad del nivel freático del agua con relación a la profundidad y material de la tubería (INFOM, 2019).

Para determinar el caudal de infiltración, el INFOM establece lo siguiente:

Tabla II. **Caudal de infiltración en función del nivel freático**

Condición freática	Tubería de concreto	Tubería de PVC
Sobre el nivel freático	$Q_{INF} = 0.025 * \emptyset_T * L$	$Q_{INF} = 0.010 * \emptyset_T * L$
Bajo el nivel freático	$Q_{INF} = 0.015 * \emptyset_T * L$	$Q_{INF} = 0.020 * \emptyset_T * L$

Fuente: INFOM (2019). *Normas generales para el diseño de alcantarillados.*

La tubería a utilizar en el proyecto es de material de PVC ASTM F949 y la profundidad a la cual se enterrará el tubo se encuentra bajo el nivel freático, por lo que se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{INF} = 0.020 * \emptyset_T * L \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

Q_{INF} = caudal de infiltración, en lt/s

\varnothing_T = diámetro de la tubería, en pulg

L = longitud de la tubería, en km

- Datos

Longitud total utilizando tubería de 4" de diámetro	541.98 m
Longitud total utilizando tubería de 6" de diámetro	2,243.59 m
Longitud total utilizando tubería de 8" de diámetro	212.11 m

$$Q_{INF} = (0.020 \cdot 4 \cdot 0.54) + (0.020 \cdot 6 \cdot 2.24) + (0.020 \cdot 8 \cdot 0.21)$$
$$Q_{INF} = 0.35 \text{ lt/s}$$

En el diseño del sistema de alcantarillado, se utilizó tubería de 4", 6" y 8" de diámetro en diferentes tramos del sistema.

En cuanto a, INFOM (2019) se debe estimar el caudal de infiltración por cada kilómetro de tubería que contribuya al tramo, es por ello que se determinó la longitud total de cada diámetro utilizado para calcular el valor de infiltración correspondiente.

2.1.7.7. Caudal comercial e industrial

El caudal comercial son las aguas provenientes de comercios como hoteles, restaurantes, comedores, entre otros. "La dotación para usos comerciales varía entre 600 a 3,000 lt/comercio/día" (Cabrera, 1989, p. 41).

El municipio de San Juan La Laguna al ser una región turística, actualmente cuenta con 22 comercios y se considera una dotación de 1,500 lt/comercio/día.

$$Q_{COM} = \frac{Dot.* \#com}{86,400}$$

(Ec. 9)

Donde:

Q_{COM} = caudal comercial, en lt/s

Dot. = dotación para uso comercial, en lt/comercio/día

#com = número de comercios

$$Q_{COM} = \frac{1,500 \text{ lt/comercio/día} * 22 \text{ comercio}}{86,400}$$

$$Q_{COM} = 0.38 \text{ lt/s}$$

El municipio es un lugar turístico, por lo que en días de feriado o de descanso se tiene una mayor afluencia de personas que visitan restaurantes, comercios, hoteles u hostales, dando como resultado que se produzca mayor caudal comercial. Sin embargo, en los días laborales se tiene una menor afluencia de turistas en el municipio por lo que se disminuye, generalmente, el uso de comercios y, por consiguiente, se produce un menor caudal comercial. Por ello, para la dotación se consideró un valor promedio para posteriormente realizar el cálculo del caudal.

El número de comercios se determinó por un censo a pequeña escala.

- Caudal industrial

El caudal industrial son las aguas provenientes de industrias como la de textiles, tenería, farmacéutica, entre otros. La dotación para uso industrial se estima entre 1,000 a 18,000 lt/industria/día (Cabrera, 1989).

Actualmente, no existen industrias en el municipio debido a que por el espacio y cultura de la población es difícil la instalación de industrias en la región.

$$Q_{IND} = \frac{Dot.* \#ind}{86,400} \quad (Ec. 10)$$

Donde:

Q_{COM} = caudal industrial, en lt/s

Dot. = dotación para uso industrial, en lt/industria/día

#com = número de industrias

$$Q_{IND} = \frac{4,000 \text{ lt/industria/día} * 0 \text{ industrias}}{86,400}$$
$$Q_{IND} = 0.00 \text{ lt/s}$$

2.1.7.8. Caudal sanitario

Es el caudal con que se diseña el sistema sanitario, que es la suma de: caudal domiciliar, caudal de conexiones ilícitas, caudal de infiltración y caudal comercial e industrial.

$$Q_{SAN} = Q_{DOM} + Q_{CI} + Q_{INF} + Q_{COM} + Q_{IND} \quad (Ec. 11)$$

Donde:

Q_{SAN} = caudal sanitario, en lt/s

Q_{DOM} = caudal domiciliar, en lt/s

Q_{CI} = caudal de conexiones ilícitas, en lt/s

Q_{INF} = caudal de infiltración, en lt/s

Q_{COM} = caudal comercial, en lt/s

Q_{IND} = caudal industrial, en lt/s

$$Q_{SAN} = 8.14 \text{ lt/s} + 2.44 \text{ lt/s} + 0.35 \text{ lt/s} + 0.38 \text{ lt/s} + 0 \text{ lt/s}$$

$$Q_{SAN} = 11.31 \text{ lt/s}$$

2.1.7.9. Factor de caudal medio

Se determina por medio de la relación entre el caudal sanitario y el número de habitantes futuros.

$$fqm = \frac{Q_{SAN}}{Hab}$$

(Ec. 12)

Donde:

fqm = factor de caudal medio

Q_{SAN} = caudal sanitario, en lt/s

Hab = número de habitantes futuros

$$fqm = \frac{11.31 \text{ lt/s}}{9,192 \text{ hab}}$$

$$fqm = 0.00123$$

El factor de caudal medio (fqm), debe estar entre el rango de 0.002 a 0.005 según la cantidad de habitantes del lugar y el caudal sanitario (Cabrera, 1989).

En este caso dado que el valor obtenido se encuentra por debajo del rango, se utilizará el valor mínimo de 0.002 como factor de caudal medio (fqm) para el diseño del sistema.

2.1.7.10. Factor de Harmond

Es el valor que determina el flujo máximo en tuberías de alcantarillado, es decir, representa la probabilidad de que varios accesorios sanitarios de una vivienda se estén usando simultáneamente. Este factor es calculado, tanto para la población actual, como la población futura a servir en el tramo.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1,000}}{4 + \sqrt{P/1,000}}$$

(Ec. 13)

Donde:

FH = factor de Harmond

P = número de habitantes actual o futura

En cuanto a, Ese factor de Harmond es un valor adimensional y usualmente se encuentra en el rango de 1.5 a 4.5, dependiendo del tamaño de la población a servir. (Cabrera, 1989)

Este valor se calculó por cada tramo de tubería del sistema tal y como se muestra en el ejemplo de la sección 2.1.18. Así también, en el apéndice 2, se muestra el factor de Harmond obtenido en cada tramo de tubería que compone

el sistema de alcantarillado, tanto para la población actual como para la población futura.

2.1.7.11. Caudal de diseño

El caudal de diseño es el agua que se conduce en el sistema sanitario proveniente de diferentes puntos. Este valor se calcula por cada tramo a servir.

$$Q_D = Hab.* FH * fqm$$

(Ec. 14)

Donde:

Q_D = caudal de diseño, en lts/seg

Hab. = número de habitantes actual o futura

FH = factor de Harmond

fqm = factor de caudal medio

En la sección 2.1.18 se muestra el procedimiento para calcular el caudal de diseño. Así mismo, el apéndice 2 muestra los resultados de los caudales de diseño por cada tramo de tubería del sistema.

2.1.8. Tipo de tubería a utilizar

En un sistema de alcantarillado sanitario, en general, existen dos tipos de material de tubería a utilizar; estas pueden ser de concreto o de Policloruro de Vinilo (PVC). Para el proyecto, la tubería a utilizar será de PVC regido bajo la norma ASTM F949.

2.1.9. Diámetros de tubería y pendientes

En cuanto a, El INFOM (2019) establece que el diámetro mínimo a utilizar en un sistema de alcantarillado será de 8" para tubo de concreto o de 6" de diámetro para tubo de PVC. También indica que en tramos iniciales se puede utilizar un diámetro menor al establecido, ya que debido al poco caudal que se conduce en estos tramos se puede disminuir la sección para cumplir con los parámetros de velocidad.

Para el sistema en general de este proyecto, se utilizará tubería de 6" y 8" de diámetro y en tramos iniciales tubería de 4", mientras que para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4" en PVC.

Se recomienda que la pendiente de la tubería sea igual o muy similar a la pendiente del terreno para reducir costos de excavación y movimiento de tierras. La pendiente será aceptable siempre que el rango de la velocidad del flujo se encuentre entre 0.60 m/s y 3.00 m/s. Para la conexión domiciliar, la pendiente mínima de la tubería que se conecta hacia la red principal será de 2 %.

2.1.10. Cotas Invert

Es la altura desde el nivel de superficie o de suelo hasta la parte interna inferior de la tubería que tiene entrada o salida hacia los pozos de visita. Para determinar este valor se deben considerar los siguientes criterios:

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

$$CI_S = CI_E - 0,03 \text{ mts.}$$

(Ec. 15)

Donde:

CI_S = cota invert de salida, en m

CI_E = cota invert de entrada, en m

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y la tubería de salida es de un diámetro diferente, la cota invert de salida estará, como mínimo, a la diferencia de los diámetros de las tuberías por debajo de la cota invert de entrada.

$$CI_S = CI_E - (\emptyset_S - \emptyset_E)$$

(Ec. 16)

Donde:

CI_S = cota invert de salida, en m

CI_E = cota invert de entrada, en m

\emptyset_S = diámetro de tubo de salida, en m

\emptyset_E = diámetro de tubo de entrada, en m

- Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es diferente diámetro de la tubería de entrada que se conectan al pozo, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará la cota invert de entrada menor.

En los tramos iniciales de los pozos de visita, la cota invert de la tubería de salida considera la magnitud de tráfico vehicular en la vía y las dimensiones de la tubería.

Figura 4. Dimensiones de tubería para alcantarillado

Rigidez anular Para el tubo de 46 PSI														
Diámetro Nominal	Diámetro Externo				Diámetro Inteno				Espesor de Pared Mínimo					
	Promedio		Tolerancia para el Promedio		Promedio		Tolerancia para el Promedio		Pared Interna		Pared Externa		En el Valle	
mm (Plg)	mm	(Plg)	mm	(Plg)	mm	(Plg)	mm	(Plg)	mm	(Plg)	mm	(Plg)	mm	(Plg)
100 (4)	109.2	(4.300)	± 0.229	(± 0.009)	100.3	(3.950)	± 0.279	(± 0.011)	0.559	(0.022)	0.457	(0.018)	0.711	(0.028)
150 (6)	163.1	(6.420)	± 0.279	(± 0.011)	150.1	(5.909)	± 0.381	(± 0.015)	0.635	(0.025)	0.56	(0.022)	0.813	(0.032)
200 (8)	218.4	(8.600)	± 0.305	(± 0.012)	200.2	(7.881)	± 0.457	(± 0.018)	0.889	(0.035)	0.76	(0.030)	1.143	(0.045)
250 (10)	273.9	(10.786)	± 0.381	(± 0.015)	250.1	(9.846)	± 0.533	(± 0.021)	1.143	(0.045)	0.91	(0.036)	1.397	(0.055)
300 (12)	325.0	(12.795)	± 0.457	(± 0.018)	297.6	(11.715)	± 0.711	(± 0.028)	1.397	(0.058)	1.245	(0.049)	1.829	(0.072)
375 (15)	397.7	(15.658)	± 0.584	(± 0.023)	364.2	(14.338)	± 0.889	(± 0.035)	1.956	(0.077)	1.40	(0.055)	2.337	(0.092)
450 (18)	486.5	(19.152)	± 0.711	(± 0.028)	445.8	(17.552)	± 1.067	(± 0.042)	2.134	(0.084)	1.70	(0.067)	2.616	(0.103)
525 (21)	574.8	(22.630)	± 0.838	(± 0.033)	525.9	(20.705)	± 1.24	(± 0.049)	2.413	(0.095)	1.85	(0.073)	2.800	(0.110)
600 (24)	649.7	(25.580)	± 0.991	(± 0.039)	596.1	(23.469)	± 1.448	(± 0.057)	2.791	(0.110)	2.16	(0.085)	3.124	(0.123)
675 (27)	733.0	(28.860)	± 1.250	(± 0.049)	671.6	(26.440)	± 1.75	(± 0.069)	3.048	(0.120)	2.311	(0.091)	3.486	(0.137)
750 (30)	816.6	(32.150)	± 1.500	(± 0.059)	748.5	(29.469)	± 2.057	(± 0.081)	3.302	(0.130)	2.67	(0.105)	3.734	(0.147)
900 (36)	984.0	(38.740)	± 2.00	(± 0.079)	901.1	(35.475)	± 2.667	(± 0.105)	3.810	(0.150)	3.175	(0.125)	4.343	(0.171)
1050 (42)	1163.3	(45.800)	± 2.36	(± 0.093)	1054.1	(41.500)	± 3.23	(± 0.127)	4.06	(0.160)	3.43	(0.135)	4.780	(0.188)
1200 (48)	1341.1	(52.800)	± 2.74	(± 0.108)	1206.5	(47.500)	± 3.63	(± 0.143)	4.19	(0.165)	3.56	(0.140)	4.950	(0.195)

Fuente: COGUANOR NTG (2019). *Tubos corrugados con pared interior lisa y accesorios de poli (cloruro de vinilo) (PVC) para alcantarillado. Especificaciones. ASTM F949.*

Tabla III. **Profundidad mínima en función del tráfico vehicular**

Diámetro de tubería	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
Tráfico normal	111 cm	117 cm	122 cm	128 cm	134 cm	140 cm	149 cm	165 cm
Tráfico pesado	131 cm	137 cm	142 cm	148 cm	154 cm	160 cm	169 cm	185 cm

Fuente: Valiente (2019). *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la tercera fase de la colonia 29 de diciembre y de puente vehicular, ubicado en aldea La Peña, Jutiapa, Jutiapa.*

La cota invert de salida en tramos iniciales se determina de la siguiente manera:

$$CI_{STI} = CT - (H_T + e_T + \emptyset_{IT}) \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

CI_{STI} = cota invert de salida de un tramo inicial, en m

CT = cota de terreno, en m

H_T = altura mínima de tráfico vehicular, en m

e_T = espesor de tubería, en m

\emptyset_{IT} = diámetro interno de la tubería, en m

La cota invert de entrada en un pozo de visita se determina de la siguiente manera:

$$CI_E = CI_S - \frac{S * DH}{100} \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde:

Cl_E = cota invert de entrada en pozo siguiente, en m

Cl_S = cota invert de salida de pozo anterior, en m

S = pendiente de la tubería, en %.

DH = distancia horizontal entre pozos, en m

2.1.11. Pozos de visita

Son estructuras que se encuentran ubicadas en la línea de alcantarillado para facilitar la limpieza y mantenimiento del sistema.

Según el INFOM (2019), para la localización de los pozos de visita se deben considerar los siguientes criterios:

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24"
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24"
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24. (p. 16)

2.1.11.1. Consideraciones para pozos de visita

Los pozos de visita tendrán una altura mínima, medido desde la parte inferior del brocal hasta el fondo del pozo de 1.20 m, mientras que para los pozos

de visita que se encuentren en ramales iniciales tendrán una altura mínima de 1.00 m. El diámetro mínimo de un pozo de visita será de 1.20 m.

Para la construcción de estas estructuras, se utilizará ladrillo de barro cocido colocado en punta y deberán unirse con mortero de proporción 1:3. En el interior se hará un revestimiento con el mismo mortero dejando un espesor de 2 cm.

2.1.11.2. Disipadores de energía

Los disipadores de energía son estructuras que conducen el agua de un punto alto hacia un punto bajo, generando pérdidas hidráulicas importantes en los flujos con velocidades altas.

En un pozo de visita, cuando la diferencia entre la cota invert de entrada y la cota invert de salida posee una gran diferencia, es necesario colocar un disipador de energía, el cual permita reducir la velocidad del flujo y también evitar que el flujo provoque daños en el interior de los pozos.

En el caso de no existir estructuras de disipación de energía se produce daño en la estructura misma y socavación en la parte de salida del flujo. Para ello, existen diversos casos para el uso de disipadores de energía en sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, estos son:

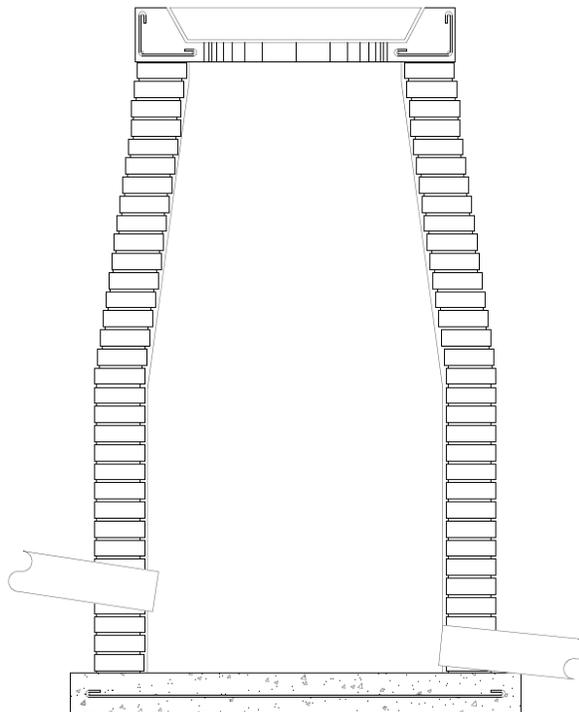
- Caso 1

Cuando la diferencia de altura entre la cota invert de entrada de una tubería a un pozo de visita con la cota invert de salida de la otra tubería se encuentre entre 0.003 m y 0.25 m, no se coloca ningún artefacto disipador.

$$0.03 \text{ m} \leq x \leq 0.25 \text{ m}$$

(Ec. 19)

Figura 5. **Pozo sin artefacto disipador**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2020.

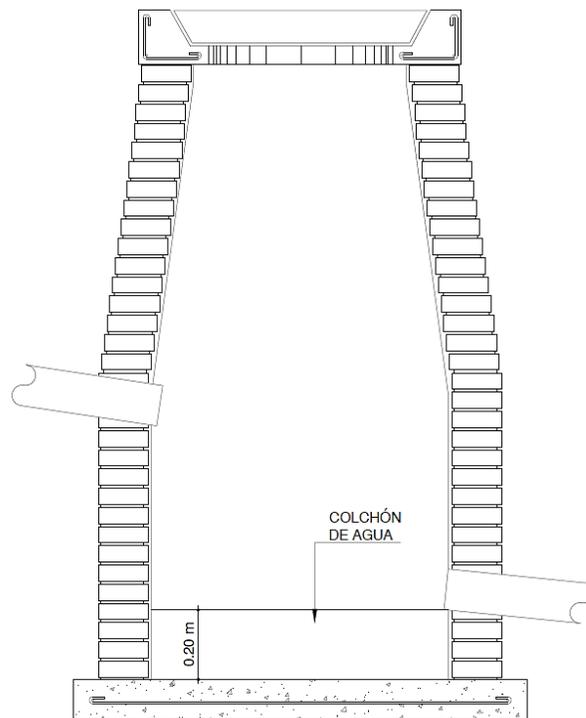
- **Caso 2**

Cuando la diferencia de altura entre la cota invert de entrada de una tubería a un pozo de visita con la cota invert de salida de la otra tubería se encuentra entre 0.26 m a 0.75 m, se deja un colchón de agua de 0.20 m a partir de la parte inferior de la tubería de salida.

$$0.26 \text{ m} \leq x \leq 0.75 \text{ m}$$

(Ec. 20)

Figura 6. **Pozo con colchón de agua**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2020.

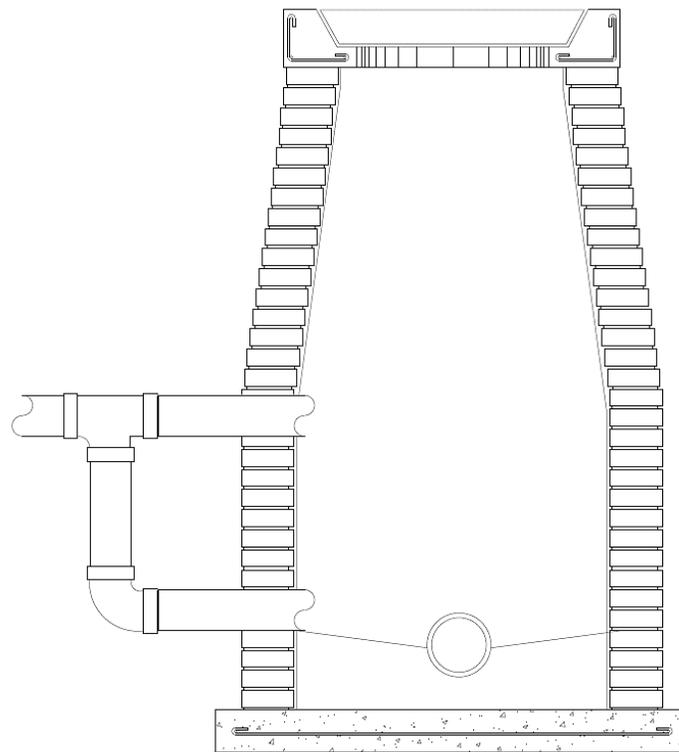
- **Caso 3**

Cuando la diferencia de altura entre la cota invert de entrada de una tubería a un pozo de visita con la cota invert de salida de la otra tubería se encuentra entre 0.76 m a 2.00 m, se coloca un codo dissipador a 45° en función del diámetro de la tubería y la pendiente del terreno. Este tipo de dissipador se utiliza generalmente para drenaje sanitario.

$$0.76 \text{ m} \leq x \leq 2.00 \text{ m}$$

(Ec. 21)

Figura 7. **Pozo con codo dissipador**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2020.

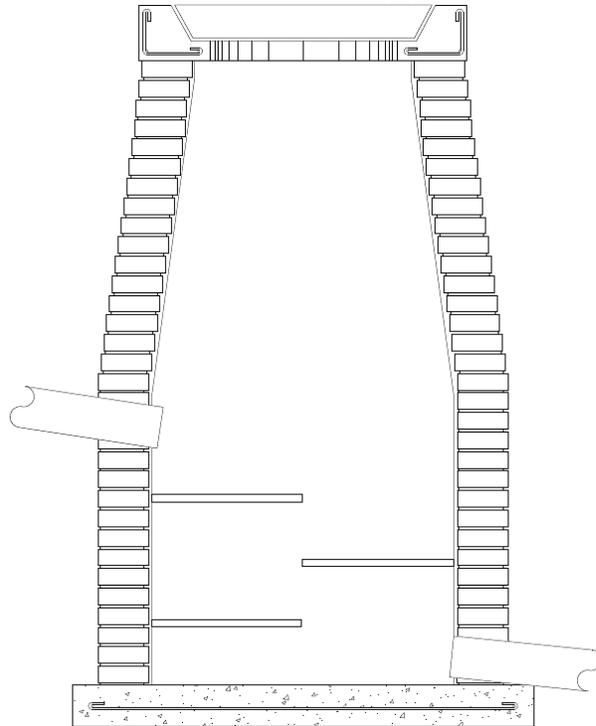
- **Caso 4**

Cuando la diferencia de altura entre la cota invert de entrada de una tubería a un pozo de visita con la cota invert de salida de la otra tubería se encuentra entre 2.01 m a 6.00 m, se colocan bandejas cuadradas a una separación en función del caudal de entrada. Este tipo de dissipador se utiliza mayormente para drenaje pluvial, debido al arrastre de sólidos.

$$2.01 \text{ m} \leq x \leq 6.00 \text{ m}$$

(Ec. 22)

Figura 8. **Pozo con bandejas disipadoras**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2020.

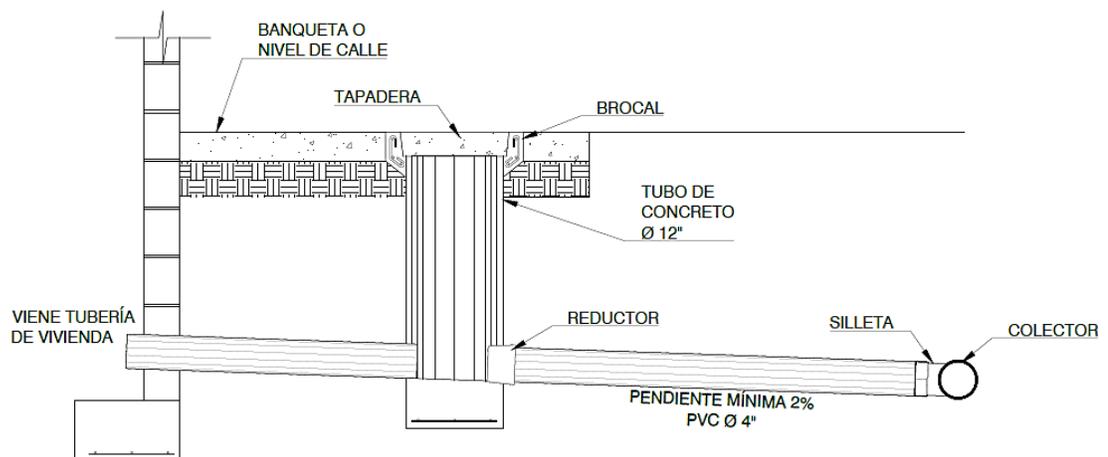
2.1.12. Conexiones domiciliarias

Es la conexión entre la tubería que proviene de las viviendas o edificaciones que son conectados a la red principal del alcantarillado. Según el INFOM, para las conexiones domiciliarias se usará, como diámetro mínimo, 6" en concreto y de 4" en PVC con una pendiente mínima de 2 %.

La candela domiciliar puede ser elaborada de mampostería de barro cocido o tubo de concreto colocado verticalmente. En caso que se utilice tubo de

concreto, deberá tener un diámetro mínimo de 12". La altura mínima de la candela es de un metro.

Figura 9. **Esquema de una conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2020.

2.1.13. Profundidad de la tubería

La profundidad mínima para la colocación de la tubería evita el daño de ésta por las cargas vehiculares que pueden provocar aplastamiento o fisuras en la misma.

Según el Instituto de Fomento Municipal (2019) indica:

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno debe ser de 1 m. Si en dado caso la altura de coronamiento de la tubería principal es mayor a 3 m bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar, sobre la principal para las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente. (p. 16)

2.1.13.1. Ancho de zanja

El ancho de la zanja debe ser lo suficientemente amplio para realizar adecuadamente la colocación de la tubería. Éste se encuentra relacionado por el diámetro y la profundidad a la que va instalada la tubería.

Tabla IV. Ancho libre de zanja en cm

Ø (pulg)	Profundidad de zanja (m)										
	De 0.00 a 1.30	De 1.31 a 1.85	De 1.86 a 2.35	De 2.36 a 2.85	De 2.86 a 3.35	De 3.36 a 3.85	De 3.86 a 4.35	De 4.36 a 4.85	De 4.86 a 5.35	De 5.36 a 5.85	De 5.86 a 6.35
6"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10"		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80

Fuente: Zapeta. (2018). *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el sector norte de la aldea Rincón Grande y de una ampliación del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Puerta Abajo, Zaragoza, Chimaltenango.*

2.1.13.2. Volumen de excavación

Es la cantidad de tierra que se retira para realizar la instalación del sistema adecuadamente. El volumen de excavación se determina de la siguiente manera:

$$V = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) * D * A_z$$

(Ec. 23)

Donde:

V = volumen de excavación, en m³

H_1 = profundidad de primer pozo de visita, en m

H_2 = profundidad de segundo pozo de visita, en m

D = distancia entre los pozos de visita, en m

A_z = ancho de zanja, en m

2.1.14. Principios hidráulicos

El sistema de alcantarillado tiene el mismo funcionamiento que un canal abierto, es decir, el flujo o aguas negras es conducido por gravedad hasta su punto de descarga. Para que el sistema funcione correctamente es fundamental la pendiente que se aplica, dado que la velocidad y el tirante al que se encuentra el flujo dentro de la tubería se encuentra en base a ella. Además, se busca que la tubería trabaje a sección parcialmente llena, para evitar que actúe como una tubería a presión.

En resumen, los principios hidráulicos de un canal abierto son aplicados al diseño de sistema de alcantarillado para que las aguas negras sean conducidas por gravedad.

2.1.15. Relaciones hidráulicas

Las relaciones hidráulicas se utilizan para el cálculo de la velocidad y tirante del flujo. Con la ecuación de Manning se determina valores como la velocidad y caudal a sección llena de una tubería según el diámetro. Con los resultados obtenidos se procede a calcular la relación q/Q , para luego identificar en las tablas un valor aproximado y con ello determinar la relación v/V para calcular la velocidad de diseño y también determinar valores de área y tirante. Posteriormente, con los valores obtenidos, se verifica si estos se encuentran dentro de los límites establecidos en las normas. (ver sección 2.1.7.2 y 2.1.7.3).

2.1.16. Caudal a sección llena

Se determina el caudal del flujo por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = A * V$$

(Ec. 24)

Donde:

Q = caudal a sección llena, en lt/s

A = área de la sección de la tubería, en m²

V = velocidad a sección llena, en m/s

2.1.17. Ecuación de Manning

Alrededor del año de 1,889, el ingeniero Robert Manning, presenta la ecuación de Manning. Esta ecuación sirve para determinar la velocidad en canales o en condiciones de flujo uniforme, también para analizar las características hidráulicas y geométricas de aforos que se realizan. La ecuación fue producto de la utilización de canales rugosos de la época y con flujos de agua, teniendo la incertidumbre en la estimación del coeficiente de rugosidad del material del canal, para que años posteriores se afirme que la determinación de la velocidad y caudal del flujo está en función de la rugosidad del material. La ecuación de Manning se define así:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

(Ec. 25)

Donde:

V = velocidad del flujo, en m/s

n = coeficiente de rugosidad

R = radio hidráulico

S = pendiente del canal

2.1.18. Ejemplo de diseño de un tramo

Se diseñará el tramo entre el pozo de visita PV – 1 y PV – 2.

- Datos de diseño

Tasa de crecimiento poblacional	4.07 %
Densidad poblacional	5 hab/vivienda
Período de diseño	35 años
Cota de terreno PV – 1	1,604.56 m
Cota de terreno PV – 2	1,603.94 m
Cota Invert de salida de PV – 1	1,603.256 m
Distancia horizontal entre PV – 1 y PV – 2	61.91 m
Viviendas en el tramo	13 viviendas
Habitantes actuales	65 habitantes
Diámetro de tubería	6"
Tipo de tubería	PVC
Coeficiente de rugosidad	0.010

- Cálculo hidráulico del tramo

- Pendiente del terreno

$$S_{Terreno} = \frac{CT_{inicio} - CT_{final}}{DH} * 100$$

(Ec. 26)

$$S_{Terreno} = \frac{1,604.56 \text{ m} - 1,603.94 \text{ m}}{61.91 \text{ m}} * 100$$

$$S_{Terreno} = 1.00 \%$$

- Habitantes futuros

$$P_F = 65 \text{ hab} * (1 + 0.0407)^{35}$$

$$P_F = 263 \text{ habitantes}$$

- Factor Harmond

Se calculará tanto para la población actual como para la población futura:

- Actual

$$FH = \frac{18 + \sqrt{65/1,000}}{4 + \sqrt{65/1,000}}$$

$$FH = 4.29$$

- Futuro

$$FH = \frac{18 + \sqrt{263/1,000}}{4 + \sqrt{263/1,000}}$$

$$FH = 4.10$$

- Factor de caudal medio (fqm)

Para el proyecto se utilizará un factor de caudal medio (fqm) de 0.002.

- Caudal de diseño

- Actual

$$Q_D = 65 \text{ hab.} * 4.29 * 0.002$$

$$Q_D = 0.56 \text{ lt/s}$$

- Futuro

$$Q_D = 263 \text{ hab.} * 4.10 * 0.002$$

$$Q_D = 2.16 \text{ lt/s}$$

- Diámetro y pendiente de la tubería

Este tramo se diseñó con una tubería de PVC de 6" de diámetro y con una pendiente de 1.80 %.

- Velocidad a sección llena

La velocidad se determina por medio de la ecuación de Manning (Ec. 25):

$$V = \left(\frac{1}{0.010} \right) * (0.0381)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1.80}{100} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1.50 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = \frac{\pi}{4} (0.1524)^2 * 1.50 * \frac{1,000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 26.60 \text{ lt/s}$$

- Relaciones hidráulicas

Se calcula para el caudal de diseño actual y futuro.

- Actual

$$\frac{Q_D}{Q} = \frac{0.56}{26.60} = 0.0209675$$

- Futuro

$$\frac{Q_D}{Q} = \frac{2.16}{26.60} = 0.081119$$

Con las relaciones de caudales calculadas, se procede a buscar el valor en las tablas presentadas en el apéndice 3 para determinar, respectivamente, los valores de las relaciones de velocidad y de tirante:

	Actual	Futura
v/V	0.403692	0.602140
d/D	0.101	0.193

- Velocidad a sección parcial

Se toma el valor de la relación de velocidad para calcular la velocidad del flujo a sección parcial:

- Actual

$$v = 0.403692 * 1.50 \text{ m/s}$$

$$v = 0.61 \text{ m/s}$$

- Futuro

$$v = 0.602104 * 1.50 \text{ m/s}$$

$$v = 0.90 \text{ m/s}$$

- Verificación con los límites admisibles

		Actual	
Velocidad	$0.60 \text{ m/s} \leq v \leq 3.00 \text{ m/s}$	0.61 m/s	Cumple
Tirante	$0.10 \leq d/D \leq 0.75$	0.101	Cumple
		Futura	
Velocidad	$0.60 \text{ m/s} \leq v \leq 3.00 \text{ m/s}$	0.90 m/s	Cumple
Tirante	$0.10 \leq d/D \leq 0.75$	0.193	Cumple

- Cota invert de entrada de PV – 2

Distancia horizontal entre PV – 1 y PV – 2 61.91 m

Pendiente de tubería entre PV – 1 y PV – 2 1.80%

$$CI_E = 1,603.256 \text{ m} - \frac{1.80\% * 61.91 \text{ m}}{100}$$

$$CI_E = 1,602.142 \text{ m}$$

- Cota invert de salida de PV - 2

$$CI_S = 1,602.142 \text{ m} - 0.03 \text{ m}$$

$$CI_S = 1,602.112 \text{ m}$$

- Profundidad pozo PV - 1

Cota de terreno PV – 1 1,604.560 m

Cota invert de salida PV – 1 1,603.256 m

$$H_{PV-1} = 1,604.560 \text{ m} - 1,603.256 \text{ m}$$

$$H_{PV-1} = 1.30 \text{ m}$$

- Profundidad pozo PV - 2

Cota de terreno PV – 2 1,603.940 m

Cota invert de salida PV – 2 1,602.112 m

$$H_{PV-2} = 1,603.940 \text{ m} - 1,602.112 \text{ m}$$

$$H_{PV-2} = 1.83 \text{ m}$$

- Cálculo volumen de excavación de zanja

Ancho de zanja 0.60 m

Distancia entre el pozo PV – 1 a PV – 2 61.91 m

$$V = \frac{1.30 \text{ m} + 1.83 \text{ m}}{2} * 61.91 \text{ m} * 0.60 \text{ m}$$

$$V = 58.13 \text{ m}^3$$

2.1.19. Propuesta de tratamiento de aguas servidas

Según el Acuerdo Gubernativo (2006):

Por imperativo constitucional El Estado, las municipales y los habitantes del territorio nacional se encuentran obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por ello, el objeto del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 es establecer criterios y requisitos que deben

cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como la disposición de lodos. (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, 2006, p. 1)

Para la implementación de un sistema de tratamiento hay que tener en cuenta factores como el espacio disponible para las instalaciones, topografía del lugar, costo de la construcción y mantenimiento requerido.

Para el proyecto se propone la construcción de fosas sépticas con pozos de absorción. También se propone la implementación de biodigestores como solución alternativa para el tratamiento de las aguas servidas.

2.1.19.1. Fosa séptica

La fosa séptica es un estanque hermético elaborado de mampostería reforzada o concreto armado, cuya función es que las aguas negras permanezcan durante un tiempo determinado llamado período de retención, que varía de 12 a 24 horas. Las aguas negras provenientes de las viviendas, entran a la fosa séptica, donde la mayor parte de los sólidos se sedimentan; inicia el proceso de digestión anaeróbica con disolución y volatilización de la materia orgánica, previamente a su estabilización.

Posteriormente del periodo de retención, el efluente sale de la fosa séptica que se descarga hacia el pozo de absorción.

Existen fosas sépticas de 1 o 2 compartimientos que han demostrado un funcionamiento eficiente. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión y almacenamiento de los lodos, mientras que el segundo compartimiento mejora el proceso. Por lo que se recomienda que la fosa séptica tenga 2 compartimientos.

2.1.19.2. Diseño de la fosa séptica

Para el diseño de la fosa séptica se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- El período de retención suele ser de 12 a 24 horas.
- La acumulación de lodos en la fosa séptica es de 30 a 60 lt/hab/año, para un periodo de limpieza de 2 a 3 años.
- La relación longitud/ancho (L/A) serpa de 2/1 a 3/1.

○ Datos para el diseño de la fosa séptica

Período de retención	24 horas
Gasto	90 lt/hab/día
Número de viviendas	31 viviendas
Habitantes	155 habitantes
Acumulación de lodos	30 lt/hab/año
Período de limpieza	3 años
Relación L/A	2/1

○ Cálculo de caudal de aguas servidas

$$Q_{as} = 90 \text{ lt/hab/día} * 0.85 * 155 \text{ hab}$$

$$Q_{as} = 11,857.50 \text{ lt/día} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ lt}}$$

$$Q_{as} = 11.86 \text{ m}^3/\text{día}$$

○ Cálculo del volumen de aguas servidas

Para el proyecto se determinó un período de retención de 24 horas, igual a 1 día. Se utilizará la siguiente ecuación para calcular el volumen de las aguas:

$$V = Q * T$$

(Ec. 27)

Donde:

V = volumen del agua, en m³

Q = caudal del agua, en m³/día

T = tiempo, en días

$$V_{as} = 11.86 \text{ m}^3/\text{día} * 1 \text{ día}$$

$$V_{as} = 11.86 \text{ m}^3$$

- Cálculo del volumen de lodos

$$V_{lodos} = 30 \text{ lt/hab/año} * 155 \text{ hab} * 3 \text{ años (período de limpieza)}$$

$$V_{lodos} = 13,950 \text{ lt} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ lt}}$$

$$V_{lodos} = 13.95 \text{ m}^3$$

- Volumen total

Se calculará el volumen que permanecerá por un lapso de tiempo dentro de la fosa séptica.

$$V_T = 11.86 \text{ m}^3 + 13.95 \text{ m}^3$$

$$V_T = 25.81 \text{ m}^3$$

- Cálculo de dimensiones de la fosa séptica

Se toma la relación $L/A = 2/1$, que se transforma en $L=2A$. El valor de L se sustituye en la siguiente ecuación para determinar las dimensiones de la fosa.

$$V = L * A * H \quad (\text{Ec. 28})$$

$$V = 2 * A^2 * H \quad (\text{Ec. 29})$$

Se asume un valor H de 2,00 m de altura, por lo que se despeja A de la ecuación.

$$A = \sqrt{\frac{V}{2 * H}} \quad (\text{Ec. 30})$$

$$A = \sqrt{\frac{25.81 \text{ m}^3}{2 * 2.00 \text{ m}}} = 2.60 \text{ m}$$

$$L = 2 * 2.60 \text{ m} = 5.30 \text{ m}$$

$$H = 2.00 \text{ m}$$

La fosa séptica tendrá las siguientes dimensiones: 2.60 m de ancho, 5.30 m de largo, 2,00 m de altura útil, para una capacidad de 27.56 m³. Tendrá dos compartimientos para garantizar un mejor funcionamiento.

2.1.19.3. Pozo de absorción

El pozo de absorción se considera como un sistema de tratamiento secundario debido a que se vierten las aguas negras sedimentadas que

proviene de la fosa séptica. Este sistema consiste en una excavación en el terreno de 1.50 m a 2.50 m de diámetro y una profundidad entre 6 m a 12 metros.

Para determinar la profundidad del pozo debe hacerse la prueba de absorción a diferentes profundidades, la cual consiste en realizar una excavación de 0.30 m x 0.30 m de base y una profundidad de 0.35 m. En el fondo se colocan 5 centímetros de arena gruesa o grava y se procede a llenar con agua el agujero dejando que se filtre totalmente. Posteriormente, se vuelve a llenar de agua a una profundidad de 0.15 m sobre la capa de arena gruesa o grava y se determina el tiempo que tarda en bajar 2.50 centímetros de agua.

2.1.19.4. Localización de un pozo de absorción

Se toma en cuenta los siguientes criterios para determinar la ubicación del pozo de absorción:

- Se localizará en terrenos secos y en zonas libres de inundaciones.
- La distancia mínima horizontal a cualquier cuerpo de agua será de 15 m.
- La distancia mínima vertical entre el fondo del pozo de absorción y el nivel freático, será de 1.50 m.
- La distancia mínima a cualquier vivienda será de 5 m.

2.1.20. Plan de operación y mantenimiento

Para el proyecto se propondrá a la municipalidad de crear una comisión que involucre a los responsables de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario y los pozos de visita. Las personas implicadas deben estar físicamente capacitadas y así también, debe de proveerse equipo de seguridad y protección al personal que realice la inspección, brindándoles equipo como

lentes, mascarillas y guantes de seguridad, además de contar con equipo de limpieza para remover el material que obstruya las tuberías.

La municipalidad debe de concientizar a la población acerca del uso apropiado del servicio de alcantarillado para evitar obstrucciones en los colectores. Se recomienda realizar el mantenimiento de los tramos e inspección de los pozos una vez al año.

Tabla V. **Costo de mano de obra y equipo para operación y mantenimiento**

Descripción	Cantidad	Costo	Total
MANO DE OBRA			
Plomero	1	Q 2,959.24	Q 2,959.24
Operadores	2	Q 2,959.24	Q 5,918.48
SUB-TOTAL MANO DE OBRA			Q 8,877.72
EQUIPO			
Cubeta	4	Q 35.00	Q 140.00
Palas	3	Q 105.00	Q 315.00
SUB-TOTAL EQUIPO			Q 455.00
TOTAL MANO DE OBRA Y EQUIPO			Q 9,332.72

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

2.1.21. Evaluación de impacto ambiental inicial

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2021) dicta que todo proyecto que se considere nuevo debe ser sometido a una evaluación de impacto ambiental inicial que determina los impactos ambientales de un proyecto y también la manera de proponer medidas de mitigación que contrarrestan estos impactos.

De acuerdo al listado taxativo proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2021), el proyecto Diseño del sistema del alcantarillado sanitario para la cabecera municipal, San Juan La Laguna, Sololá, se clasifica como categoría C (Actividades de Bajo Impacto Ambiental).

Se determinó que la repercusión que tiene el proyecto con el medio ambiente en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá, es positiva para la población ayudando a mitigar la contaminación producida por las aguas residuales y establecer propuestas de tratamiento a fin de proteger el medio ambiente y fomentar el sostenimiento de las fuentes de abastecimiento de agua.

Uno de los principales objetivos de los sistemas de alcantarillado, es evitar la contaminación provocada por las aguas residuales a los cuerpos de agua superficial y subterráneos, por lo que no se permiten descargas de aguas residuales a las corrientes superficiales ni a los terrenos sin el tratamiento previo correspondiente.

Con el proyecto se espera mejorar las condiciones higiénicas y de salud de la población.

Se prevé que el mayor riesgo que se podría presentar durante la ejecución del proyecto es la generación de polvo por parte del movimiento de tierras y la conducción de la diferente maquinaria que se utilizará para la ejecución del proyecto; por lo tanto, las medidas de mitigación para este impacto ambiental es el riego constante del suelo para evitar la emanación de partículas de polvo y también de dotar de equipo de seguridad al personal para evitar enfermedades respiratorias.

La evaluación de impacto ambiental inicial (AEI) que establece el MARN, se realizó para identificar los impactos ambientales que genera el proyecto y en base a ello, se establecieron las medidas de mitigación que contrarresten dichos impactos. (Ver apéndice 4)

2.1.22. Evaluación socio-económica

Este proyecto se clasifica como un proyecto social, por ende, no brinda un atractivo económico, sin embargo, de igual manera es importante realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del mismo. En este caso, para determinar la viabilidad del proyecto, se utilizó el método de evaluación financiera de valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

2.1.22.1. Valor presente neto

El valor presente neto o VPN es uno de los métodos que toma en cuenta la importancia de los flujos de efectivo en función del tiempo. Consiste en determinar un valor actualizado de los beneficios netos de un proyecto a una tasa de oportunidad. Para calcular el valor presente neto de este proyecto se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = A * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right]$$

(Ec. 31)

Donde:

P = valor inicial o valor presente

A = valor uniforme en un período determinado, puede ser ingreso o gasto

i = tasa de interés

n = vida útil del proyecto

El VPN brinda tres posibles resultados que determinan la rentabilidad del proyecto, que son:

- VPN > 0; el proyecto recupera la inversión inicial, se obtiene mayores ingresos que los gastos.
- VPN = 0; el proyecto recupera la inversión inicial, los ingresos y gastos son iguales.
- VPN < 0; el proyecto no es rentable, se genera mayores gastos que los ingresos.

Datos:

Tasa activa según el Banco de Guatemala (2022)	11.95 %
Vida útil del proyecto	35 años
Costo del proyecto	Q 3,641,493.15
Pago mensual de conexión domiciliar	Q 150.00
Tarifa mensual por cada vivienda	Q 5.00
Número total de viviendas	455
Costo de operación y mantenimiento anual	Q 9,332.72

- Pago de conexión domiciliar

$$PCD = Q150.00 * 455 \text{ viviendas}$$

$$PCD = Q68,250.00$$

- Pago de tarifa anual

$$PTA = Q5.00 * 12 \text{ meses} * 455 \text{ viviendas}$$

$$PTA = Q27,300.00$$

$$VPN = \text{ingresos} - \text{gastos}$$

$$VPN = Q68,250.00 + Q27,300.00 * \left[\frac{(1 + 0.1195)^{35} - 1}{0.1195 * (1 + 0.1195)^{35}} \right]$$

$$- Q9,332.72 * \left[\frac{(1 + 0.1195)^{35} - 1}{0.1195 * (1 + 0.1195)^{35}} \right] - Q3,641,493.15$$

$$VPN = -Q 3,425,782.09$$

2.1.22.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es el criterio preferido para distribuir recursos limitados proporcionalmente a proyectos prioritarios y sirve para que al comparar con la tasa de oportunidad se determine si el rendimiento de la inversión es suficientemente alto para justificar el proyecto y considerarlo viable.

Al ser de carácter social, con este proyecto no se obtiene una tasa atractiva, por lo que se procede a determinar la relación de costo/beneficio para analizar la conveniencia del mismo.

$$C/B = \frac{Q 3,641,493.15}{9,192 \text{ habitantes}}$$

$$C/B = Q 396.16/\text{habitante}$$

2.1.23. Planos finales y detalles

Los planos se elaboraron en base al diseño propuesto, estos se encuentran en la sección de apéndice 9.

2.1.24. Presupuesto

El presupuesto es una integración de materiales, mano de obra y maquinaria utilizada en cada una de las actividades que comprenden el proyecto. En lo que respecta a los costos indirectos, se utilizó un valor total del 32 % tal y como se desglosa en la tabla VI.

Las prestaciones laborales del personal involucrado en este proyecto están desglosadas en la tabla VII, aplicando un valor de 36.38 % en la mano de obra.

Tabla VI. **Desglose del costo indirecto**

Descripción	Valor
Fianzas	4.00%
Administrativos	3.00%
Utilidad	14.00%
Imprevistos	4.00%
ISR	7.00%
COSTO INDIRECTO	32.00%

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

Tabla VII. **Prestaciones del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario**

Descripción	Días	%
Asuetos	10.50	
Feriado	1.00	
Vacaciones	15.00	
Domingos	52.00	
1/2 Sabados	26.00	
Total días no laborales	104.50	
Días efectivos	260.50	
% días efectivos		40.10%
Aguinaldo	30.00	11.52%
Bono 14	30.00	11.52%
Indemnización	30.00	11.52%
IGSS (Patronal)		10.67%
Irtra		1.00%
Intecap		1.00%
% Prestaciones (12 meses)		87.32%
Tiempo ejecución	5 meses	
% Prestaciones	36.38%	

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

- Integración de precios unitarios

A continuación, en la tabla VIII, se encuentra un ejemplo de la integración del precio unitario correspondiente al sistema de alcantarillado sanitario propuesto.

Tabla VIII. Integración de precio unitario para el sistema de alcantarillado sanitario

Proyecto:	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal				
Renglón:	Pozos de visita	Cantidad	Unidad	Fecha:	23/02/2022
Sub-renglón	Pozo de visita H = 1.35 m	5.00	UNIDAD	P.U.:	Q10,060.43

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Precio Total
MATERIALES				
Cemento UGC	380.00	saco	Q 50.78	Q 19,296.40
Arena	39.30	m3	Q 84.82	Q 3,333.43
Piedrín de 3/4"	2.50	m3	Q 112.29	Q 280.73
Acero #2	15.00	varilla	Q 15.09	Q 226.35
Acero #4	25.00	varilla	Q 40.18	Q 1,004.50
Alambre de amarre	20.00	libra	Q 5.80	Q 116.00
Ladrillo tayuyo de 0.065x0.11x0.23 m	3260.00	unidad	Q 1.98	Q 6,454.80
TOTAL DE MATERIALES				Q 30,712.20
MANO DE OBRA				
Armado de de brocal, tapadera	4.75	m2	Q 27.10	Q 128.73
Colocación de concreto (fondo, tapadera y brocal)	3.30	m3	Q 21.94	Q 72.40
Repellado y alisado interior de pozo de visita	25.45	m2	Q 18.25	Q 464.46
Levantado de muro del pozo de visita	25.45	m2	Q 35.71	Q 908.82
Sub-total				Q 1,574.41
Ayudante			35%	Q 551.04
Prestaciones			36.4%	Q 572.82
TOTAL DE MANO DE OBRA				Q 2,698.27
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Herramientas	0.02	global		Q614.24
TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO				Q 614.24
TOTAL COSTO DIRECTO				Q 34,024.71
COSTO INDIRECTO				
ADMINISTRATIVOS-UTILIDAD-FIANZA-IMPREVISTOS-IMPUESTOS			32%	Q10,887.91
SUBTOTAL				Q44,912.62
IVA			12%	Q5,389.51
TOTAL COSTO INDIRECTO				Q16,277.42
PRECIO TOTAL DEL RENGLÓN:				Q50,302.14
PRECIO UNITARIO:				Q10,060.43

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

En la tabla IX, se presentan los renglones de trabajo, cantidad, unidad y el precio unitario respectivo para determinar el costo total del proyecto.

Tabla IX. Presupuesto para el sistema del alcantarillado sanitario

REGLONES DE TRABAJO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL						
No. Renglón	No. Sub Renglón	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1		Preliminares				
	1.01	Replanteo topográfico	2,997.68	ML	Q 5.42	Q 16,262.40
	1.02	Excavación	3,588.55	M3	Q 92.65	Q 332,496.83
	1.03	Relleno y compactación	3,490.72	M3	Q 105.41	Q 367,943.54
	1.04	Remoción de adoquín	1,689.11	M2	Q 19.72	Q 33,303.33
	1.05	Remoción de piedra	44.30	M2	Q 110.67	Q 4,902.18
	1.06	Remoción de pavimento de concreto	307.77	M2	Q 76.98	Q 23,691.93
2		Instalación de tubería				
	2.01	Instalación de tubería de PVC de 4" ASTM F949	541.98	ML	Q 187.78	Q 101,775.38
	2.02	Instalación de tubería de PVC de 6" ASTM F949	2,243.59	ML	Q 307.79	Q 690,558.34
	2.03	Instalación de tubería de PVC de 8" ASTM F949	212.11	ML	Q 417.70	Q 88,598.93
3		Pozos de visita				
	3.01	Pozo de visita H = 1.15 m	4.00	UNIDAD	Q 8,732.47	Q 34,929.89
	3.02	Pozo de visita H = 1.35 m	5.00	UNIDAD	Q 10,060.43	Q 50,302.14
	3.03	Pozo de visita H = 1.40 m	5.00	UNIDAD	Q 10,426.59	Q 52,132.93
	3.04	Pozo de visita H = 1.45 m	19.00	UNIDAD	Q 10,710.33	Q 203,496.32
	3.05	Pozo de visita H = 1.50 m	3.00	UNIDAD	Q 11,001.06	Q 33,003.18
	3.06	Pozo de visita H = 1.55 m	1.00	UNIDAD	Q 11,360.31	Q 11,360.31
	3.07	Pozo de visita H = 1.60 m	1.00	UNIDAD	Q 11,643.92	Q 11,643.92
	3.08	Pozo de visita H = 1.75 m	2.00	UNIDAD	Q 12,654.22	Q 25,308.44
	3.09	Pozo de visita H = 1.80 m	1.00	UNIDAD	Q 13,027.29	Q 13,027.29
	3.10	Pozo de visita H = 1.85 m	5.00	UNIDAD	Q 12,561.22	Q 62,806.10
	3.11	Pozo de visita H = 1.90 m	1.00	UNIDAD	Q 13,674.41	Q 13,674.41
	3.12	Pozo de visita H = 1.95 m	2.00	UNIDAD	Q 13,455.79	Q 26,911.57
	3.13	Pozo de visita H = 2.00 m	2.00	UNIDAD	Q 14,494.81	Q 28,989.62
	3.14	Pozo de visita H = 2.05 m	1.00	UNIDAD	Q 14,860.97	Q 14,860.97
	3.15	Pozo de visita H = 2.15 m	1.00	UNIDAD	Q 15,510.74	Q 15,510.74
	3.16	Pozo de visita H = 2.60 m	1.00	UNIDAD	Q 18,429.52	Q 18,429.52
	3.17	Pozo de visita H = 2.95 m	1.00	UNIDAD	Q 20,776.47	Q 20,776.47
	3.18	Pozo de visita H = 3.15 m	1.00	UNIDAD	Q 22,079.00	Q 22,079.00
	3.19	Pozo de visita H = 5.05 m	1.00	UNIDAD	Q 38,242.94	Q 38,242.94
	3.20	Pozo de visita H = 5.28 m	1.00	UNIDAD	Q 40,026.22	Q 40,026.22
	3.21	Pozo de visita H = 5.31 m	1.00	UNIDAD	Q 40,196.43	Q 40,196.43
4		Conexiones domiciliarias				
	4.01	Construcción de conexión domiciliar	455.00	UNIDAD	Q 1,584.07	Q 720,753.14
5		Fosa séptica				
	5.01	Excavación de fosa séptica	37.35	M3	Q 167.94	Q 6,272.43
	5.02	Fosa séptica de 2.90 m x 5.60 m x 2.30 m	1.00	UNIDAD	Q 23,620.41	Q 23,620.41
6		Pozo de abosrción				
	6.01	Construcción de pozo de diámetro de 2.00 m, profundidad de 6 m (Arena + Piedrín 3/4 + Piedra cuarta)	1.00	UNIDAD	Q 20,864.27	Q 20,864.27
7		Trabajos complementarios				
	7.01	Bandejas disipadoras de metal + codo disipador	1.00	GLOBAL	Q 10,625.04	Q 10,625.04
8		Trabajos finales				
	8.01	Colocación de concreto hidráulico e=0.15 m	307.77	M2	Q 246.55	Q 75,879.98
	8.02	Colocación de adoquín	1,689.11	M2	Q 154.39	Q 260,789.52
	8.03	Limpieza general	8,993.04	M2	Q 9.50	Q 85,447.08
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO						Q 3,641,493.15

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

2.1.25. Cronograma

El cronograma sirve para establecer la duración de las actividades que comprenden el proyecto, considerando el costo del proyecto en función del tiempo. El tiempo de ejecución estimado para el proyecto es de 5 meses. (Ver apéndice 5)

2.2. Diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, San Juan La Laguna, Sololá

Como parte de este trabajo de graduación, al igual que el primer proyecto descrito anteriormente, se realizó el diseño de un pavimento de concreto, tomando en cuenta desde la topografía del lugar, hasta parámetros característicos de la ruta. Aplicando criterios de ingeniería, se propuso una pavimentación óptima, eficiente y que supla las necesidades identificadas de la comunidad.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de pavimento de concreto para el camino que se dirige hacia Pa kajnom, ubicado al sur de la cabecera municipal. La estructura del pavimento de concreto consta de una subrasante, subbase y carpeta de rodadura. Actualmente, el camino es de terracería y ya se cuenta con el diseño geométrico.

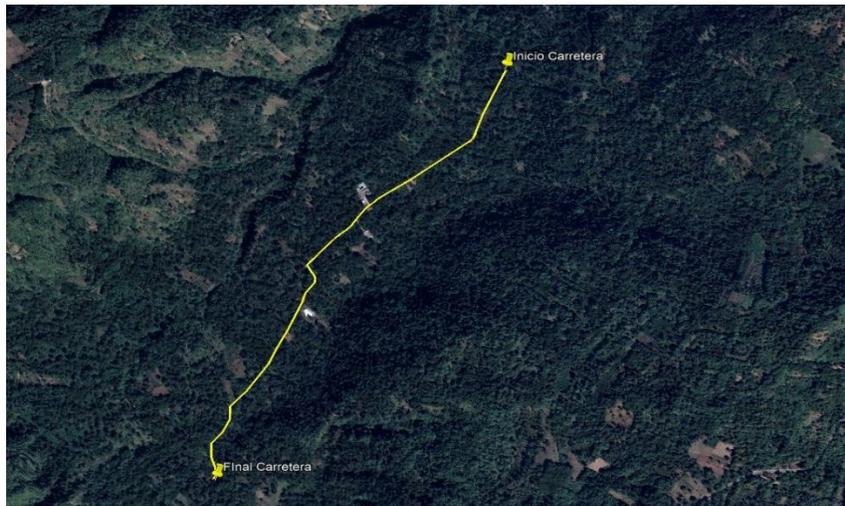
En el mapa de la red vial de la Dirección General de Caminos (2014) se muestra que la carretera se encuentra no declarada, pero está bajo la cobertura municipal.

Este se encuentra integrado de una longitud total de 1.7 km, en el que se contempla el reacondicionamiento y mejoramiento de la subrasante, un espesor de 15 cm para la subbase, de material granular y un espesor de 15 cm para la carpeta de rodadura. La resistencia del concreto será de 4,000 PSI (281 kg/cm²).

2.2.2. Ubicación geográfica

El proyecto se encuentra al sur oeste de la cabecera municipal del municipio de San Juan La Laguna. Las coordenadas son Latitud 14° 41' 10,73" N y Longitud 91° 17' 24,46" O.

Figura 10. **Ubicación del diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, municipio de San Juan La Laguna, Sololá**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Google Earth Pro (2021). *San Juan La Laguna, Sololá*. Consultado el 25 agosto de 2022. Recuperado de <https://bit.ly/3TVBu3Q>.

2.2.3. Levantamiento topográfico

Se realiza para determinar la posición de puntos específicos en la superficie terrestre, es decir, obtener distancias horizontales y alturas verticales de puntos de una región a analizar. El equipo utilizado fue: un teodolito marca SOUTH serie ET-05, trípode, plomadas, estadal de 5 m, cinta métrica y clavos de 3”.

2.2.3.1. Planimetría

Para el proyecto se utilizó una poligonal base con radiaciones. Se estableció una poligonal abierta a lo largo de la carretera en el que, por cada estación, se midió la localización de veredas, la planta de tratamiento de desechos sólidos y el vertedero municipal; así también, elevaciones y depresiones que fueron consideradas para el diseño geométrico de la carretera como tal.

2.2.3.2. Altimetría

Para el proyecto se empleó el método taquimétrico, se utilizaron fórmulas para el cálculo de los cambios de alturas de los puntos del área medida en donde se implementará el diseño del pavimento. El equipo que se utilizó fue un teodolito, estadal de 5 m y plomadas.

Ver sección 2.1.3.2.1 para ver ejemplo de cálculo de las cotas. El cálculo de las cotas para el proyecto del diseño de pavimento de concreto ver en apéndice 6.

2.2.4. Tipos de pavimentos

Existen dos tipos de pavimentos para la construcción de carreteras; estos pueden ser pavimento rígido o flexible.

Para el proyecto se implementará un pavimento de concreto, también conocido como pavimento rígido.

2.2.4.1. Pavimentos rígidos

La estructura de los pavimentos rígidos está constituida de una losa de concreto hidráulico que se apoya en una capa de base y una capa de subbase, alguna de las capas puede omitirse según la capacidad de la sub rasante.

El elemento más importante del pavimento es la losa de concreto, debido a que soporta en su mayoría los esfuerzos producidos por las cargas que actúan en ella. Por ende, da como resultado que la losa tenga una leve deformación y que se transmitan esfuerzos menores a la subrasante.

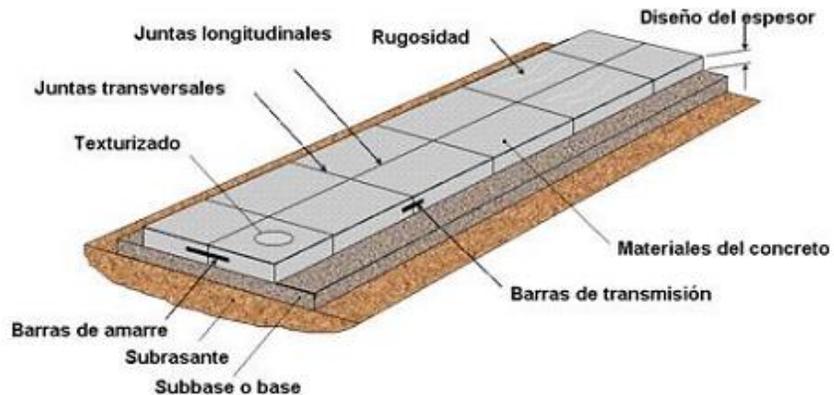
Se encuentran dos factores que influyen en el diseño y el comportamiento del concreto a lo largo de la vida útil, estos son:

- Resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura (MR)
- Módulo de elasticidad del concreto (E_c)

2.2.4.1.1. Estructura de un pavimento rígido

La estructura está conformada de una losa de concreto hidráulico, sub base o base (la base puede omitirse según la capacidad de la subrasante) y subrasante.

Figura 11. Estructura del pavimento rígido



Fuente: Murillo (2018). *Dimensionamiento de la estructura de pavimento en la Calle 1 de San Isidro, Pérez Zeledón, utilizando la metodología mecanística empírica para diseño de pavimentos y creación de un plan de conservación.*

2.2.4.2. Pavimentos flexibles

La estructura de un pavimento flexible está compuesta por una capa de subbase y base de material granular y una carpeta de rodadura conformada de algún material bituminoso como aglomerantes y agregados, por ejemplo.

Los esfuerzos que se producen en la estructura del pavimento, debido a las cargas que actúan en ella, son mayores y afectan a la subrasante. Esto es producto de que la carpeta de rodadura tiene una menor rigidez.

2.2.5. Subrasante

Es la capa terminada de la carretera al nivel del movimiento de tierras (corte o relleno) sobre la cual se coloca la estructura del pavimento. El espesor de la carpeta de rodadura depende de la calidad de la subrasante.

Para determinar la calidad del material que conforma la subrasante se realizan ensayos regidos por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la American Society for Testing and Materials (ASTM) los cuales son:

- Práctica estándar para la descripción e identificación de suelos (procedimiento visual – manual) – ASTM D 2488 -06.
- Método estándar de prueba para la determinación del límite líquido de suelos – AASHTO T 89-02.
- Método estándar de prueba para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad de los suelos – AASHTO T 90-00.
- Método de prueba estándar para la distribución del tamaño de partículas (gradación) de suelos usando análisis de tamiz – ASTM D 6913-04.
- Ensayo de compactación Proctor modificado – AASHTO T 180.

- Método estándar de prueba para la Relación de Soporte de California (CBR) – AASHTO T 193-99.

2.2.6. Capa de Subbase

Es la capa que se encuentra apoyada en la subrasante, cuya función es la de transmitir y soportar los esfuerzos de carga del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento para que la subrasante absorba estas cargas.

El material de la subbase puede estar conformado de suelo común, suelo granular o de piedra triturada y que el valor de CBR sea mayor al del material de la subrasante. El espesor de esta capa está en función de las características mecánicas de la subrasante.

La subbase tiene la característica de ser una capa de drenaje y controlar el ascenso capilar de agua. Además, sirve como material de transición entre la subrasante y la capa base.

Según las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos (2001), se establece que el material a utilizar en la capa de subbase debe tener un valor de CBR mínimo efectuado sobre muestras saturadas a 95 % de compactación.

Tabla X. **CBR mínimo del material para la capa de subbase**

Material	No. CBR
Suelo común	30
Granular	40
Piedra triturada	50

Fuente: Dirección General de Caminos (2001). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

2.2.7. Capa de Base

Es la capa que se coloca sobre la subbase y sobre ella se apoya la carpeta de rodadura, asfalto o carpeta de concreto hidráulico. Está conformada de agregados pétreos compactados bien gradado que provienen de un proceso de producción mecánico de trituración. El material a utilizar para la capa de base, pueden ser de material granular o de piedra triturada.

La base granular está compuesta de piedra de calidad y mezclada con material de relleno o bien por combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. La estabilidad depende de la graduación de las partículas, forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades mencionadas dependen de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

Tabla XI. **CBR mínimo del material para la capa de base**

Material	No. CBR
Granular	70
Piedra triturada	90

Fuente: Dirección General de Caminos (2001). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

2.2.8. Tipos de juntas

Es la unión entre losas que sirve para que la estructura desfogue los esfuerzos producidos por las cargas que transitan en ella. También controla las fisuras y agrietamiento natural que sufre el concreto durante el proceso constructivo y su operación.

En pavimentos rígidos tiene las siguientes funciones:

- Control del agrietamiento transversal y longitudinal
- Construcción adecuada
- Permite la transferencia de cargas entre losas
- Posibilita el movimiento y alabeo de las losas provocada por el efecto de las cargas de tránsito.

2.2.8.1. Juntas transversales de contracción

Estas juntas se colocan perpendicularmente al eje del trazo del pavimento. Su espaciado es para evitar el agrietamiento provocado por esfuerzos debido a cambios de temperatura, humedad y secado.

2.2.8.2. Juntas longitudinales de contracción

Estas juntas controlan el agrietamiento, también realiza la división de los carriles o en donde se construyen dos o más anchos de vía al mismo tiempo. El refuerzo es importante, debido a que afecta en la reducción de espesor de la losa de concreto y aumenta la vida útil del pavimento.

2.2.8.3. Juntas transversales de construcción

Estas juntas controlan el agrietamiento natural del pavimento. Son ejecutadas al final de cada día de labores o en aquellas realizadas por necesidades del proyecto en instalaciones o en estructuras existentes, como en puentes o falta de abastecimiento de concreto.

Normalmente, la junta se ubica desde la etapa de planificación. En este caso se requieren dovelas para proporcionar transferencia de carga y se colocan perpendicularmente a la línea central.

2.2.8.4. Juntas longitudinales de construcción

Estas juntas controlan el agrietamiento longitudinal de contracción. Se colocan cuando se construyen dos o más anchos de carril, pero en tiempos diferentes.

Se utilizan barras lisas y se les aplica engrasante para evitar que se adhieran al concreto brindándoles una capa protectora que les resguarde de la corrosión.

2.2.8.5. Juntas transversales de expansión/aislantes

Las juntas de expansión o aislamiento se colocan para que permitan el movimiento horizontal o los desplazamientos del pavimento respecto a las estructuras existentes adyacentes, como puentes, alcantarillado, postes y en cruces o unión de calles. Estas juntas se colocan para controlar la dilatación del concreto.

2.2.9. Ensayos de suelos

El estudio de suelos permite determinar las propiedades mecánicas del mismo, para este proyecto se obtuvieron muestras representativas a cada 350 m a lo largo de la calle a pavimentar. Estas son muestras alteradas que se hicieron a una profundidad de 0.50 m.

Figura 12. **Toma de muestra de suelo alterada**



Fuente: [Fotografía de Edwin López]. (Pa kajnom, San Juan La Laguna. 2021). Colección particular. Guatemala.

2.2.9.1. Ensayo de granulometría

El ensayo se encuentra normado por la ASTM D6913-04 y AASHTO T87-86. La composición granulométrica del suelo sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. Este análisis se refiere a la cantidad, en porcentaje, de los diferentes tamaños de las partículas que componen el suelo de la muestra analizada.

Las características granulométricas del suelo se expresan por un término numérico indicativo de algún tamaño de partícula característico y del grado de uniformidad. Allen Hazen, descubrió un método donde indica que la permeabilidad de las arenas sueltas para filtros dependía de dos cantidades que llamó diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad.

El diámetro efectivo, D_{10} , indica que el 10 % de las partículas son finas que D_{10} y el 90 % más gruesas. Por otro lado, el coeficiente de uniformidad C_u indica el tamaño variado de las partículas.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

(Ec. 32)

Donde:

C_u = coeficiente de uniformidad

D_{60} = tamaño correspondiente al 60 %, obtenido de la curva

D_{10} = tamaño correspondiente al 10 %, obtenido de la curva

El valor de coeficiente, indica que el suelo se encuentra bien graduado, siempre que cumpla que el C_u sea mayor a 4 (gravas) y mayor a 6 (arenas). De lo contrario, si el valor es menor, el suelo se encuentra mal graduado.

Según los resultados obtenidos en laboratorio, el suelo analizado posee un 1.62 % de grava, 59.49 % de arena y 38.89 de finos. Por lo tanto, el suelo se clasifica como S.C.U.: SM (grupo arena limosa) y P.R.A.: A-4, siendo este una arena limosa color café oscuro.

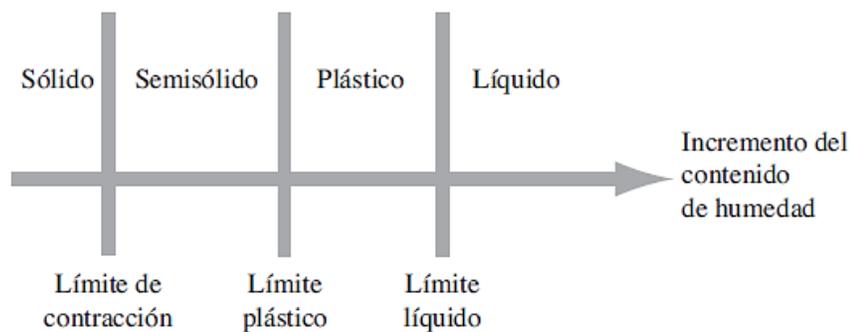
2.2.9.2. Ensayo de límites de Atterberg

Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diversos contenidos de humedad. Con ello se determinaba que, si el contenido de humedad es muy bajo, el suelo

se comporta más como un sólido quebradizo; mientras que, si el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido.

Por ello, Atterberg, estableció cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes que son: sólido, semisólido, plástico y líquido.

Figura 13. **Estados de consistencia de suelos de grano fino**



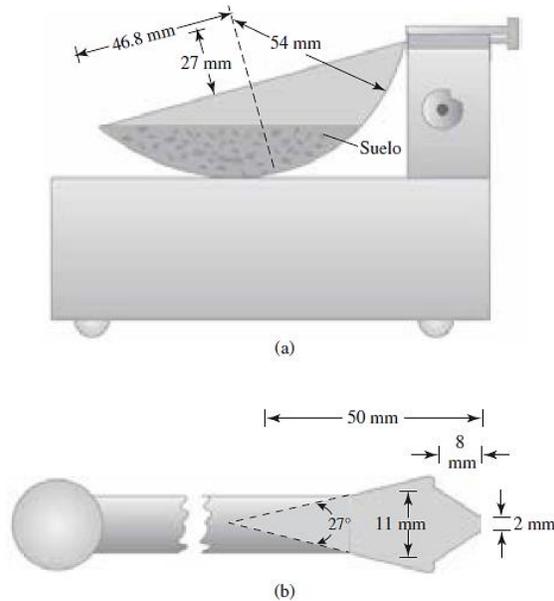
Fuente: Das (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta. Ed.*

El límite de contracción se produce por el contenido de humedad entre la transición del estado sólido al estado semisólido. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Los límites líquido y plástico dependen de la cantidad y el tipo de arcilla del suelo.

2.2.9.2.1. Límite líquido

La determinación del límite líquido se realiza por un método mecánico que estableció Arthur Casagrande denominado copa de Casagrande (ASTM D4318), esto inició debido a que no existe una separación clara entre los estados de consistencia líquido, plástico y semisólido.

Figura 14. **Copa de Casagrande y herramienta de corte para prueba de límite líquido**



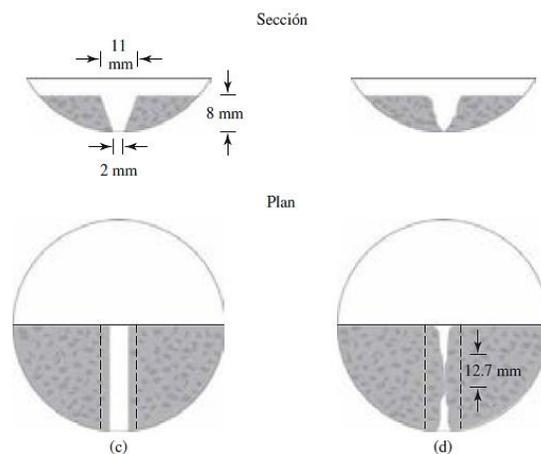
Fuente: Das (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta. Ed.*

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado por una masa de suelo que se encuentre entre el estado plástico para pasar al estado líquido o semilíquido, en donde el suelo toma las propiedades y apariencias de una suspensión. Según Atterberg, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte el cual establece que es un valor de 25 g/cm^2 .

El ensayo consiste en la utilización de la copa de Casagrande la cual se deja caer sobre una base de hule duro operada por una manivela. Para ello, se toma una porción de suelo y se humedece hasta conseguir una pasta y se coloca en la copa. Luego se corta una ranura en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de corte estándar.

Posteriormente, se opera la manivela, que hace que la copa se levante y se deja caer a una altura de 10 mm. El contenido de humedad, en porcentaje, necesario para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo de la parte inferior de la ranura después de 25 golpes se define como el límite líquido. El número de golpes se encuentra en un rango de 15 a 35 golpes.

Figura 15. **Porción de suelo antes y después de la prueba**



Fuente: Das (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta. Ed.*

La muestra ensayada da como resultado de no plasticidad.

2.2.9.2.2. Límite plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico. En el estado semisólido, el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye su volumen al estar sujeto a secado, mientras que, en el estado plástico, el suelo se comporta plásticamente.

El ensayo ASTM D4318, consiste en utilizar parte del material mezclado con agua, que ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una composición plástica que sea fácilmente moldeable. Luego, se procede a realizar una pequeña bola que con la palma de la mano o en una placa de vidrio se deberá formar un cilindro aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos de 3.17 mm de diámetro.

Figura 16. **Procedimiento para prueba de límite plástico**



Fuente: Das (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta. Ed.*

Posteriormente, se toman todos los pedacitos formados, se colocan en un recipiente para pesarlos y luego se colocan en el horno para el secado de los filamentos. Por último, estos se pesan ya secos y se determina la humedad correspondiente al límite plástico utilizando la siguiente fórmula.

$$L.P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100$$

(Ec. 33)

Donde:

L.P. = humedad correspondiente al límite plástico, en %

P_h = peso de los filamentos húmedos, en gr

P_s = peso de los filamentos secos, en gr

El límite plástico es afectado por el contenido orgánico del suelo, debido a que eleva el valor de este, sin aumentar simultáneamente el límite líquido. Por ello, los suelos con contenido orgánico tienen bajo índice plástico y límites líquidos altos.

2.2.9.2.3. Límite de contracción

Se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el cambio de volumen de la masa de suelo se detiene. La masa del suelo se contrae a medida que este pierda humedad gradualmente, por ende, con la pérdida continua de humedad se alcanza un estado de equilibrio hasta el punto en el que pese a haber más pérdida de humedad, esta condición no dará lugar a ningún cambio de volumen adicional.

2.2.9.2.4. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo. Este valor depende de la cantidad de arcilla en el suelo.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

(Ec. 34)

Donde:

I.P. = índice de plasticidad del suelo.

L.L. = valor del límite líquido del suelo, en %.

L.P. = valor del límite plástico del suelo, en %.

Atterberg, estableció que los suelos se pueden clasificar según su plasticidad de la siguiente manera:

Tabla XII. **Clasificación del suelo según su plasticidad**

Índice de plasticidad	Tipo de suelo
0	No plástico
$I.P. < 7$	Baja plasticidad
$7 \leq I.P. \leq 17$	Medianamente plástico
$I.P. > 17$	Altamente plástico

Fuente: Das (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta. Ed.*

En este ensayo el resultado de la muestra fue un índice de plasticidad de 0, lo que indica que el suelo no tiene partículas arcillosas y así mismo demuestra que es un suelo no plástico.

2.2.9.3. Ensayo de compactación o Proctor modificado

La compactación es la consolidación del suelo por la eliminación de partículas de aire, por lo que se requiere energía mecánica. En el momento que se añade agua al suelo durante la compactación, esta actúa como agente suavizante sobre las partículas del suelo; provocando que estas se deslicen una

sobre la otra y se mueven a tal punto de estar en una posición densamente empaquetada.

En 1993, R. R. Proctor demuestra que, aplicando fuerza a un suelo para compactarlo, el peso volumétrico obtenido varía con el contenido de humedad.

El ensayo de compactación o de Proctor (ASSHTO T180), se realiza para la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un proceso definido para diferentes porcentajes de humedad. La prueba tiene por objetivo:

- Determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un suelo y también la obtención del valor de humedad óptima a que deberá realizarse la compactación.
- Determinar el grado de compactación alcanzado por el material in situ o cuando hay estructuras existentes, como caminos y calles, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar con el peso volumétrico máximo obtenido en la prueba de Proctor.

Los resultados obtenidos indican que el suelo tiene una densidad seca máxima de 1 440,20 kg/m³ y una humedad óptima del 18%. La humedad del suelo indica la cantidad de agua necesaria para que el suelo alcance el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas cuando esta se compacte.

2.2.9.4. Ensayo de valor soporte

El ensayo se encuentra normado por la AASHTO T193. Esta prueba determina la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere,

midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado periodo de saturación.

El valor relativo de soporte de un suelo (C.B.R.) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad. Con el resultado de CBR se puede clasificar el suelo, que indica el uso que puede dar el material ensayado.

Tabla XIII. **Clasificación del suelo según su valor de C.B.R.**

CBR	Clasificación
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase buena
50 – 80	Base buena
80 – 100	Base muy buena

Fuente: Villalaz (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*.

Los resultados obtenidos de laboratorio demuestran que la subrasante tiene un valor de soporte de 8.5 % al 95 % de compactación. El suelo es clasificado como una subrasante mala, por lo que se recomienda el mejoramiento del suelo o cambio de material.

2.2.9.5. Análisis de resultados

Todos los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras extraídas del lugar en donde se implementará el pavimento de concreto de este trabajo de graduación se encuentran en anexo 1. De las 5 muestras ensayadas,

se utilizaron únicamente los resultados del suelo más crítico para el diseño del pavimento rígido.

El resumen de resultados se muestra a continuación:

- Clasificación P.R.A.: A-4
- Clasificación S.C.U: SM
- Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro
- Límite líquido: N.P.
- Índice plástico: N.P.
- Descripción del suelo con respecto a los límites: Arena sin plasticidad
- Densidad seca máxima: 1,440.20 kg/m³
- Humedad optima: 18.00 %
- C.B.R. crítico: 8.5 % al 95 % de compactación

El CBR de esta muestra, nos indica que es un suelo malo para subrasante por lo que es necesario estabilizar la misma o realizar un vaciado y cambiar por un material con un valor de CBR mayor, tal y como indican las Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.

2.2.10. Diseño geométrico de carreteras

Los elementos que componen el diseño geométrico, tanto horizontal como vertical, se encuentran relacionados para garantizar una circulación segura e ininterrumpida de los vehículos, además de conservar la velocidad de operación continua y acorde a las características generales de la carretera.

Cabe mencionar que la carretera ya cuenta con el diseño geométrico, por lo que en este proyecto se utilizará el tramo existente adaptando el diseño propuesto. Para el diseño geométrico se utilizó el software AutoCAD Civil 3D 2020.

Según la Dirección General de Caminos (2001), la carretera se clasifica como camino rural, debido a que conecta el municipio con las zonas cultivables de la región. Además, la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos se encuentra aledaña al camino.

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA, el tipo de terreno se clasifica como un terreno ondulado, ya que se tienen pendientes naturales entre 1 % y 8 %, ver tabla XIV.

Tabla XIV. **Clasificación de los Terrenos en función de las pendientes naturales**

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P(%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Fuente: SIECA (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.*

Para el proyecto se estimó un valor de tránsito promedio diario (TPD) de 500 vehículos, de los cuales el 3 % corresponde a vehículos pesados, por lo cual, el total de vehículos pesados diarios es de 15. El valor es considerado por un aforo vehicular realizado en la cabecera municipal (área cercana al camino objetivo). Esto, por recomendación de la municipalidad para evitar algún tipo de conflicto en los terrenos de los pobladores.

Dado que la velocidad de diseño se define por el tipo de terreno y el valor TPD, según la tabla XV, la sección típica que le corresponde al proyecto es el tipo E, siendo la velocidad de diseño de 40 km/h.

Tabla XV. **Características geométricas de la carretera en estado final tipo E**

T.P.D.	Tipo	Velocidad de Diseño (K.P.H.)	Derecho de vía (m)	Radio mínimo (m)	Pendiente máxima
100 A 500	Regiones		15		
	Llano o Plano	50		75	8
	Ondulado	40		47	9
	Montañosas	30		30	10

Fuente: Dirección General de Caminos (2001). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

2.2.10.1. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal está constituido de curvas circulares con grados de curvatura variable, que permiten una transición suave al transitar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa.

- Diseño de curvas horizontal

En el diseño geométrico, las curvas horizontales ocurren cuando se encuentra cambios de dirección en la proyección horizontal. Los elementos principales que integran una curva circular son el radio (R), la deflexión (Δ) y el grado de curvatura (G).

Los valores de radio y la deflexión de la curva horizontal son proporcionados por el software de AutoCAD Civil 3D por lo que el grado de curvatura se logra obtener de la siguiente fórmula:

$$G = \frac{1,145.9156}{R} \quad (\text{Ec. 35})$$

Donde:

G = grado de curvatura

R = radio de la curva horizontal, en m.

Para la primera curva se tienen los siguientes datos:

PC=0+030.17

PT=0+085.76

R = 200.00 m

$\Delta = 15.92^\circ$

$$G = \frac{1,145.9156}{200.00}$$
$$G = 5.73^\circ$$

Con el procedimiento anterior, se calcularon los valores de grado de curvatura para las demás curvas horizontales presentados en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Valores de radio, deflexión y grados de curvatura en curvas horizontales**

Curva	Radio (R)	Deflexión (Δ)	Grado de curvatura (G)
1	200.00	15.92	5.73
2	164.17	18.15	6.98
3	27.23	38.24	42.08
4	27.23	3.45	42.08
5	27.23	2.60	42.08
6	27.23	5.16	42.08
7	27.23	10.41	42.08
8	27.23	2.02	42.08
9	27.23	12.93	42.08
10	27.23	19.45	42.08
11	27.23	18.36	42.08
12	27.23	0.8	42.08
13	27.23	0.091	42.08
14	21.65	41.19	52.93
15	9.97	34.33	114.94
16	9.97	62.56	114.94
17	9.97	12.21	114.94
18	9.97	15.93	114.94
19	9.97	18.37	114.94
20	392.17	15.19	2.92
21	9.97	5.69	114.94
22	9.97	30.36	114.94
23	9.97	17.43	114.94
24	9.97	0.27	114.94
25	9.97	36.60	114.94
26	9.97	26.79	114.94

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

Los resultados obtenidos, demuestran que la mayoría de los radios de curvas horizontales no cumplen con el radio mínimo estipulado para una sección tipo E (ver tabla XVI). Por lo tanto, se recomienda que para radios inferiores al mínimo se utilice un valor de peralte mayor, debido a que el aumento del radio conlleva a sobrepasar terrenos privados aledaños a la carretera.

2.2.10.2. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical está compuesto por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su longitud y pendiente, el cual son limitadas por dos curvas verticales.

- Diseño de curvas verticales

La curva vertical tiene por objeto suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento vertical. En el diseño de las curvas se considera una longitud mínima para tener una visibilidad adecuada para los conductores.

Esta longitud mínima se calcula con la fórmula siguiente:

$$L = K * A$$

(Ec. 36)

Donde:

L = longitud de curva vertical, en m

K = parámetro de curvatura

A = valor absoluto de diferencia de las pendientes

Los valores se obtienen del software AutoCAD Civil 3D. Para la primera curva se tienen los siguientes datos:

- Curva 1

Pe = -0.55 %

Ps = 2.21 %

Tipo de curva = Cóncava

Tabla XVII. Valores de K para visibilidad de parada

Velocidad de diseño K.P.H.	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Valladares (2001). *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1.*

Para el proyecto se utilizó una velocidad de diseño de 40 km/h, con este dato, se determinó un valor K de 6 para curvas cóncavas y 4 para curvas convexas. Utilizando la ecuación 36, descrita anteriormente, se calcula la longitud de curva:

$$LCV = 6 * |-0.55 - 2.21|$$

$$LCV = 16.56 m$$

De la misma manera, se calcularon los valores de grado de curvatura para las demás curvas verticales, ver en tabla XVIII.

Tabla XVIII. Longitud de curva mínima en proyección vertical

No.	EST PIV	PIV	Pe	Ps	Ps-Pe	Tipo de curva	K	LCV (m)	LCV en proyecto
1	0+095.53	1714.47	-0.55%	2.21%	2.76%	Cóncava	6	16.56	16.61
2	0+173.28	1716.19	2.21%	1.28%	0.93%	Convexa	4	3.72	18.18
3	0+232.14	1716.95	1.28%	5.86%	4.58%	Cóncava	6	27.48	27.51
4	0+554.12	1735.83	5.86%	2.21%	3.65%	Convexa	4	14.6	65.00
5	0+712.55	1739.32	2.21%	6.85%	4.64%	Cóncava	6	27.84	27.87
6	1+072.04	1763.95	6.85%	1.17%	5.68%	Convexa	4	22.72	100.00
7	1+393.20	1767.70	1.17%	7.02%	5.85%	Cóncava	6	35.1	35.13
8	1+622.32	1783.80	7.02%	0.51%	6.51%	Convexa	4	26.04	115.00

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

Los resultados obtenidos demuestran que la longitud de curva de diseño cumple con la longitud de curva mínima calculada, por lo que proporcionará a los vehículos suavidad y comodidad en los cambios de pendiente.

2.2.11. Consideraciones de diseño

La estructura de un pavimento se contempla de varias capas que se encuentran apoyadas en la subrasante. Esta tiene como objetivo soportar las cargas de tránsito que son transmitidas al suelo, brindando seguridad y estabilidad a los vehículos, protección al suelo de los efectos climáticos e infraestructura vial durable y resistente.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizará 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 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

El método de simplificado de la PCA se basa en dos criterios básicos en el diseño, que son:

- **Fatiga.** Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento produce esfuerzos que se convierten en agrietamientos.
- **Erosión.** Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la subbase o subrasante y los materiales que conforman los hombros.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la subbase, ya que mejoran la estructura del pavimento rígido.

2.2.12. Diseño de pavimento rígido

A continuación, se desglosan cada una de las partes del pavimento rígido propuesto para el camino a Pa kajnom, San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala.

2.2.12.1. Subrasante

Para este proyecto, de acuerdo a la muestra ensayada, se tuvo un CBR crítico de 1.84 % y al 95 % de compactación se determinó aproximadamente un CBR de 8.50 % por lo que se considera un suelo malo para uso de subrasante. Un material para uso de subrasante, se considera regular o medianamente bueno si su valor soporte (CBR) se encuentra entre 11 % y 19 % y muy bueno si el valor

es mayor a 20 %. Por lo tanto, considerando el resultado del suelo estudiado, se concluye que deberá remplazarse el suelo actual de la subrasante.

- Material de remplazo para subrasante

El material a remplazar será de selecto con un valor soporte de CBR, AASHTO T193 que se encuentre en el rango de 20 % a 30 %, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación, según el método AASHTO T180.

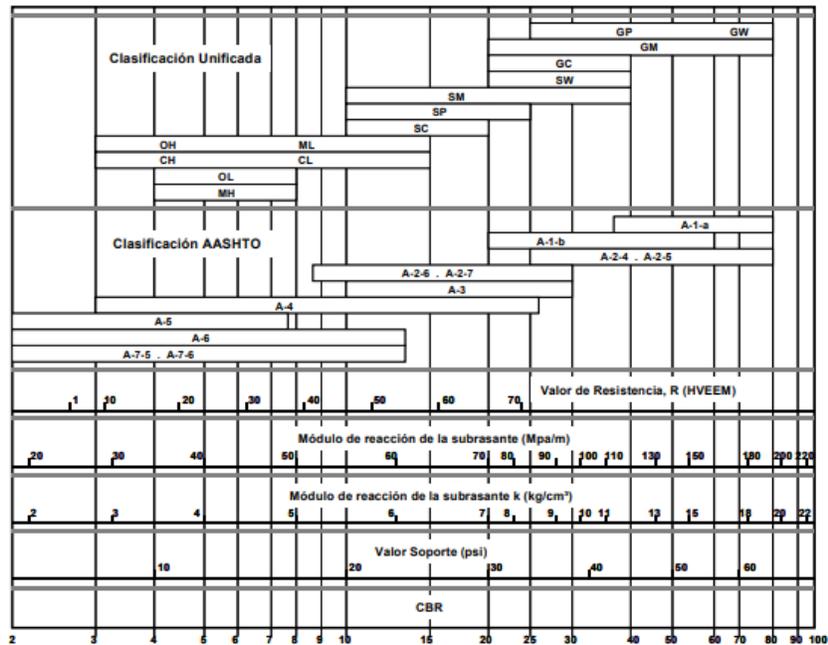
El material adecuado no tendrá características inferiores a los suelos que se encuentre en el tramo o sección que se esté reacondicionando o remplazando y que, además, no sean adecuados para subrasante. Para el proyecto se colocará una capa de espesor de 20 cm de material que se reemplazará.

Se determinará el módulo de reacción K de la subrasante, que es la propiedad de apoyo que ofrece la subrasante al tránsito. El valor K se obtiene de un ensayo de placa normado por la ASTM D1196.

Generalmente, obtener el módulo de reacción de un suelo es complicado, debido a que la realización de la prueba es costosa y se debe utilizar equipo especial. Por lo que para el diseño se pueden utilizar correlaciones con pruebas de resistencia como el CBR, clasificación SCU o clasificación AASHTO; esto para determinar el módulo de reacción K de la subrasante.

Estableciendo un remplazo de suelo para la subrasante, se utilizará como mínimo un valor de soporte (CBR) de 20 % que da un valor de módulo de reacción K de 250 lb/pulg³.

Figura 17. Relación aproximada entre la clasificación de suelos y CBR



Fuente: Iturbide (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.

2.2.12.2. Subbase

La capa de subbase va conformada de materiales pétreos, de buena graduación, construida sobre la subrasante.

La subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo a las condiciones y características de los suelos existentes de la subrasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 ni mayor a 700 milímetros.

El material a utilizar es granular conformado de preferencia en piedra o grava clasificada sin triturar, o solamente con trituración parcial combinado con arena y material de relleno para formar un material de subbase adecuado para la estructura del pavimento. En el inciso 2.2.16.7 se encuentra las especificaciones técnicas del material a utilizar.

Para el proyecto, debido a que la subrasante tendrá una estabilización y un remplazo, se utilizará un espesor de subbase de 15 centímetros.

2.2.12.3. Carpeta de rodadura

La carpeta de rodadura es una capa conformada de cemento Portland, agregado grueso, arena y agua dando resultado un concreto hidráulico, el cual proporciona un área de rodamiento adecuado. También soporta los esfuerzos provocados por el tránsito, transmitiendo esfuerzos mínimos hacia las capas siguientes (subbase y subrasante).

Para determinar el espesor de la losa de concreto se procedió de la siguiente manera:

- Lo primero que se obtuvo fue la identificación de la categoría en la tabla XIX, clasificándola en la categoría 1, donde se consideraron más de 500 vehículos diarios para 20 años, de las cuales se toma un porcentaje del 3 % del TPDC en ambas direcciones.

$$TPDC = 3\% * 500 \text{ veh\u00edculos}$$

$$TPDC = 15$$

- Se determina el módulo de reacción K de la subrasante, no es necesario el valor exacto debido a que las variaciones no afectan considerablemente el espesor del pavimento. Los resultados obtenidos indican que el material de subrasante es un suelo malo, por lo que se remplazará el material que tenga un valor soporte CBR mínimo de 20 %; obteniendo un valor K de 250 lb/pulg³ o 6.92 kg/cm³, según figura 17.

La tabla XX, muestra la condición de apoyo y valores aproximados de K para cuatro tipos de suelo, en este caso, se considera un suelo de condición muy alta.

- Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, tomando el 15 %f'c. Para el proyecto se utilizará una resistencia de concreto (f'c) de 4,000 PSI.

$$MR = 15\% * 4,000 \text{ PSI}$$

$$MR = 600 \text{ PSI}$$

$$MR = 42 \text{ kg/cm}^2$$

- Se establece que en este proyecto el tipo de junta a utilizar es juntas de trave por agregados con bordillo integrado. Con la condición de suelo muy alto y el módulo de ruptura de 600 PSI (42 kg/cm²), se determina un espesor de losa de 5.5" (14 centímetros), según la tabla XXI. Por facilidad de construcción se dejará de 6", es decir, de 15 centímetros de espesor de la losa de concreto.

Las juntas transversales serán construidas a cada 3.00 metros y la junta longitudinal a cada 2.00 metros. La pendiente de bombeo será de 2 %, así como lo indica el gabarito de los planos.

Tabla XIX. **Clasificación de vehículos según su categoría**

Categoría de ejes	Descripción	Tráfico				
		TPDA	TPPD		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 en 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 alto)	3,000 – 20,000 en 2 carriles 3,000 – 150,000 en 4 carriles o más	8-30	1,500 – 8,000	34	60

Fuente: Rodríguez (2015). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.*

Tabla XX. Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los Módulos de reacción en kg/cm ³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2.0 – 3.35
Arenas y mezclas de arena y grava 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
Subbases estabilizadas con cemento	Muy alto	6.9 – 11.0

Fuente: Rodríguez (2015). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.*

Tabla XXI. Pavimento con trabazón de agregados de trave en juntas

Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto o bordillo				
Espesor de losa cm	Apoyo del terreno o de la subbase				Espesor de losa cm	Apoyo del terreno o de la subbase			
	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR =46 kg/cm ²				5	12.5		3	9	42
	14				14.0	9	42	120	450
	15		4	12	15.0	96	380	700	970
	17	9	43	120	17.0	650	1,000	1,400	2,100
	18	80	320	840	1,200	18.0	1,100	1,900	
	19	490	1,200	1,500					
	20	1,300	1,900						
MR =42 kg/cm ²	15			11	12.5			1	8
	17		8	24	110	14.0	1	8	23
	18	15	70	190	750	15.0	19	84	220
	19	110	440	1,100	2,100	17.0	160	620	1,400
	20	590	1,900			18.0	1,000	1,900	
	22	1,900							
MR =39 kg/cm ²	17		4	19	14			3	17
	18		11	34	150	15.0	3	14	41
	19	19	84	230	890	17.0	29	120	320
	20	120	470	1,200		18.0	210	770	1,900
	22	560	2,200			19.0	1,100		
	23	2,400							

Fuente: Rodríguez (2015). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.*

2.2.12.4. Diseño de juntas

Las juntas se implementan para evitar grietas debido a factores como cambios de temperatura, humedad y secado del concreto.

- Juntas transversales de construcción

Estas juntas se colocan al final de cada día de labores o por interrupciones de trabajo, por lo que se construye pasa juntas o dovelas sostenidas por silletas o canastias. Para el proyecto se utilizarán dovelas de varilla de 3/4" con una longitud de 28 cm, según tabla XXII.

Tabla XXII. Resumen de especificaciones para colocación de dovelas

Espesor de losa (cm)	1	2	3	4	5
	Diámetro de Dovelas cm (plg)	Largo de Dovelas (cm)	Diámetro comercial de dovela (plg)	Profundidad de dovelas (cm)	Separación entre dovelas (cm)
15	1.88 (0.74)	28	3/4	7.50	30.00
16	2.01 (0.79)	29	3/4	8.00	30.00
17	2.13 (0.84)	31	7/8	8.50	30.00
18	2.26 (0.89)	32	7/8	9.00	30.00
19	2.39 (0.94)	34	1	9.50	30.00
20	2.49 (0.98)	35	1	10.00	30.00
21	2.62 (1.03)	37	1	10.50	30.00
22	2.74(1.08)	38	1 1/8	11.00	30.00
23	2.87 (1.13)	40	1 1/8	11.50	30.00
24	3.00 (1.18)	41	1 1/8	12.00	30.00
25	3.12 (1.23)	43	1 1/4	12.50	30.00
26	3.25 (1.28)	44	1 1/4	13.00	30.00
27	3.38 (1.33)	46	1 3/8	13.50	30.00
28	3.51(1.38)	47	1 3/8	14.00	30.00
29	3.63 (1.43)	49	1 3/8	14.50	30.00
30	3.76 (1.48)	50	1 1/2	15.00	30.00
31	3.89 (1.53)	52	1 1/2	15.50	30.00
32	3.99 (1.57)	53	1 1/2	16.00	30.00
33	4.11 (1.62)	55	1 5/8	16.50	30.00
34	4.24 (1.67)	56	1 5/8	17.00	30.00
35	4.37 (1.72)	58	1 3/4	17.50	30.00

Fuente: Iturbide (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.*

- Juntas transversales de contracción

La separación de las juntas, en pies, no debe exceder dos veces el espesor de la losa de concreto, en pulgadas. Como se tiene una losa de 6" de espesor, el espaciamiento sería de 12 pies (3.65 m), según la Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos.

El corte de la junta debe ser entre $1/3$ a $1/2$ del espesor de la losa, con un ancho mínimo de 3 milímetros. El corte debe realizarse cuando el concreto tenga cierto grado de endurecimiento.

- Juntas longitudinales de contracción

La junta se colocará al centro de la carretera, a una separación de 2 metros. El corte de la junta será como mínimo $1/4$ de espesor de la losa, con un ancho mínimo de 5 milímetros.

- Sellador de juntas

El sellador es utilizado para minimizar la filtración de agua superficial dentro de las juntas e impedir la entrada de materiales que puedan ocasionar daños dentro de la junta.

Los sellantes deberán soportar esfuerzos de compresión y tensión producidos por los cambios de temperatura y de humedad. El serrado se efectuará en el concreto después de un grado de endurecimiento, normalmente está comprendido entre 4 y 12 horas después de su colocación. Posteriormente se coloca el sellador de juntas a una profundidad de $1/5$ de la altura de las juntas.

Para el proyecto se colocará un sello premoldeado elastomérico de poli cloropreno, regido por la norma AASHTO M220.

2.2.13. Drenajes pluviales

Los drenajes pluviales son elementos importantes en el diseño de pavimentación. La función es evacuar, en el menor tiempo posible, las aguas que escurren en la superficie del pavimento y evitar que éstas se infiltren dentro de la estructura del mismo. Comúnmente los elementos de drenaje más utilizados en la carretera son cunetas, contracunetas y drenaje transversal.

2.2.13.1. Cunetas

La cuneta es un canal abierto para la conducción de aguas. Estos elementos se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma.

La forma de la cuneta puede ser de sección trapezoidal, rectangular, triangular o parabólica. Para el proyecto se diseñó una cuneta de forma rectangular.

- Diseño de la cuneta

El tramo de carretera se encuentra ubicada en una microcuenca que forma parte de la cuenca del lago de Atitlán. Por lo que, para el diseño de la cuneta, se calculó un caudal de diseño.

La tabla XXIII indica valores de coeficiente de escorrentía para diversos tipos de superficie. Para el proyecto el área que se encuentra alrededor de la carretera está comprendida de áreas de cultivos.

Tabla XXIII. **Períodos de retorno según las características de la región**

Características 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, entre otros)							
Condición pobre (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
Condición promedio (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
Condición buena (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 (1994). *Hidrología aplicada*.

La intensidad de lluvia es la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo en un lugar determinado, se encuentra relacionada con el tiempo de concentración y el período de retorno. La intensidad se obtiene de la siguiente fórmula:

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

(Ec. 37)

Donde:

i = intensidad de lluvia, en mm/h

t = tiempo de concentración, en min

A, B y n = parámetros de ajuste según el periodo de retorno

El tiempo de concentración puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas. Para determinar este valor se utilizará la fórmula de California Culverts Practice.

$$t = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

(Ec. 38)

Donde:

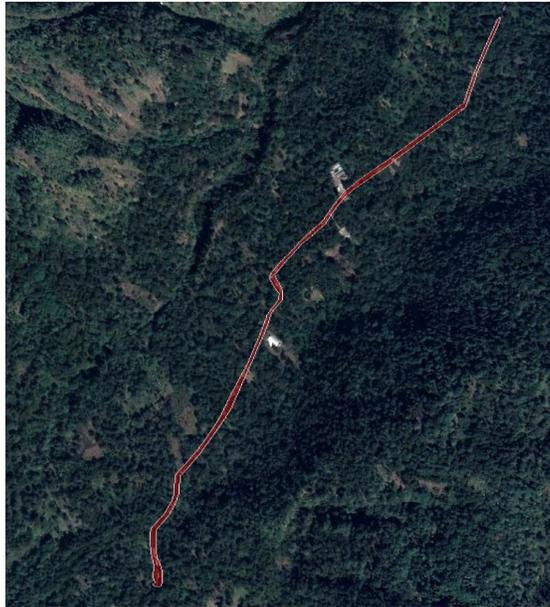
t = tiempo de concentración, en min

L = longitud del cauce más largo, en m

H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, en m

Para obtener los datos de la longitud del cauce, la diferencia de niveles y área tributaria, se utilizó el programa Google Earth Pro, ver figura 18.

Figura 18. **Delimitación de área tributaria a carretera**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Google Earth Pro (2021). *San Juan La Laguna, Sololá*. Consultado el 25 agosto de 2022. Recuperado de <https://bit.ly/3TVBu3Q>.

Los datos obtenidos son:

Punto más alto = 1,784 m (punto más alto)

Punto de salida = 1,715 m (final del tramo de la carretera)

H = 69 m

L = 1,701 m

$$t = 0.0195 * \left(\frac{1,701^3}{69} \right)^{0.385}$$

$$t = 20.58 \text{ min}$$

El período de retorno se determina por el tipo de estructura de control de agua. En la tabla XXIV, se considera un volumen de tráfico intermedio, por lo que se utiliza un periodo de retorno promedio de 20 años.

Tabla XXIV. **Período de retorno para estructuras de control de agua**

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Alcantarillas de carreteras	
Volúmenes de tráfico bajos	5 – 10
Volúmenes de tráfico intermedios	10 – 25
Volúmenes de tráfico altos	50 - 100

Fuente: Chow (1994). *Hidrología aplicada*.

Para el cálculo de intensidad de lluvia, se utilizarán los datos de la estación meteorológica más cercana del lugar, la cual es la estación de Santiago Atitlán.

Tabla XXV. **Parámetros de la estación meteorológica de Santiago Atitlán**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
A	1,280	1,001	1,190	1,160	1,020	1,015	1,010	1,008
B	13	12	5	5	4	4	4	4
n	0.812	0.705	0.72	0.705	0.677	0.674	0.671	0.668
R2	0.993	0.986	0.991	0.988	0.987	0.987	0.986	0.986

Fuente: INSIVUMEH (2020). *Informe de intensidad de lluvia*.

$$i = \frac{1,160}{(5 + 20.58)^{0.705}}$$

$$i = 117.98 \text{ mm/h}$$

Resumen de datos para cálculo del caudal de diseño

C = 0.44, considerando un periodo de retorno de 20 años y un área de cultivo de pendiente promedio, se toma el valor próximo (ver tabla XXIII).

$$i = 117.98 \text{ mm/h}$$

A = 1.85 Ha, área obtenida de Google Earth Pro (ver figura 18).

Se utilizará el Método Racional para calcular el caudal de diseño, debido a que es el más utilizado para el diseño de drenajes.

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

(Ec. 39)

Donde:

C = coeficiente de escorrentía según las características de la superficie

I = intensidad de lluvia, en mm/h

A = área tributaria, en Ha

$$Q_D = \frac{0,44 * 117.98 \text{ mm/h} * 1.85 \text{ Ha}}{360}$$

$$Q_D = 0.27 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar la sección de la cuneta se estableció el uso de forma rectangular. Por ello, utilizando la fórmula de Manning se calcula la sección transversal de la cuneta.

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

(Ec. 40)

Donde:

A = área hidráulica de la cuneta, en m²

R = radio hidráulico de la cuneta, en m

S = pendiente del tramo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

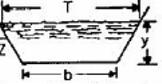
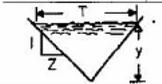
La tabla XXVI indica valores para el coeficiente de Manning según el material del canal. Para el proyecto se utilizará material de concreto para la elaboración de las cunetas.

Tabla XXVI. **Coeficientes de rugosidad de Manning según el material**

Material	Coeficiente de rugosidad de Manning típico
Concreto	0.012
Fondo de grava con lados de	
-concreto	0.020
-piedra	0.023
-riprap	0.033
Canales naturales	
Limpios y rectos	0.030
Limpios y curvos	0.040
Curvos con hierbas y piscinas	0.050
Con matorrales y árboles	0.100
Planicies de inundación	
Pastos	0.035
Cultivos	0.040
Hierbas y pequeños matorrales	0.050
Matorrales densos	0.070
Árboles densos	0.100

Fuente: Chow (1994). *Hidrología aplicada*.

Figura 19. **Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes**

Sección	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+Zy)y$	$b+2y\sqrt{1+Z^2}$	$\frac{(b+Zy)y}{b+2y\sqrt{1+Z^2}}$	$b+2Zy$
 Triangular	Zy^2	$2y\sqrt{1+Z^2}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{1+Z^2}}$	$2Zy$

Fuente: Mendoza (2015). Luis. *Definiciones de canales abiertos y flujo uniforme*.

Considerando los datos de la figura 19, para una sección rectangular, se sustituye en la fórmula de Manning.

$$Q_D = \frac{by * \left(\frac{by}{b+2y}\right)^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q_D = caudal de diseño

b = base de la cuneta, en m

y = tirante hidráulico, en m

n = coeficiente de rugosidad de Manning

S = pendiente del tramo

Utilizaremos un valor b igual a 0.30 m y con una pendiente crítica del tramo de 1.17 %. El material de la cuneta será concreto, por ello el coeficiente de Manning es de 0.012.

$$0.27 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{0.30 \text{ m} * y * \left(\frac{0.30 \text{ m} * y}{0.30 \text{ m} + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} * (0.0117)^{\frac{1}{2}}}{0.012}$$

$$y = 0.43 \text{ m}$$

Por el valor obtenido del tirante hidráulico, las dimensiones de la cuneta serán de 0.45 m de altura y 0.30 m de base.

2.2.13.2. Drenaje transversal

El drenaje transversal es una estructura que se coloca perpendicularmente al eje de la carretera, que tiene la función de evacuar o trasladar el flujo proveniente de la superficie.

Según el Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica de la SIECA (2011), considera la localización del drenaje transversal en tres sitios:

- En el fondo de depresiones donde no existen curso de agua naturales
- En donde las corrientes de agua cortan las carreteras
- En los lugares donde se requiera que pase el agua del drenaje superficial conducido por cunetas debajo de los caminos y carreteras hasta las propiedades adyacentes.

Se recomienda utilizar para el drenaje transversal una tubería de 30" como diámetro mínimo y una pendiente constante entre 2 % y 5 %. Para el proyecto se

utilizará tubería celular de cloruro de polivinilo (PVC) que cumpla con los requisitos de la norma AASHTO M304.

2.2.14. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se establece por el método del ACI 211. Este método describe el procedimiento para la dosificación del concreto en base de medir los materiales en peso y volumen.

- Asentamiento

En la tabla XXVII se indican rangos de asentamiento según la vibración que se utiliza para la consolidación del concreto. Este valor se determina por el tipo de elemento estructural.

Tabla XXVII. **Asentamientos recomendados**

Tipo de construcción	Asentamiento, pulg.	
	Máximo	Mínimo
Cimentación reforzada, muros y zapatas	3	1
Zapatas simples, pozos de cimentación y muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas para edificio	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto masivo	2	1

Fuente: ACI (2002), *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweith and mass concrete (ACI 211.1-91)*.

Para el proyecto se utilizó un asentamiento de 3 pulgadas por ser una estructura de pavimento.

- Tamaño máximo nominal del agregado

Generalmente, el tamaño máximo nominal del agregado deberá ser coherente con las dimensiones de la estructura. Para el proyecto se utilizará un tamaño de agregado de $\frac{3}{4}$ " el cual será útil para determinar la cantidad de agua y la cantidad de agregado grueso en 1 m³ de concreto.

- Cantidad de agua

Se determina por medio del asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado.

Tabla XXVIII. Cantidad aproximada de agua de mezclado

Agua, kg/m ³ de concreto para tamaños máximos nominales de agregado								
Asentamiento, en pulg.	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	--
Más de 7	--	--	--	--	--	--	--	--
Cantidad aprox. Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	197	174	174	166	154	--
Más de 7	--	--	--	--	--	--	--	--
Promedio recomendado de aire por incluir por exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI (2002), *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweith and mass concrete (ACI 211.1-91)*.

Estableciendo un asentamiento de 3 pulg y un tamaño máximo de agregado de 3/4", se obtuvo una cantidad de agua de 205 kg/m³ (205 lt/m³).

- Relación agua - cemento

El valor de relación de agua – cemento determina los requisitos de resistencia, durabilidad, permeabilidad y acabado del concreto. Para el proyecto se utilizará un concreto con resistencia de 4,000 PSI.

Tabla XXIX. Relación agua – cemento según el peso

Resistencia a la compresión a los 28 días, psi	Agua – cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6 000	0.41	--
5 000	0.48	0.40
4 000	0.57	0.48
3 000	0.68	0.59
2 000	0.82	0.74

Fuente: ACI (2002), *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweith and mass concrete (ACI 211.1-91)*.

Considerando un concreto sin aire incluido, se obtuvo una relación de agua – cemento de 0.57.

- Cantidad de cemento

La cantidad de cemento se determina por la siguiente fórmula:

$$Cemento = \frac{a}{a/c}$$

(Ec. 41)

Donde:

Cemento = cantidad de cemento, en kg/m³

a = cantidad de agua, en kg/m³ (1 lt = 1 kg)

a / c = relación agua – cemento

$$Cemento = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0.57}$$

$$Cemento = 359.64 \text{ kg/m}^3$$

Utilizando un concreto de resistencia de 4,000 PSI, se obtuvo la cantidad de cemento de 359.64 kg/m³ para para 1 m³ de concreto.

- Estimación de volumen de agregado grueso

Para calcular el peso del agregado, primeramente, se determina el peso unitario del concreto. El ACI 211 estima valores del peso unitario del concreto según el tamaño máximo del agregado, teniendo un tamaño máximo de ¾" de agregado y un concreto sin aire incluido, se obtiene un peso de concreto de 2,345 kg/m³, según tabla XXX.

Tabla XXX. **Estimación del peso del concreto**

Tamaño máximo nominal de agregado, en pulg.	Primera estimación del peso del concreto, kg/m ³	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
3/8	2,280	2,220
1/2	2,310	2,230
3/4	2,345	2,275
1	2,380	2,290
1 1/2	2,410	2,350
2	2,445	2,345
3	2,490	2,405
6	2,530	2,435

Fuente: ACI (2002), *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweith and mass concrete (ACI 211.1-91)*.

Al asumir un peso unitario de concreto se obtiene de forma simple el peso requerido total del agregado el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Peso agregado} = P.U. \text{concreto} - (\text{Cemento} + \text{Cantidad de agua})$$

(Ec. 42)

$$\text{Peso agregado} = 2,345 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - \left(359.64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Peso agregado} = 1,780.36 \text{ kg/m}^3$$

La tabla XXXI muestra valores para determinar el volumen del agregado grueso según el tamaño máximo nominal de agregado y el módulo de finura. La DGC establece que el módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1, ni variar en más de 0.20 del valor asumido para el diseño de mezcla. Para el proyecto se utilizó un módulo de finura de 2.60.

Tabla XXXI. **Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto**

Tamaño máximo nominal de agregado, en pulg	Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI (2002), *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweith and mass concrete (ACI 211.1-91)*.

Se obtuvo un volumen de agregado grueso de 0.64 del peso unitario del concreto, este valor determina la cantidad de agregado grueso en 1 m³ de concreto. El complemento del valor de volumen sería el volumen correspondiente a la cantidad de arena, igual a 0.36.

$$\text{Agregado grueso} = 0.64 * 1,780.36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1,139.43 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 0.36 * 1,780.36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 640.93 \text{ kg/m}^3$$

- Proporción en peso

Para determinar la proporción del concreto se divide el peso de los agregados y el agua con el peso del cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{359.64}{359.64} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{640.93}{359.64} = 1.78$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1,139.43}{359.64} = 3.16$$

$$\text{Agua} = \frac{205}{359.64} = 0.57$$

En resumen, las proporciones en peso serían las siguientes:

Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	1.78	3.16	0.57

2.2.15. Especificaciones técnicas

A continuación, se presenta la información brindada por las diferentes entidades relacionada a las normativas, diseños y normas que deben cumplirse en el proyecto según lo que se requiera.

2.2.15.1. Control de calidad de los materiales

La calidad de los materiales que se utilicen en obra es responsabilidad del contratista. Deberán analizarse muestras representativas de los materiales, de acuerdo con los certificados del productor del material que se trate o indicado en estas especificaciones. Las muestras que se utilizan para aprobar los materiales tienen que ser tomadas por el contratista, utilizando el método apropiado y aprobado determinado por la municipalidad.

Los materiales a utilizar en obra tienen que ser almacenados de manera que se asegure la conservación de sus cualidades y aptitudes para la obra.

2.2.15.2. Replanteo topográfico

Deberán colocarse referencias de los puntos de control horizontal y vertical, establecidos en planos, consistentes en monumentos de concreto y corresponderá al contratista hacer el replanteo en detalle a cada 20 metros de la línea central. Para el trazo de curvas horizontales se debe usar la definición Arco.

Se deberán colocar estacas para delimitar los límites de limpia, chapeo y destronque a ambos lados de la línea central en las estaciones de las secciones transversales. También colocar en la línea central, a cada 20 metros como mínimo.

2.2.15.3. Señalización en obra

Las señales de obra se colocarán 500, 300 y 100 metros antes de la zona de trabajo. Todas las señales se colocarán al inicio y al final de la zona de trabajo.

Cuando la obra se encuentre en construcción y no existan caminos paralelos o desvíos para la circulación de vehículos, la carretera existente debe conservarse abierta al mismo. El contratista debe mantenerla en condiciones de transitabilidad cómoda, entendiéndose por ésta sin baches ni obstáculos cumpliendo con los requisitos de seguridad y con el mínimo de obstrucciones o retrasos para los usuarios.

2.2.15.4. Limpieza y chapeo

El área del derecho de vía, limitada anteriormente con estacas, debe ser limpiada y chapeada. Las operaciones de limpia y chapeo se deben efectuar previamente a la iniciación de los trabajos de terracería.

2.2.15.5. Movimiento de tierras

La excavación no clasificada, es la operación de cortar y remover cualquier clase de material dentro o fuera de los límites de la construcción, para incorporarlo posteriormente en la construcción de rellenos de la carretera.

Por el contrario, la excavación no clasificada de desperdicio se refiere al material resultante de la excavación que, de acuerdo en planos, constituye al sobrante o material inadecuado para la construcción de la obra.

El transporte del material no clasificado, provenientes del corte y de préstamo que son utilizados en la construcción de la subrasante; así como el transporte del material de desperdicio se definirá como acarreo libre y acarreo. Respectivamente, el acarreo libre será el transporte del material a una distancia menor o igual a 1,000 metros, mientras que el acarreo es una distancia mayor a 1,000 metros.

2.2.15.6. Preparación de la subrasante

En la subrasante existente se realizará un reacondicionamiento, el cual consiste en escarificar, homogenizar, mezclar y compactar el suelo de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos u ordenada por la municipalidad, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros. Esta operación se realizará en ciertos tramos de la carretera, según lo que se indique en los planos.

El material de la subrasante en toda el área a reacondicionarse debe humedecerse adecuadamente, antes de la compactación. El control de humedad puede afectarse secando el material, o por el método con carburo (AASHTO T217).

La subrasante reacondicionada debe ser compactada con la humedad óptima, hasta lograr el 95 % de compactación respecto a la densidad máxima, AASHTO T180. La compactación en el campo se debe comprobar por el método estándar del cono de arena (AASHTO T191) u otro aprobado por la municipalidad. Se establece una deflexión máxima para la carga de subrasante reacondicionada de 3 mm, deberá de controlar por medio de la Viga Benkelman de conformidad con AASHTO T256. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de subrasante.

Los ensayos de suelos determinan tramos de la carretera que no cumplen con el valor de CBR, adecuado para subrasante. Por lo que se reemplazará el material inadecuado, esto la municipalidad debe delimitar y notificarlo al contratista para proceder a la remoción del material inadecuado.

Las excavaciones, en donde el material sea inadecuado, deben rellenarse con material de préstamo que sea apropiado, con un valor mínimo de 20 % de CBR.

La subrasante debe ser escarificada hasta una profundidad de 300 milímetros por debajo del nivel de diseño, logrando una superficie lisa y uniforme. Esta deberá ser compactada hasta el 95 % de la densidad máxima determinada. La compactación se debe comprobar por el método estándar del cono de arena (AASHTO T191) o ensayos no destructivos u otro aprobado por la municipalidad.

2.2.15.7. Subbase granular

El material de la subbase será de piedra sin triturar, o solamente con trituración parcial cuando sea necesario, que serán combinadas con arena. El material debe estar exento de materia orgánica, partículas considerables de arcilla u otro material que cause fallas en la estructura del pavimento. Deberán tener un CBR mínimo de 40 %, efectuado sobre una muestra saturada al 95 % de compactación, según AASHTO T180 y un hinchamiento máximo de 0.5 % (AASHTO T193). Este debe verificar por cada 500 metros cúbicos producidos hasta llegar a 3,000 metros cúbicos y seguidamente un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.

Las partículas que comprendan el material pueden ser planas o alargadas, deben no ser más del 25 % en peso del material retenido en el tamiz No. 4 (4.75 mm). La graduación del material (AASHTO T27, AASHTO T11) adecuado para uso de subbase debe cumplir con las siguientes especificaciones que recomienda la Dirección General de Caminos.

- El porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm), debe ser menor que la mitad de porcentaje que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm).

En cada banco se debe efectuar un ensayo cada 1,000 metros cúbicos de material producido y un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.

El material no debe tener en la fracción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm), un índice de plasticidad mayor de 6, determinado por el método AASHTO T90 y un límite líquido mayor de 25 (AASHTO T89), ambos determinados sobre muestras húmedas. Se debe efectuar un ensayo cada 1,000 metros cúbicos de material producido y un ensayo por cada 5,000 metros cúbicos colocados.

Previamente a la colocación del material de subbase, deberá ser preparada y aceptada, teniéndolo con motoniveladora o con equipo especial que asegure la distribución y uniformidad. El espesor de la capa a tenderse sobre la subrasante, no debe ser mayor de 30 centímetros ni menor de 10 centímetros. En dado caso, si la capa de la subbase es mayor a un espesor de 30 centímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 10 cm.

Posteriormente de haberse colocado y tenido el material, deberá proceder a su homogeneización con la humedad adecuada. El contenido de humedad optima será determinado en laboratorio por medio del ensayo de compactación (AASHTO T180). El mezclado del material será en todo el espesor de la capa, utilizando maquinaria y equipo apropiado, siendo esta con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea.

La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo, según AASHTO T217. El humedecimiento del material se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido para proceder a su compactación inmediata. En caso de que el material se humedezca después del tendido, deberá mezclarse mecánicamente para lograr homogeneidad, que

permita la compactación especificada. Se deberá efectuar por cada 3,000 metros cúbicos de material o cuando se visualice características diferentes del material la determinación de la densidad máxima. La compactación en campo deberá comprobarse a cada 400 metros cuadrados por el método estándar del cono de arena (AASHTO T191) o ensayos no destructivos u otro aprobado por la municipalidad.

2.2.15.8. Concreto hidráulico

La resistencia del concreto para el pavimento será de 4,000 PSI. Los materiales del concreto hidráulico deberán cumplir con los siguientes parámetros:

- Cemento hidráulico

El cemento a utilizar deberá regirse a la norma AASHTO M85 o COGUANOR NG 41005.

- Agregado fino

Para uso de concretos de pavimentos la graduación del agregado fino (AASHTO T27, AASHTO T11) deberá quedar en los siguientes límites:

- El porcentaje de material que pasa en el tamiz No. 50 (0.300 mm) deberá ser entre 5 % a 30 %, y para el tamiz No. 100 (0.150 mm) menor del 10 %.

El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. No podrá variar en más de 0.20 del valor asumido en el diseño de mezcla (ver sección 2.2.15).

El equivalente de arena (AASHTO T176) mínimo para el material del agregado fino será de 75.

- Agregado grueso

El material de agregado grueso deberá estar libre de materia orgánica para evitar la resistencia del concreto hidráulico. La graduación del agregado (AASHTO M80) deberá satisfacer lo indicado en tabla XXXII o que indique la municipalidad.

Tabla XXXII. Graduación del agregado grueso para uso en pavimentos hidráulicos

Graduaciones AASHTO M80		Porcentaje por peso que pasa por tamices de abertura cuadrada								
		63 mm (2 ½")	50 mm (2")	38.1 mm (1 ½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.50 mm (3/8")	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)
N° 7	12.5 a 4.75 mm	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
N° 67	19.0 a 4.75 mm	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
N° 57	25.0 a 4.7 mm	-	-	100	95- 100	-	25-60	-	0-10	0-5
N° 467	38.1 a 4.75 mm	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
N° 357	50.0 a 25.0 m	100	95- 100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
N°4	38.1 a 19.0 mm	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
N° 3	50.0 a 25.0 mm	100	90- 100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Fuente: Dirección General de Caminos (2001). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

2.2.16. Plan de operación y mantenimiento

El plan de operación y mantenimiento para un pavimento rígido es importante para garantizar el buen estado y la vida útil del proyecto. Se propondrá a la municipalidad de crear una comisión que serán los responsables en promover actividades y gestiones para el mantenimiento preventivo y correctivo de la vía.

Tabla XXXIII. Mantenimiento preventivo y correctivo para carretera de concreto

Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
La comisión realizará rondas a lo largo de la carretera para la observación y prevención de fallas en la vía. También realizar trabajos de limpieza de cunetas y podar la vegetación aledaña. Se realizará cada 3 meses.	Este tipo de actividades serán en caso de que la vía se encuentre un fallo imprevisto de pequeña magnitud. Estas actividades pueden ser el sellado de grietas, recolocación de señales, entre otros. Se realizará cada 6 meses.

Fuente: elaboración propia, realizado con Word 2019.

2.2.17. Evaluación de impacto ambiental inicial

El proyecto diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa Kajnom, San Juan La Laguna, Sololá, está clasificado por el MARN como categoría C Actividades de Bajo Impacto Ambiental.

La evaluación de impacto ambiental inicial (AEI) que establece el MARN se realizó para determinar los impactos ambientales y también de establecer medidas de mitigación que genera el proyecto. (Ver apéndice 7)

2.2.18. Planos finales y detalles

Los planos se elaboraron en base al diseño propuesto, estos se encuentran en la sección de apéndice 10.

2.2.19. Presupuesto

Para el proyecto, en lo que respecta a los costos indirectos, se utilizó un 32 %, este valor se encuentra desglosado en la tabla V. Las prestaciones de este proyecto están desglosadas en la tabla XXXIV, aplicando un valor de 58.22 % en la mano de obra.

Tabla XXXIV. **Prestaciones para el proyecto diseño de pavimento de concreto**

Descripción	Días	%
Asuetos	10.50	
Feriado	1.00	
Vacaciones	15.00	
Domingos	52.00	
1/2 Sabados	26.00	
Total días no laborales	104.50	
Días efectivos	260.50	
% días efectivos		40.12%
Aguinaldo	30.00	11.52%
Bono 14	30.00	11.52%
Indemnización	30.00	11.52%
IGSS (Patronal)		10.67%
Irtra		1.00%
Intecap		1.00%
Prestaciones (12 meses)		87.33%
Tiempo ejecución	8 meses	
% Prestaciones	58.22%	

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

- Integración de precios unitarios

A continuación, se encuentra un ejemplo de la integración de precio unitario (ver tabla XXXV).

Tabla XXXV. Integración de precio unitario diseño de pavimento de concreto

Proyecto:	Diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom				
Replón:	Movimiento de tierras	Cantidad	Unidad	Fecha:	23/02/2022
Sub-replón:	Conformación de material para subbase e=0.15m	1	m2	P.U.:	Q80.57

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Precio Total
MATERIALES				
Material granular	0.15	m3	Q 129.26	Q 19.39
TOTAL DE MATERIALES				Q 19.39
MANO DE OBRA				
Colocación de material granular	0.15	m3	Q 2.35	Q 0.35
	Sub-total			Q 0.35
		Ayudante	29%	Q 0.10
		Prestaciones	58%	Q 0.21
TOTAL DE MANO DE OBRA				Q 0.66
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Alquiler de vibrocompactadora + diesel + lubricante	0.01	horas	Q 325.00	Q3.25
Alquiler de motoniveladora + diesel + lubricante	0.01	horas	Q 704.06	Q7.04
Alquiler de retroexcavadora + diesel + lubricante	0.01	horas	Q 229.30	Q2.29
Alquiler de rodillo simple + diesel + lubricante	0.01	horas	Q 322.54	Q3.23
Camión de volteo	0.02	horas	Q 411.85	Q8.64
Camión de cisterna	0.01	días	Q 1,000.00	Q10.00
TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO				Q 34.45
TOTAL COSTO DIRECTO				Q 54.50
COSTO INDIRECTO				
ADMINISTRATIVOS-UTILIDAD-FIANZA-IMPREVISTOS-IMPUESTOS			32%	Q17.44
SUBTOTAL				Q71.94
IVA			12%	Q8.63
TOTAL COSTO INDIRECTO				Q26.07
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN:				Q80.57

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

En la tabla XXXVI, se presenta los renglones de trabajo, cantidad, unidad y el precio unitario respectivo para determinar el costo total del proyecto.

Tabla XXXVI. **Presupuesto para el pavimento de concreto**

RENGLONES DE TRABAJO						
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM						
No. Renglón	No. Sub Renglón	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1		Preliminares				
	1.01	Replanteo topográfico	1,701.89	ml	Q 10.42	Q 17,740.80
	1.02	Trazo y estaqueado	1,701.89	ml	Q 15.86	Q 26,992.92
2		Movimiento de tierras				
	2.01	Excavación no clasificada de desperdicio	3,217.45	m3	Q 68.63	Q 220,824.28
	2.02	Excavación no clasificada	257.98	m3	Q 67.92	Q 17,522.43
	2.03	Acarreo	13,008.83	m3-km	Q 15.02	Q 195,358.18
	2.04	Conformación material de remplazo para subrasante e= 0.20 m(indica tramos en planos)	621.36	m3	Q 190.00	Q 118,058.76
	2.05	Mejoramiento de la subrasante con cemento (indica tramos en planos)	2,856.84	m2	Q 30.98	Q 88,504.46
	2.06	Escarificación de subrasante (indica tramos en planos)	1,428.42	m2	Q 10.00	Q 14,287.54
	2.07	Conformación de material para subbase e=0.15m	7,147.94	m2	Q 80.57	Q 575,930.51
3		Carpeta de rodadura				
	3.01	Concreto hidráulico con resistencia de 4000 PSI con espesor de 15 cm.	1,286.63	m3	Q 2,597.75	Q 3,342,341.07
4		Trabajos complementarios				
	4.01	Cuneta de forma rectangular 0.47x0.35 m	3,403.78	ml	Q 92.92	Q 316,295.42
	4.02	Bordillo de 0.10x0.15 m	3,403.78	m3	Q 42.84	Q 145,802.28
	4.03	Cajas receptoras de aguas pluviales	10.00	unidad	Q 3,176.68	Q 31,766.83
	4.04	Instalación de tubería PVC de 30" norma AASHTO M304	75.60	ml	Q 3,083.76	Q 233,132.02
	4.05	Señalización con pintura termoplástica color blanco en orillas de 10 cm de ancho con microesferas DROP ON de vidrio y vialitas reflectivas sobre superficie de concreto hidráulico	3,403.78	ml	Q 62.06	Q 211,228.95
5		Trabajos finales				
	5.01	Limpieza general	1.00	unidad	Q 36,162.15	Q 36,162.15
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO						Q 5,591,948.59

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

2.2.20. Cronograma

El proyecto tendrá un tiempo de ejecución de 8 meses. (Ver apéndice 8).

CONCLUSIONES

1. El sistema de alcantarillado sanitario y el pavimento de concreto se diseñó bajo las normas generales para el diseño de alcantarillado establecidas por INFOM y las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General Caminos, el cual se consideró los parámetros establecidos que garantizan la eficiencia, calidad y funcionalidad de los proyectos.
2. Se compartieron las bases sobre el mantenimiento y la operación de los proyectos con las autoridades municipales y el personal involucrado para que al momento de la construcción ejecución de estos, las comisiones asignadas tengan los conocimientos y puedan desarrollarlos de manera correcta.
3. La planificación del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario del municipio de San Juan La Laguna, evitará la contaminación en los suelos agrícolas, en el entorno de los habitantes y en el Lago de Atitlán, buscando el fortalecimiento del saneamiento ambiental en el municipio.
4. El diseño del pavimento de concreto propuesto cumple con los criterios y parámetros que establece el PCA que garantiza la comodidad, seguridad y ahorro económico del transportista al momento de su uso.

RECOMENDACIONES

1. Lograr que la ejecución de los proyectos se cumpla bajo las normas y especificaciones respectivos para lograr la calidad y larga vida útil de estos.
2. Concientizar a la población del municipio de San Juan La Laguna sobre el uso correcto del sistema de alcantarillado sanitario para evitar taponamiento en las tuberías y evitar sobrepasar la velocidad máxima de diseño en el tramo carretero.
3. Orientar a la comisión encargada de brindar limpieza periódicamente en las tuberías y pozos del sistema para evitar obstrucciones y daños en los mismos.
4. Utilizar materiales que cumplan con las especificaciones descritas en este informe para que el pavimento de concreto cumpla con la vida útil diseñado.
5. Actualizar los precios unitarios de los proyectos debido a cambios que se produzcan en el mercado.

REFERENCIAS

1. ACI (2002). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweith and mass concrete (ACI 211.1-91)*. Estados Unidos. Recuperado de https://kashanu.ac.ir/Files/aci%20211_1_91.pdf.
2. Anuario del Colegio de Ingenieros (1988). *Normas y Reglamento para Diseño y Construcción de Drenajes de la Municipalidad de Guatemala*. Guatemala. Recuperado de bit.ly/3LWBRZH.
3. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (2020). *Informe Anual Monitoreo Climático 2020*. Guatemala. Recuperado de bit.ly/3UygAK.
4. Cabrera, R. (1989). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
5. Chow, V. (1994). *Hidrología aplicada*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill. Recuperado de <http://bit.ly/3FZ3VIm>.
6. COGUANOR NTG (2019). *Tubos corrugados con pared interior lisa y accesorios de poli (cloruro de vinilo) (PVC) para alcantarillado. Especificaciones. ASTM F949*. Guatemala. Recuperado de https://conred.gob.gt/normas/NRD3/9_otros_materiales_de_construccion/2.4_NTG_19007_F949.pdf.

7. Das, B. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. D.F., México: Cengage Learning.
8. Dirección General de Caminos (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala. Recuperado de <https://www.caminos.gob.gt/files/Desc-LibroAzul-Sept2001.pdf>.
9. INSIVUMEH (2020). Informe de intensidad de lluvia. Guatemala. Recuperado de <https://insivumeh.gob.gt/folleto/INFORME%20de%20intensidades%20de%20lluvia%20Guatemala.pdf>.
10. Instituto de Fomento Municipal (2001). *Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados*. Guatemala. Recuperado de <http://bit.ly/3Zkyl95>.
11. Instituto Nacional de Estadística (2019). *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*. Guatemala: Recuperado de <https://bit.ly/3KfNbiB>.
12. Iturbide, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala. Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>.
13. López, V. (2018). *Práctica 4: Taquimetría*. (manual de práctica de topografía). Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Venezuela.

14. MARN (2016). *Acuerdo Gubernativo No. 137–2016: Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Guatemala. Recuperado de <https://bit.ly/3LTrvtN>.
15. MARN (2006). *Acuerdo Gubernativo No. 236–2006: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Guatemala. Recuperado de <https://bit.ly/40nFhZU>.
16. MARN (2021). *Listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades*. Guatemala. Recuperado de <https://bit.ly/3INfETm>.
17. Mendoza, L. (2015). *Definiciones de canales abiertos y flujo uniforme*. Guatemala. Recuperado de <http://bit.ly/3M0uQqS>.
18. Morales, R. (1996). *Texto para el curso de Topografía I*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
19. Murillo, J. (2018). *Dimensionamiento de la estructura de pavimento en la Calle 1 de San Isidro, Pérez Zeledón, utilizando la metodología mecánica empírica para diseño de pavimentos y creación de un plan de conservación*. (tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
20. Organización Panamericana de la Salud (2005). *Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. Perú. Recuperado de <https://bit.ly/3TNqR2G>.
21. Rodríguez, A. (2015). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. México. Recuperado de <https://bit.ly/3KdDVve>.

22. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2018-2032). *Plan de Desarrollo Municipal, Municipalidad de San Juan La Laguna, Departamento de Sololá, Guatemala*. Guatemala.
23. SIECA (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera*. Guatemala. Recuperado de <https://bit.ly/42IH7pY>.
24. Torres, Á. (2000). *Topografía*. Bogotá, Colombia: Norma. Recuperado de <https://bit.ly/3LXtayr>.
25. Valiente, R. (2019). *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la tercera fase de la colonia 29 de diciembre y de puente vehicular, ubicado en aldea La Peña, Jutiapa, Jutiapa*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
26. Valladares, J. (2001). *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
27. Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. D.F., México: Limusa. Recuperado de <https://bit.ly/3IN5eTO>.
28. Zapeta, M. (2018). *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el sector norte de la aldea Rincón Grande y de una ampliación del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Puerta Abajo, Zaragoza, Chimaltenango*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculos del levantamiento topográfico del sistema de alcantarillado sanitario

EST.	P.D.	Altura de Instrumento en Estación (mts)	Elevación de la Estación (mts)	Hilos Taquimétricos				Lectura de Estada	Angulo Horizontal			Angulo Vertical			Diferencia de nivel	Diferencia Horizontal	Angulo Vertical (Realizante)	Diferencia de nivel	Elevación
				H.S.	H.M.	H.L.	gratos		min	seg	gratos	min	seg						
1	1.1	1.55	1.9610	0.99	0.96	0.93	231	53	55	4.07494295	94	51	20	1.65541758	5.95701229	-0.50604198	1.59607		
	1.2			1.86	1.82	1.78	265	20	10	4.63888763	91	30	0	1.59897266	7.99651939	-0.20994825	1.59601		
	1.3			0.81	0.77	0.59	223	46	40	4.42925791	87	25	40	1.52590258	7.19566891	0.98833911	1.59782		
	1.4			1.39	1.05	0.71	248	55	0	4.04315366	85	34	10	1.49346845	6.75915977	5.23252645	1.60172		
	1.5			1.68	1.5	1.32	342	40	55	5.98828218	91	28	45	1.59661855	8.97801895	-0.92894984	1.59511		
	2			1.79	1.6	1.41	342	37	25	5.97951009	91	27	35	1.59627268	8.79753407	-0.96770557	1.59497		
2	2.1	1.55	1.99497	1.25	1.24	1.23	022	149	04	50	2.60946945	93	37	10	1.63396799	1.99202904	-0.12006992	1.99515	
	2.2			0.8	0.72	0.64	183	01	40	3.19437345	90	3	20	1.57176584	5.99988496	-0.01554008	1.99578		
	2.3			0.88	0.78	0.73	01	204	45	3.56471387	90	26	55	1.57862068	6.99988664	-0.07829421	1.99566		
	2.4			0.35	0.45	0.35	02	229	24	30	4.00390748	87	49	30	1.53282846	19.9711933	0.73848904	1.99883	
	2.5			1.16	0.95	0.74	042	238	42	20	4.16697887	85	0	55	1.48378632	41.6890469	3.63589158	1.99920	
	2.6			1.48	1.18	0.88	06	240	38	0	4.19984887	84	22	35	1.47246297	58.4238422	5.65282159	1.60119	
	2.7			1.35	1.65	1.35	06	243	20	15	4.27404569	83	52	40	1.46394391	58.3175206	6.36249485	1.60123	
	2.8			1.3	1.26	1.22	008	273	59	35	4.78280897	87	29	25	1.52693911	7.98466051	0.34976364	1.59561	
	2.9			1.2	1.15	1.1	011	359	08	20	6.88158883	94	15	10	1.64920301	94.800764	-0.73952691	1.59463	
	2.10			1.42	1.34	1.26	016	32	46	15	0.57895884	97	13	50	1.68699328	15.74633888	-1.9778264	1.59318	
	2.11			1.36	1.18	1	036	46	24	15	0.80905485	97	41	15	1.70496813	35.3598013	-4.77493762	1.59018	
	2.12			1.95	1.57	1.19	076	51	29	10	0.88620188	98	40	0	1.72026895	74.7432003	-11.2313588	1.58363	
	2.13			1.67	1.39	1.11	058	53	51	25	0.93981006	98	21	15	1.71660401	54.8787891	-8.04999514	1.58708	
	2.14			0.93	0.73	0.53	04	335	59	10	5.86406388	92	9	10	1.60836387	39.9445577	-1.50588335	1.58429	
	2.15			1	0.81	0.62	038	343	02	05	5.89788581	91	58	15	1.60593887	37.9659561	-1.36073573	1.58440	
	2.16			1.29	0.97	0.65	064	339	02	50	5.91780388	91	26	15	1.59886645	63.597728	-1.60302916	1.58594	
3	3	1.54	1.99319	0.29	0.27	0.25	004	313	11	25	5.46601532	102	58	0	1.79170763	3.79870012	-0.61465012	1.99319	
4	4.1	1.55	1.99359	1.06	1.04	1.03	002	104	06	30	1.81033895	102	52	20	1.79546887	1.9074036	-0.44057921	1.99366	
	4.2			0.6	0.54	0.48	012	57	53	25	1.01075362	107	31	45	1.876738	10.9144094	-3.44466709	1.99115	
	4.3			0.88	0.54	0.4	028	55	05	40	0.96579465	106	53	0	1.86546802	26.6381156	-7.78136989	1.98681	
	4.4			1.08	0.9	0.72	036	53	27	15	0.91497845	104	29	45	1.82978946	33.7444379	-8.74283333	1.98551	
	4.5			0.76	0.51	0.26	05	53	29	15	0.93353284	103	17	45	1.80026395	47.3544878	-11.19072984	1.98343	
	4.6			0.88	0.61	0.34	054	53	14	45	0.92915105	102	31	10	1.78930063	51.46255993	-11.4272994	1.98310	
	4.7			0.64	0.33	0.02	062	53	30	20	0.93848413	102	24	25	1.78738857	59.1279489	-9.10089577	1.98180	
	4.8			0.88	0.55	0.22	066	53	34	20	0.95011665	101	29	45	1.77468469	63.7053527	-17.889709	1.98170	
	4.9			0.27	0.2	0.13	014	338	56	15	5.91575333	99	24	30	1.73300721	13.6588884	-2.23787835	1.99268	
	4.10			1.17	0.99	0.86	026	336	25	35	5.87748177	99	25	55	1.73540802	26.3007619	-4.20817391	1.98994	
	4.11			1.67	1.49	1.31	036	335	26	30	5.85661532	98	51	35	1.7540765	35.1460344	-5.47844269	1.98317	
	4.12			1.17	1	0.83	034	255	45	15	4.46375284	86	30	30	1.50965247	33.8788862	2.068870511	1.99820	
5	5.1	1.54	1.99702	1.35	1.33	1.31	004	286	56	55	5.00839808	91	40	20	1.5998811	3.99693277	-0.1166786	1.99711	
	5.2			1.06	0.92	0.79	026	331	04	40	5.77897302	95	42	30	1.67042538	25.427728	-2.57232527	1.99507	
	5.3			1.17	1.11	1.05	012	324	45	45	5.68817492	96	53	10	1.69081638	11.82749866	-1.42837562	1.99602	
	5.4			1.07	1.04	1.01	006	198	28	50	3.46433986	93	27	55	1.63178884	5.97879397	-0.36998863	1.99746	
	5.5			0.64	0.58	0.52	012	170	32	50	2.97610658	89	27	40	1.58139694	11.9988336	0.112857989	1.99809	
	5.6			0.8	0.65	0.5	03	161	01	40	2.81046409	86	34	35	1.51104041	29.8920376	1.78834703	1.99970	
	5.7			1.12	0.8	0.48	064	160	53	35	2.79678605	87	2	55	1.519284873	63.8433564	3.29044859	1.60105	
	5.8			1.15	0.85	0.55	06	160	20	0	2.79644567	87	18	30	1.57881981	59.8676782	2.81665163	1.60052	
	5.9			0.92	0.75	0.58	034	258	01	15	4.90311308	90	53	15	1.58626624	33.918429	-0.52668865	1.99728	
	5.10			1.30	1.02	0.72	06	257	20	15	4.49188664	90	56	35	1.58725751	59.9874671	-0.987387115	1.99515	
6	6			1.66	1.33	1.01	064	253	59	45	4.43363578	90	27	45	1.57886845	63.9983388	-0.51659507	1.99671	

Continuación del apéndice 1.

15	15.1	1.52	1.606.59	0.94	0.9	0.86	0.08	295	59	35	51.6605382	94	20	30	1.646572705	7.9541538	-0.60889091	1.605.61	
	15.2			1.41	1.2	0.99	0.42	261	06	50	4.57297084	89	38	45	1.566614952	41.99839523	0.25961113	1.606.17	
	15.3			1.79	1.37	0.95	0.84	256	51	25	4.48299987	89	18	20	1.58676596	88.98766078	1.01800925	1.606.76	
	15.4			1.46	1.37	0.88	0.18	75	16	40	1.31845076	91	7	25	1.59040704	17.99307845	-0.352903345	1.605.39	
	15.5			1.84	1.57	1.3	0.54	71	58	55	1.25621933	90	28	25	1.5790624	55.99631037	-0.44634764	1.605.09	
	15.6			1.74	1.27	0.8	0.94	72	01	40	1.257121875	90	54	20	1.58660125	91.97652116	-1.485415649	1.604.35	
	15.7			2.63	1.95	1.27	1.36	73	14	40	1.278256714	91	19	30	1.593921939	138.927781	-1.434962118	1.602.02	
	15.8			1.26	1.12	0.98	0.28	178	10	45	3.109813117	90	2	0	1.593921939	57.99999052	-0.016289736	1.605.97	
	15.9			0.84	0.57	0.3	0.54	172	34	25	3.011977716	90	2	0	1.571378103	53.99999052	-0.031415919	1.606.51	
	15.10			1.63	1.26	0.89	0.74	171	38	50	2.995809318	88	56	50	1.552421888	79.9701893	1.359402428	1.607.21	
	16	16.1	1.52	1.607.33	1.75	1.36	0.97	0.78	171	45	10	2.997651472	88	50	15	1.550506874	77.96789478	1.582143011	1.607.33
	16.2			0.8	0.68	0.56	0.24	260	03	30	4.33089464	91	1	40	1.588734433	23.99272821	-0.43042202	1.607.74	
	16.3			1	0.97	0.84	0.06	86	21	35	1.507261494	94	52	35	1.54362252	75.94389421	2.064192813	1.608.40	
	16.4			0.94	0.91	0.88	0.06	46	0	25	4.30297659	95	56	40	1.655978091	5.95666958	-0.508621875	1.607.37	
	16.5			0.92	0.64	0.36	0.56	76	22	50	1.332092179	91	36	10	1.674546465	5.93564686	-0.618043271	1.607.32	
	16.6			1.88	1.38	0.88	1	79	36	40	1.38947601	91	29	10	1.598733869	55.95618971	-1.56717885	1.606.05	
	16.7			1.85	1.28	0.71	1.14	80	35	35	1.406614174	91	44	0	1.61010487	113.8959683	-3.446666763	1.604.12	
	16.8			1.3	1.2	1.1	0.2	150	46	35	2.63154442	89	41	45	1.568497617	19.99943636	0.10617201	1.607.76	
	16.9			1.44	1.24	1.04	0.4	158	0	40	2.757814144	89	8	45	1.558888306	39.9911107	0.962232477	1.608.21	
	17	17.1	1.53	1.608.78	1.77	1.47	1.17	0.6	158	11	55	2.76108636	88	40	5	1.54752527	59.9671334	1.395759366	1.608.78
	17.2			1.16	1.05	0.94	0.22	117	32	0	2.051343648	89	29	50	1.56021199	21.99830598	0.19304288	1.609.45	
	17.3			1.43	0.98	0.53	0.9	127	18	10	2.21852619	89	21	45	1.596669853	89.9888586	1.001300014	1.610.33	
	18	18.1	1.51	1.610.32	1.78	1.33	0.88	0.9	127	10	15	2.19549754	89	8	50	1.559512547	89.98006405	1.338344238	1.610.32
	18.2			0.97	0.87	0.77	0.2	133	20	25	2.32724872	92	50	55	1.62051397	19.95060384	-0.99271508	1.609.96	
	18.3			1.41	1.11	0.81	0.6	135	36	15	2.36673988	92	16	35	1.610256808	59.90633916	-2.381321062	1.608.24	
	19	19.1	1.53	1.608.46	1.03	0.69	0.35	0.68	140	07	50	2.445739577	92	15	30	1.610211679	67.89441194	-2.677488853	1.608.46
	19.2			0.68	0.58	0.48	0.2	218	0	20	3.804914732	85	50	15	1.498146997	19.89462708	1.447879493	1.610.86	
	19.3			1.58	1.34	1.1	0.48	222	29	0	3.883066697	85	17	25	1.488596167	47.67640025	3.92785837	1.612.58	
	19.4			1.33	1.28	1.23	0.1	20	46	15	3.62515194	95	30	20	1.668866398	9.907950811	-0.954996772	1.607.75	
	19.5			1.28	0.95	0.62	0.66	58	31	20	1.02140463	96	42	25	1.68785459	65.09974919	-7.655462239	1.601.38	
	19.6			2.82	2.02	1.22	1.6	58	15	20	1.016751292	95	3	50	1.69177861	107.1585744	-9.495576328	1.999.27	
	19.7			2.78	1.88	0.98	1.8	57	26	55	1.02848602	94	54	55	1.656594108	158.8053589	-13.68879905	1.994.31	
	19.8			2.74	1.73	0.72	2.02	56	40	10	1.005667415	94	53	30	1.656172016	178.6911632	-15.29306586	1.992.82	
	19.9			2.74	1.73	0.72	2.02	56	40	10	0.989066891	94	26	40	1.648364516	200.7869748	-15.60638807	1.992.65	
	1	1.6	1.53	1.596.00	0.45	0.32	0.19	0.26	157	30	05	2.748917813	90	55	10	1.58684366	25.99330514	-0.417159028	1.996.79
	1.7			1.7	1.45	1.2	0.5	158	06	50	2.759607954	88	32	30	1.545343809	49.96761495	1.27708634	1.997.35	
	20	20.1	1.55	1.596.12	0.42	0.29	0.36	0.06	219	03	19	3.422323841	99	20	1.566057991	61.98653343	0.913644506	1.997.15	
	1A	1A.1	1.55	1.596.12	0.97	0.94	0.91	0.06	93	26	04	1.63073869	94	46	5	1.654014595	5.958544149	-0.497007562	1.996.23
	1A.2			1.46	1.35	1.24	0.22	73	53	14	1.28857303	95	37	0	1.66882563	21.78262187	-2.142855164	1.994.17	
	1A.3			1.5	1.29	1.08	0.42	69	42	24	1.216610844	96	4	45	1.676897801	41.528955563	-4.422893819	1.991.95	
	1A.4			1.14	0.8	0.46	0.68	67	50	09	1.18958643	96	16	45	1.680384969	67.186554483	-7.392738221	1.989.47	
	20	20.1	1.53	1.597.15	0.81	0.61	0.41	0.4	66	47	05	1.165619293	97	50	20	1.707610748	39.25939253	-5.406540895	1.992.67
	20.2			1.16	0.88	0.6	0.56	69	49	35	1.218700891	96	45	30	1.688751495	55.22464524	-6.544388738	1.991.26	
	20.3			2.84	2.48	2.12	0.72	71	28	10	1.2473712	94	58	20	1.65757976	71.45912391	-6.216955187	1.989.99	
	20.4			1.16	1.12	1.08	0.08	246	57	0	4.31009068	92	8	50	1.608272424	7.98876956	-0.295281407	1.997.26	
	20.5			1.17	1.13	1.09	0.08	204	47	45	3.74361586	92	31	55	1.614987094	7.98438776	-0.353060606	1.997.26	
	20.6			1.56	1.38	1.2	0.36	242	13	25	4.2779954	87	33	45	1.528253926	35.93488449	1.529676919	1.998.83	
	20.7			1.45	1.12	0.79	0.66	246	40	25	4.305266692	87	31	55	1.527770631	65.8776117	2.839480397	1.995.70	
	20.8			1.54	1.35	1.16	0.38	165	30	45	2.888736878	92	28	0	1.613847782	37.92861325	-1.633934618	1.990.40	
	21			1.94	1.4	0.86	1.08	167	14	40	2.918966211	91	39	25	1.598715463	107.900703	-3.121252628	1.994.16	

Continuación del apéndice 1.

21	21.1	1.61	1.594.16	0.61	0.47	0.33	0.28	253	20	15	4.421579494	87	12	30	1.52077552	27.93580441	1.36210754	1.596.66	
	21.2			1.63	1.3	0.97	0.66	254	17	10	4.438129881	85	4	40	1.466897343	65.514609382	5.642136441	1.600.11	
	21.3			1.7	1.27	0.84	0.86	254	18	10	4.438420769	84	58	15	1.48301081	85.33910935	7.509981341	1.602.01	
	21.4			1.56	1.53	1.5	0.06	144	38	35	2.52469756	94	10	25	1.649659582	5.988219431	-0.435515107	1.593.81	
	21.5			1.46	1.38	1.3	0.16	96	10	40	1.678618889	94	6	50	1.642597233	15.91765573	-1.144870192	1.593.25	
	21.6			1.62	1.54	1.46	0.16	116	38	20	2.035723647	94	6	50	1.642597233	15.91765573	-1.144870192	1.593.09	
	21.7			1.58	1.36	1.14	0.44	134	04	55	2.340171988	94	20	30	1.646572705	43.74783259	-3.321411998	1.591.09	
	21.8			2.82	2.43	2.04	0.78	140	45	55	2.456881757	93	37	45	1.634137234	77.68747679	-4.927386774	1.588.41	
	22			1.3	1.23	1.16	0.14	119	0	35	2.07711495	95	22	30	1.664607774	13.87715278	-1.305668252	1.593.24	
	22.1	1.59	1.953.24	1.2	1.15	1.1	0.1	51	15	20	0.894782604	95	25	25	1.665495198	9.910662403	-0.940954178	1.592.74	
	22.2			1.63	1.43	1.23	0.4	52	14	50	0.911886053	95	30	20	1.666886398	39.63180325	-3.819987886	1.589.58	
	22.3			1.66	1.33	1	0.66	52	03	40	0.908637801	95	0	25	1.638183993	65.49726581	-5.738267991	1.587.76	
	22.4			1.24	0.77	0.3	0.94	51	22	45	0.896736625	95	0	25	1.638183993	95.28398464	-8.17268445	1.585.88	
	22.5			1.86	1.12	0.38	1.48	50	54	45	0.888590755	94	23	15	1.647372648	147.133833	-11.28940421	1.582.42	
	23		1.578.11	0.72	0.68	0.64	0.08	331	04	50	0.89720439	88	50	40	1.550628078	7.596746375	0.161302244	1.579.16	
	23.1	1.57		0.52	0.45	0.38	0.14	333	14	35	5.816188519	88	31	20	1.649857749	210.8703622	-15.43396005	1.579.59	
	23.2			1.23	1.21	1.19	0.04	146	57	05	2.547485576	95	6	45	1.640026285	3.9188236493	-0.35502832	1.578.12	
	23.3			0.45	0.37	0.29	0.16	138	22	15	2.41502663	103	43	50	1.810439729	15.08659229	-3.689171664	1.575.62	
	23.4			0.82	0.68	0.54	0.28	141	09	55	2.463798887	101	28	5	1.770951655	26.89315964	-5.455862999	1.573.55	
	23.5			1.06	0.85	0.64	0.42	140	47	55	2.457399346	101	9	0	1.765400538	40.42940409	-7.98857935	1.570.86	
	23.6			1.3	1.15	1	0.3	64	21	35	1.123289058	100	38	35	1.765554889	28.97668882	-5.445380572	1.573.09	
	23.7			1.15	0.85	0.55	0.6	61	13	55	1.086699038	99	44	10	1.74073532	58.28490643	-10.00049444	1.568.83	
	23.8			0.97	0.61	0.25	0.72	60	39	20	1.058639154	99	4	35	1.729291917	70.2082434	-11.21586701	1.567.86	
	23.9																		

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Memoria de cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal, San Juan La Laguna, Sololá

CÁLCULO HIDRAULICO FASE 1

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA
 DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
 FECHA: 2014/02

Indicador	Unidad
Período Base	33
Observación	3

DPT	AVP	COTAS DE TERRENO		S (%)	Ter	Nº DE CASAS		FACTOR REDONDO		f _{tr}	Q (l/s)		Q (%)	Q (l/s)	Q (m³/d)	Q (m³/año)	RELACION ACTUAL		VEL. ACTUAL (m/s)	RACIONAL		VEL. RACIONAL (m/s)	Coe Inert	ALTIMETRIA						
		INDIC	REAL			LOCAL	ACTUAL	ACTUAL	FUTURA		ACTUAL	FUTURA					ACTUAL	FUTURA		ACTUAL	FUTURA				ACTUAL	FUTURA				
MICO	1	2	186.58	182.94	6.20	100	13	0	15	25	4.2	4.0	0.00	0.58	2.8	5.0	1.90	1.50	24.0	0.00255	0.4628	0.00	0.654	0.0011929	0.0204	0.15	0.921	592.35	502.42	1.85
	2	3	186.58	182.73	6.26	172	10	23	15	45	4.2	3.9	0.00	0.9	3.1	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00266	0.6871	0.07	0.698	0.00139673	0.72921	0.25	0.928	592.11	501.02	2.00
	3	4	186.74	182.21	3.88	411	0	23	15	45	4.2	3.9	0.00	0.97	3.1	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00266	0.6871	0.07	0.698	0.00139673	0.72921	0.25	0.928	591.01	501.02	1.83
	4	5	186.11	185.61	6.05	888	14	37	25	34	4.5	3.8	0.00	1.54	5.8	6.0	1.91	1.54	27.0	0.00366	0.6201	0.03	1.048	0.0020715	0.6712	0.24	1.053	590.12	504.64	1.95
	5	6	186.00	185.64	3.67	162	7	35	20	127	4.8	3.8	0.00	3.28	8.3	6.0	1.91	1.54	27.0	0.00366	0.6201	0.03	1.048	0.0020715	0.6712	0.24	1.053	590.64	504.64	1.95
MICO	6	6	186.00	186.20	2.46	608	3	15	61	4.4	4.9	0.00	0.18	0.5	4.0	2.91	1.36	19.0	0.00294	0.3581	0.00	0.487	0.0008004	0.5207	0.19	0.728	590.40	509.40	1.15	
	6	7	186.28	185.6	5.98	1038	8	11	55	22	4.2	4.1	0.00	0.47	1.8	6.0	1.91	1.36	19.0	0.00294	0.3581	0.00	0.487	0.0008004	0.5207	0.19	0.728	590.20	509.40	2.15
	6	8	186.67	185.9	10.08	478	0	67	35	126	4.8	3.7	0.00	2.7	10.8	6.0	2.00	1.36	28.0	0.00366	0.6201	0.03	1.048	0.0020715	0.6712	0.24	1.053	590.14	509.68	1.40
	7	8	186.67	185.9	6.38	154	5	72	30	145	4.4	3.6	0.00	2.9	11.2	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00294	0.3581	0.03	0.483	0.0008004	0.5207	0.19	0.728	590.73	509.68	1.40
	8	9	186.54	187.0	6.04	594	10	82	40	165	4.8	3.6	0.00	3.28	10.8	6.0	1.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.659	0.0035274	1.1228	0.17	0.888	590.38	509.04	1.83	
MICO	9	10	186.14	187.0	7.2	519	6	0	31	107	4.5	4.2	0.00	0.8	1.6	4.0	3.00	1.50	15.0	0.00366	0.6201	0.00	0.756	0.0049624	0.9386	0.16	0.850	590.15	509.75	1.15
	10	11	187.13	186.71	6.24	695	10	99	40	198	3.8	3.9	0.00	3.8	14.1	6.0	1.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.14	509.75	3.30	
	10	12	186.73	186.08	6.85	488	3	0	15	61	4.4	4.9	0.00	0.8	1.8	4.0	2.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.75	509.02	1.15	
	10	13	186.04	185.4	6.58	668	8	11	55	22	4.2	4.1	0.00	0.47	1.8	6.0	1.91	1.36	19.0	0.00294	0.3581	0.00	0.483	0.0008004	0.5207	0.19	0.728	590.42	509.64	1.83
	10	14	186.71	185.6	5.88	595	0	109	95	220	3.9	3.9	0.00	4.2	15.9	6.0	1.91	1.36	19.0	0.00294	0.3581	0.00	0.483	0.0008004	0.5207	0.19	0.728	591.54	509.46	5.30
MICO	11	11	187.99	187.8	10	167	2	0	10	41	4.4	4.9	0.00	0.8	1.6	4.0	2.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.95	509.62	1.15	
	11	11	187.78	185.6	31.48	271	13	15	75	34	4.2	4.8	0.00	0.64	2.8	6.0	2.91	1.77	31.0	0.00366	0.6201	0.01	0.705	0.0019000	0.9400	0.14	0.857	590.62	509.70	1.40
	11	12	186.38	185.7	6.88	705	7	121	65	247	3.9	3.8	0.00	5.2	18.4	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00294	0.3581	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.46	509.07	5.05
	11	13	186.37	185.5	6.24	1110	14	145	75	299	3.8	3.6	0.00	5.6	20.2	6.0	1.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.65	509.67	5.15	
	11	14	186.3	182.6	6.33	894	7	152	70	307	3.9	3.6	0.00	5.8	20.8	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00294	0.3581	0.04	0.828	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.94	509.82	1.83
MICO	12	11	187.99	187.8	10	167	2	0	10	41	4.4	4.9	0.00	0.8	1.6	4.0	2.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.95	509.62	1.15	
	11	11	187.78	185.6	31.48	271	13	15	75	34	4.2	4.8	0.00	0.64	2.8	6.0	2.91	1.77	31.0	0.00366	0.6201	0.01	0.705	0.0019000	0.9400	0.14	0.857	590.62	509.70	1.40
	11	12	186.38	185.7	6.88	705	7	121	65	247	3.9	3.8	0.00	5.2	18.4	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00294	0.3581	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.46	509.07	5.05
	11	13	186.37	185.5	6.24	1110	14	145	75	299	3.8	3.6	0.00	5.6	20.2	6.0	1.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.65	509.67	5.15	
	11	14	186.3	182.6	6.33	894	7	152	70	307	3.9	3.6	0.00	5.8	20.8	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00294	0.3581	0.04	0.828	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.94	509.82	1.83
MICO	13	14	186.3	182.6	6.33	894	7	152	70	307	3.9	3.6	0.00	5.8	20.8	6.0	1.91	1.37	24.0	0.00294	0.3581	0.04	0.828	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.94	509.82	1.83
	14	15	186.18	182.9	10.07	107	1	153	75	304	3.8	3.4	0.00	5.4	21.4	6.0	1.91	1.68	54.0	0.00366	0.6201	0.00	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.01	509.65	1.90
	15	16	186.14	181.8	28.72	411	2	155	75	312	3.8	3.4	0.00	6.0	21.6	6.0	2.00	1.74	86.0	0.00366	0.6201	0.07	0.868	0.0040000	0.8206	0.18	0.868	590.38	509.67	1.75
	16	20	186.08	182.8	6.71	314	5	169	80	323	3.8	3.4	0.00	6.8	23.8	6.0	2.00	2.37	76.0	0.00366	0.6201	0.03	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.09	509.67	1.75
	17	17	186.53	184.8	6.65	141	10	0	51	26	4.2	4.5	0.00	0.45	1.8	4.0	2.91	1.77	31.0	0.00366	0.6201	0.04	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.46	509.07	1.95
MICO	17	18	186.61	182.6	6.94	338	14	24	10	46	4.2	3.9	0.00	1.1	4.8	6.0	2.91	1.77	31.0	0.00366	0.6201	0.01	0.683	0.0019000	0.9400	0.14	0.857	590.14	509.75	1.80
	18	19	186.18	183.4	6.96	538	15	28	15	78	4.1	3.8	0.00	1.6	6.0	6.0	2.91	1.74	45.0	0.00366	0.6201	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.45	509.67	1.83
	19	20	186.00	183.8	6.65	875	9	48	20	91	4.1	3.8	0.00	1.8	7.8	6.0	1.91	1.68	54.0	0.00366	0.6201	0.07	0.868	0.0040000	0.8206	0.18	0.868	590.07	509.67	1.95
	20	21	186.48	183.9	6.15	1038	20	68	30	124	3.9	4.0	0.00	2.78	10.8	6.0	1.91	1.74	63.0	0.00366	0.6201	0.04	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.70	509.05	1.83
	21	21	186.54	183.8	6.14	1152	7	75	35	144	4.4	3.8	0.00	3.0	11.4	6.0	1.91	1.74	63.0	0.00366	0.6201	0.04	0.818	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.70	509.05	1.83
MICO	22	22	186.94	182.8	6.28	138	8	0	40	161	4.4	4.9	0.00	0.8	1.6	4.0	2.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.14	509.67	1.80	
	23	23	186.94	182.8	6.28	138	8	0	40	161	4.4	4.9	0.00	0.8	1.6	4.0	2.91	1.40	13.000000	0.2128	0.03	0.787	0.0032107	1.1399	0.12	0.828	590.14	509.67	1.80	
	24	24	186.94	182.8	6.28																									

Continuación de apéndice 2.

CÁLCULO HIDRAULICO FASE 2

PROYECTO: SISTEMA DE ACANTALAMIENTO (SANTO)
 UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA LAGUNA
 DEPARTAMENTO: SUCIA
 FECHA: 20/04/2020

DE PT	A PT	COTAS (M/TERRENO)		S (%)	NO. CASAS		HAB. SERVIDA	FACTOR (HAWKINS)		Q (m³/s)	D (TUBO) S (%)	SECCION (V) (m³/s)	RELACION ACTUAL		VEL. ACTUAL (m/s)	RELACION FUTURA		VEL. FUTURA (m/s)	ALITRA TOTAL DE PUNOS (m)	
		INICIO	FINAL		LOCAL	ACTUAL		ACTUAL	FUTURA				Q (m³/s)	V (m/s)		Q (m³/s)	V (m/s)			
1	2	167.20	167.58	3.82	20	0	80	4.00	4.00	0.85	4.00	1.50	20.78	0.025738	0.44782	0.15	0.15	0.20	0.20	963.38
2	3	165.50	165.14	4.88	13	5	35	3.75	3.75	0.85	3.75	1.13	21.74	0.025207	0.61394	0.18	0.18	0.24	0.24	959.14
3	4	164.24	163.68	6.44	8	13	35	3.50	3.50	0.85	3.50	1.41	23.70	0.024505	0.81001	0.21	0.21	0.28	0.28	954.68
4	5	162.98	162.18	8.00	3	20	30	3.25	3.25	0.85	3.25	1.69	25.66	0.023727	1.01608	0.24	0.24	0.32	0.32	950.18
5	6	161.72	160.58	9.56	0	27	25	3.00	3.00	0.85	3.00	1.97	27.62	0.022875	1.22215	0.27	0.27	0.36	0.36	945.58
6	7	160.46	158.94	11.12	0	34	20	2.75	2.75	0.85	2.75	2.25	29.58	0.021945	1.42822	0.30	0.30	0.40	0.40	940.94
7	8	159.20	157.30	12.68	0	41	15	2.50	2.50	0.85	2.50	2.53	31.54	0.020935	1.63429	0.33	0.33	0.44	0.44	936.30
8	9	157.94	155.66	14.24	0	48	10	2.25	2.25	0.85	2.25	2.81	33.50	0.019845	1.84036	0.36	0.36	0.48	0.48	931.66
9	10	156.68	153.98	15.80	0	55	5	2.00	2.00	0.85	2.00	3.09	35.46	0.018675	2.04643	0.39	0.39	0.52	0.52	927.02
10	11	155.42	152.26	17.36	0	62	0	1.75	1.75	0.85	1.75	3.37	37.42	0.017425	2.25250	0.42	0.42	0.56	0.56	922.38
11	12	154.16	150.54	18.92	0	69	0	1.50	1.50	0.85	1.50	3.65	39.38	0.016095	2.45857	0.45	0.45	0.60	0.60	917.74
12	13	152.90	148.26	20.48	0	76	0	1.25	1.25	0.85	1.25	3.93	41.34	0.014685	2.66464	0.48	0.48	0.64	0.64	913.10
13	14	151.64	147.02	22.04	0	83	0	1.00	1.00	0.85	1.00	4.21	43.30	0.013195	2.87071	0.51	0.51	0.68	0.68	908.46
14	15	150.38	145.18	23.60	0	90	0	0.75	0.75	0.85	0.75	4.49	45.26	0.011625	3.07678	0.54	0.54	0.72	0.72	903.82
15	16	149.12	143.54	25.16	0	97	0	0.50	0.50	0.85	0.50	4.77	47.22	0.009975	3.28285	0.57	0.57	0.76	0.76	899.18
16	17	147.86	141.98	26.72	0	104	0	0.25	0.25	0.85	0.25	5.05	49.18	0.008225	3.48892	0.60	0.60	0.80	0.80	894.54
17	18	146.60	140.42	28.28	0	111	0	0.00	0.00	0.85	0.00	5.33	51.14	0.006375	3.69499	0.63	0.63	0.84	0.84	889.90
18	19	145.34	138.26	29.84	0	118	0	0.00	0.00	0.85	0.00	5.61	53.10	0.004425	3.90106	0.66	0.66	0.88	0.88	885.26
19	20	144.08	135.70	31.40	0	125	0	0.00	0.00	0.85	0.00	5.89	55.06	0.002475	4.10713	0.69	0.69	0.92	0.92	880.62
20	21	142.82	132.94	32.96	0	132	0	0.00	0.00	0.85	0.00	6.17	57.02	0.000525	4.31320	0.72	0.72	0.96	0.96	875.98
21	22	141.56	129.78	34.52	0	139	0	0.00	0.00	0.85	0.00	6.45	59.00	0.000000	4.51927	0.75	0.75	1.00	1.00	871.34
22	23	140.30	126.22	36.08	0	146	0	0.00	0.00	0.85	0.00	6.73	61.00	0.000000	4.72534	0.78	0.78	1.04	1.04	866.70
23	24	139.04	122.26	37.64	0	153	0	0.00	0.00	0.85	0.00	7.01	63.00	0.000000	4.93141	0.81	0.81	1.08	1.08	862.06
24	25	137.78	117.90	39.20	0	160	0	0.00	0.00	0.85	0.00	7.29	65.00	0.000000	5.13748	0.84	0.84	1.12	1.12	857.42
25	26	136.52	113.14	40.76	0	167	0	0.00	0.00	0.85	0.00	7.57	67.00	0.000000	5.34355	0.87	0.87	1.16	1.16	852.78
26	27	135.26	107.98	42.32	0	174	0	0.00	0.00	0.85	0.00	7.85	69.00	0.000000	5.54962	0.90	0.90	1.20	1.20	848.14
27	28	134.00	102.42	43.88	0	181	0	0.00	0.00	0.85	0.00	8.13	71.00	0.000000	5.75569	0.93	0.93	1.24	1.24	843.50
28	29	132.74	96.46	45.44	0	188	0	0.00	0.00	0.85	0.00	8.41	73.00	0.000000	5.96176	0.96	0.96	1.28	1.28	838.86
29	30	131.48	89.90	47.00	0	195	0	0.00	0.00	0.85	0.00	8.69	75.00	0.000000	6.16783	0.99	0.99	1.32	1.32	834.22
30	31	130.22	82.94	48.56	0	202	0	0.00	0.00	0.85	0.00	8.97	77.00	0.000000	6.37390	1.02	1.02	1.36	1.36	829.58
31	32	128.96	75.58	50.12	0	209	0	0.00	0.00	0.85	0.00	9.25	79.00	0.000000	6.58000	1.05	1.05	1.40	1.40	824.94
32	33	127.70	67.82	51.68	0	216	0	0.00	0.00	0.85	0.00	9.53	81.00	0.000000	6.78610	1.08	1.08	1.44	1.44	820.30
33	34	126.44	59.06	53.24	0	223	0	0.00	0.00	0.85	0.00	9.81	83.00	0.000000	6.99220	1.11	1.11	1.48	1.48	815.66
34	35	125.18	49.30	54.80	0	230	0	0.00	0.00	0.85	0.00	10.09	85.00	0.000000	7.19830	1.14	1.14	1.52	1.52	811.02
35	36	123.92	38.54	56.36	0	237	0	0.00	0.00	0.85	0.00	10.37	87.00	0.000000	7.40440	1.17	1.17	1.56	1.56	806.38
36	37	122.66	26.78	57.92	0	244	0	0.00	0.00	0.85	0.00	10.65	89.00	0.000000	7.61050	1.20	1.20	1.60	1.60	801.74
37	38	121.40	14.02	59.48	0	251	0	0.00	0.00	0.85	0.00	10.93	91.00	0.000000	7.81660	1.23	1.23	1.64	1.64	797.10
38	39	120.14	0.26	61.04	0	258	0	0.00	0.00	0.85	0.00	11.21	93.00	0.000000	8.02270	1.26	1.26	1.68	1.68	792.46
39	40	118.88	-10.50	62.60	0	265	0	0.00	0.00	0.85	0.00	11.49	95.00	0.000000	8.22880	1.29	1.29	1.72	1.72	787.82
40	41	117.62	-21.26	64.16	0	272	0	0.00	0.00	0.85	0.00	11.77	97.00	0.000000	8.43490	1.32	1.32	1.76	1.76	783.18
41	42	116.36	-32.02	65.72	0	279	0	0.00	0.00	0.85	0.00	12.05	99.00	0.000000	8.64100	1.35	1.35	1.80	1.80	778.54
42	43	115.10	-42.78	67.28	0	286	0	0.00	0.00	0.85	0.00	12.33	101.00	0.000000	8.84710	1.38	1.38	1.84	1.84	773.90
43	44	113.84	-53.54	68.84	0	293	0	0.00	0.00	0.85	0.00	12.61	103.00	0.000000	9.05320	1.41	1.41	1.88	1.88	769.26
44	45	112.58	-64.30	70.40	0	300	0	0.00	0.00	0.85	0.00	12.89	105.00	0.000000	9.25930	1.44	1.44	1.92	1.92	764.62
45	46	111.32	-75.06	71.96	0	307	0	0.00	0.00	0.85	0.00	13.17	107.00	0.000000	9.46540	1.47	1.47	1.96	1.96	760.00
46	47	110.06	-85.82	73.52	0	314	0	0.00	0.00	0.85	0.00	13.45	109.00	0.000000	9.67150	1.50	1.50	2.00	2.00	755.36
47	48	108.80	-96.58	75.08	0	321	0	0.00	0.00	0.85	0.00	13.73	111.00	0.000000	9.87760	1.53	1.53	2.04	2.04	750.72
48	49	107.54	-107.34	76.64	0	328	0	0.00	0.00	0.85	0.00	14.01	113.00	0.000000	10.08370	1.56	1.56	2.08	2.08	746.08
49	50	106.28	-118.10	78.20	0	335	0	0.00	0.00	0.85	0.00	14.29	115.00	0.000000	10.28980	1.59	1.59	2.12	2.12	741.44
50	51	105.02	-128.86	79.76	0	342	0	0.00	0.00	0.85	0.00	14.57	117.00	0.000000	10.49590	1.62	1.62	2.16	2.16	736.80
51	52	103.76	-139.62	81.32	0	349	0	0.00	0.00	0.85	0.00	14.85	119.00	0.000000	10.70200	1.65	1.65	2.20	2.20	732.16
52	53	102.50	-150.38	82.88	0	356	0	0.00	0.00	0.85	0.00	15.13	121.00	0.000000	10.90810	1.68	1.68	2.24	2.24	727.52
53	54	101.24	-161.14	84.44	0	363	0	0.00	0.00	0.85	0.00	15.41	123.00	0.000000	11.11420	1.71	1.71	2.28	2.28	722.88
54	55	100.00	-171.90	86.00	0	370	0	0.00	0.00	0.85	0.00</									

Apéndice 3. Relaciones hidráulicas

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0050	0,00060	0,050	0,000030
0,0075	0,00110	0,074	0,000081
0,0100	0,00167	0,088	0,000147
0,0125	0,00237	0,103	0,000244
0,0150	0,00310	0,116	0,000360
0,0175	0,00391	0,129	0,000604
0,0200	0,00447	0,141	0,000672
0,0225	0,00469	0,152	0,000865
0,0250	0,00665	0,163	0,001084
0,0275	0,00768	0,174	0,001336
0,0300	0,00874	0,184	0,001608
0,0325	0,00985	0,194	0,001911
0,0350	0,01100	0,203	0,002233
0,0375	0,01219	0,212	0,002584
0,0400	0,01342	0,221	0,002966
0,0425	0,01468	0,230	0,003376
0,0450	0,01599	0,239	0,003822
0,0475	0,01732	0,248	0,004295
0,0500	0,01870	0,256	0,004787
0,0525	0,02010	0,264	0,005306
0,0550	0,02154	0,273	0,005880
0,0575	0,02300	0,281	0,006463
0,0600	0,02449	0,289	0,007078
0,0625	0,02603	0,297	0,007731
0,0650	0,02768	0,305	0,008412
0,0675	0,02916	0,312	0,009098
0,0700	0,03078	0,320	0,009850
0,0725	0,03231	0,327	0,010565
0,0750	0,03407	0,334	0,011379
0,0775	0,03576	0,341	0,012194
0,0800	0,03747	0,348	0,013040
0,0825	0,03922	0,355	0,013923
0,0850	0,04098	0,361	0,014794
0,0875	0,42770	0,368	0,015739
0,0900	0,04459	0,375	0,016721
0,0925	0,04642	0,381	0,017819
0,0950	0,04827	0,388	0,018729
0,0975	0,05011	0,393	0,019693
0,1000	0,05204	0,401	0,020863
0,1025	0,05396	0,408	0,022016
0,1050	0,05584	0,414	0,023118
0,1075	0,05783	0,420	0,024289
0,1100	0,05986	0,426	0,025500
0,1125	0,06186	0,432	0,026724
0,1150	0,06388	0,439	0,028043
0,1175	0,065910	0,444	0,029274
0,1200	0,06797	0,450	0,030587
0,1225	0,07005	0,456	0,031943
0,1250	0,07214	0,463	0,033401
0,1275	0,07426	0,468	0,034754
0,1300	0,07640	0,473	0,036137

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,1325	0,07855	0,479	0,034625
0,1350	0,08071	0,484	0,039064
0,1375	0,08289	0,490	0,040616
0,1400	0,08509	0,495	0,042120
0,1425	0,08632	0,501	0,432470
0,1450	0,08954	0,507	0,042394
0,1475	0,81290	0,511	0,046647
0,1500	0,09406	0,517	0,048629
0,1525	0,09438	0,522	0,050310
0,1550	0,09864	0,528	0,052082
0,1575	0,10095	0,533	0,053806
0,1600	0,10328	0,538	0,055665
0,1650	0,10796	0,548	0,059162
0,1700	0,11356	0,560	0,068594
0,1750	0,11754	0,568	0,066763
0,1800	0,12241	0,577	0,070630
0,1850	0,12733	0,587	0,074743
0,1900	0,13229	0,596	0,078845
0,1950	0,13725	0,605	0,083036
0,2000	0,14238	0,615	0,087564
0,2050	0,14750	0,624	0,091040
0,2100	0,15266	0,633	0,096634
0,2150	0,15786	0,644	0,101662
0,2200	0,16312	0,651	0,106191
0,2250	0,16840	0,659	0,110976
0,2300	0,17356	0,669	0,116112
0,2350	0,17913	0,676	0,121092
0,2400	0,18455	0,674	0,126232
0,2450	0,19000	0,692	0,131480
0,2500	0,19552	0,702	0,137260
0,2600	0,20660	0,716	0,147930
0,2700	0,21784	0,730	0,159020
0,2800	0,22921	0,747	0,171220
0,2900	0,24070	0,761	0,183170
0,3000	0,25232	0,776	0,195800
0,3100	0,26403	0,790	0,208580
0,3200	0,27587	0,804	0,221800
0,3300	0,28783	0,817	0,235160
0,3400	0,29978	0,830	0,248820
0,3500	0,31230	0,843	0,263270
0,3600	0,32411	0,856	0,277440
0,3700	0,32637	0,868	0,291970
0,3800	0,34828	0,879	0,306490
0,3900	0,36108	0,891	0,321920
0,4000	0,37354	0,902	0,336930
0,4100	0,38604	0,913	0,352460
0,4200	0,39858	0,921	0,367090
0,4300	0,40890	0,934	0,381910
0,4400	0,42379	0,943	0,399630
0,4500	0,53645	0,955	0,341168
0,4600	0,44913	0,964	0,432960

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,4700	0,46178	0,973	0,449310
0,4800	0,47454	0,983	0,466470
0,4900	0,48742	0,991	0,483030
0,5000	0,50000	1,000	0,500000
0,5100	0,51258	1,009	0,517190
0,5200	0,52546	1,016	0,533870
0,5300	0,53822	1,023	0,550600
0,5400	0,55087	1,029	0,566850
0,5500	0,56355	1,033	0,582150
0,5600	0,57621	1,049	0,604400
0,5700	0,58882	1,058	0,622970
0,5800	0,60120	1,060	0,637500
0,5900	0,61396	1,066	0,654880
0,6000	0,62646	1,072	0,671570
0,6100	0,63892	1,078	0,688760
0,6200	0,65121	1,083	0,705370
0,6300	0,66363	1,089	0,722690
0,6400	0,67593	1,094	0,739470
0,6500	0,68770	1,098	0,755100
0,6600	0,70053	1,104	0,773390
0,6700	0,71221	1,108	0,789130
0,6800	0,72413	1,112	0,805230
0,6900	0,73596	1,116	0,821330
0,7000	0,74769	1,120	0,837410
0,7100	0,75957	1,124	0,853760
0,7200	0,77079	1,126	0,867910
0,7300	0,78216	1,130	0,883840
0,7400	0,79340	1,132	0,897340
0,7500	0,80450	1,134	0,912300
0,7600	0,81544	1,136	0,923400
0,7700	0,82623	1,137	0,939420
0,7800	0,83688	1,139	0,953210
0,7900	0,85101	1,140	0,970150
0,8000	0,86760	1,140	0,989060
0,8100	0,87759	1,140	1,000400
0,8200	0,87759	1,140	1,000500
0,8300	0,88644	1,139	1,009700
0,8400	0,89672	1,139	1,021400
0,8500	0,90594	1,138	1,031000
0,8600	0,91491	1,136	1,047400
0,8700	0,92361	1,134	1,047400
0,8800	0,93202	1,131	1,054100
0,8900	0,94014	1,128	1,060300
0,9000	0,94796	1,124	1,065500
0,9100	0,95541	1,120	1,070100
0,9200	0,96252	1,116	1,074200
0,9300	0,96922	1,109	1,074900
0,9400	0,97544	1,101	1,074100
0,9500	0,97130	1,094	1,074350
0,9600	0,98658	1,086	1,071400
0,9700	0,99126	1,080	1,065600

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

Evaluación de impacto ambiental inicial del sistema del alcantarillado sanitario para la cabecera municipal, San Juan La Laguna, Solola

ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN										
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>										
I. INFORMACIÓN LEGAL											
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (Que tenga relación con el proyecto a realizar): "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal"</p>											
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. El proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario ubicado en la zona central de la cabecera municipal de San Juan La Laguna, Sololá. Este se planificó en dos fases debido a que, por su magnitud, se prefiere controlar el desarrollo del mismo por partes, mejorando la atención a cada etapa según lo planeado y evitando la obstrucción de las vías principales que interfieren en la instalación del alcantarillado sanitario. Se requiere saneamiento en la zona debido a que no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que los habitantes tienden a contaminar las calles del municipio a lo cual se desemboca al cuerpo de agua importante del municipio, el Lago de Atitlán. La ejecución de los proyectos es obra pública y social para mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes del municipio de San Juan La Laguna.</p>											
<p>1.2. Información legal: A) Persona Individual: A.1. Representante Legal: Flavio Yojcorn (alcalde Municipal)</p> <p>B) De la empresa: Municipalidad de San Juan La Laguna Razón social: _____</p> <p>Nombre _____ Comercial: _____ No. _____ De _____ Escritura _____ Constitutiva: _____ Fecha _____ de _____ constitución: _____ Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ No. De Finca _____ de _____ Folio No. _____ Libro No. _____ Número _____ de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad. Identificación Tributaria (NIT): _____</p>											
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN										
<p>1.3 Teléfono _____ Correo electrónico: _____</p> <p>1.4 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) 5ª avenida 5-0 calle zona 1, municipio de San Juan La Laguna, Sololá.</p> <p>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coordenadas Este (Inicio): 685356.26 m E</td> <td>Latitud (Inicio): 14°41'54.42"N</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Norte (Inicio): 1625680.34 m N</td> <td>Longitud (Inicio): 91°17'17.46"O</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Este (Final): 688360.14 m E</td> <td>Latitud (Final): 14°41'38.25"N</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Norte (Final): 1625206.42 m N</td> <td>Longitud (Final): 91°16'57.74"O</td> </tr> </tbody> </table>		Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84	Coordenadas Este (Inicio): 685356.26 m E	Latitud (Inicio): 14°41'54.42"N	Coordenadas Norte (Inicio): 1625680.34 m N	Longitud (Inicio): 91°17'17.46"O	Coordenadas Este (Final): 688360.14 m E	Latitud (Final): 14°41'38.25"N	Coordenadas Norte (Final): 1625206.42 m N	Longitud (Final): 91°16'57.74"O
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84										
Coordenadas Este (Inicio): 685356.26 m E	Latitud (Inicio): 14°41'54.42"N										
Coordenadas Norte (Inicio): 1625680.34 m N	Longitud (Inicio): 91°17'17.46"O										
Coordenadas Este (Final): 688360.14 m E	Latitud (Final): 14°41'38.25"N										
Coordenadas Norte (Final): 1625206.42 m N	Longitud (Final): 91°16'57.74"O										
<p>1.5 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) 5ª avenida 5-0 calle zona 1, municipio de San Juan La Laguna, Sololá.</p>											
<p>1.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo</p>											

Continuación de apéndice 4.

II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción <ul style="list-style-type: none"> Actividades a realizar Excavación, construcción de pozos de visita, colocación de tubería, conexiones domiciliarias, construcción de drenajes, movimiento de tierras. Insumos necesarios Tubería de PVC, cemento, hierro ladrillo tuyuyo, alambre de amarre, madera, clavos y herramientas de construcción. Maquinaria Retroexcavadora y camión de volteo. Otros de relevancia 	Operación <ul style="list-style-type: none"> Actividades o procesos -Limpieza de tragantes. -Inspección, limpieza y reparación de tuberías. -Revisión de tapaderas, control de acumulación de basura, lodo u objetos en pozos de visita, reparación de daños. Materia prima e insumos Linternas, Bolsas de basura, Recogedor de basura, artefactos de limpieza, materiales de construcción para reparación de daños en el sistema. Otros de relevancia 	Abandono <ul style="list-style-type: none"> Acciones a tomar en caso de cierre Si el proyecto se tuviera que clausurar, la municipalidad deberá de rellenar toda excavación y tapar tuberías de alcantarillado.
II.3 Área <ul style="list-style-type: none"> a) Área total de terreno en metros cuadrados: 37 180 000,00m² b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 2 405,00 m² Área total de construcción en metros cuadrados: 2 405,00 m² 		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
II.4 Actividades colindantes al proyecto: NORTE Planta de tratamiento de aguas residuales SUR Cementerio General ESTE Lago de Atitlán OESTE Cooperativa de Chocolate Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Cementerio General	SUR	CONTINUO
Cooperativa de Chocolate	OESTE	CONTINUO
II.5 Dirección del viento: Oeste-noroeste con una velocidad de 37 Km/h.		
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 () e) Otro () Detalle la información Inundación. Estas son producidas por las fuertes precipitaciones que ocurren en la zona. Deslizamientos. Estas debido a que la zona se encuentra en una zona vulnerable a sismos, por lo que se pueden producir deslizamientos.		
II.7 Datos laborales a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras b) Número de empleados por jornada 13 Total empleados 13		
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...		

Continuación de apéndice 4.

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	12 m3/mes	Municipalidad	Mezcla de materiales		Toneles
	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					

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

III. IMPACTO AL AIRE
GASES Y PARTICULAS
 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?
 Polvo ocasionado por el movimiento de tierras.
MITIGACION
 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?
 Se rociará constantemente el suelo para evitar generar el polvo.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?	
Ruido	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)	
Maquinaria, vehículos	
III.5 ¿Qué se está haciendo o qué acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?	
Laborar únicamente en jornadas diurnas para que las molestias del ruido sean menores.	
OLORES	
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: La obra no genera olores.	
III.7 Explicar ¿qué se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? No se producen olores	

Continuación de apéndice 4.

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 consiste en el traslado de aguas residuales ordinarias.</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios</p> <p>Dos</p>

INSTRUCCIONES
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>a) sistema de tratamiento</p> <p>b) Capacidad</p> <p>c) Operación y mantenimiento</p> <p>d) Caudal a tratar</p> <p>e) Etc.</p> <p>Las aguas residuales serán temporales debido al uso de baños portátiles y la empresa que preste el servicio será la encargada de la evacuación de estas.</p>
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES
<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</p> <p>No aplica.</p>
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)
<p>IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p> <p>No aplica.</p>
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)
DESECHOS SÓLIDOS
VOLUMEN DE DESECHOS
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:
<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>
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.):
Desecho ordinario o solidos 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 generados no requieren de tratamiento ya que son retirados por el tren de aseo público, 3 veces por semana.
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado
Se trasladarán en un camión.
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?
El proyecto se diseñó con el fin de no generar desechos que dañen el medio o que causen problemas.
V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)
Relleno sanitario de la municipalidad

Continuación de apéndice 4.

INSTRUCCIONES
<p>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</p> <p>CONSUMO</p> <p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) No se requiere el uso de consumo de energía eléctrica.</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>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>
<p>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</p> <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>El proyecto se encuentra ubicado en un área urbana por lo que los bosques y animales no se ven afectados.</p> <p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No aplica</p> <p>VII.3 Las actividades de la empresa, ¿pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?</p> <p>Se tomarán medidas de mitigación para evitar contaminación a la biodiversidad del área.</p>
<p>VIII. TRANSPORTE</p> <p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos 1</p> <p>b) Tipo de vehículo agrícola</p> <p>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa En la Acera</p> <p>d) Horario de circulación vehicular Indefinido</p> <p>e) Vías alternas</p>
<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?</p> <p>Tzutujil</p>

Continuación de apéndice 4.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<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> <p>a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p> <p>La actividad no ocasiona daños a ningún recurso natural, sitio arqueológico, flora, fauna ya que es un área urbana.</p> <p>No ocasiona ningún daño al recurso natural.</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>IX.5 ¿Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>	
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?</p> <p>La obra no afecta el paisaje.</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 para los pobladores ni para los trabajadores.</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 del nivel de los pozos o de la maquinaria, desprendimiento de material. Para ello se le proporciona al personal equipo de seguridad y capacitación.</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 punta de acero, casos, anteojos.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado o que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Para evitar molestias a la población se desarrollarán todas las actividades en la jornada matutina. Además, el personal será capacitado sobre protección personal.</p>	

Fuente: elaboración propia, realizado con Word 2019.

Cálculos del levantamiento topográfico del pavimento de concreto

EST.	P.O.	Altura de instrumento en Estación	Elevación de la Estación (mts)	Hilos Taquimétricos			Lectura de Estadia	Ángulo Horizontal			Ángulo Horizontal (Radiantes)	Ángulo Vertical			Diferencia Horizontal	Diferencia de nivel	Elevación
				H.S.	H.M.	H.I.		grados	min	seg		grados	min	seg			
A	1	1.51	1,715.00	0.96	0.7	0.44	0.52	168	25	5	2.93946589	91	17	35	51.9731996	-1.1734157	1,714.64
	2				0.76	0.52	0.48	170	52	30	2.98231359	91	27	25	47.9884953	-1.2204084	1,714.53
	3			0.87	0.62	0.37	0.5	165	20	30	2.885756474	91	24	45	49.9661639	-1.2321941	1,714.66
	B			0.51	0.28	0.05	0.46	165	58	10	2.895713263	91	55	0	45.9854339	-1.53765089	1,714.69
B	1	1.54	1,714.69	0.77	0.57	0.38	0.39	180	37	15	3.152428239	91	40	40	16.007973	-1.14137438	1,714.52
	2			1.36	0.87	0.36	1	178	53	0	3.172103144	89	53	15	15.88832831	0.9634904	1,715.56
	C			1.55	1.06	0.57	0.98	178	0	45	3.108904235	89	48	5	15.67329039	0.3970623	1,715.51
C	1	1.52	1,715.51	0.74	0.6	0.47	0.27	168	45	30	2.945388557	90	27	40	15.7884234	26.9835128	-0.2178411
	D			1.21	0.81	0.41	0.8	165	54	25	2.895624242	89	33	30	15.63087188	79.9524637	0.6166587
D	1	1.50	1,716.84	1.16	1.08	0.99	0.17	201	23	45	3.51500391	89	2	0	15.53924811	16.9516144	0.2867615
	2			0.96	0.75	0.54	0.42	207	32	20	3.622238337	87	2	15	15.19090948	41.88781529	2.1677551
	3			1.08	0.64	0.2	0.88	205	57	5	3.594528835	87	32	25	15.27866075	87.89791504	3.7322209
	4			1.87	1.2	0.52	1.35	206	14	20	3.595476517	86	54	40	15.16885045	134.6080124	7.26392915
	E			1.9	1.11	0.32	1.58	205	56	20	3.594311669	87	4	45	15.19818168	157.3897495	8.0460108
E	1	1.57	1,715.27	1.09	0.93	0.78	0.31	199	37	25	3.484082979	88	40	55	15.47791918	30.9859761	0.71288511
	2			1.46	1.31	1.16	0.3	203	24	30	3.550165143	87	46	0	15.38173707	29.95444216	1.16818649
	3			1.26	0.99	0.72	0.54	200	0	5	3.496680745	86	51	45	15.16036622	53.83823602	2.95111629
	F			1.62	1.14	0.66	0.96	200	58	25	3.507651224	86	40	10	15.12667166	95.6793827	5.56785711
F	1	1.56	1,731.27	1.14	0.97	0.79	0.35	210	33	30	3.674936184	87	25	50	15.2951061	34.92658075	1.56748075
	2			1.03	0.75	0.48	0.55	212	21	25	3.70632787	86	36	0	15.11455132	54.8655147	3.2561093
	6			1.57	1.14	0.71	0.86	211	22	0	3.68944262	86	38	15	15.12109631	85.70414485	5.0547157
G	1	1.53	1,736.72	1.47	1.32	1.18	0.29	199	10	10	3.476162575	89	37	20	15.64020861	28.93873928	0.19120497
	2			1.53	1.18	0.83	0.7	198	4	35	3.457085157	89	6	15	15.555161086	69.98288914	1.09428852
H				1.15	0.74	0.33	0.82	197	21	10	3.44445576	89	23	50	15.60275787	81.99039457	0.86261381
H	1	1.52	1,738.38	0.93	0.85	0.77	0.16	167	59	45	2.932080421	90	17	10	15.15789818	15.9960103	-0.07989597
	2			1.06	0.92	0.78	0.28	180	29	15	3.151001134	89	53	50	15.68010516	27.999099	0.65022669
	I			3.77	3.55	3.33	0.44	184	45	35	3.22466478	87	42	35	15.30822439	43.92973284	1.75893445

Continuación de apéndice 6.

I	1	1.53	1.738.10	0.82	0.67	0.52	0.3	0.3	197	18	50	3.44377021	88	55	40	1.52002519	29.98949503	0.56128318	1.739.52
	2			1.13	0.83	0.54	0.59	0.59	197	58	75	3.455291346	86	5	0	1.502437598	58.74477114	4.07061232	1.742.82
	3			1.81	1.21	0.61	1.2	1.96	196	53	40	3.486465334	85	46	45	1.497128888	119.3495502	8.80814454	1.747.23
	J			3.08	2.2	1.32	1.76	1.96	3	25	3	3.421839202	85	53	15	1.499019661	175.0948235	12.5893486	1.750.02
	J	1	1.54	1.750.02	1.87	1.8	1.74	0.13	147	56	10	2.38197221	85	74	10	1.490559663	12.91648646	1.6386956	1.750.80
		2		1.56	1.47	1.38	0.18	156	156	52	25	2.737961023	86	3	35	1.502025906	17.91500446	1.239755	1.751.33
		3		3.79	3.57	3.34	0.45	129	51	40	2.266503959	82	48	40	1.44526546	44.29528971	5.59706956	1.753.58	
	K			4.68	4.37	4.06	0.62	131	30	45	2.295326133	82	29	5	1.439629865	60.93941752	8.03955808	1.755.23	
	K	1	1.56	1.755.23	0.93	0.86	0.78	0.15	191	35	15	3.343833681	89	16	40	1.558191171	14.9761678	0.1895731	1.756.12
		2		0.83	0.62	0.42	0.41	187	6	45	3.265729197	88	6	35	1.537804756	40.95538999	1.3516731	1.757.52	
	L			1.91	1.55	1.19	0.72	182	51	50	3.191579444	86	53	25	1.516621485	71.78811318	3.90012243	1.759.14	
	L	M		1.13	1.05	0.97	0.16	168	28	0	2.940280133	86	26	35	1.538715935	15.93841558	0.9907367	1.760.63	
	M	N	1.55	1.760.63	3.15	3.01	2.87	0.28	173	12	5	3.027394505	82	39	45	1.442732793	27.54329737	3.54670218	1.762.72
		N	1	1.54	1.762.72	1.21	1.14	1.07	198	45	5	3.468866129	89	57	45	1.570141828	13.999994	0.07916288	1.763.13
		N		1.93	1.77	1.62	0.31	185	5	55	3.29580026	88	9	55	1.538774383	30.8622331	0.9200179	1.763.48	
	N	1	1.54	1.763.48	0.81	0.61	0.41	0.4	169	27	0	2.957460418	89	21	15	1.559524409	39.99491797	0.45083853	1.764.86
	O			1.59	1.13	0.66	0.93	172	8	35	3.004463104	88	52	25	1.551137132	92.96401612	1.82783408	1.765.72	
	O	1	1.51	1.765.72	1.64	1.19	0.75	0.89	181	28	40	3.167380741	89	48	45	1.567523834	88.9994688	0.29124974	1.766.33
		P		1.96	1.05	0.15	1.81	1.82	32	30	3.185953105	89	48	5	1.567329909	180.9978251	0.6274166	1.766.81	
	P	1	1.47	1.766.81	1.67	1.39	1.1	0.57	191	10	45	3.33670792	88	54	40	1.55179163	56.9794153	1.03300687	1.767.97
		2		1.57	1.16	0.75	0.82	191	3	45	3.34669702	88	21	5	1.540222655	81.93712886	2.55814066	1.769.47	
	Q			1.85	1.38	0.91	0.94	191	9	55	3.33646313	87	47	35	1.53227788	99.86060391	3.61715176	1.770.51	
	Q	1	1.46	1.770.51	0.84	0.76	0.68	0.16	154	31	15	2.66887305	88	15	40	1.54444699	15.9856721	0.48529126	1.771.70
		2		0.77	0.62	0.48	0.29	151	47	55	2.649385564	87	50	10	1.533029341	28.9865565	1.0940142	1.772.45	
	R			1.33	1.1	0.87	0.46	155	37	10	2.716071686	86	15	5	1.505570721	45.8033733	3.0099689	1.773.87	
	R	1	1.53	1.773.87	1.23	1.06	0.89	0.34	176	57	5	3.088384932	86	33	20	1.51067943	33.8772055	2.03905337	1.776.38
		2		1.47	1	0.52	0.95	176	59	55	3.089208535	86	9	5	1.539653391	94.57201048	6.3610617	1.780.77	
	S			1.87	1.25	0.62	1.25	176	41	35	3.083879585	85	53	0	1.498946939	124.3358178	8.95029613	1.783.10	
	S	1	1.49	1.783.10	0.43	0.36	0.28	0.15	137	30	35	2.399997405	92	5	10	1.607205834	14.980124	-0.54566008	1.783.69
		2		0.74	0.62	0.51	0.23	130	58	40	2.285993469	89	47	15	1.567087502	22.99868863	0.8530218	1.784.06	
		3		1.02	0.8	0.56	0.44	136	48	30	2.387759601	87	49	50	1.532932378	43.95694828	1.66442184	1.785.46	
	T			1.22	0.89	0.56	0.66	138	32	10	2.47911272	88	6	10	1.537688352	65.92766036	2.18394597	1.785.89	
	T	1	1.48	1.785.89	1.95	1.9	1.85	0.1	169	21	55	2.955981736	91	26	35	1.995802388	9.9965796	-0.25175401	1.785.72
		2		1.39	1.24	1.09	0.3	167	59	45	2.99108421	93	41	5	1.659106662	29.97605661	-1.92400087	1.784.20	

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel 2019.

Apéndice 7. **Evaluación de impacto ambiental inicial del diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, San Juan La Laguna, Sololá**

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACIÓN LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (Que tenga relación con el proyecto a realizar):	
"Diseño del pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom"	
I.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.	
<p>El proyecto consiste en el diseño de pavimento de concreto para el camino que se dirige hacia Pa kajnom, ubicado al sur de la cabecera municipal. La estructura del pavimento de concreto consta de una subrasante, subbase y carpeta de rodadura.</p> <p>Este se encuentra integrado de una longitud total de 1,7 km, en el que se contempla el reacondicionamiento y mejoramiento de la subrasante, un espesor de 15 cm para la subbase, de material granular y un espesor de 15 cm para la carpeta de rodadura</p>	
I.2. Información legal:	
A) Persona Individual:	
A.1. Representante Legal: Flavio Yojcom (alcalde Municipal)	
B) De la empresa: Municipalidad de San Juan La Laguna	
Razón social:	
Nombre _____ Comercial:	
No. De Escritura Constitutiva: _____	
Fecha _____ de _____ constitución:	
Patente de Sociedad _____ Folio No. _____ Libro No. _____	
Patente de Comercio _____ Folio No. _____ Libro No. _____	
No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____	
de _____	
Número _____ de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad. Tributaria (NIT):	
Identificación	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono _____ Correo electrónico:	
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)	
Camino a Pa kajnom, municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas	
<p>Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</p> <p>Coordenadas Este (Inicio): 685145.10 m E</p> <p>Coordenadas Norte (Inicio): 1624335.85 m N</p> <p>Coordenadas Este (Final): 6886017.63 m E</p> <p>Coordenadas Norte (Final): 1622917.87 m N</p>	<p>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</p> <p>Latitud (Inicio): 14°41'10.73"N</p> <p>Longitud (Inicio): 91°17'24.46"O</p> <p>Latitud (Final): 14°40'24.38"N</p> <p>Longitud (Final): 91°17'53.26"O</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>5ª avenida 5-0 calle zona 1, municipio de San Juan La Laguna, Sololá.</p>	
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo	

Continuación de apéndice 7.

II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> Actividades a realizar Excavación, acarreo, remplazo de material para subrasante, mejoramiento de subrasante, colocación de carpeta de rodadura de concreto, construcción de cuneta y bordillo; señalización de la vía con pintura Insumos necesarios Concreto, material granular, alambre de amarre, madera, clavos y herramientas de construcción. Maquinaria Camion de volteo, motoniveladora, cortadora de concreto, retroexcavadora. Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> Actividades o procesos -Limpieza de la vía -Inspección, limpieza y reparación de cajas receptoras y canal. Materia prima e insumos Linternas, Bolsas de basura, Recogedor de basura, artefactos de limpieza, materiales de construcción para reparación de daños en el sistema. Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> Acciones a tomar en caso de cierre Si el proyecto se tuviera que clausurar, se entregará planos del tramo y tener una reunión con autoridades municipales y locales explicando el motivo del cierre.
II.3 Área		
a) Área total de terreno en metros cuadrados: 8 755,00m ²		
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 8 577,53 m ²		
Área total de construcción en metros cuadrados: 8 577,53 m ²		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
NORTE	Planta de tratamiento de agua potable	SUR Pa kajnom
ESTE	Granja Avícola	OESTE Planta de tratamiento de desechos sólidos
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Planta de tratamiento de desechos sólidos	OESTE	CONTINUO
Planta de tratamiento de agua potable	NORTE	CONTINUO
II.5 Dirección del viento: Oeste-noroeste con una velocidad de 37 Km/h.		
II.6 En el área donde se ubica la actividad, ¿a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?		
a) inundación ()	b) explosión ()	c) deslizamientos ()
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio ()
Otro ()		
Detalle la información		
II.7 Datos laborales		
a) Jornada de trabajo:	Diurna (X)	Nocturna ()
Extras	Mixta ()	Horas
b) Número de empleados por jornada	25	Total
empleados	25	
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...		

Continuación de apéndice 7.

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	155 lt/hora	Municipalidad	En obra		Pipas
	Pozo	No					
	Agua especial	No					
	Superficial	No					
Combustible	Otro	No					
	Gasolina	Si	115 gal/hora	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Diesel	Si	75 gal/hora	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	Solubles	No	1 unidad	Privado	Tubería		Cajas
	No solubles	No					
Refrigerantes		No					

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

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

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?

Polvo ocasionado por el movimiento de tierras.

MITIGACION

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?

Se rociará constantemente el suelo para evitar generar el polvo.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)	
<ul style="list-style-type: none"> a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) Etc. 	
Las aguas residuales serán temporales debido al uso de baños portátiles y la empresa que preste el servicio será la encargada de la evacuación de estas.	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
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	
No aplica.	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	
No aplica.	

Continuación de apéndice 7.

V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:	
<input checked="" type="checkbox"/>	a) Similar al de una residencia 11 libras/día
<input type="checkbox"/>	b) Generación entre 11 a 222 libras/día
<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.):	
Desecho ordinario o 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 generados no requieren de tratamiento ya que son retirados por el tren de aseo público, 3 veces por semana.	
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado	
Se trasladarán en un camión.	
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?	
El proyecto se diseñó con el fin de no generar desechos que dañen el medio o que causen problemas.	
V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)	
Relleno sanitario de la municipalidad	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) No se requiere el uso de consumo de energía eléctrica.	
VI. 2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público	
-	
b) Sistema privado	
-	
c) generación propia	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?	
SI _____ NO _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?	
Utilizar la energía eléctrica únicamente en las actividades que lo requieran y en horario de trabajo.	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques	
- Animales	
- Otros _____	
Especificar información	
El proyecto se encuentra ubicado en un área rural por lo que los bosques y animales se ven afectados.	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?	
No aplica	
VII.3 Las actividades de la empresa, ¿pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?	
Se tomarán medidas de mitigación para evitar contaminación a la biodiversidad del área.	
VIII. TRANSPORTE	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:	
a) Número de vehículos 3	
b) Tipo de vehículo agrícola	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa Campamento	
d) Horario de circulación vehicular Indefinido	
e) Vías alternas	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál?	

Continuación de apéndice 7.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<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> <p>a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p> <p>La actividad no ocasiona daños a ningún recurso natural, sitio arqueológico, flora, fauna ya que es un área urbana.</p> <p>No ocasiona ningún daño al recurso natural.</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>IX.5 ¿Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>	
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?</p> <p>La obra no afecta el paisaje.</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 para los pobladores ni para los trabajadores.</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: La actividad de movimiento de tierras puede provocar algún deslizamiento, por lo que se tomarán medidas de seguridad industrial para conservar la salud de los trabajadores.</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 punta de acero, casos, anteojos.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado o que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Realizar charlas informativas a los habitantes para que tengan el conocimiento de los horarios de trabajo en los que el paso, el ruido y movimiento del personal pueden afectar su entorno o movilidad. A los trabajadores se impartirán charlas sobre seguridad industrial para el uso correcto del equipo de protección personal.</p>	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

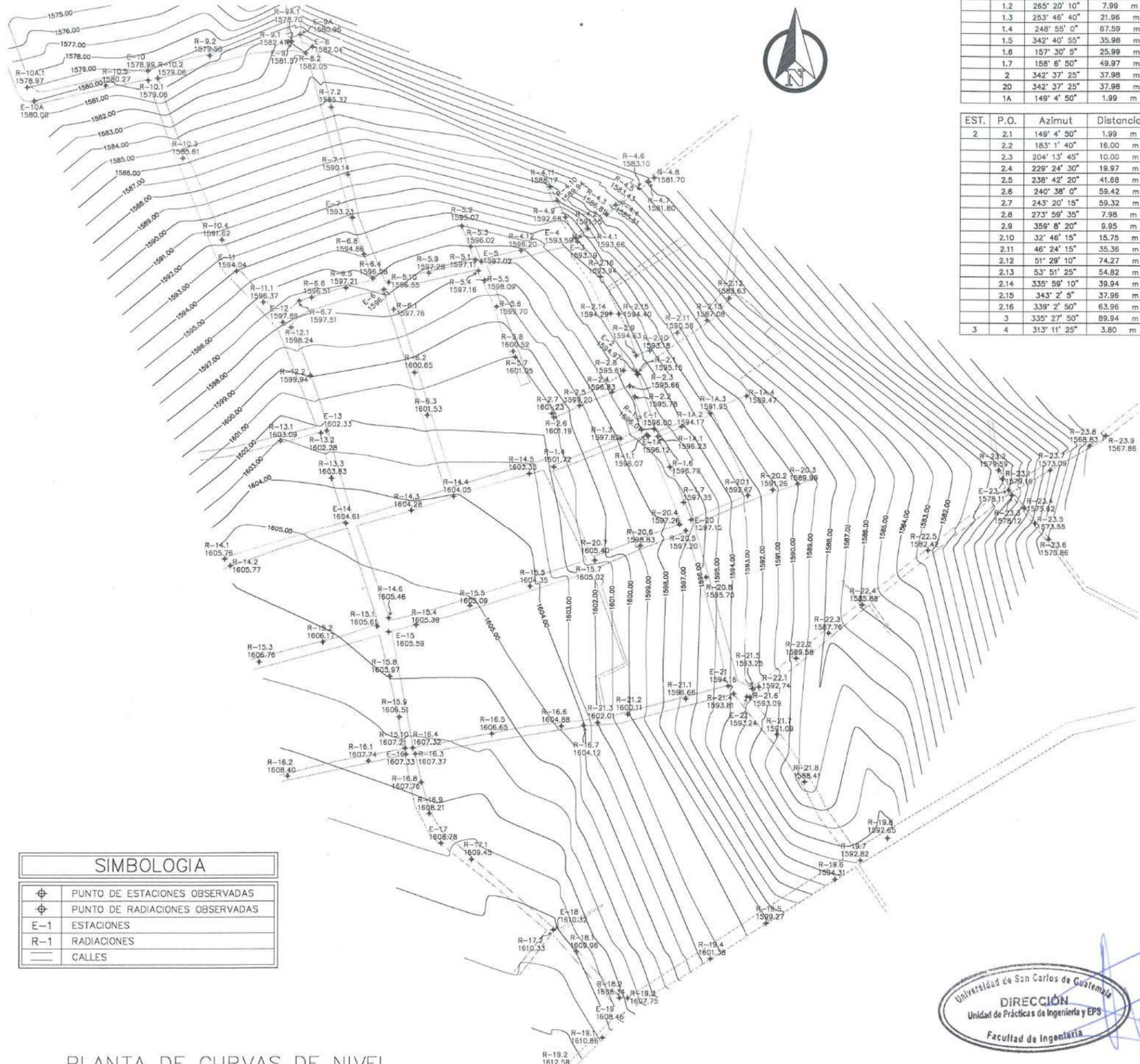
Apéndice 8.

Cronograma de ejecución del proyecto del diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa kajnom, San Juan La Laguna, Sololá

No. Sub Región	Descripción	MES 1				MES 2				MES 3							
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4				
1	Preliminares																
1.01	Replanteo topográfico																
1.02	Trazo y estacado																
2																	
2.01	Excavación no clasificada de desperdicio																
2.02	Excavación no clasificada																
2.03	Acarreo																
2.04	Formación material de empuje para subbase e=0.20m (indica tramos en planos)																
2.05	Mejoramiento de la subbase con cemento (indica tramos en planos)																
2.06	Escificación de subbase (indica tramos en planos)																
2.07	Formación de material para subbase e=0.15m																
3	Carpeta de rodadura																
3.01	Concreto hidráulico con resistencia de 4000 PSI con espesor de 15 cm.																
4	Trabajos complementarios																
4.01	Cuneta de forma rectangular 0.20x0.35 m																
4.02	Bordillo de 0.10x0.15 m																
4.03	Cajas receptors de aguas pluviales																
4.04	Instalación de tubería PVC de 30" norma ASHTO M304																
4.05	Señalización con pintura termoplástica color blanco en ojalas de 30 cm de ancho con microesferas DRDPON de vidrio y vidleras reflectivas sobre superficie de concreto hidráulico																
5	Trabajos finales																
5.01	Limpieza general																

Apéndice 9. **Planos del sistema alcantarillado sanitario**

Fuente: elaboración propia, realizada con AutoCAD 2020.



SIMBOLOGIA	
	PUNTO DE ESTACIONES OBSERVADAS
	PUNTO DE RADIACIONES OBSERVADAS
	ESTACIONES
	RADIACIONES
	CALLES

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
1	1.1	231° 53' 55"	5.96 m
	1.2	265° 20' 10"	7.99 m
	1.3	253° 46' 40"	21.96 m
	1.4	248° 55' 0"	67.59 m
	1.5	342° 40' 55"	35.98 m
	1.6	157° 30' 5"	25.99 m
	1.7	158° 6' 50"	49.97 m
	2	342° 37' 25"	37.98 m
	20	342° 37' 25"	37.98 m
	1A	149° 4' 50"	1.99 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
2	2.1	149° 4' 50"	1.99 m
	2.2	183° 1' 40"	16.00 m
	2.3	204° 13' 45"	10.00 m
	2.4	229° 24' 30"	19.97 m
	2.5	238° 42' 20"	41.68 m
	2.6	240° 38' 0"	59.42 m
	2.7	243° 20' 15"	59.32 m
	2.8	273° 59' 35"	7.98 m
	2.9	359° 8' 20"	9.95 m
	2.10	32° 46' 15"	15.75 m
	2.11	46° 24' 15"	35.36 m
	2.12	51° 29' 10"	74.27 m
	2.13	53° 51' 25"	54.82 m
	2.14	335° 59' 10"	39.94 m
	2.15	343° 2' 5"	37.96 m
	2.16	339° 2' 50"	63.96 m
	3	335° 27' 50"	89.94 m
3	4	313° 11' 25"	3.80 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
4	4.1	104° 6' 30"	1.90 m
	4.2	57° 53' 25"	10.91 m
	4.3	55° 5' 40"	25.64 m
	4.4	52° 27' 15"	33.74 m
	4.5	53° 29' 15"	47.36 m
	4.6	53° 14' 45"	51.46 m
	4.7	53° 30' 20"	59.14 m
	4.8	53° 34' 20"	63.38 m
	4.9	338° 56' 15"	13.63 m
	4.10	336° 25' 35"	25.30 m
	4.11	335° 26' 30"	35.15 m
	4.12	255° 45' 15"	33.87 m
5	5	254° 58' 25"	59.90 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
5	5.1	286° 56' 55"	4.00 m
	5.2	331° 4' 40"	25.74 m
	5.3	324° 45' 45"	11.83 m
	5.4	198° 28' 50"	5.98 m
	5.5	170° 32' 50"	12.00 m
	5.6	161° 1' 40"	29.89 m
	5.7	160° 13' 35"	63.83 m
	5.8	160° 20' 0"	59.87 m
	5.9	258° 1' 15"	33.99 m
	5.1	257° 20' 15"	59.98 m
6	6	253° 59' 45"	64.00 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
6	6.1	153° 34' 45"	14.00 m
	6.2	159° 34' 15"	55.72 m
	6.3	160° 44' 20"	83.72 m
	6.4	314° 34' 5"	9.89 m
	6.5	271° 79' 25"	24.00 m
	6.6	263° 41' 50"	46.00 m
	6.7	262° 13' 30"	54.00 m
	6.8	330° 23' 40"	25.70 m
7	7	336° 14' 20"	49.80 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
7	7.1	353° 36' 45"	27.54 m
	7.2	348° 53' 20"	71.07 m
	8	346° 36' 20"	110.77 m
8	8.1	227° 2' 5"	5.94 m
	8.2	284° 12' 20"	13.84 m
	9	281° 51' 25"	13.92 m
9	9.1	265° 30' 5"	1.98 m
	9.2	260° 36' 50"	51.82 m
	10	258° 42' 0"	91.87 m
9A	9A.1	356° 18' 5"	11.27 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
10	10.1	176° 7' 55"	5.97 m
	10.2	125° 31' 35"	7.94 m
	10.3	158° 2' 25"	59.43 m
	10.4	156° 15' 10"	116.70 m
	10.5	250° 42' 25"	28.00 m
	11	156° 4' 35"	138.43 m
10A	10A	255° 2' 10"	73.99 m
10A	10A.1	332° 58' 50"	9.73 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
11	11.1	139° 3' 10"	25.87 m
12	12.1	137° 52' 10"	43.71 m
	12.2	121° 5' 40"	6.00 m
	12.3	152° 15' 30"	37.89 m
	13	157° 39' 35"	73.80 m
13	13.1	257° 48' 10"	30.00 m
	13.2	248° 49' 50"	3.96 m
	13.3	174° 9' 25"	29.98 m
	14	168° 1' 55"	59.56 m
14	14.1	253° 19' 50"	79.99 m
	14.2	249° 32' 5"	77.99 m
	14.3	78° 38' 10"	41.98 m
	14.4	75° 43' 50"	69.99 m
	14.5	74° 43' 55"	119.98 m
	14.6	155° 43' 20"	65.99 m
15	15	158° 32' 15"	74.00 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
15	15.1	295° 59' 35"	7.95 m
	15.2	57° 53' 25"	42.00 m
	15.3	256° 51' 25"	83.99 m
	15.4	75° 16' 40"	17.99 m
	15.5	71° 58' 55"	54.00 m
	15.6	72° 1' 40"	93.98 m
	15.7	73° 14' 40"	135.93 m
	15.8	178° 10' 45"	28.00 m
	15.9	172° 34' 25"	54.00 m
	16	171° 38' 50"	73.98 m
	16	171° 45' 10"	77.97 m
16	16.1	260° 3' 30"	23.99 m
	16.2	259° 33' 20"	75.94 m
	16.3	86° 21' 35"	5.96 m
	16.4	46° 0' 25"	5.94 m
	16.5	76° 22' 50"	55.96 m
	16.6	79° 36' 40"	99.93 m
	16.7	80° 35' 35"	113.90 m
	16.8	150° 46' 35"	20.00 m
	16.9	158° 0' 40"	39.99 m
	17	158° 11' 55"	59.97 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
17	17.1	117° 32' 0"	22.00 m
	17.2	127° 18' 10"	89.99 m
	18	127° 10' 15"	89.98 m
18	18.1	133° 20' 25"	19.95 m
	18.2	135° 36' 15"	59.91 m
	19	140° 7' 50"	67.89 m
19	19.1	218° 0' 20"	19.89 m
	19.2	222° 29' 0"	47.68 m
	19.3	20° 46' 15"	9.91 m
	19.4	58° 31' 20"	65.10 m
	19.5	58° 15' 20"	107.16 m
	19.6	58° 1' 55"	158.83 m
	19.7	57° 26' 55"	178.69 m
	19.8	56° 40' 10"	200.79 m
1A	1A.1	93° 26' 4"	5.96 m
	1A.2	73° 53' 14"	21.79 m
	1A.3	69° 42' 24"	41.53 m
	1A.4	67° 50' 9"	67.19 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
20	20.1	66° 47' 5"	39.26 m
	20.2	69° 49' 35"	55.22 m
	20.3	71° 28' 10"	71.46 m
	20.4	246° 57' 0"	7.99 m
	20.5	204° 47' 45"	7.98 m
	20.6	242° 13' 25"	35.93 m
	20.7	246° 40' 25"	65.88 m
	20.8	165° 30' 45"	37.93 m
21	21	167° 14' 40"	107.91 m
21	21.1	253° 20' 15"	27.93 m
	21.2	254° 17' 10"	65.51 m
	21.3	254° 18' 10"	85.34 m
	21.4	144° 38' 35"	5.97 m
	21.5	96° 10' 40"	15.92 m
	21.6	116° 38' 20"	15.92 m
	21.7	134° 4' 55"	43.75 m
	21.8	140° 45' 55"	77.69 m
22	22	119° 0' 35"	13.88 m

EST.	P.O.	Azimut	Distancia
22	22.1	51° 15' 20"	9.91 m
	22.2	52° 14' 50"	39.63 m
	22.3	52° 3' 40"	65.50 m
	22.4	51° 22' 45"	93.28 m
	22.5	50° 54' 45"	147.13 m
	23	51° 24' 25"	210.87 m
23	23.1	331° 4' 50"	8.00 m
	23.2	333° 14' 35"	13.99 m
	23.3	146° 57' 5"	3.97 m
	23.4	138° 22' 15"	15.10 m
	23.5	141° 9' 55"	26.89 m
	23.6	140° 47' 55"	40.43 m
	23.7	64° 21' 35"	28.98 m
	23.8	61° 13' 55"	58.28 m
	23.9	60° 39' 20"	70.21 m



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO: PLANO DE CURVAS DE NIVEL	ESCALA: INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2022	HOJA: 1/15
Vs. Bs.	ASISOR



SIMBOLOGIA	
[Empty Box]	VIVIENDAS
[Cross Symbol]	IGLESIA
[R in Box]	RESTAURANTES
[C in Box]	COLEGIO
[E in Box]	ESCUELA
[Empty Box]	MUNICIPALIDAD
[M in Box]	MUSEO
[S in Box]	CANCHA DEPORTIVA
[H in Box]	HOTEL



PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL

ESCALA 1/1,250

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA					
	FACULTAD DE INGENIERIA					
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO						
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA						
PROYECTO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA					
CONTENIDO:	<table border="1"> <tr> <td>DISEÑO:</td> <td>E.A.L.D.L.</td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td>SEPTIEMBRE, 2022</td> </tr> </table>	DISEÑO:	E.A.L.D.L.	FECHA:	SEPTIEMBRE, 2022	ESCALA: INDICADA
DISEÑO:	E.A.L.D.L.					
FECHA:	SEPTIEMBRE, 2022					
<table border="1"> <tr> <td>ASesor</td> <td> </td> </tr> </table>		ASesor		<table border="1"> <tr> <td>HOJA:</td> <td>2/15</td> </tr> </table>	HOJA:	2/15
ASesor						
HOJA:	2/15					



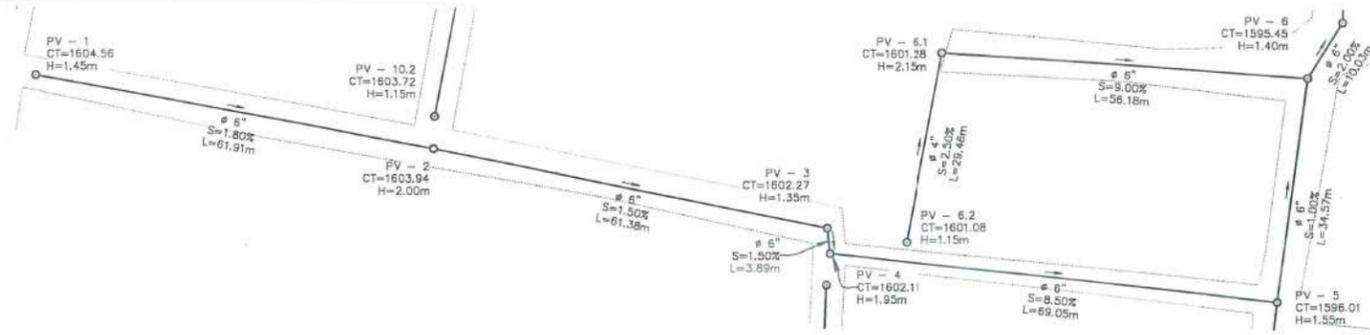
SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERÍA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
ø=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA



PLANTA GENERAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

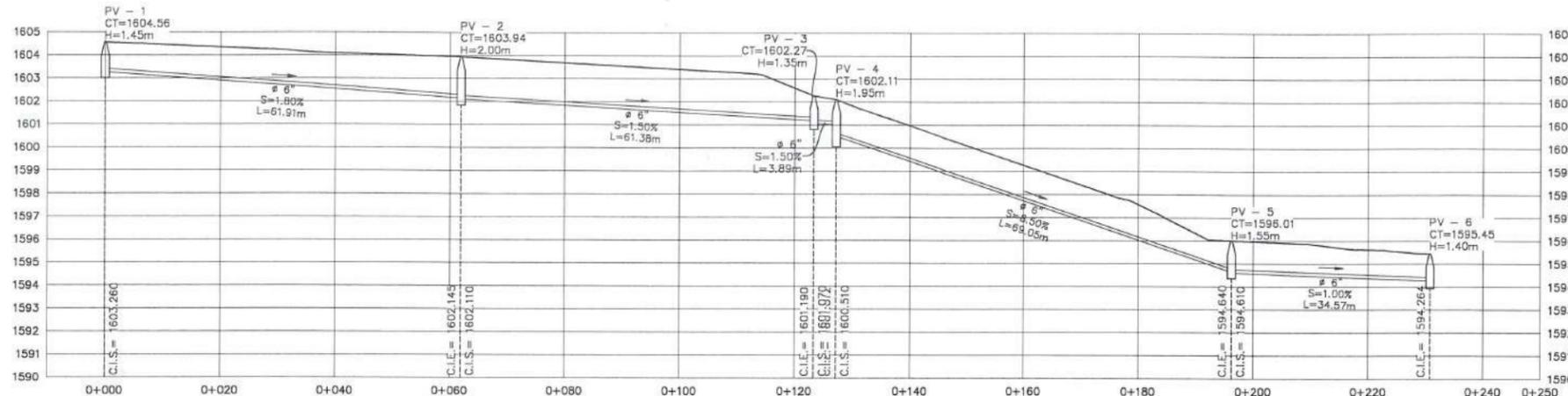
ESCALA 1/1,250

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ		
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ		
CONTENIDO:	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
SISTEMA DE ALCANTARILLADO	FECHA: SEPTIEMBRE, 2022	
Yo. Bn.	ASESOR	Hojas: 3/15



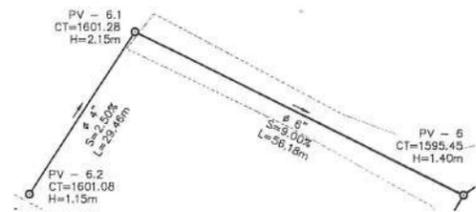
PLANTA TRAMO PV-1 A PV-6

ESCALA 1/500



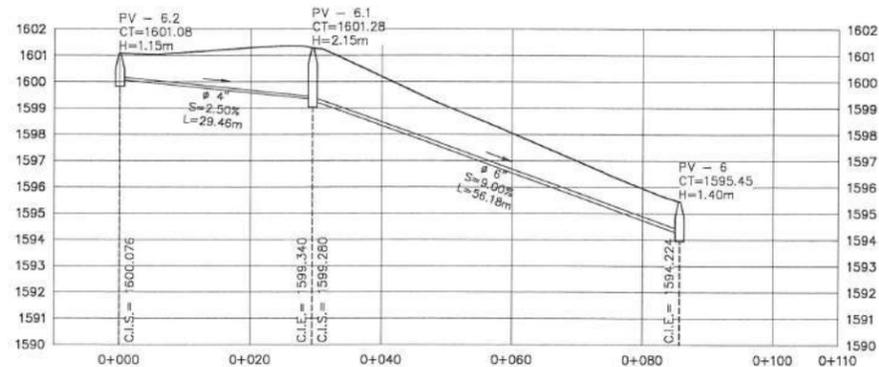
PERFIL TRAMO PV-1 A PV-6

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



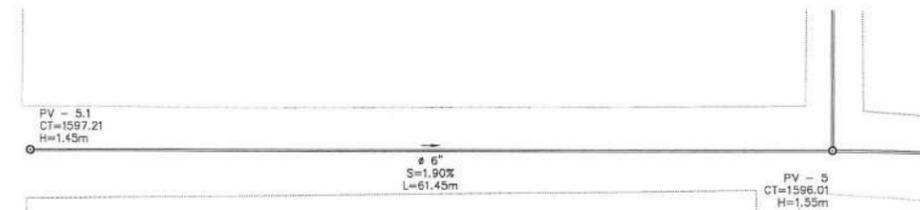
PLANTA TRAMO PV-6.2 A PV-6

ESCALA 1/500



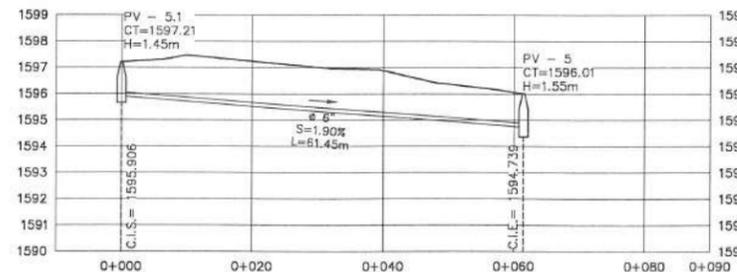
PERFIL TRAMO PV-6.2 A PV-6

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-5.1 A PV-5

ESCALA 1/250



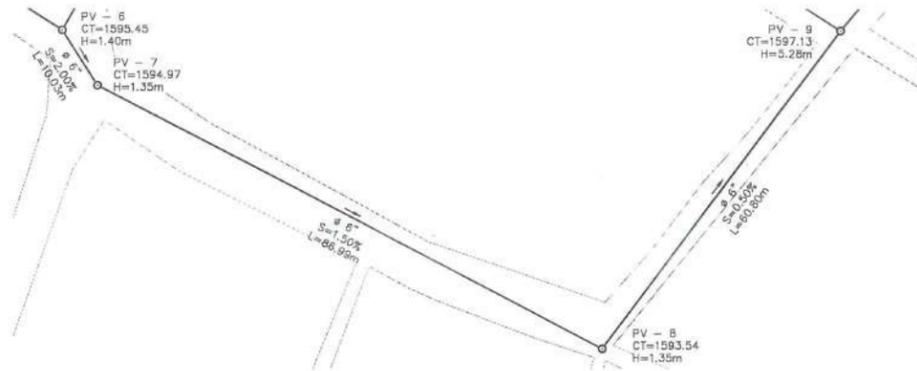
PERFIL TRAMO PV-5.1 A PV-5

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERIA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	CÓTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
ø=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA

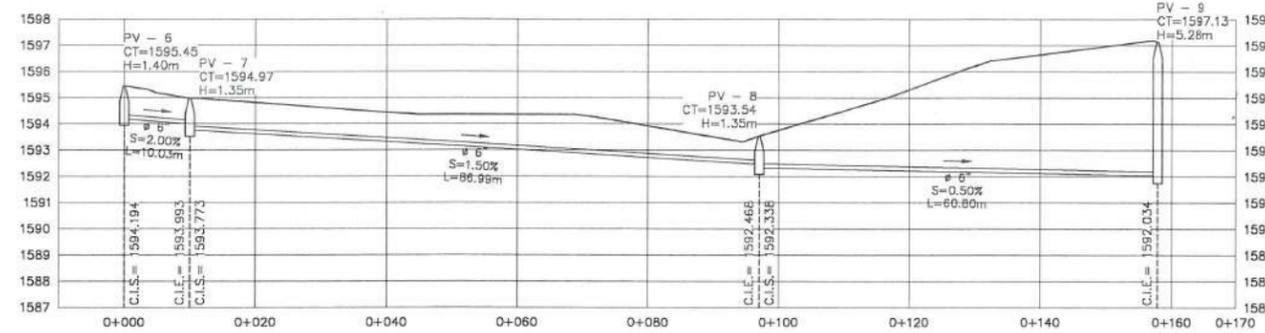


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO:	DISÑO:	ESCALA:
PLANTA - PERFIL	E.A.L.D.L.	INDICADA
	FECHA:	
	SEPTIEMBRE, 2022	
		HUJA:
		4/15



PLANTA TRAMO PV-6 A PV-9

ESCALA 1/500



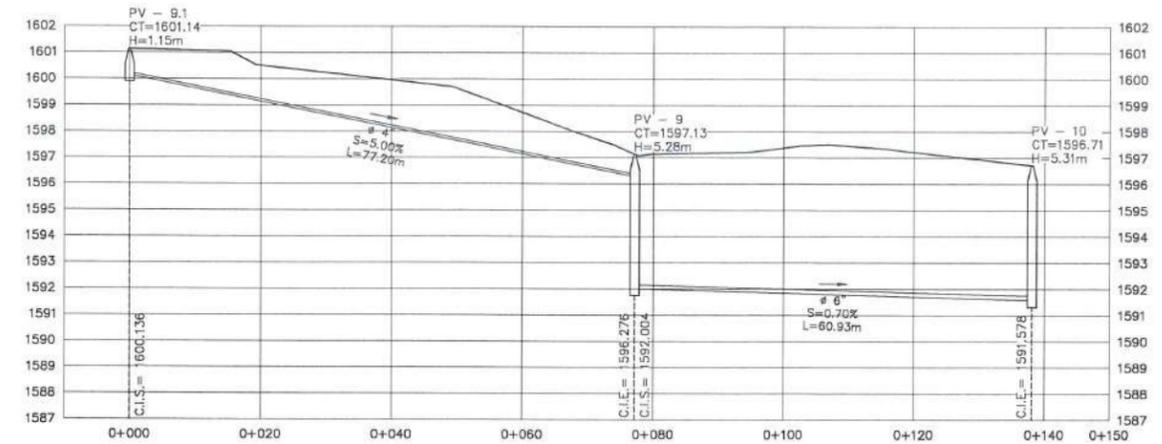
PERFIL TRAMO PV-6 A PV-9

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



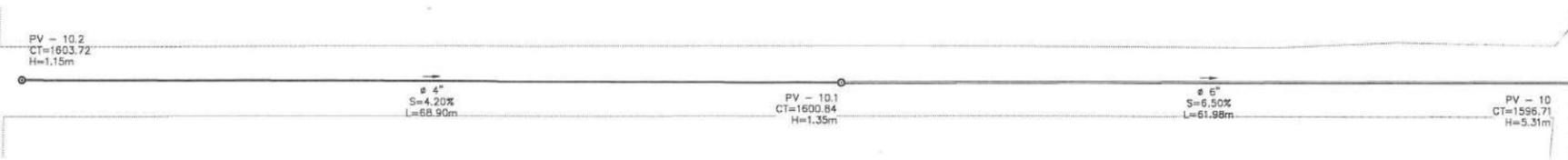
PLANTA TRAMO PV-9.1 A PV-10

ESCALA 1/500



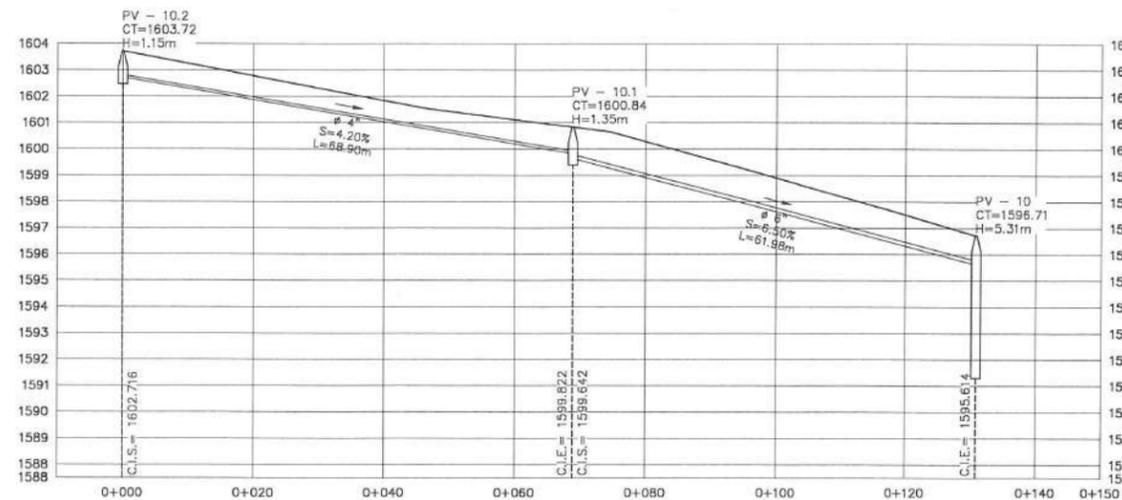
PERFIL TRAMO PV-9.1 A PV-10

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-10.2 A PV-10

ESCALA 1/250



PERFIL TRAMO PV-10.2 A PV-10

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



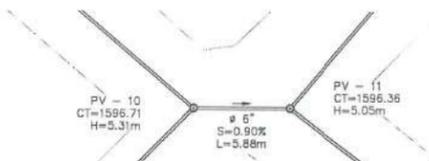
SIMBOLOGIA

	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERÍA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
ø=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA



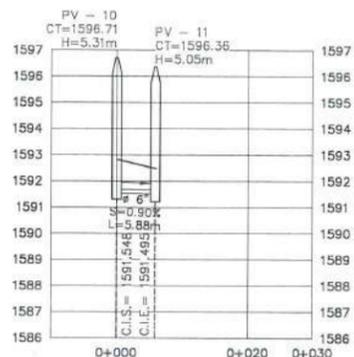
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA,
SOLOLA

PROYECTO DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO PLANTA - PERFIL	DISEÑO E.A.L.D.L.	ESCALA INDICADA
	FECHA SEPTIEMBRE, 2022	
Vc. Sr.	ASESOR	Hoja: 5/15



PLANTA TRAMO PV-10 A PV-11

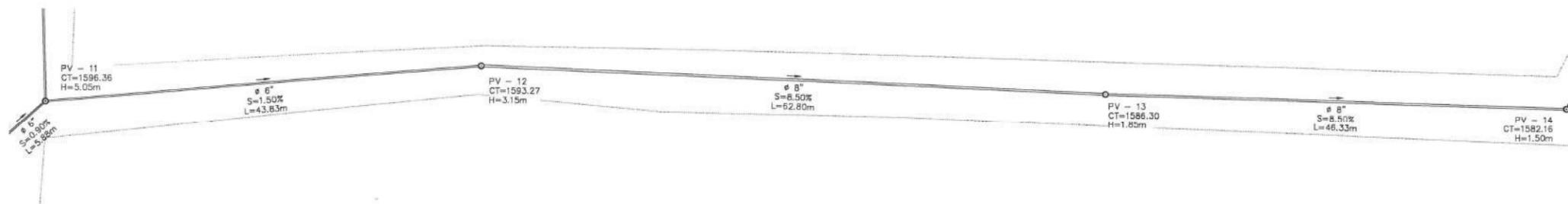
ESCALA 1/200



PERFIL TRAMO PV-10 A PV-11

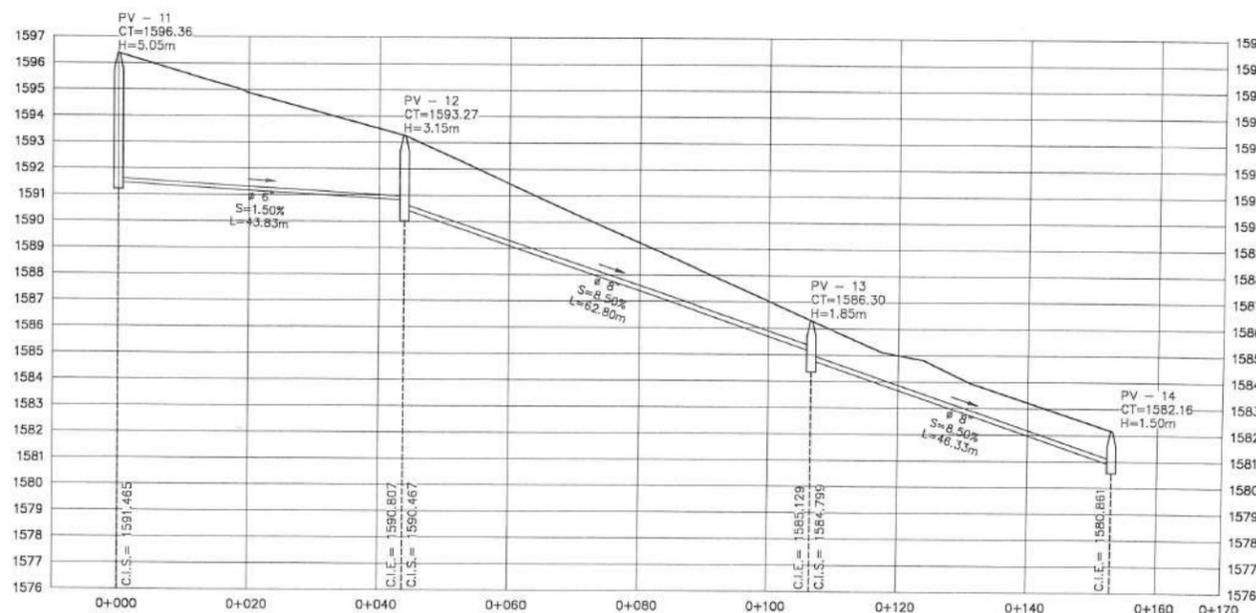
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERIA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
φ=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA



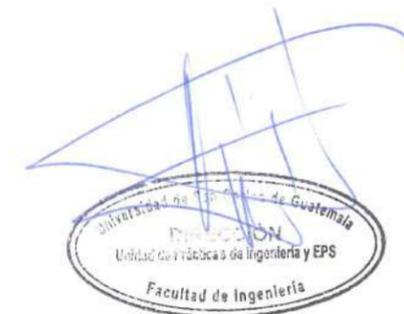
PLANTA TRAMO PV-11 A PV-14

ESCALA 1/250

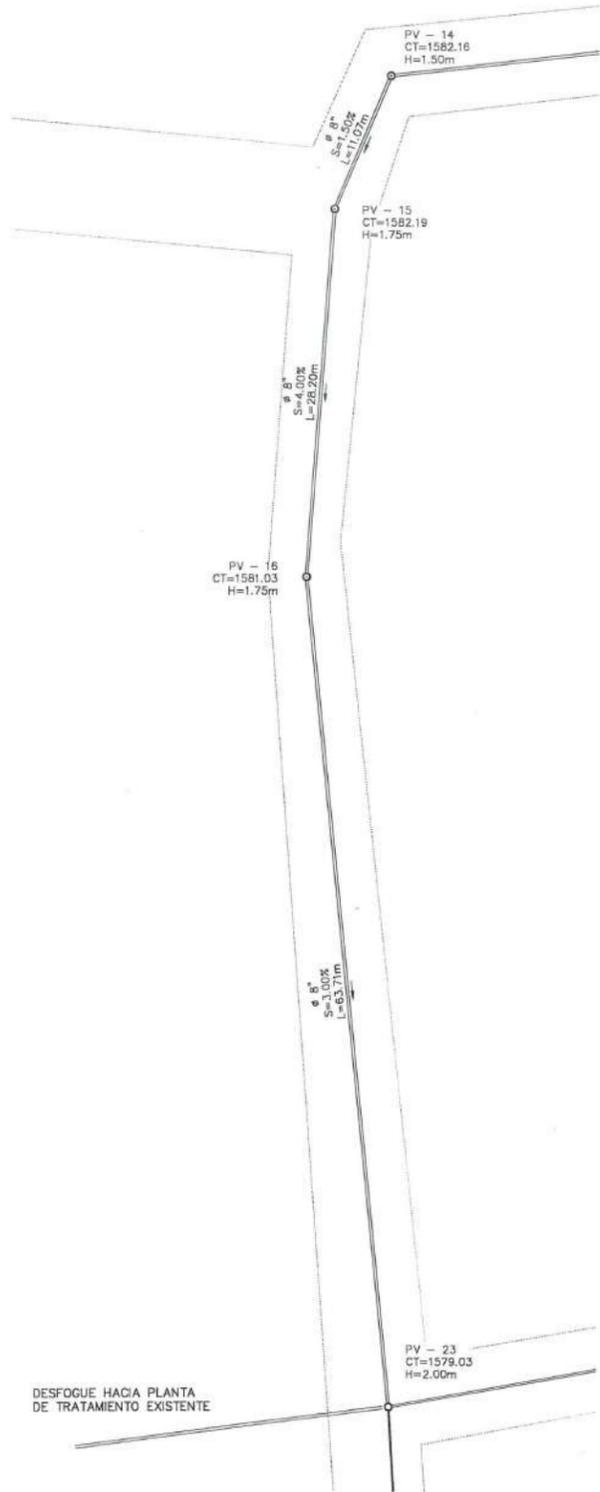


PERFIL TRAMO PV-11 A PV-14

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125

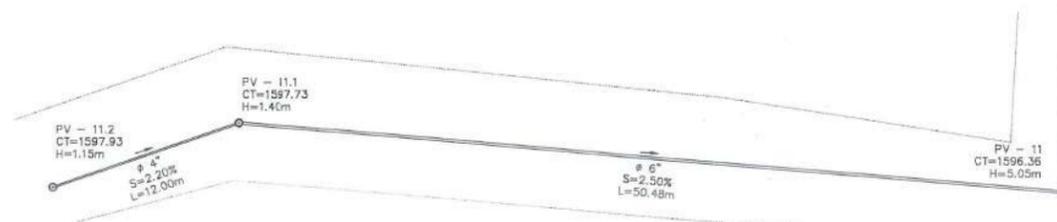


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
	FECHA: SEPTIEMBRE, 2022	
		HOLAS: 6/15
Vs. Bs.	ASISOR	



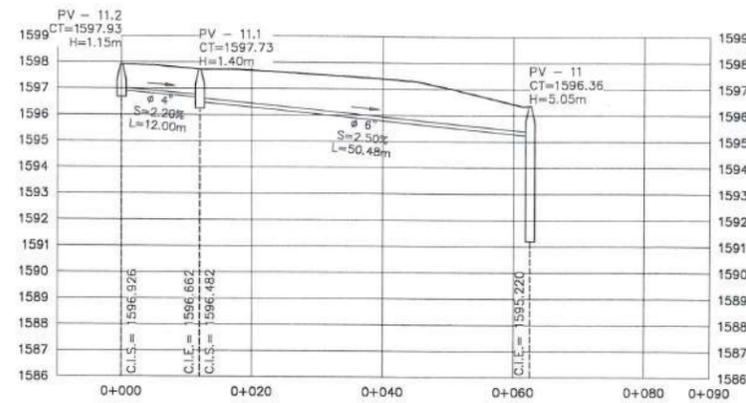
PLANTA TRAMO PV-14 A PV-23

ESCALA 1/250



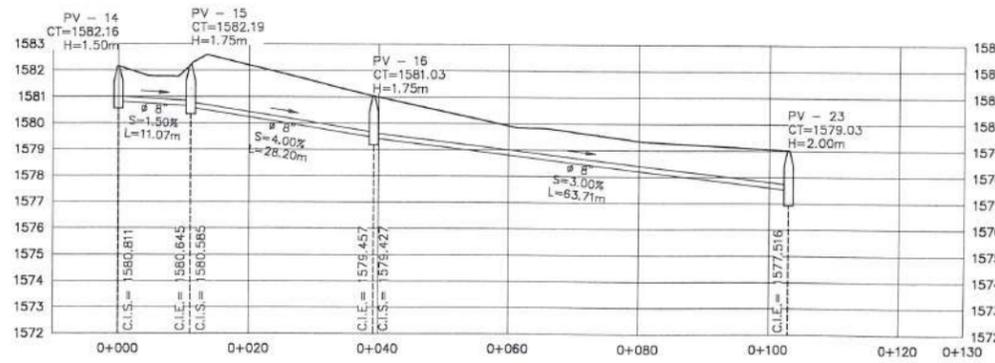
PLANTA TRAMO PV-11.2 A PV-11

ESCALA 1/200



PERFIL TRAMO PV-11.2 A PV-11

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



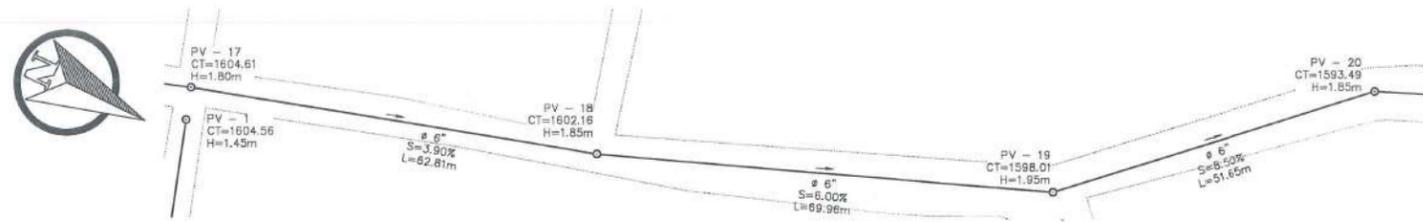
PERFIL TRAMO PV-14 A PV-23

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



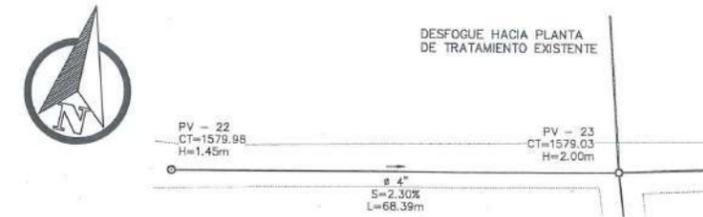
SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERÍA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
ø=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO:	PLANTA - PERFIL	ESCALA: INDICADA
DISEÑO:	E.A.L.D.L.	FECHA: SEPTIEMBRE, 2022
		HORA: 7/15
V. B.	ASESOR	



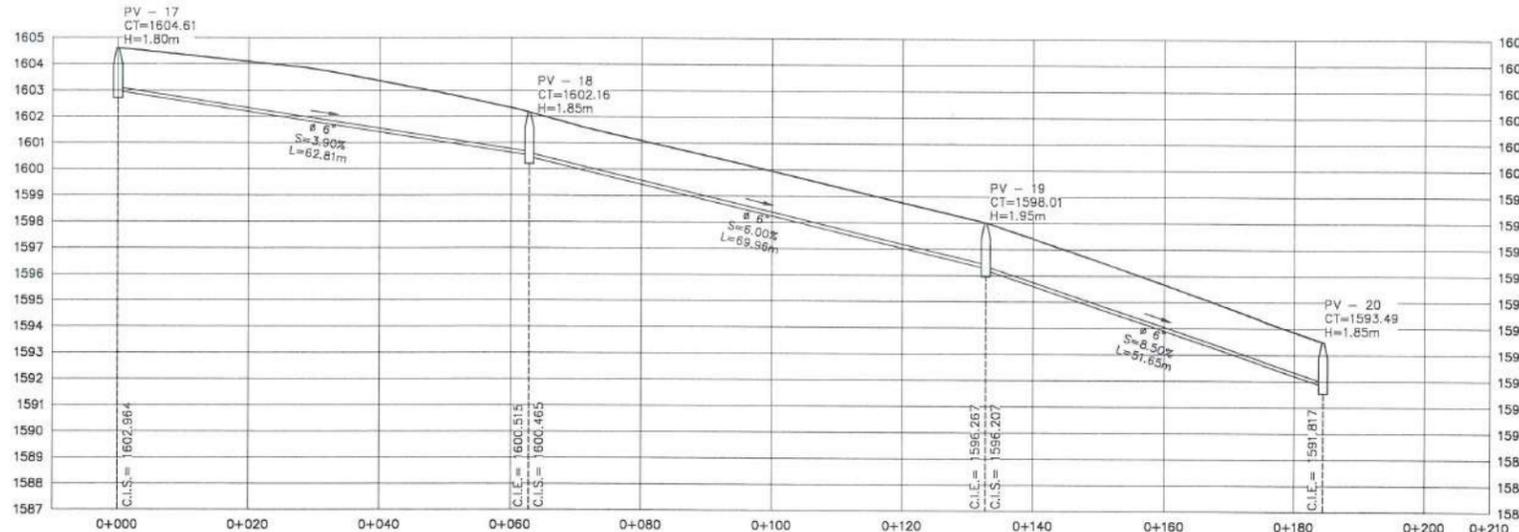
PLANTA TRAMO PV-17 A PV-20

ESCALA 1/500



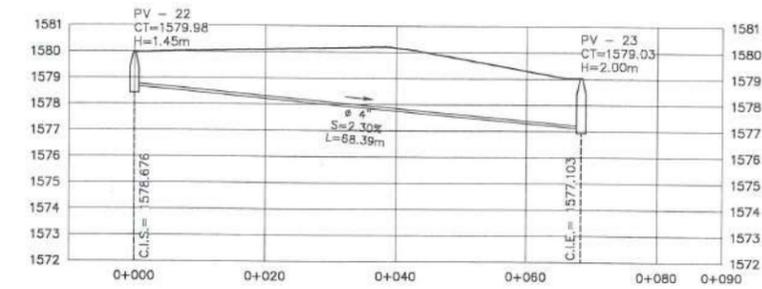
PLANTA TRAMO PV-22 A PV-23

ESCALA 1/500



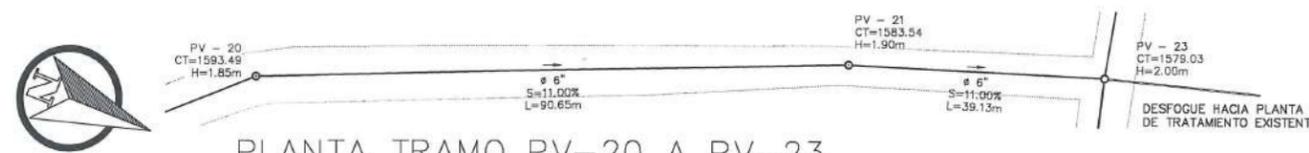
PERFIL TRAMO PV-17 A PV-20

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



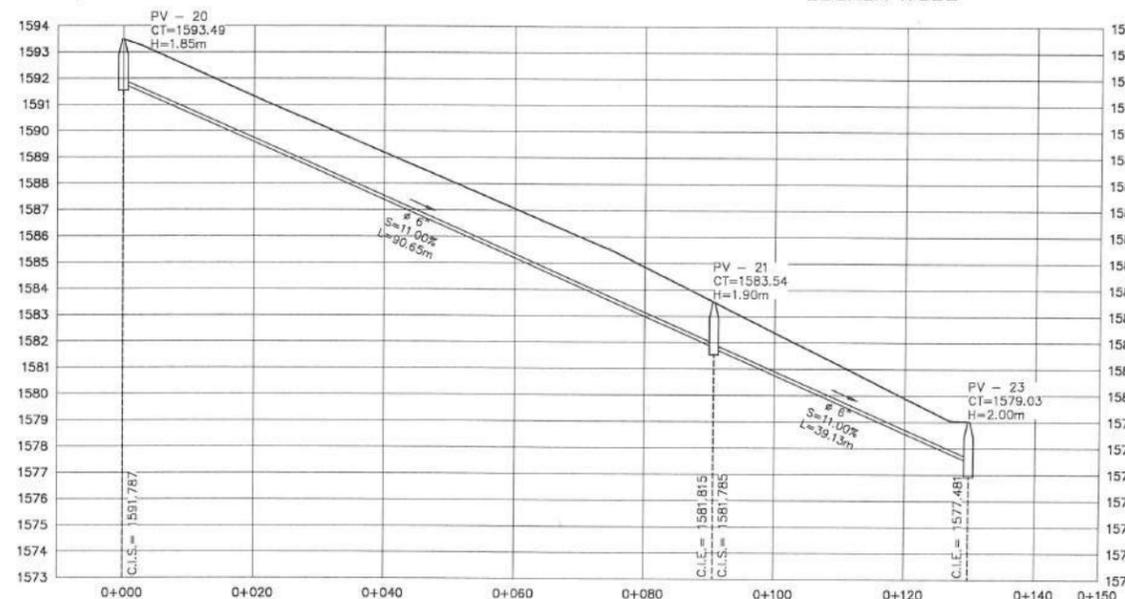
PERFIL TRAMO PV-22 A PV-23

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



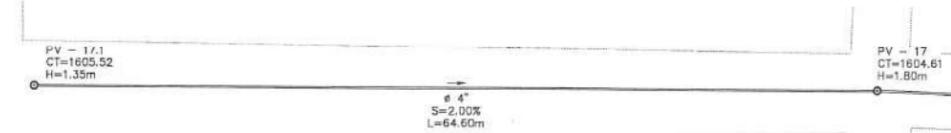
PLANTA TRAMO PV-20 A PV-23

ESCALA 1/500



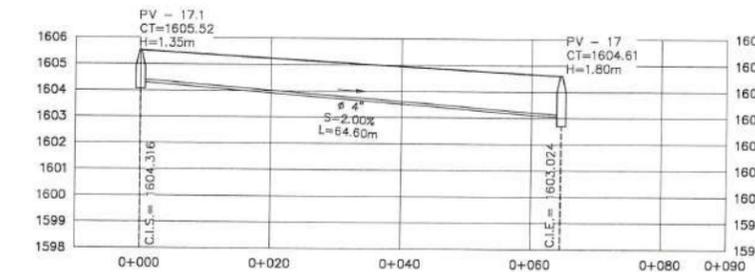
PERFIL TRAMO PV-20 A PV-23

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-17.1 A PV-17

ESCALA 1/500



PERFIL TRAMO PV-17.1 A PV-17

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERIA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
	PV-16 NÚMERO DE POZO DE VISITA
	CT=1603.75 COTA DE TERRENO
	H=2.00m ALTURA DE POZO
	φ=6" DIÁMETRO DE TUBERÍA
	S=1.20% PENDIENTE DE TUBERÍA
	L=25.07m LONGITUD DE TUBERÍA

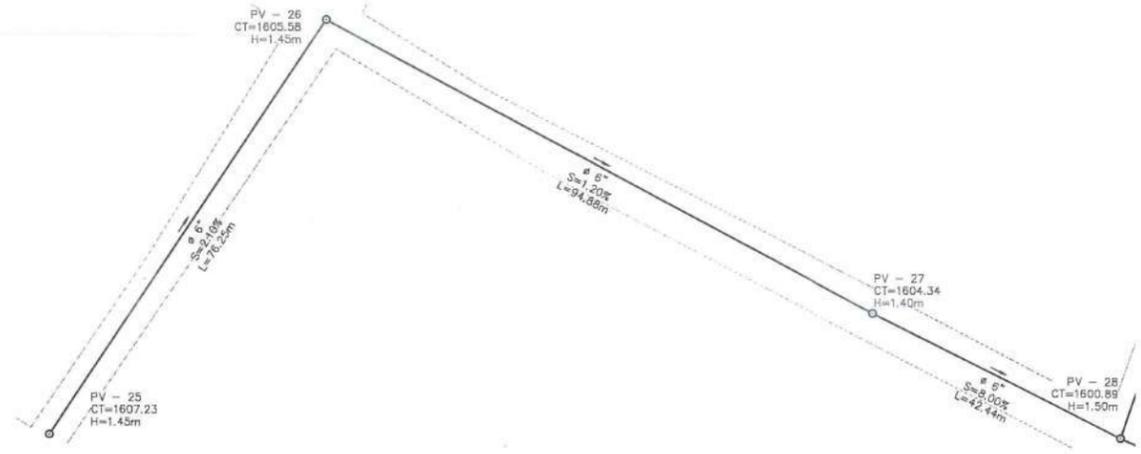
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

FECHA: SEPTIEMBRE, 2022

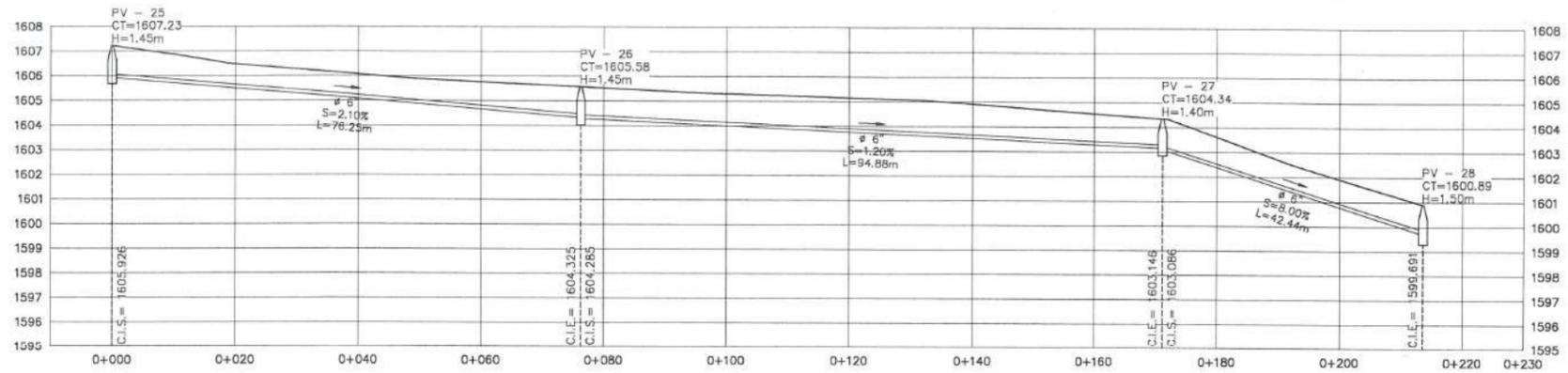
HOJA: 8/15



PLANTA TRAMO PV-25 A PV-28

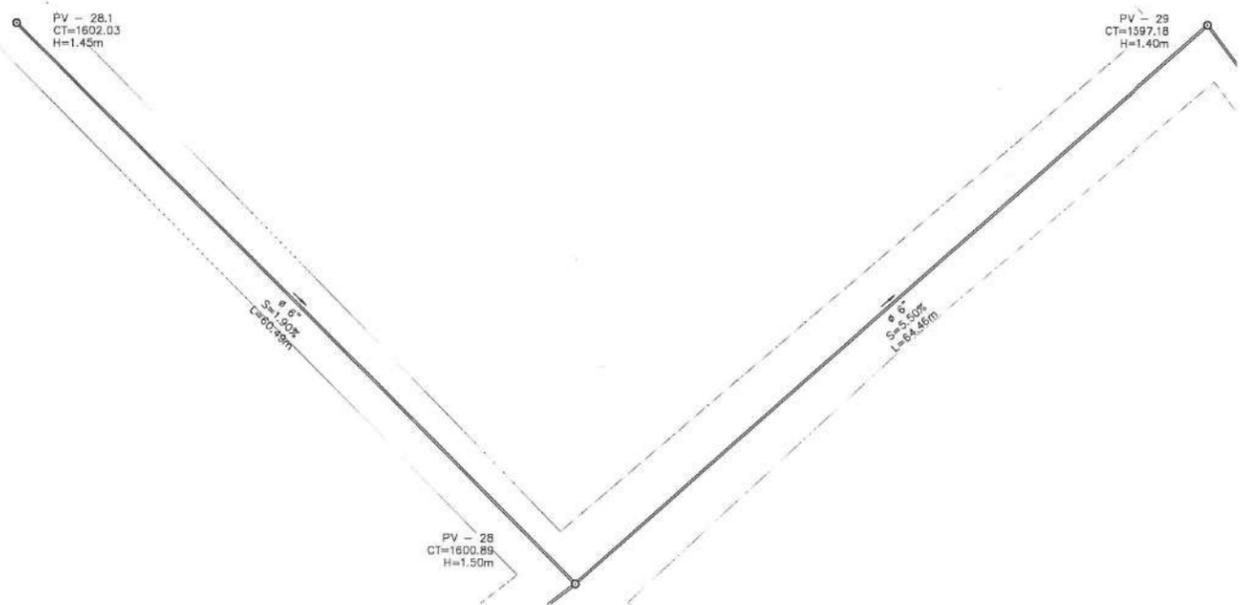
ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERIA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
φ=6"	DIÁMETRO DE TUBERIA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERIA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERIA



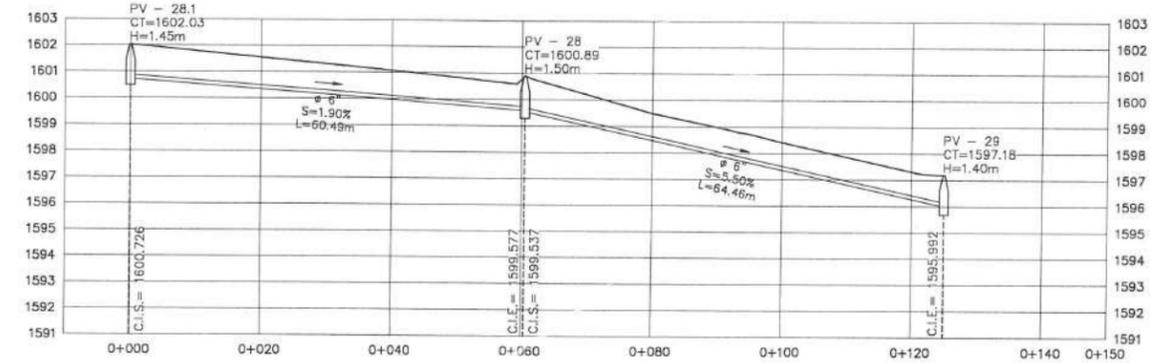
PERFIL TRAMO PV-25 A PV-28

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-28.1 A PV-29

ESCALA 1/250

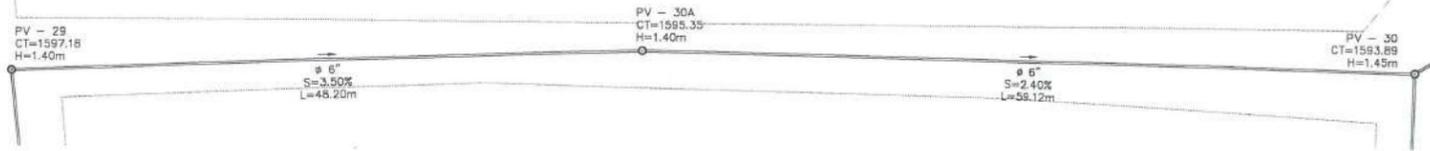


PERFIL TRAMO PV-28.1 A PV-29

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125

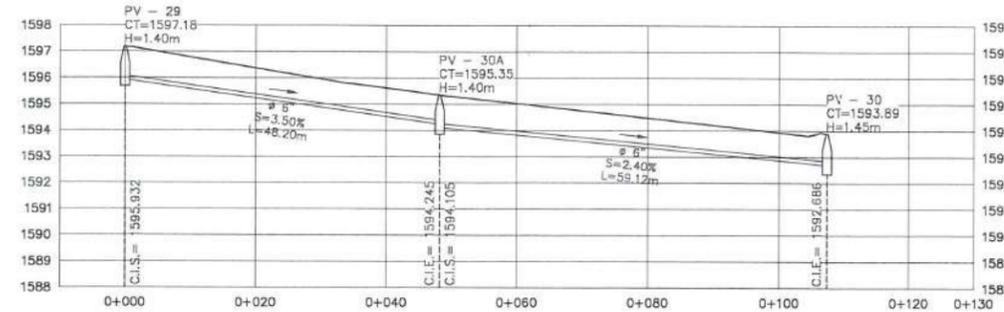


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2022		HOJA: 9 / 15
Vc. Bc.		ASESOR



PLANTA TRAMO PV-29 A PV-30

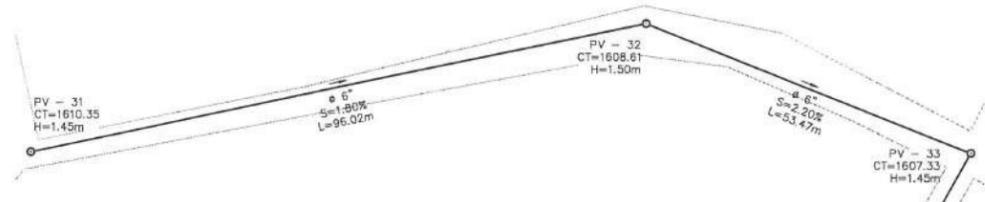
ESCALA 1/250



PERFIL TRAMO PV-29 A PV-30

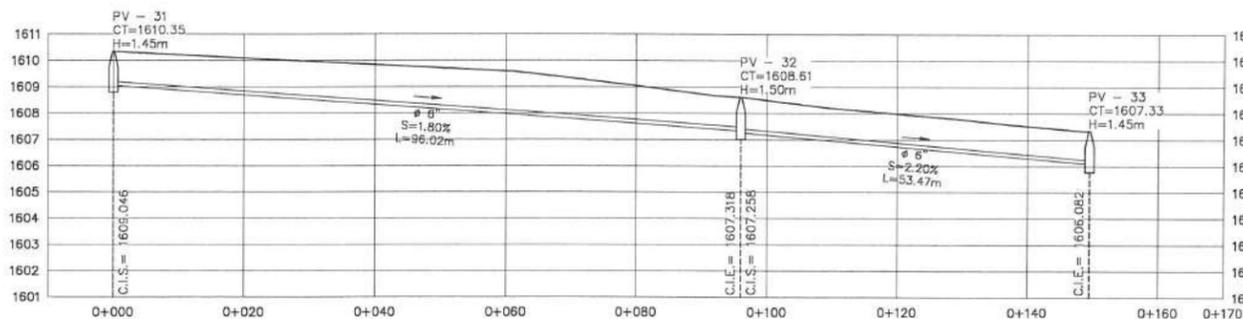
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERIA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
φ=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA



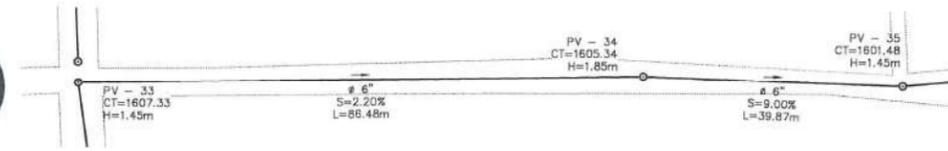
PLANTA TRAMO PV-31 A PV-33

ESCALA 1/250



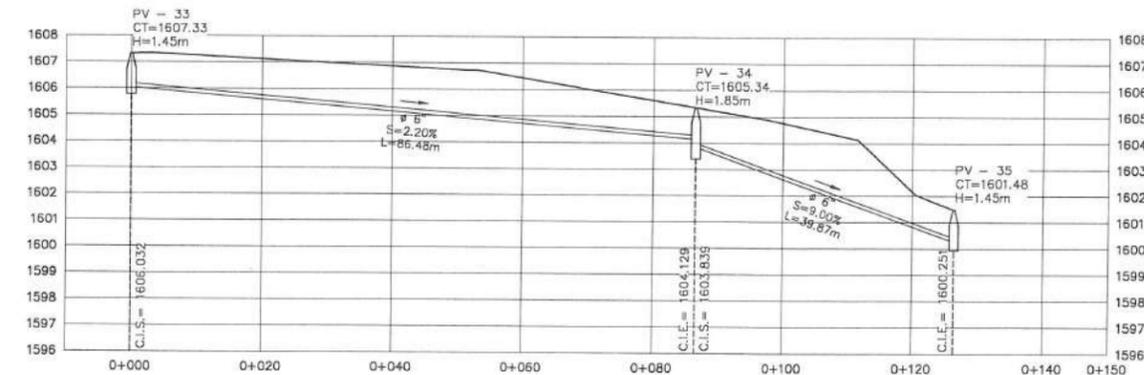
PERFIL TRAMO PV-31 A PV-33

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-33 A PV-35

ESCALA 1/500

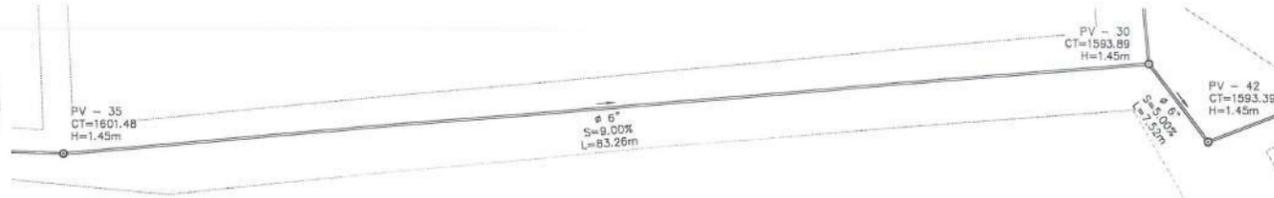


PERFIL TRAMO PV-33 A PV-35

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO:	PLANTA - PERFIL
FECHA:	SEPTIEMBRE, 2022
HORA:	10/15



PLANTA TRAMO PV-35 A PV-42

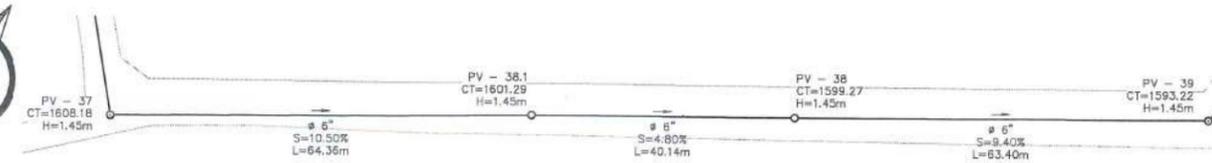
ESCALA 1/250

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERÍA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
φ=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA



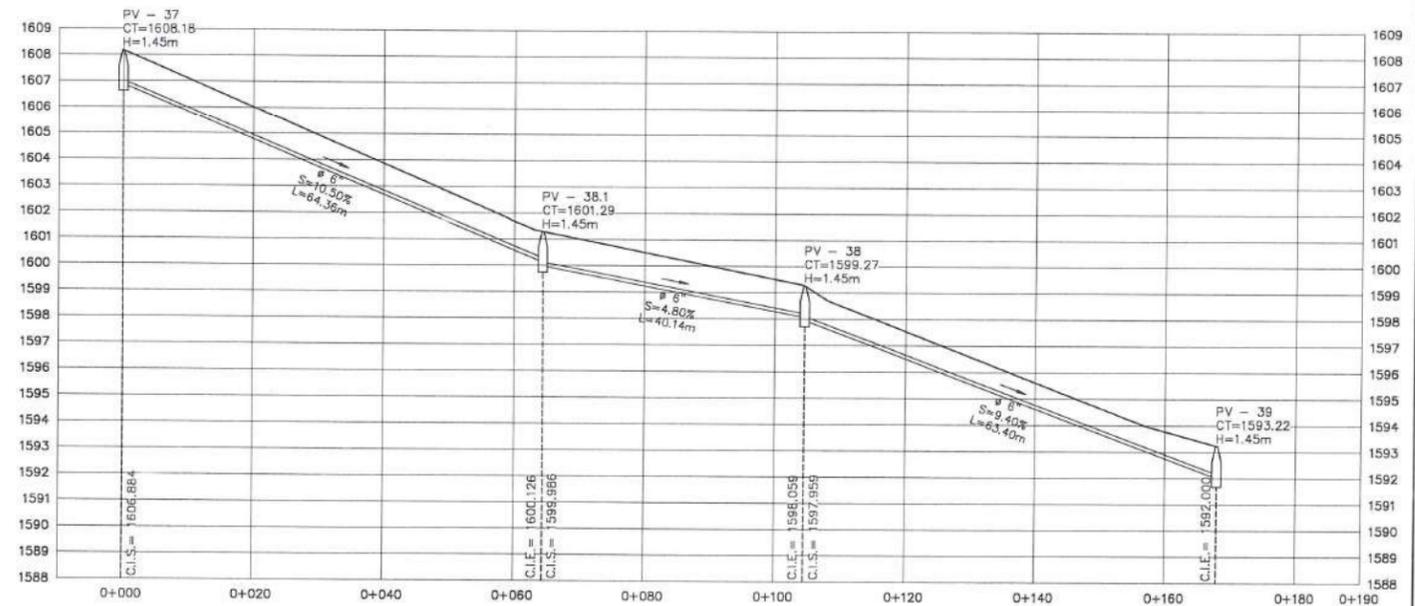
PERFIL TRAMO PV-35 A PV-42

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



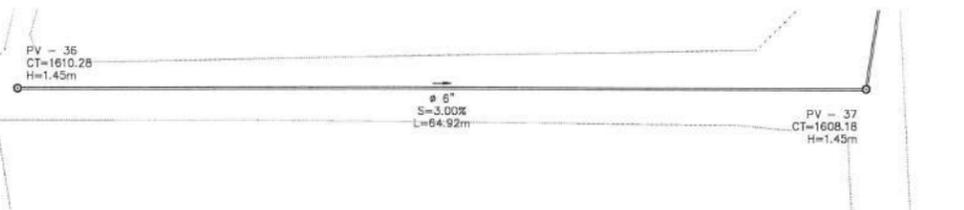
PLANTA TRAMO PV-37 A PV-39

ESCALA 1/500



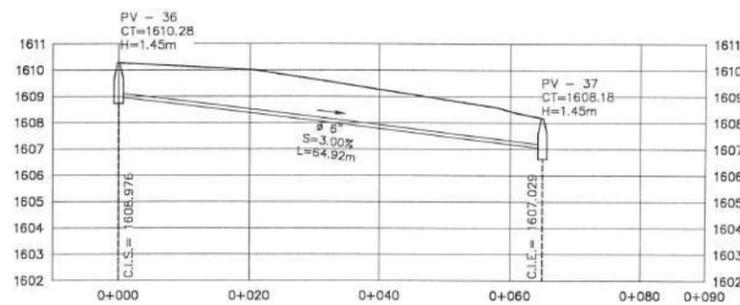
PERFIL TRAMO PV-37 A PV-39

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-36 A PV-37

ESCALA 1/250

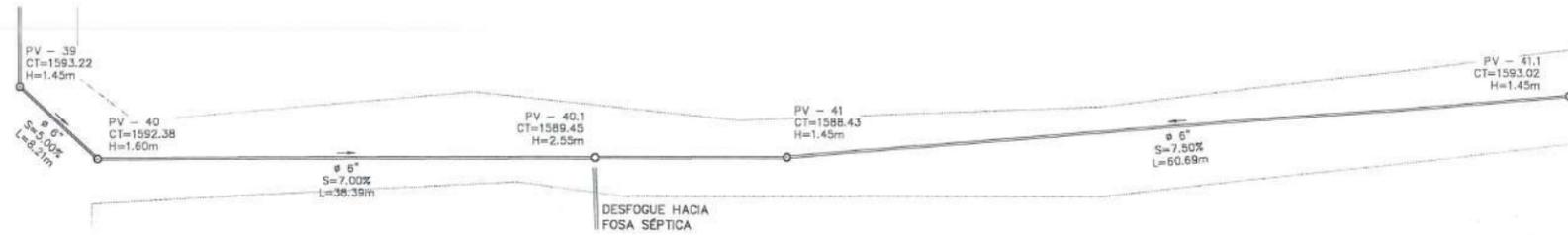


PERFIL TRAMO PV-36 A PV-37

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



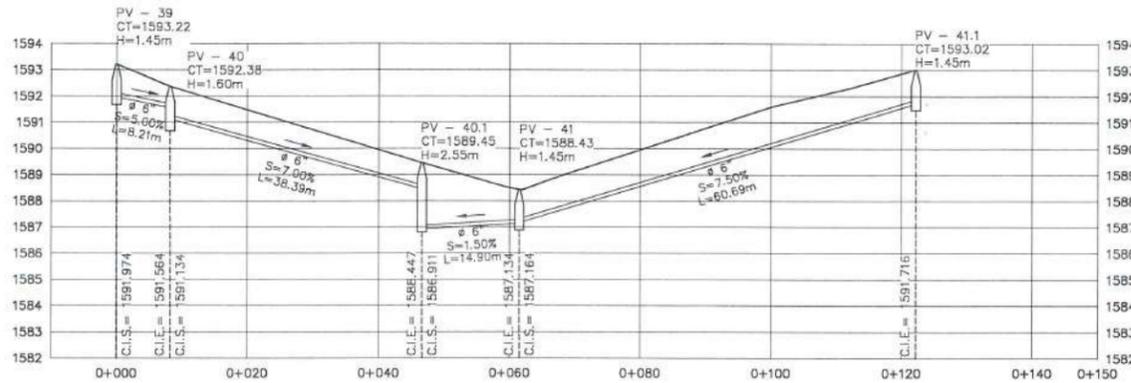
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	DISEÑO: E.A.L.D.L. FECHA: SEPTIEMBRE, 2022
V. B.	ASSESOR
HOJA: 11 / 15	



PLANTA TRAMO PV-39 A PV-41.1

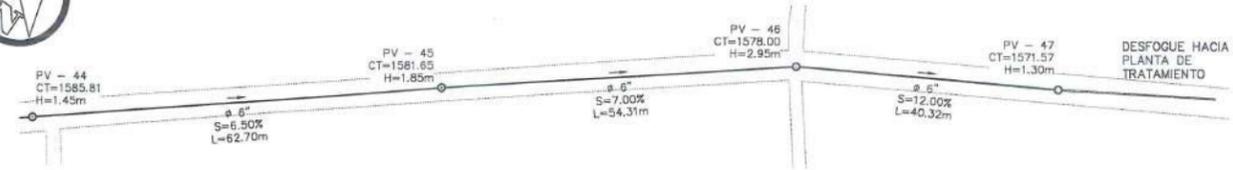
ESCALA 1/250

SIMBOLOGIA	
	POZOS DE VISITA (PV)
	TUBERÍA DE PVC
	SENTIDO DEL FLUJO
	CALLES
	POZOS DE VISITA (PERFIL)
	TERRENO NATURAL
PV-16	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT=1603.75	COTA DE TERRENO
H=2.00m	ALTURA DE POZO
φ=6"	DIÁMETRO DE TUBERÍA
S=1.20%	PENDIENTE DE TUBERÍA
L=25.07m	LONGITUD DE TUBERÍA



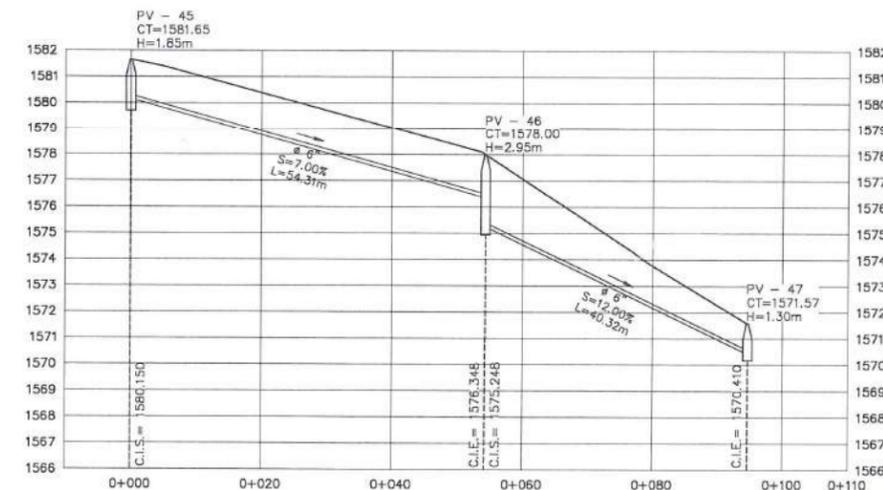
PERFIL TRAMO PV-39 A PV-41.1

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



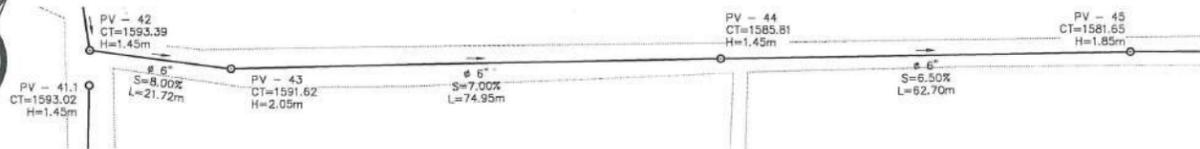
PLANTA TRAMO PV-45 A PV-47

ESCALA 1/500



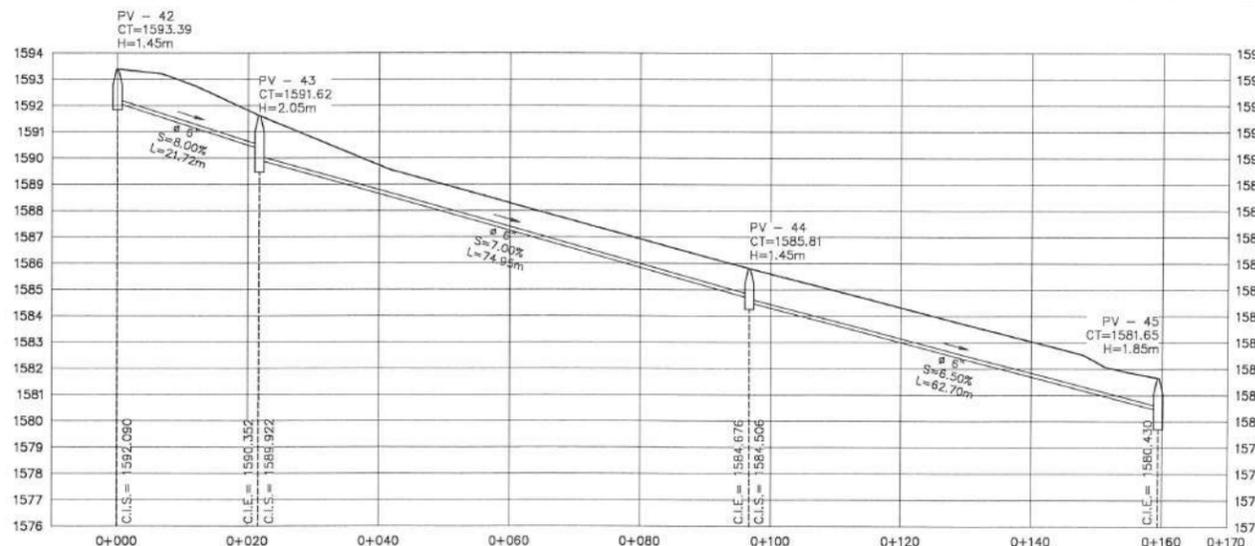
PERFIL TRAMO PV-45 A PV-47

ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



PLANTA TRAMO PV-42 A PV-45

ESCALA 1/250

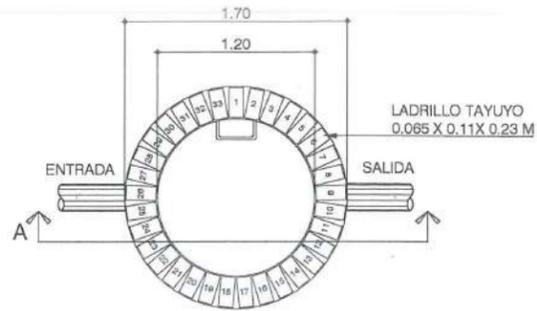


PERFIL TRAMO PV-42 A PV-45

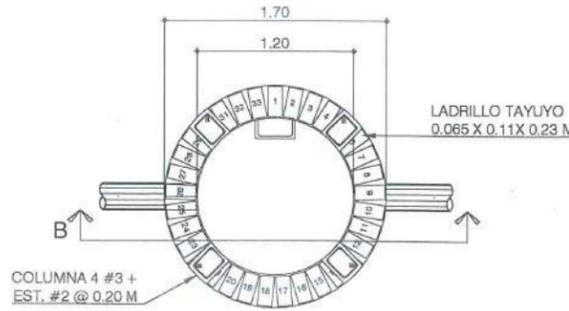
ESCALA HORIZONTAL 1/500
ESCALA VERTICAL 1/125



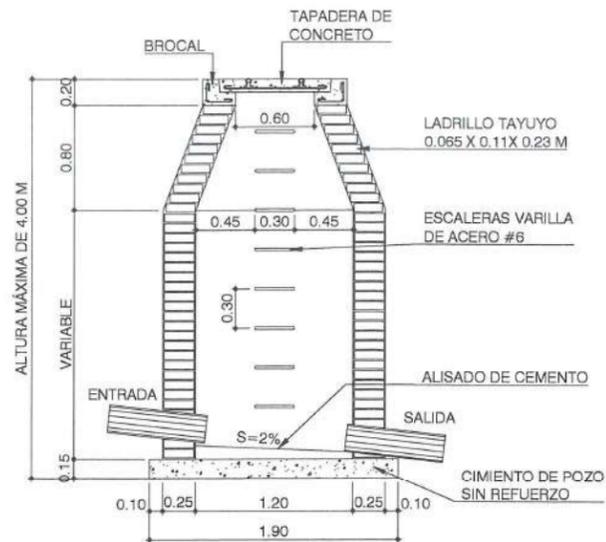
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
	FECHA: SEPTIEMBRE, 2022	HORA: 12/15
Vs. Bz.	ASESOR	



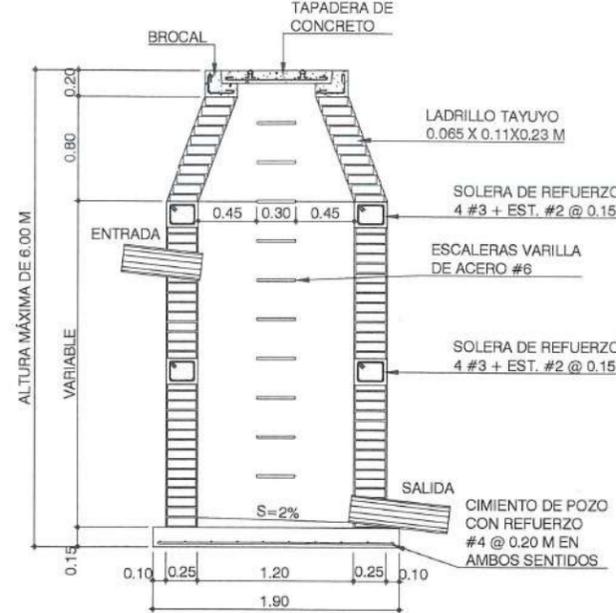
PLANTA
POZO DE VISITA SIN REFUERZO ESCALA 1/25



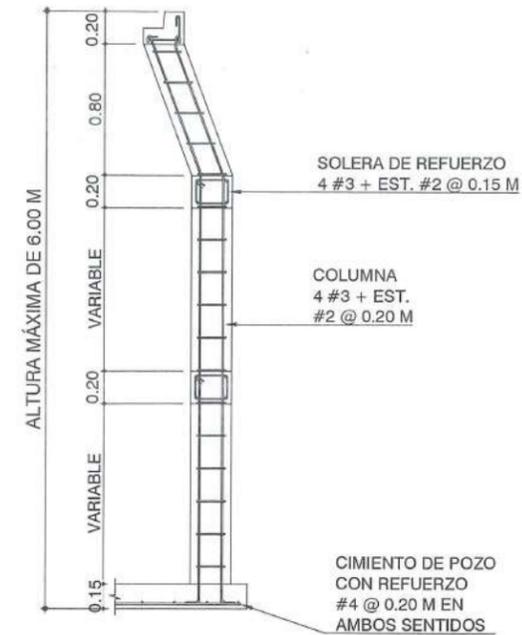
PLANTA
POZO DE VISITA CON REFUERZO ESCALA 1/25



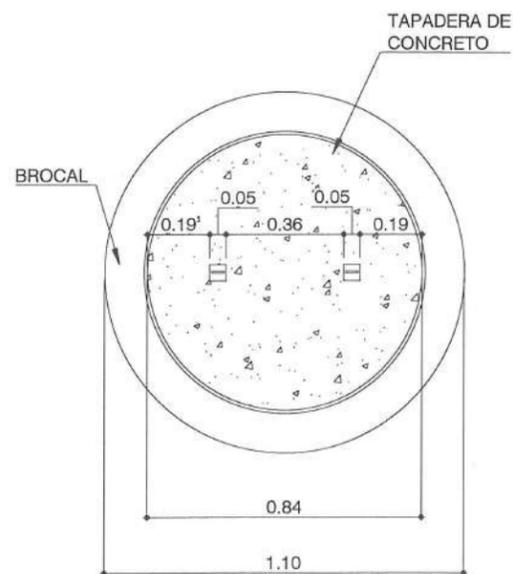
SECCIÓN A-A'
POZO DE VISITA SIN REFUERZO ESCALA 1/25



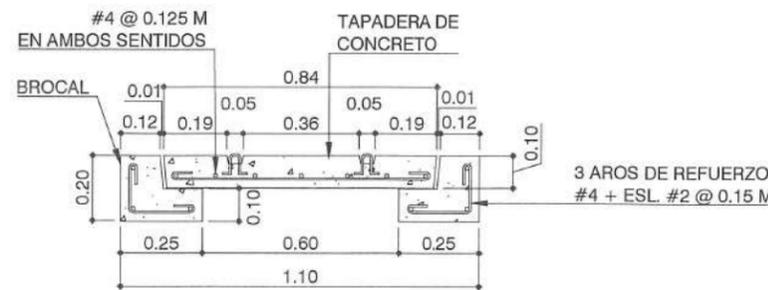
SECCIÓN B-B'
POZO DE VISITA CON REFUERZO ESCALA 1/25



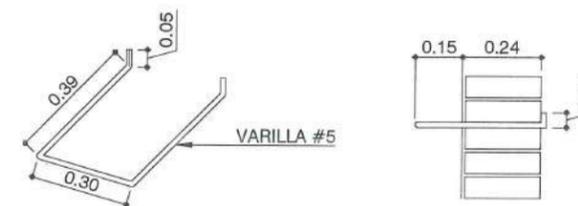
DETALLE COLUMNA
REFUERZO EN POZO DE VISITA ESCALA 1/20



TAPADERA
PLANTA ESCALA 1/10



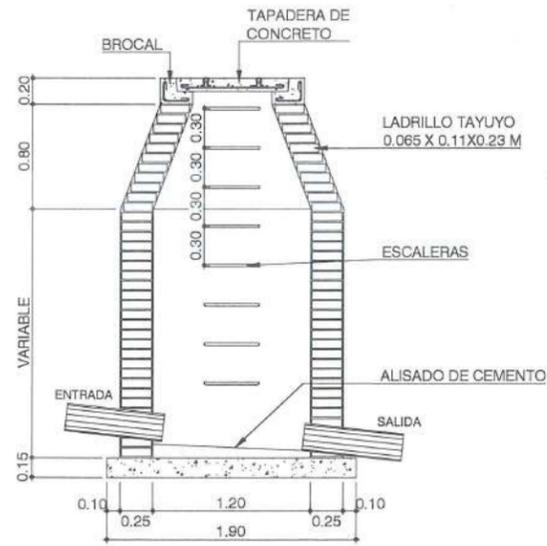
DETALLE TAPADERA
ARMADO DE ACERO ESCALA 1/25



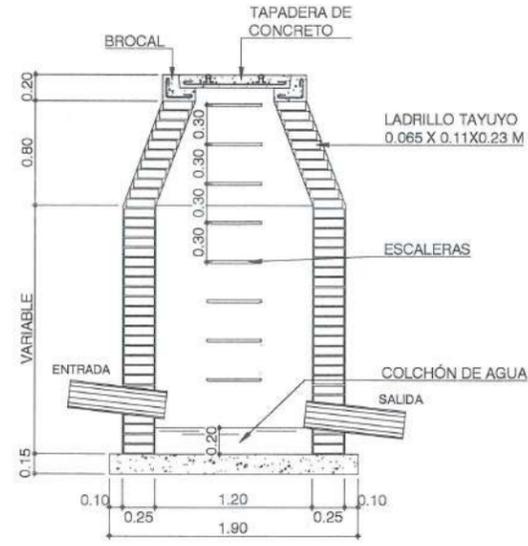
DETALLE ESCALÓN
ARMADO ESCALA 1/10



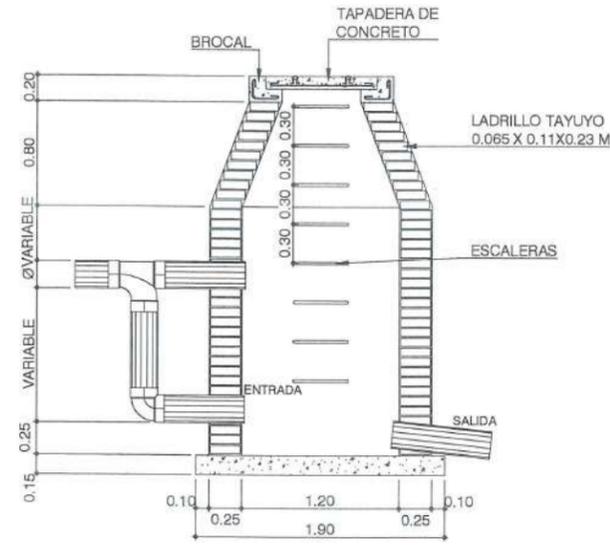
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DE VISITA	DISEÑO: E.A.L.D.L. FECHA: SEPTIEMBRE, 2022
NOVA: 13/15	ASESOR



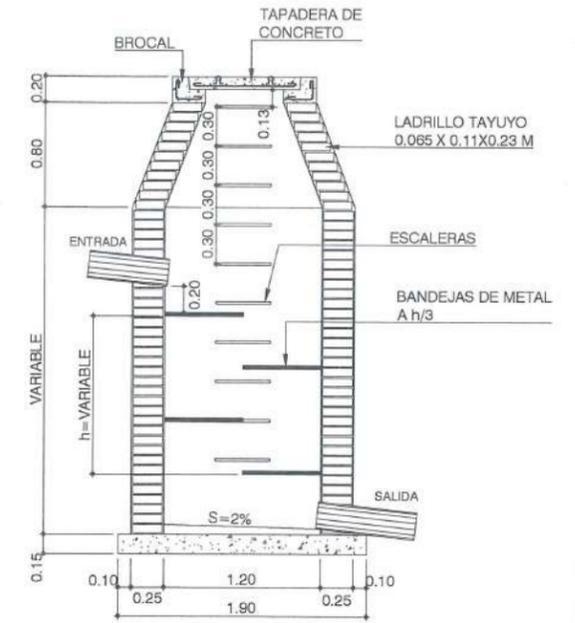
CAÍDA MENOR A 0.25 M
SIN DISIPADOR DE ENERGÍA ESCALA 1/25



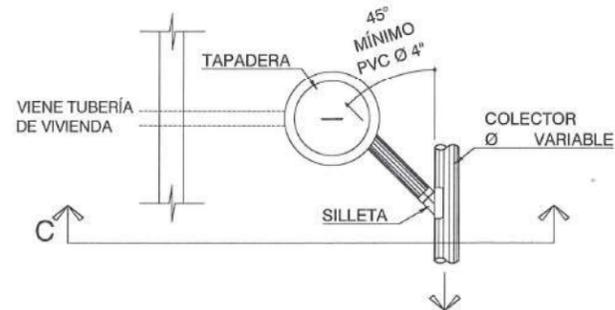
CAÍDA ENTRE 0.26 M A 0.75 M
DISIPADOR DE COLCHÓN DE AGUA ESCALA 1/25



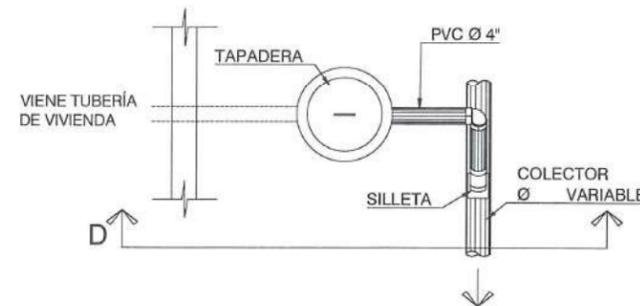
CAÍDA ENTRE 0.76 M A 2.00 M
CODO DISIPADOR ESCALA 1/25



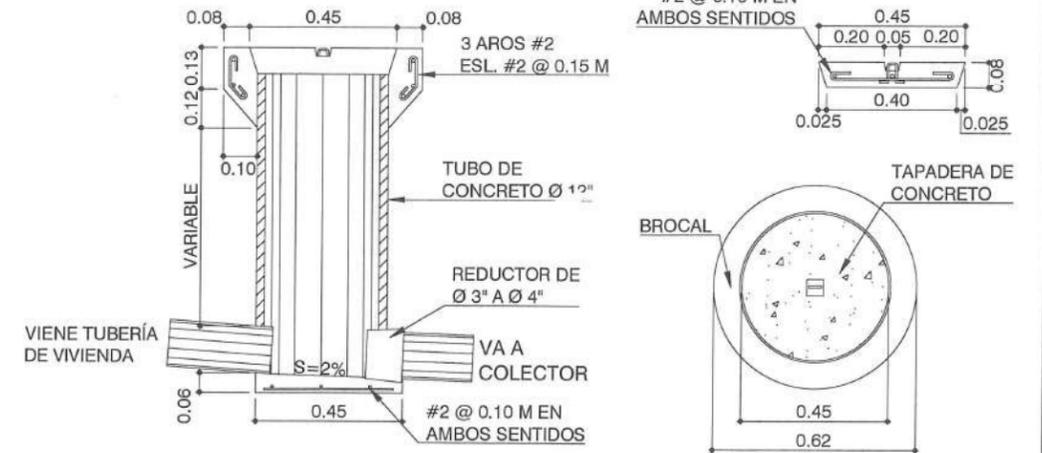
CAÍDA ENTRE 2.01 M A 6.00 M
BANDEJAS DISIPADORAS ESCALA 1/25



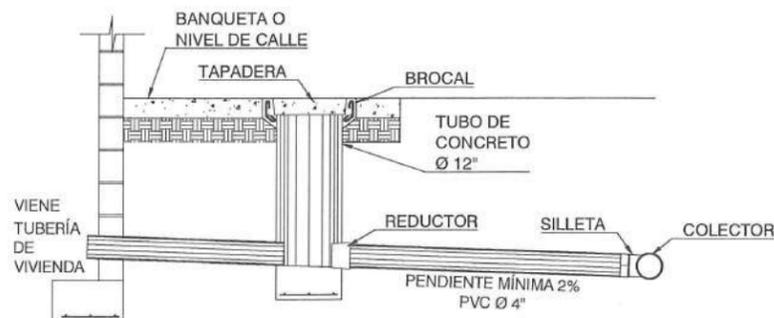
CONEXIÓN MENOR A 3.00 M
CONEXIÓN DOMICILIAR ESCALA 1/20



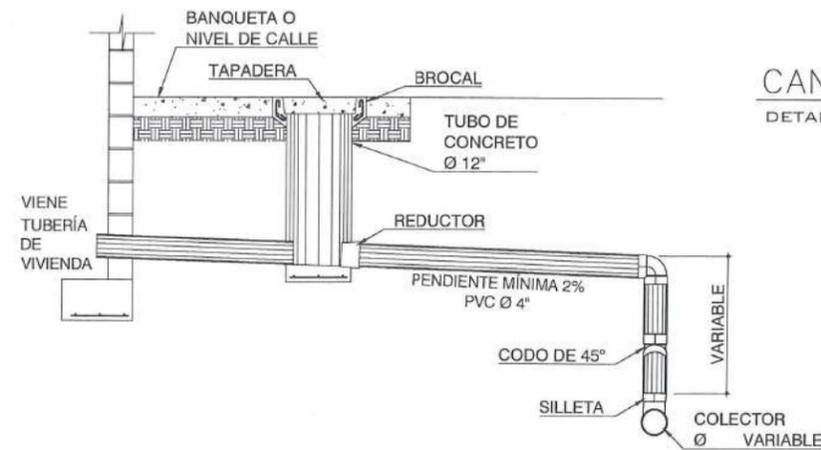
CONEXIÓN MAYOR A 3.00 M
ESCALA 1/20



CANDELA DOMICILIAR
DETALLE DE ARMADO ESCALA 1/10

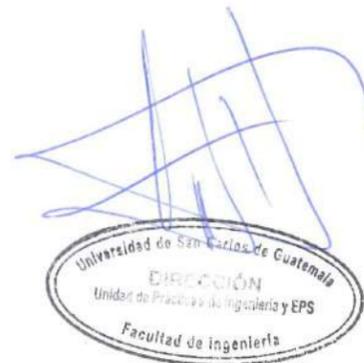


SECCIÓN C-C'
CONEXIÓN MENOR A 3.00 M ESCALA 1/20

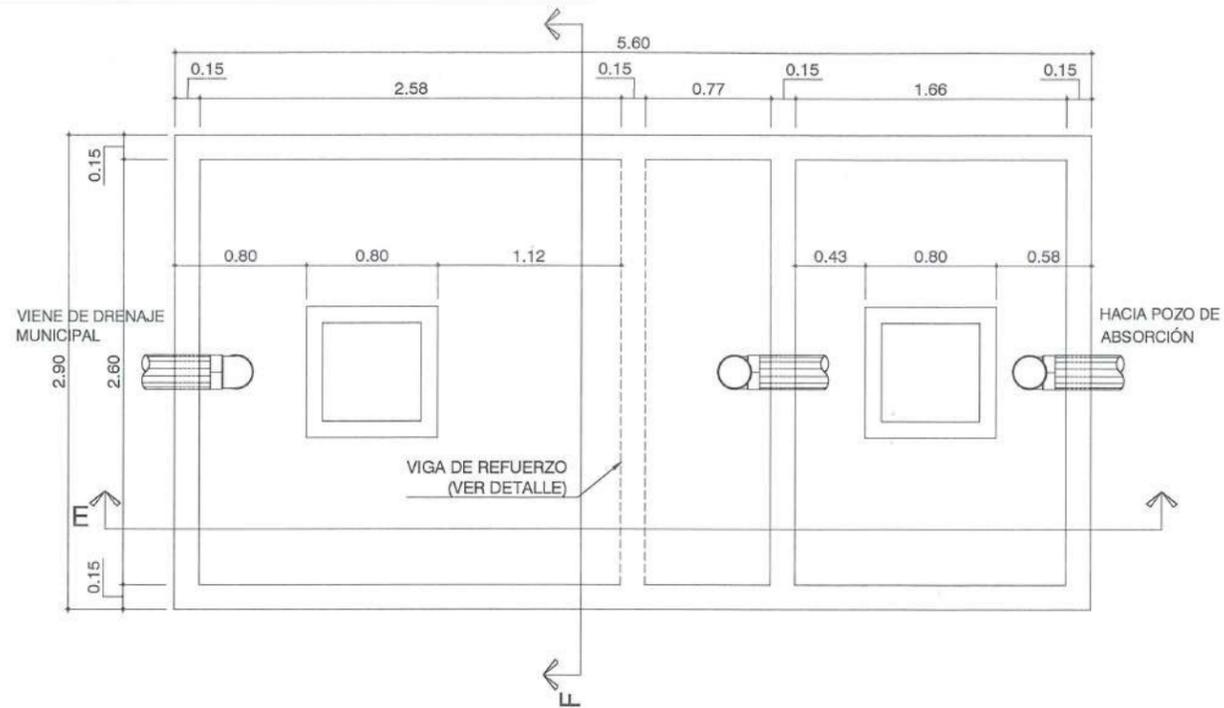


SECCIÓN D-D'
CONEXIÓN MAYOR A 3.00 M ESCALA 1/20

NOTA:
1. PARA BANDEJAS DISIPADORAS LA SEPARACIÓN ES A CADA h/3, EL CUAL h ES LA DIFERENCIA ENTRE COTA INVERT DE ENTRADA Y COTA INVERT DE SALIDA.

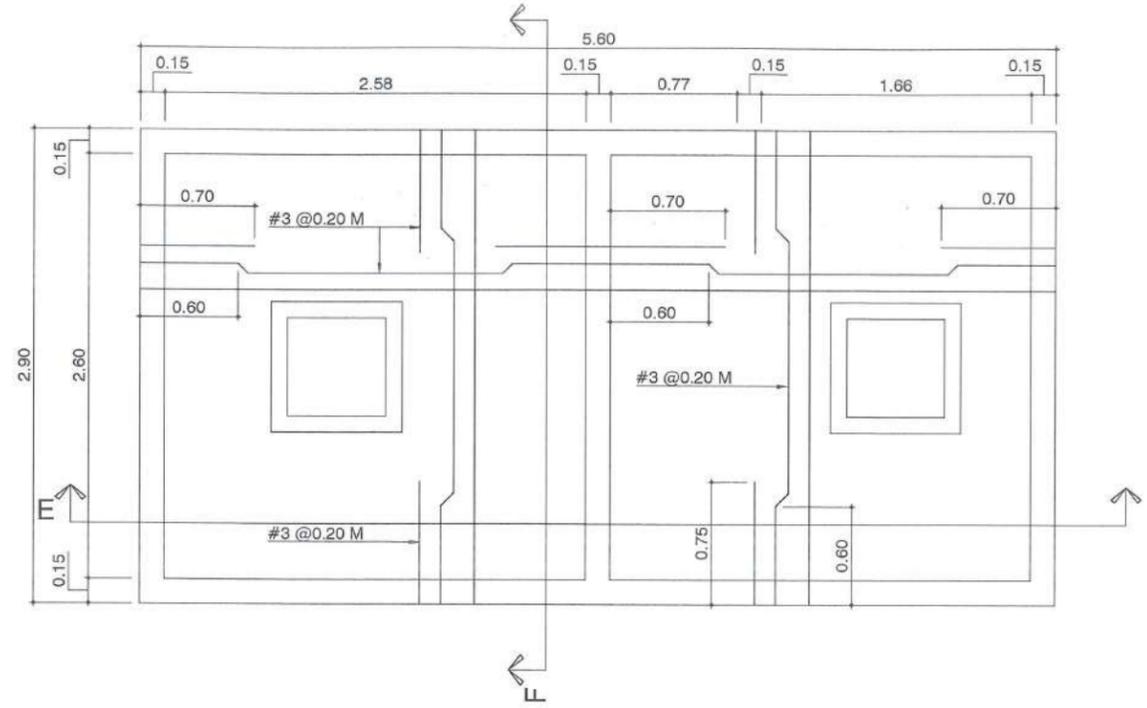


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ	
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DISIPADORES+CONEXIÓN DOMICILIAR	FECHA: SEPTIEMBRE, 2022
Vc. Ba.	ASESOR



PLANTA FOSA SÉPTICA

ESCALA 1/20



ARMADO DE ACERO EN LOSA

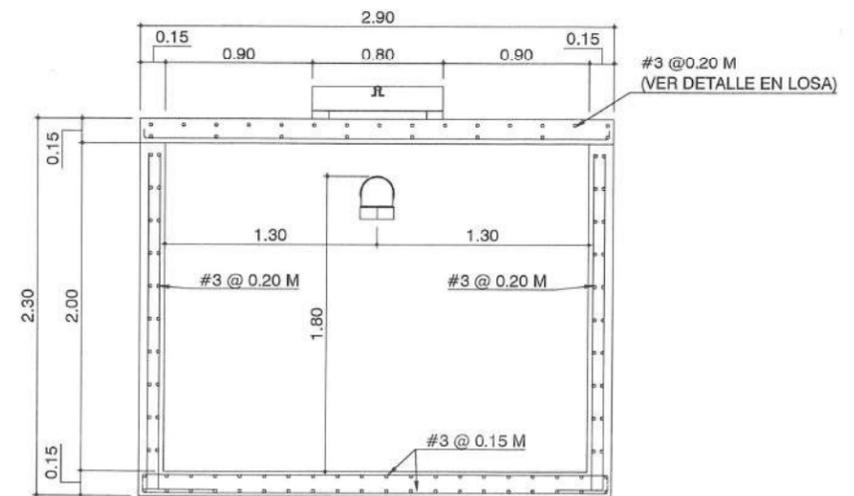
PLANTA FOSA SÉPTICA

ESCALA 1/20



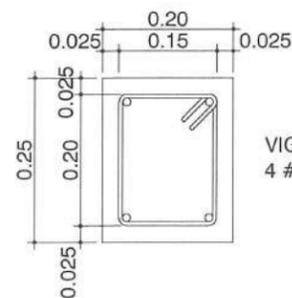
SECCIÓN E-E'

ESCALA 1/20



SECCIÓN F-F'

ESCALA 1/20



DETALLE VIGA DE REFUERZO

ESCALA 1/5



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO: DETALLE DE FOSA SÉPTICA	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE, 2022		HOJA: 15/15
V. B.	ASESOR	

Apéndice 10. **Planos del pavimento de concreto**

Fuente: elaboración propia, realizada con AutoCAD 2020.

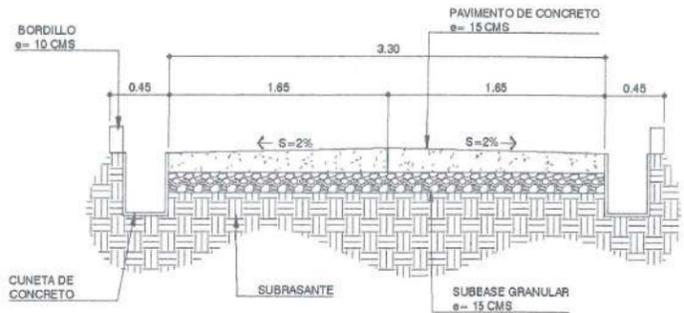
LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
A	1	168° 25' 5"	51.97 m
	2	170° 52' 30"	47.97 m
B	3	165° 20' 30"	49.97 m
	4	165° 58' 10"	45.95 m
B	1	180° 37' 15"	39.97 m
	2	178° 53' 0"	100.00 m
C	1	178° 0' 45"	98.00 m
	2	168° 45' 30"	27.00 m
D	1	165° 54' 25"	80.00 m
	2	201° 23' 45"	17.00 m
	3	207° 32' 20"	41.89 m
	4	205° 57' 5"	87.84 m
	5	206° 14' 20"	134.81 m
E	1	205° 56' 20"	157.59 m

EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
J	1	147° 56' 10"	12.92 m
	2	156° 52' 25"	17.92 m
	3	129° 51' 40"	44.30 m
K	1	131° 30' 45"	60.94 m
	2	191° 35' 15"	15.00 m
	3	187° 6' 45"	40.96 m
L	1	182° 51' 50"	71.79 m
	2	168° 28' 0"	15.94 m
M	1	173° 12' 5"	27.54 m
N	1	198° 45' 5"	14.00 m
	2	185° 5' 55"	30.97 m
R	1	169° 27' 0"	39.99 m
	2	172° 8' 35"	92.96 m

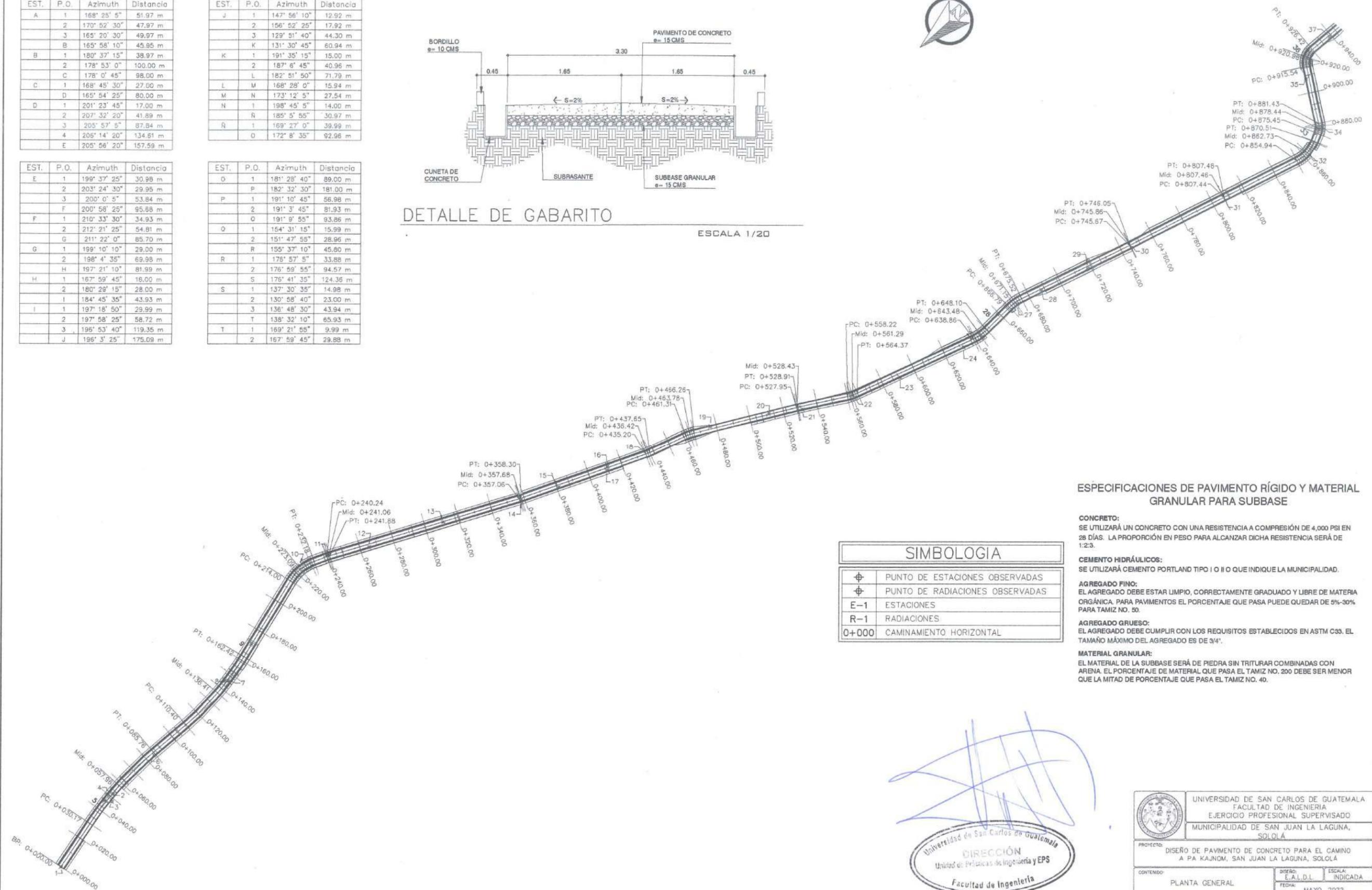
EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
E	1	199° 37' 25"	30.98 m
	2	203° 24' 30"	29.95 m
	3	200° 0' 5"	53.84 m
F	1	200° 58' 25"	95.88 m
	2	210° 33' 30"	34.93 m
	3	212° 21' 25"	54.81 m
G	1	211° 22' 0"	85.70 m
	2	199° 10' 10"	29.00 m
	3	196° 4' 35"	69.98 m
H	1	197° 21' 10"	81.99 m
	2	167° 59' 45"	16.00 m
	3	180° 28' 15"	28.00 m
I	1	184° 45' 35"	43.93 m
	2	197° 18' 50"	29.99 m
	3	196° 53' 40"	119.35 m
J	1	196° 3' 25"	175.09 m

EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
O	1	181° 28' 40"	89.00 m
	2	182° 32' 30"	181.00 m
P	1	191° 10' 45"	58.98 m
	2	191° 3' 45"	81.93 m
Q	1	191° 9' 55"	93.86 m
	2	154° 31' 15"	15.99 m
	3	151° 47' 55"	28.96 m
R	1	155° 37' 10"	45.60 m
	2	178° 57' 5"	33.88 m
	3	176° 59' 55"	94.57 m
S	1	176° 41' 35"	124.36 m
	2	137° 30' 35"	14.98 m
	3	130° 58' 40"	23.00 m
	4	136° 48' 30"	43.94 m
T	1	138° 32' 10"	65.93 m
	2	169° 21' 55"	9.99 m
	3	167° 58' 45"	29.88 m



DETALLE DE GABARITO

ESCALA 1/20



PLANTA GENERAL TRAMO 0+000.00 A 0+940.00



SIMBOLOGIA	
⊕	PUNTO DE ESTACIONES OBSERVADAS
⊗	PUNTO DE RADIACIONES OBSERVADAS
E-1	ESTACIONES
R-1	RADIACIONES
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

CONCRETO:
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.

CEMENTO HIDRÁULICOS:
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.

AGREGADO FINO:
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 5%-30% PARA TAMIZ NO. 50.

AGREGADO GRUESO:
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C33. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".

MATERIAL GRANULAR:
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA
CONTENIDO:	PLANTA GENERAL
DISEÑO:	E.A.L.D.L.
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	MAYO, 2022
HUJA:	1/8

ESCALA 1/1,000

LIBRETA TOPOGRÁFICA

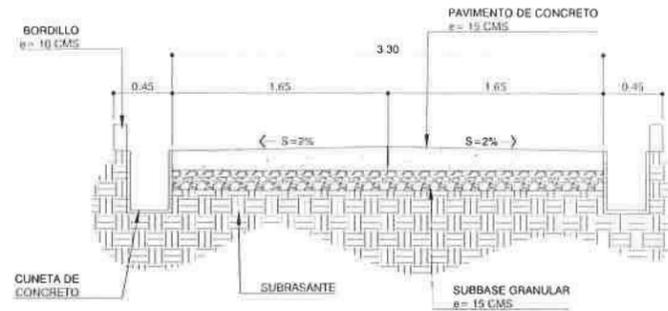
EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
A	1	168° 25' 5"	51.97 m
	2	170° 52' 30"	47.97 m
	3	165° 20' 30"	49.97 m
B	1	165° 58' 10"	45.95 m
	2	178° 53' 0"	100.00 m
C	1	178° 0' 45"	98.00 m
	2	168° 45' 30"	27.00 m
D	1	165° 54' 25"	80.00 m
	2	201° 23' 45"	17.00 m
	3	207° 32' 20"	41.89 m
	4	205° 57' 5"	87.84 m
E	1	205° 56' 20"	157.59 m

EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
J	1	142° 36' 10"	12.92 m
	2	158° 52' 35"	17.92 m
	3	129° 51' 40"	44.50 m
K	1	131° 30' 45"	60.94 m
	2	191° 35' 15"	15.00 m
	3	157° 6' 45"	40.96 m
L	1	182° 51' 50"	71.79 m
M	1	158° 28' 0"	15.94 m
N	1	173° 12' 5"	27.54 m
	2	198° 45' 5"	14.00 m
	3	185° 5' 55"	30.97 m
O	1	169° 29' 0"	39.99 m
	2	172° 8' 35"	92.96 m

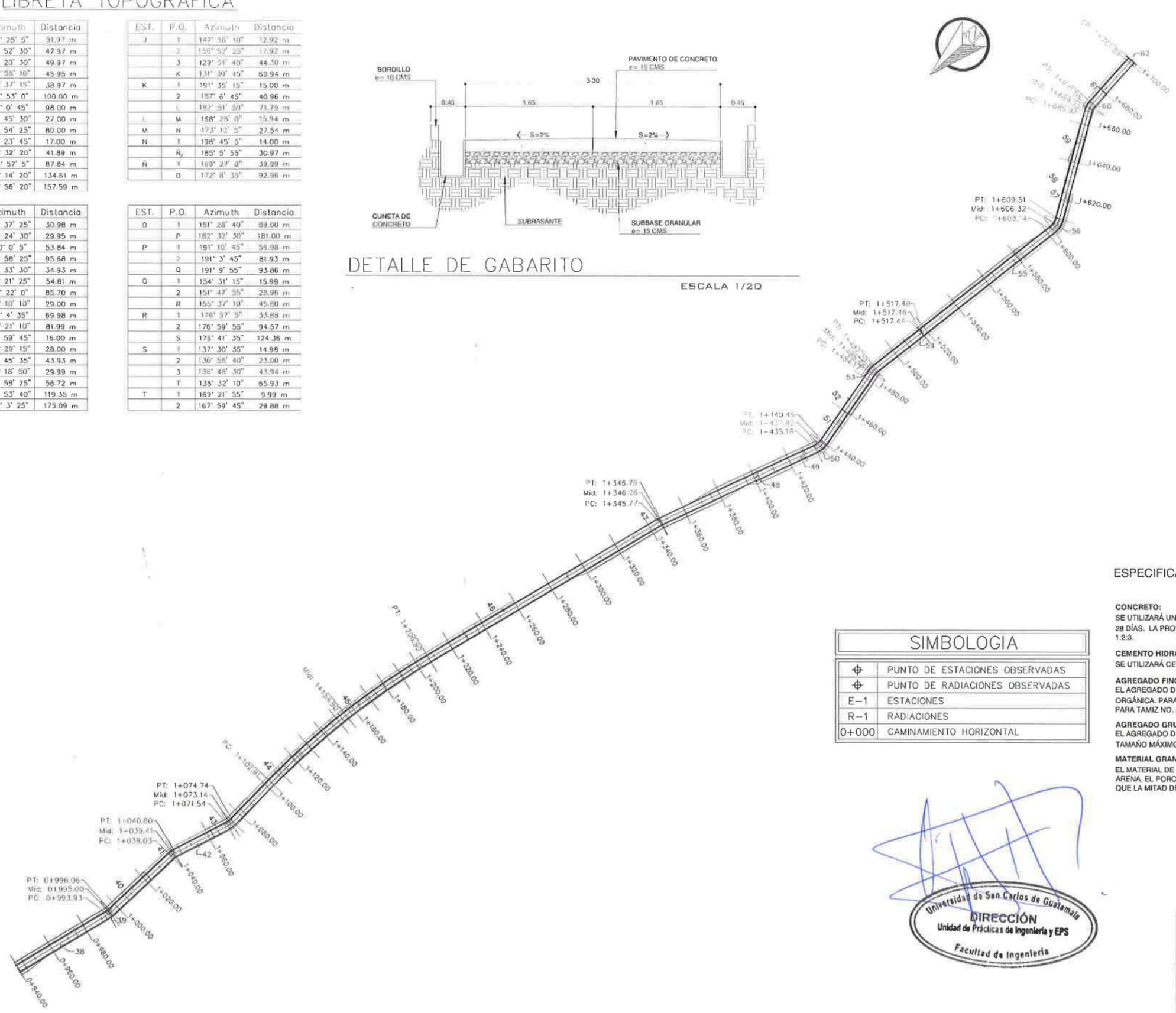
EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
E	1	199° 37' 25"	30.98 m
	2	203° 24' 30"	29.95 m
	3	200° 0' 5"	53.84 m
F	1	200° 58' 25"	95.68 m
	2	210° 33' 30"	34.93 m
	3	212° 21' 25"	54.81 m
G	1	211° 22' 0"	85.70 m
	2	199° 10' 10"	29.00 m
	3	198° 4' 35"	69.98 m
H	1	197° 21' 10"	81.99 m
	2	167° 59' 45"	16.00 m
	3	180° 29' 15"	28.00 m
I	1	184° 45' 35"	43.93 m
	2	197° 18' 50"	29.99 m
	3	197° 59' 25"	56.72 m
	4	196° 53' 40"	119.35 m
J	1	196° 3' 25"	173.09 m

EST.	P.O.	Azimuth	Distancia
D	1	191° 28' 40"	69.00 m
	2	182° 32' 10"	181.00 m
P	1	191° 10' 45"	55.98 m
	2	191° 3' 45"	81.93 m
Q	1	191° 9' 55"	93.86 m
	2	154° 31' 15"	15.99 m
	3	151° 47' 55"	28.96 m
R	1	155° 37' 10"	45.80 m
	2	176° 57' 35"	33.88 m
	3	176° 59' 55"	94.57 m
S	1	176° 41' 35"	124.36 m
	2	137° 30' 35"	14.98 m
	3	130° 55' 40"	23.00 m
	4	136° 48' 30"	43.94 m
T	1	138° 32' 10"	65.93 m
	2	169° 21' 55"	9.99 m
	3	167° 59' 45"	29.88 m

DETALLE DE GABARITO



ESCALA 1/20



PLANTA GENERAL TRAMO 0+940.00 A 1+701.89

SIMBOLOGIA

⊕	PUNTO DE ESTACIONES OBSERVADAS
⊙	PUNTO DE RADIACIONES OBSERVADAS
E-1	ESTACIONES
R-1	RADIACIONES
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

CONCRETO:
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2.3.

CEMENTO HIDRÁULICOS:
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.

AGREGADO FINO:
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 5%-30% PARA TAMIZ NO. 50.

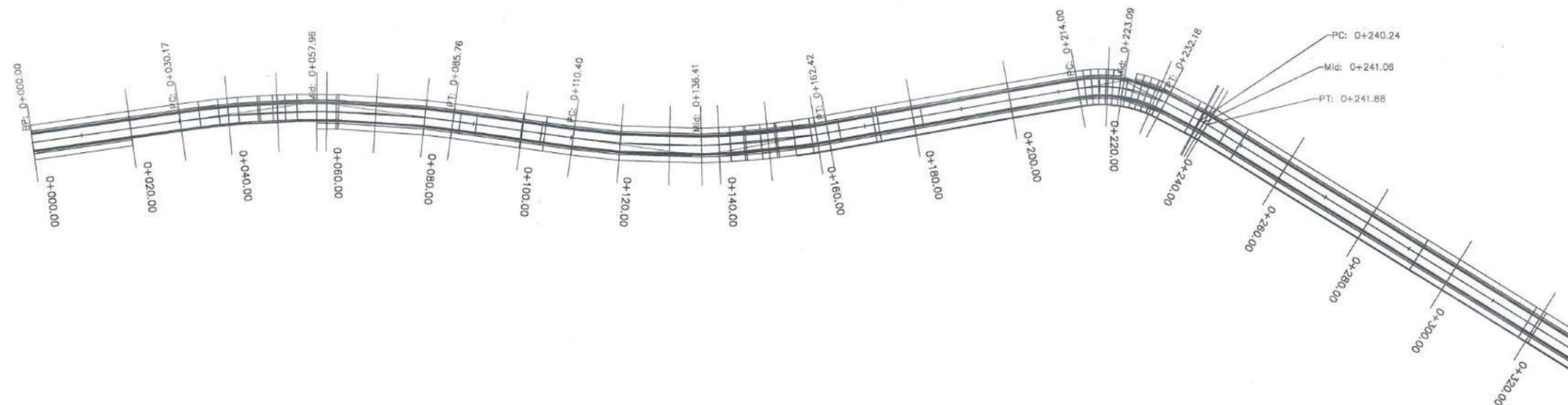
AGREGADO GRUESO:
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C33. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".

MATERIAL GRANULAR:
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO A PA KAJNOM, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA
CONTENIDO:	PLANTA GENERAL
DISEÑO:	E.A.L.D.I.
FECHA:	MAYO, 2022
ESCALA:	INDICADA
HOJA:	2/8
Vs. Sr.:	ASESOR:

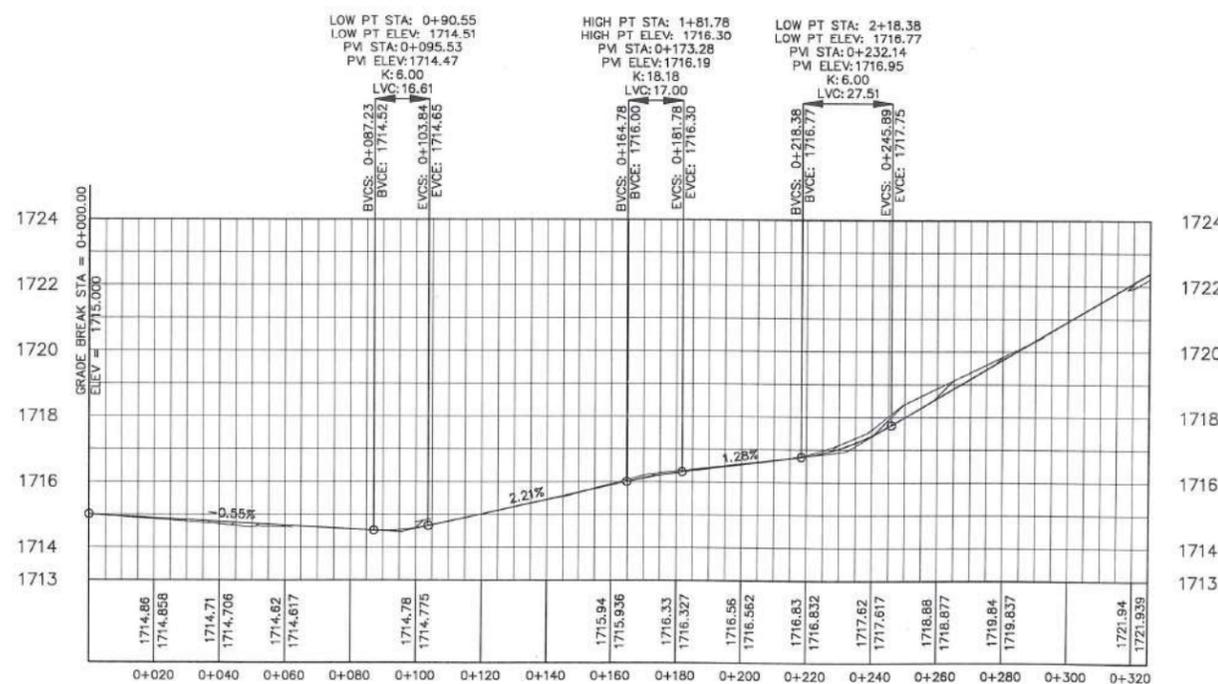
ESCALA 1/1,000



PLANTA DE 0+000 A 0+325

ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
2.00%	PENDIENTE EN LA RASANTE
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	RELLENO DE TERRENO
	CORTE DE TERRENO



PERFIL DE 0+000 A 0+325

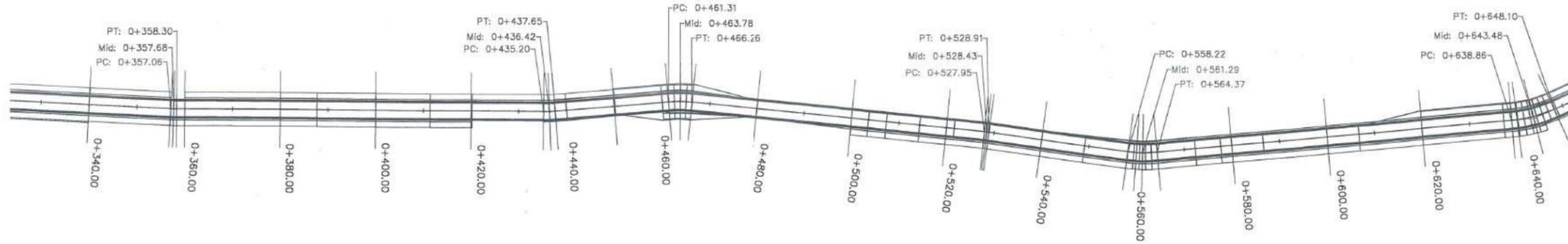
ESCALA HORIZONTAL 1/750
ESCALA VERTICAL 1/75

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

- CONCRETO:**
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.
- CEMENTO HIDRÁULICOS:**
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.
- AGREGADO FINO:**
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 9%-30% PARA TAMIZ NO. 50.
- AGREGADO GRUESO:**
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C33. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".
- MATERIAL GRANULAR:**
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.



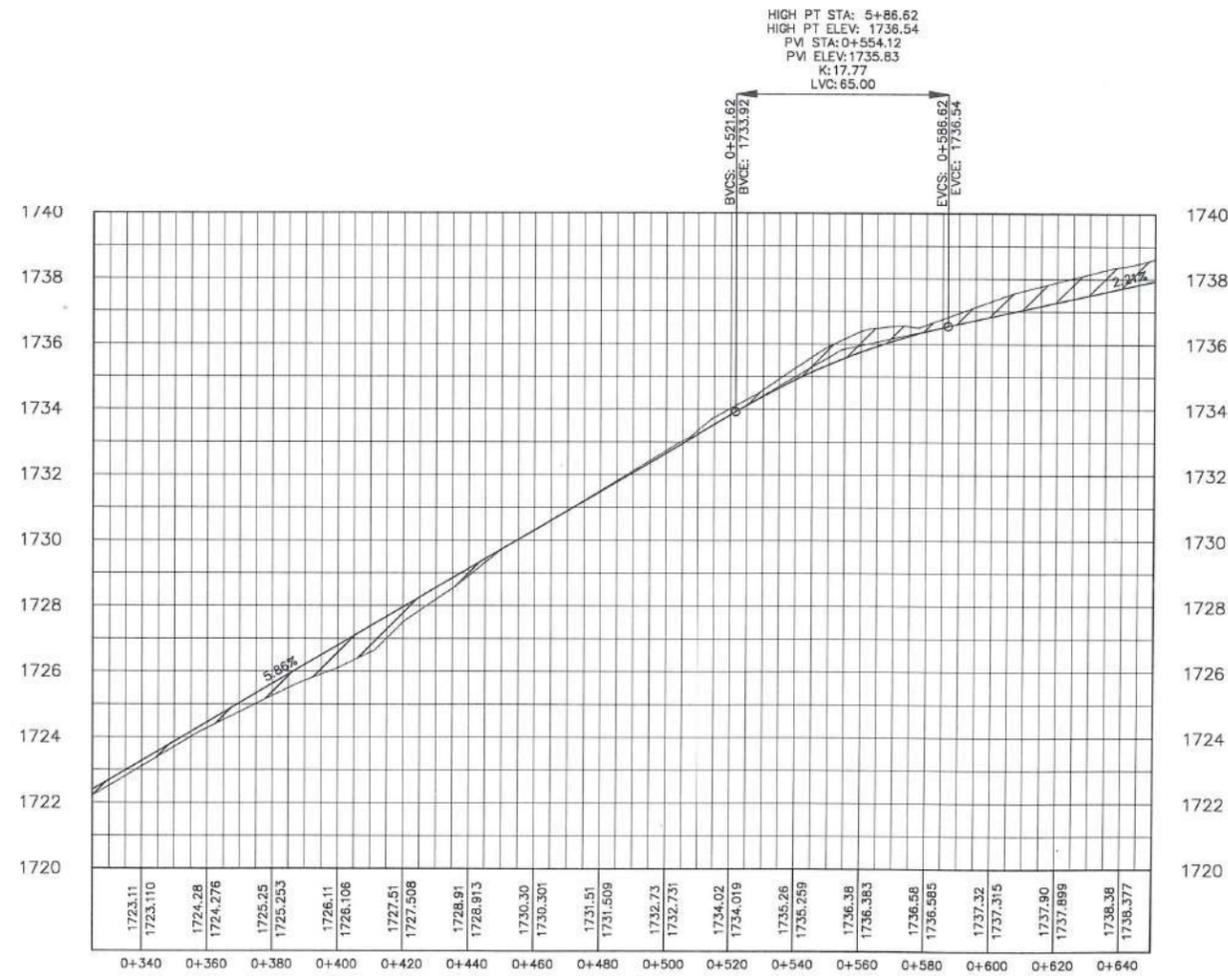
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE 0+000 A 0+325	DISEÑO: E.A.L.D.L. FECHA: MAYO, 2022
ESCALA: INDICADA	HOJA: 3/8
Vc. Bc.	ASESOR



PLANTA DE 0+325 A 0+650

ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
2.00%	PENDIENTE EN LA RASANTE
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	RELLENO DE TERRENO
	CORTE DE TERRENO



PERFIL DE 0+325 A 0+650

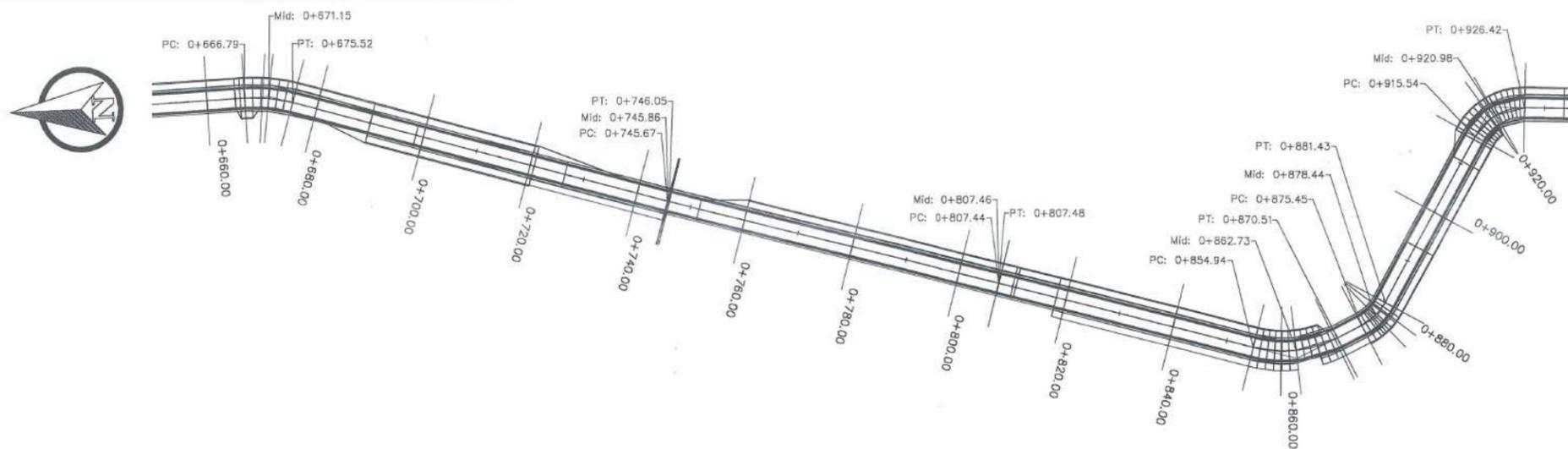
ESCALA HORIZONTAL 1/750
ESCALA VERTICAL 1/75

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

- CONCRETO:**
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.
- CEMENTO HIDRÁULICOS:**
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.
- AGREGADO FINO:**
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 8%-30% PARA TAMIZ NO. 50.
- AGREGADO GRUESO:**
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C33. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".
- MATERIAL GRANULAR:**
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.



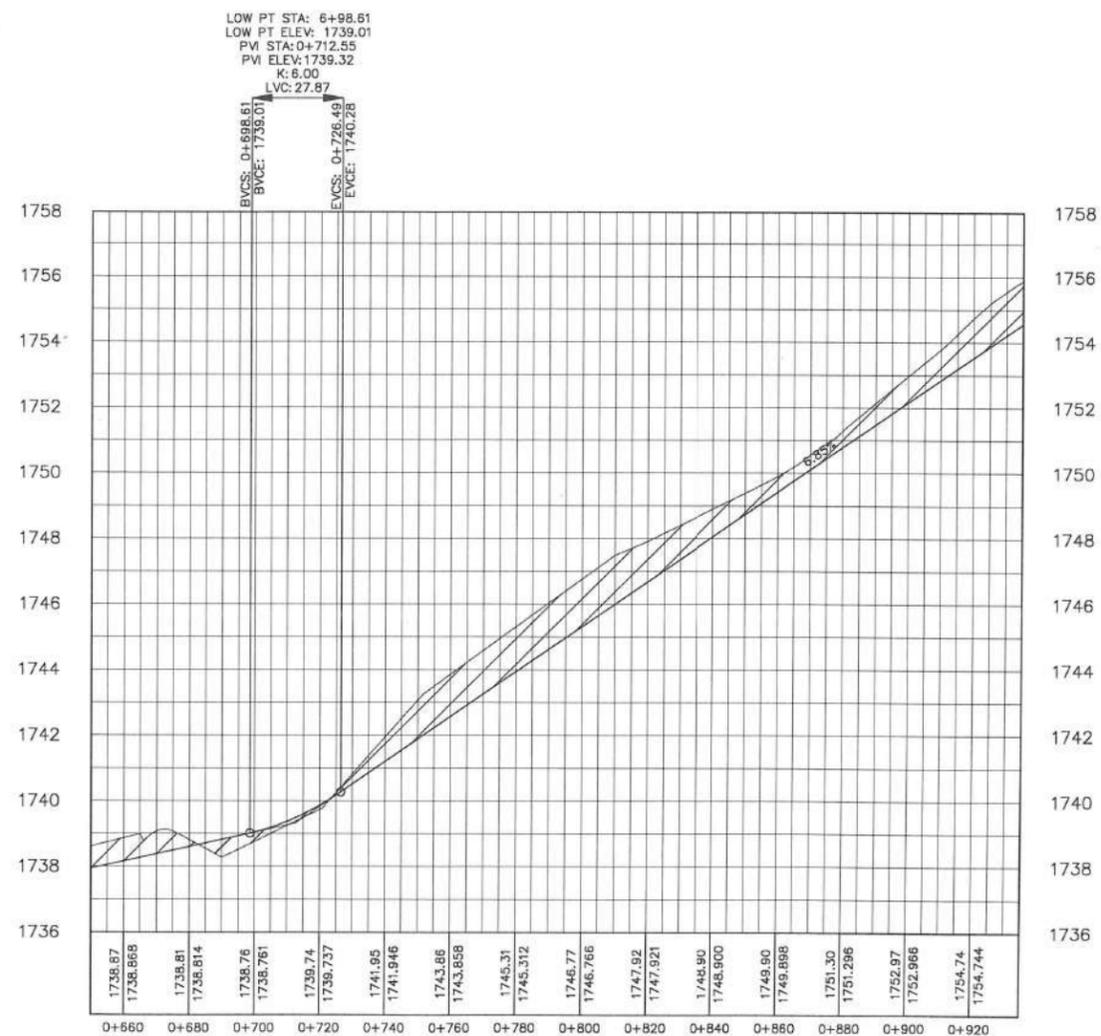
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA		
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE 0+325 A 0+650	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
FECHA: MAYO, 2022		HOJA: 4/8
Vo. Bn.		ASESOR



PLANTA DE 0+650 A 0+935

ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
2.00%	PENDIENTE EN LA RASANTE
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	RELLENO DE TERRENO
	CORTE DE TERRENO



PERFIL DE 0+650 A 0+935

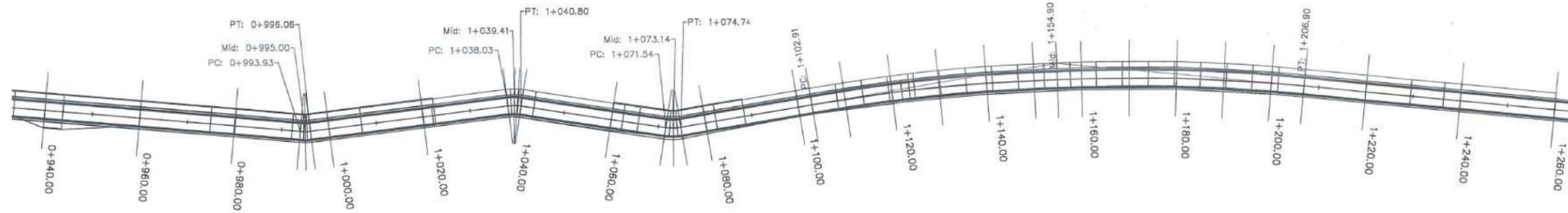
ESCALA HORIZONTAL 1/750
ESCALA VERTICAL 1/75

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

- CONCRETO:**
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.
- CEMENTO HIDRÁULICOS:**
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.
- AGREGADO FINO:**
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTO, EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 9%-30% PARA TAMIZ NO. 50.
- AGREGADO GRUESO:**
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C39. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".
- MATERIAL GRANULAR:**
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.



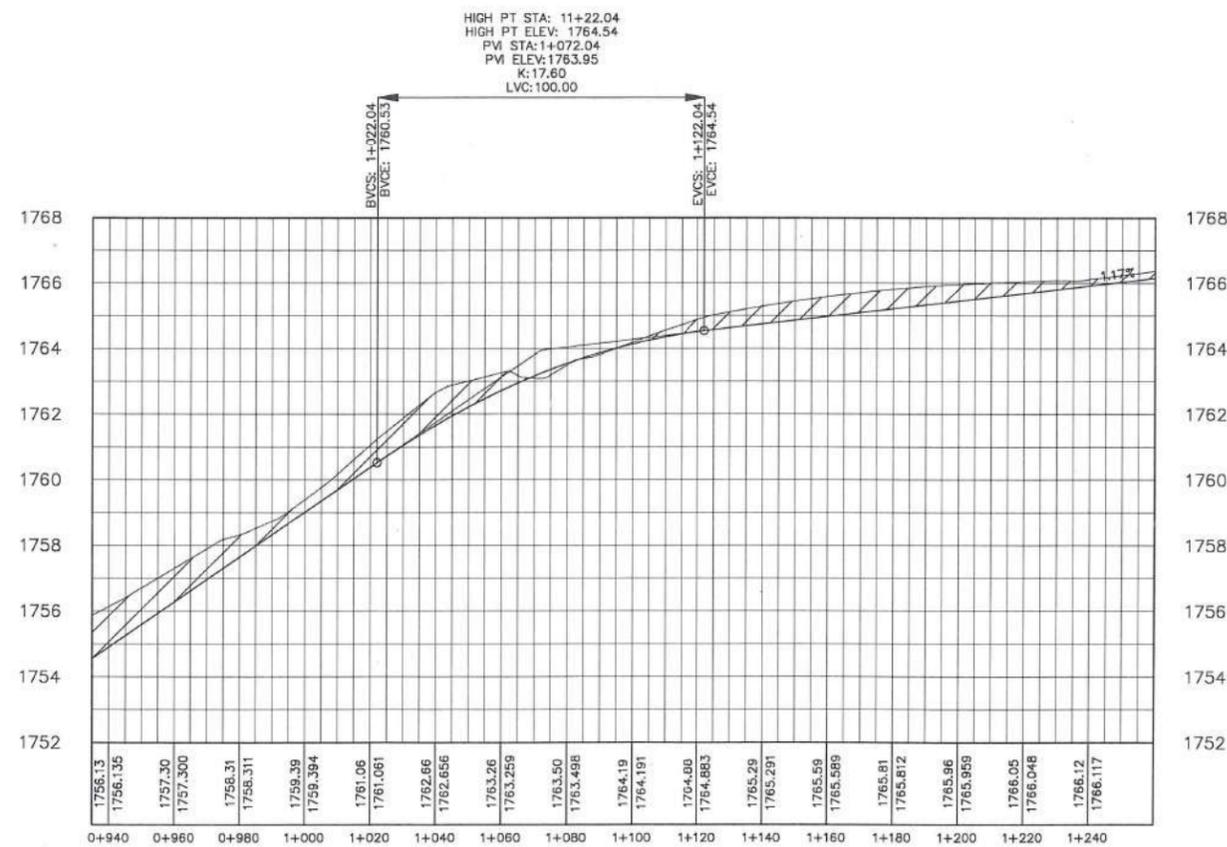
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
		MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ	
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ			
CONTENIDO:	DISÑO:	ESCALA:	
PLANTA-PERFIL DE 0+650 A 0+935	E.A.L.D.L.	INDICADA	
	FECHA:	MAYO, 2022	
			HOJA: 5/8



PLANTA DE 0+935 A 1+260

ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
2.00%	PENDIENTE EN LA RASANTE
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	RELLENO DE TERRENO
	CORTE DE TERRENO



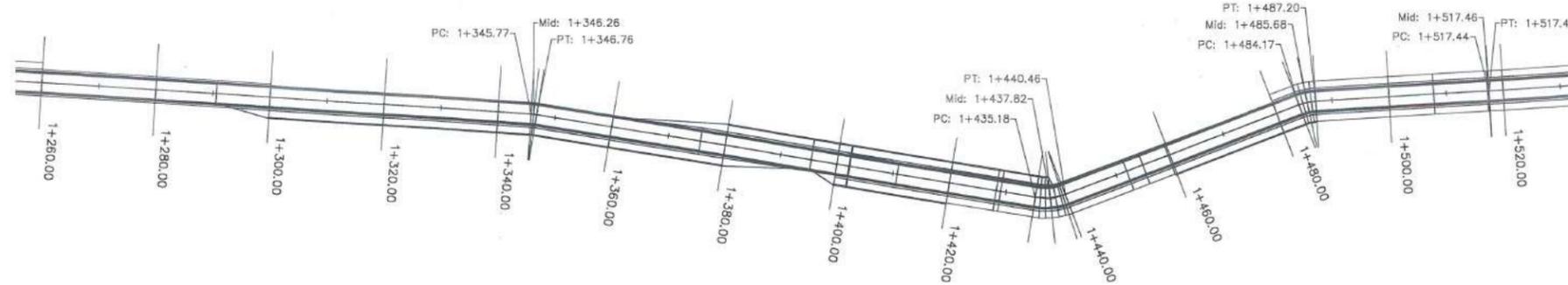
PERFIL DE 0+935 A 1+260

ESCALA HORIZONTAL 1/750
ESCALA VERTICAL 1/75

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

- CONCRETO:**
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.
- CEMENTO HIDRÁULICOS:**
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.
- AGREGADO FINO:**
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 5%-30% PARA TAMIZ NO. 50.
- AGREGADO GRUESO:**
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C33. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".
- MATERIAL GRANULAR:**
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.

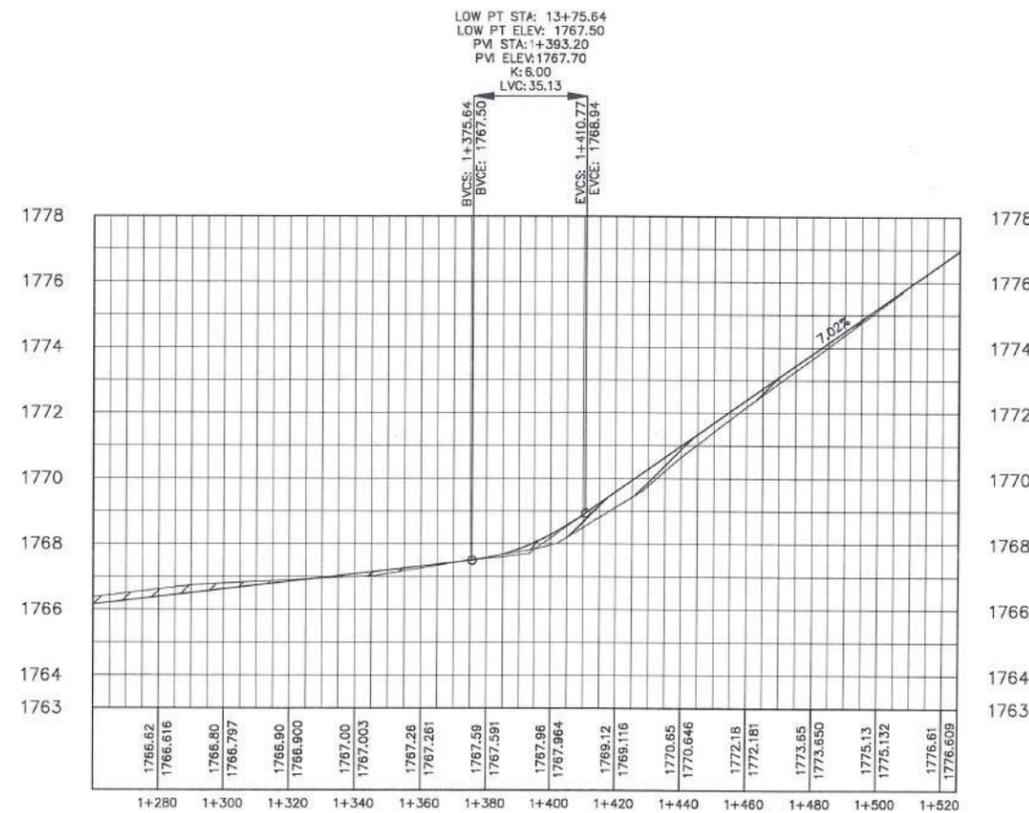
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ		
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ	
CONTENIDO:	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
PLANTA-PERFIL DE 0+935 A 1+260	FECHA: MAYO, 2022	
Vs. Ba.	ASESOR	HOJA: 6/8



PLANTA DE 1+260 A 1+525

ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
2.00%	PENDIENTE EN LA RASANTE
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	RELLENO DE TERRENO
	CORTE DE TERRENO



PERFIL DE 1+260 A 1+525

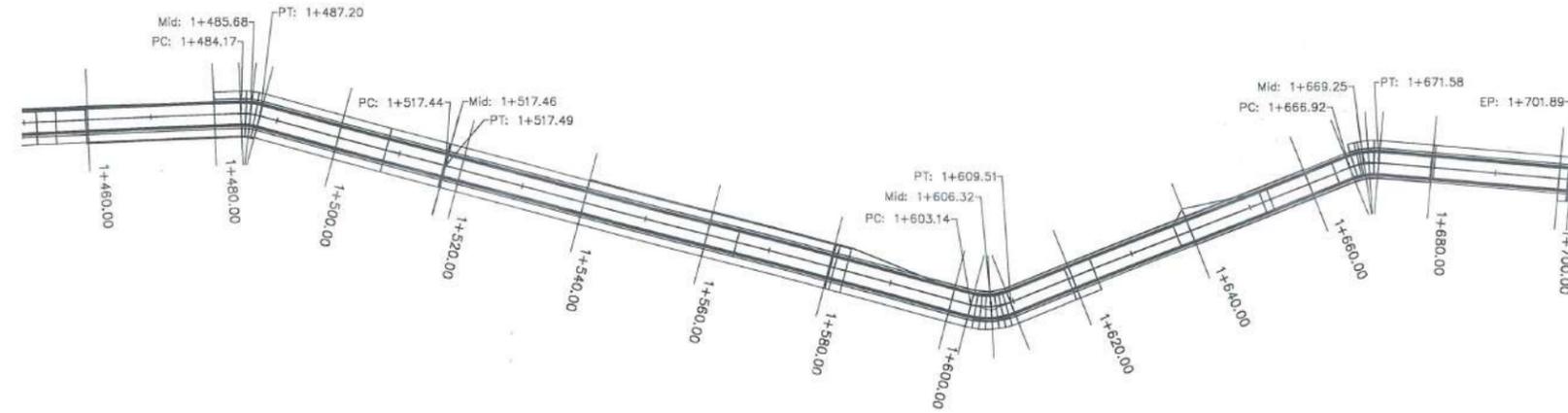
ESCALA HORIZONTAL 1/750
ESCALA VERTICAL 1/75

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

- CONCRETO:**
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PEGO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.
- CEMENTO HIDRÁULICOS:**
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.
- AGREGADO FINO:**
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 5%-30% PARA TAMIZ NO. 50.
- AGREGADO GRUESO:**
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C33. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".
- MATERIAL GRANULAR:**
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.



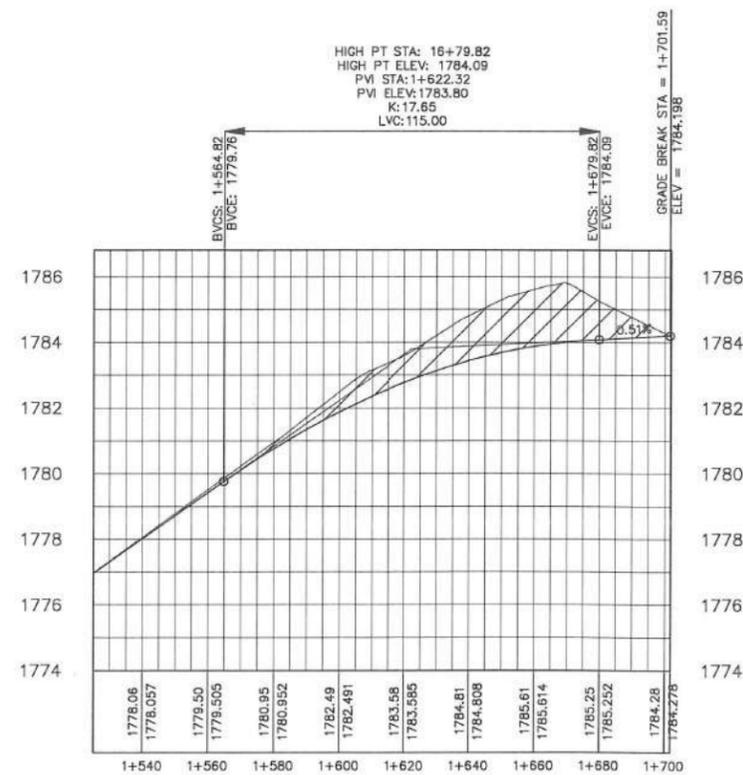
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO:	DISEÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
	FECHA:	MAYO, 2022
		Hoja: 7/8



PLANTA DE 1+525 A 1+701.59

ESCALA 1/500

SIMBOLOGIA	
2.00%	PENDIENTE EN LA RASANTE
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	RELLENO DE TERRENO
	CORTE DE TERRENO



PERFIL DE 1+525 A 1+701.59

ESCALA HORIZONTAL 1/750
ESCALA VERTICAL 1/75

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RÍGIDO Y MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE

- CONCRETO:**
SE UTILIZARÁ UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4,000 PSI EN 28 DÍAS. LA PROPORCIÓN EN PESO PARA ALCANZAR DICHA RESISTENCIA SERÁ DE 1:2:3.
- CEMENTO HIDRÁULICOS:**
SE UTILIZARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO I O II O QUE INDIQUE LA MUNICIPALIDAD.
- AGREGADO FINO:**
EL AGREGADO DEBE ESTAR LIMPIO, CORRECTAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA. PARA PAVIMENTOS EL PORCENTAJE QUE PASA PUEDE QUEDAR DE 5%-30% PARA TAMIZ NO. 50.
- AGREGADO GRUESO:**
EL AGREGADO DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ASTM C39. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ES DE 3/4".
- MATERIAL GRANULAR:**
EL MATERIAL DE LA SUBBASE SERÁ DE PIEDRA SIN TRITURAR COMBINADAS CON ARENA. EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ NO. 200 DEBE SER MENOR QUE LA MITAD DE PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ NO. 40.

[Handwritten signature]

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CAMINO CABECERA MUNICIPAL, SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA	
CONTENIDO:	DISÑO: E.A.L.D.L.	ESCALA: INDICADA
PLANTA-PERFIL DE 1+525 A 1+701	FECHA:	MAYO, 2022
Vs. Bs.	ASESOR	HOJA: 8/8

ANEXO

Anexo 1. Resultados de ensayos de muestra de suelo

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No. 346 S.S.A. O.T.: 40,946 No. 19002

Interesado: Eowin Alejandro López de León

Proyecto: Trabajo de graduación titulado "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal y diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa Kajnom, San Juan La Laguna, Sololá"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: 16 avenida 42-26, zona 8

FECHA: martes, 26 de octubre de 2021

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	LP. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa color café oscuro
2	2	41.8	3.1	ML	Limo arenoso color café amarillento
3	3	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa color café claro
4	4	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa color café claro
5	5	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa color café oscuro

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

 **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS

 **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
DIRECCION GUATEMALA, A.

Inga. Teima Marcela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Continuación de anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe No.: 359 S.S.A. O.T.: 40,946 No. 19015

Interesado: Edwín Alejandro López de León

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

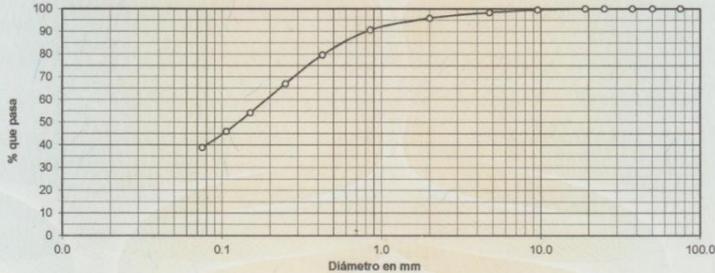
Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: Trabajo de graduación titulado "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal y diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa Kajnom, San Juan La Laguna, Sololá"

Ubicación: 16 avenida 42-26 zona 8

Fecha: martes, 26 de octubre de 2021 Muestra: 5

Análisis con Tamices:			Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	95.92
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	90.65
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	79.70
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	67.12
3/4"	19.0 mm	100.00 *	100	150 µm	54.26
3/8"	9.5 mm	99.59	140	106 µm	45.97
4	4.75 mm	98.38	200	75 µm	38.89

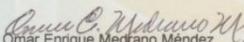


Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro

Clasificación:	S.C.U.: A-4	% de Grava: 1.62	D10: *
	P.R.A.: SM	% de Arena: 59.49	D30: *
		% de finos: 38.89	D60: 0.19 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS

Vo.Bo.



Inga. Teima Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
9-9115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación de anexo 1.

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No. 360 S.S.A. O.T.: 40,946 **No. 19016**

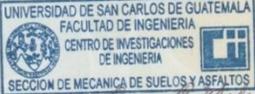
Interesado: Edwin Alejandro López de León Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180
Proyecto: Trabajo de graduación titulado "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal y diseño de pavimento de concreto para el camino a Pa Kajnom, San Juan La Laguna, Sololá"
Ubicación: 16 avenida 42-26 zona 8
Fecha: martes, 26 de octubre de 2021 Muestra: 5

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft ³
12	82.5
13	84.5
14	86.5
15	88.5
16	89.5
17	90.0
18	90.0
19	89.5
20	88.5
21	87.5
22	86.5
23	85.5
24	84.5
25	83.5
26	82.5

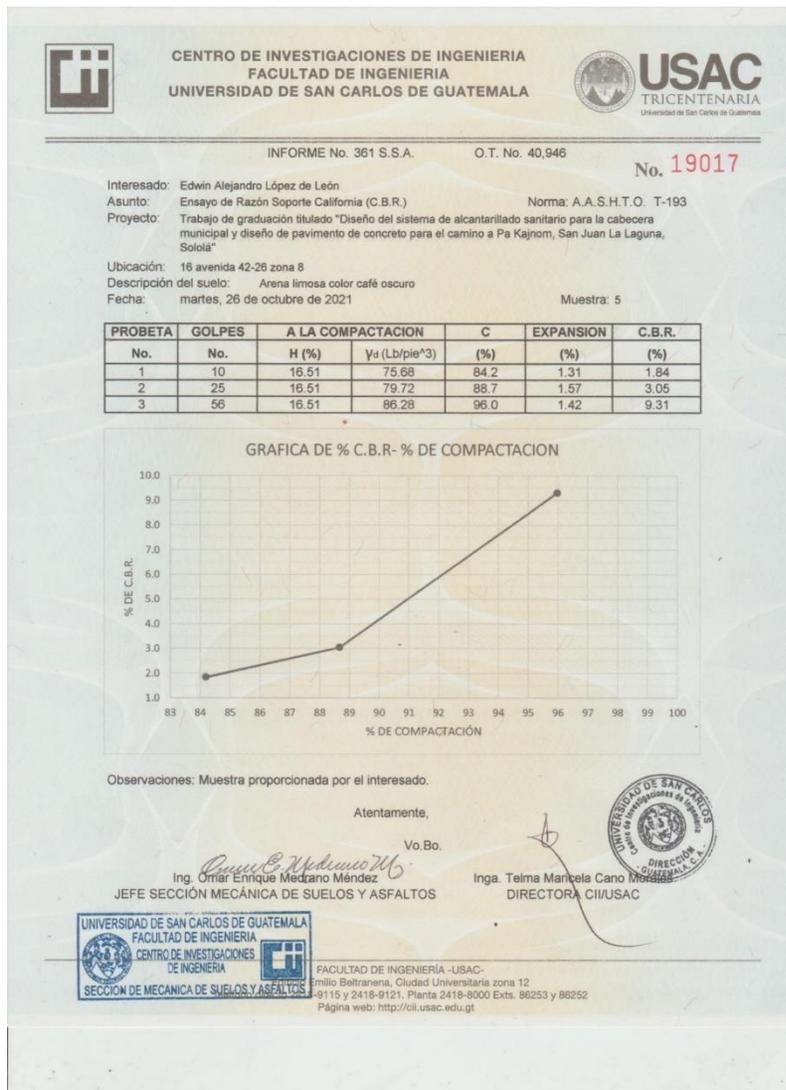
Descripción del suelo: Arena limosa color café oscuro
Densidad seca máxima V_d : 1,440.20 Kg/m³ 89.90 lb/ft³
Humedad óptima H_{op} : 18.00 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

 Atentamente,
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Vo.Bo. Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos
Inga. Telma Maribela Cano Morales Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrarena, 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 de anexo 1.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería (2021). *Facultad de Ingeniería, USAC.*