



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

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN
TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**

Ligia Naomy García Galvez

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN
TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LIGIA NAOMY GARCÍA GALVEZ

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

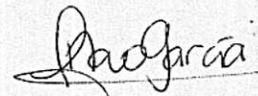
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN
TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha febrero de 2013.



Ligia Naomy García Galvez



Guatemala, 5 de marzo de 2014
Ref.EPS.DOC.970.09.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Ligia Naomy García Gálvez** con carné No. **200819026**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
OAH/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
27 de marzo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ligia Naomy García Galvez, con Carnet No. 200819026, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
5 de septiembre de 2014

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

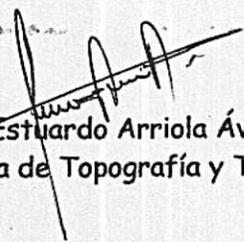
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ligia Naomy García Galvez, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

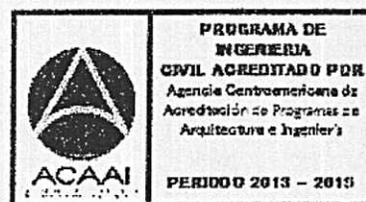

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 17 de septiembre de 2014
Ref.EPS.D.509.09.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Ligia Naomy García Gálvez, carné 200819026**, quien fue debidamente asesorada y supervisada 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 del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



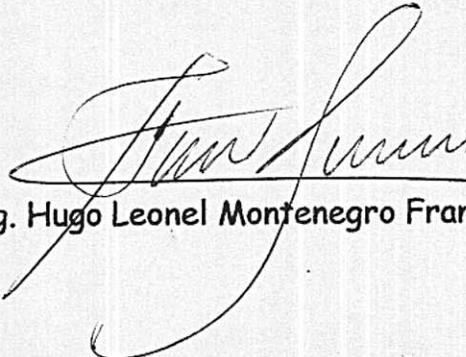
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación de la estudiante Ligia Naomy García Gálvez, titulado **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

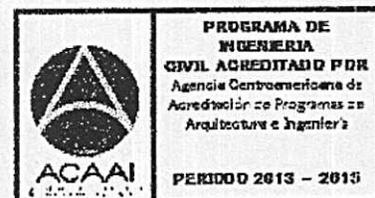

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2014

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua

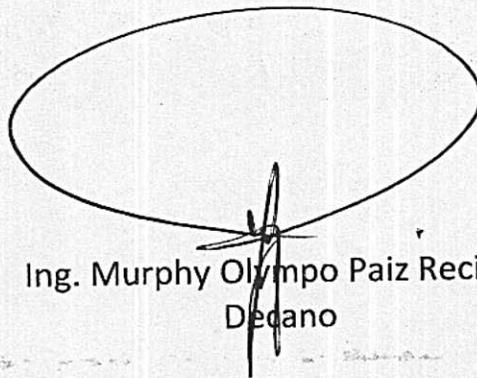




DTG. 529.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II Y DE LA PAVIMENTACIÓN TRAMO I PARA LA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Ligia Naomi García Galvez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 3 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi creador, el dueño de mi existencia y en su misericordia permitirme llegar a esta etapa de mi vida.
- Mis padres** César Augusto García y Ligia Ivonne Gálvez de García, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, siendo la guía que Dios puso para mí.
- Mi hermano** Jorge Luis García, por el amor y apoyo que me ha brindado.
- Mis abuelas** Gumercinda Vásquez (q.e.p.d.) y Herlinda Milián, por ser ejemplos de vida y apoyarme con sus oraciones llenas de amor.
- Mis amigos** Por su valiosa amistad, cariño, ayuda incondicional, apoyo académico y momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme sabiduría y fuerzas cada día.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios donde obtuve mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas de formación profesional.
Mis padres	Por su apoyo y amor.
Ingeniero Oscar Argueta Hernández	Por su apoyo y colaboración en el presente trabajo.
Municipalidad de San José Pinula, Guatemala	Por abrirme las puertas cálidamente permitiéndome realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Mis amigos	Por su apoyo en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de la aldea San Luis Letrán.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica.....	1
1.1.1.1. Localización político administrativa.....	1
1.1.1.2. Colindancias.....	2
1.1.2. Superficie geográfica.....	2
1.1.3. Hipsometría.....	3
1.1.4. Vías de comunicación.....	3
1.1.5. Aspectos socioeconómicos.....	3
1.1.6. Servicios.....	3
1.1.7. Aspectos meteorológicos.....	4
1.1.8. Suelos.....	5
1.1.9. Hidrología.....	5
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	7
2.1. Descripción del proyecto.....	7
2.2. Levantamiento topográfico.....	7
2.2.1. Altimetría.....	7

2.2.2.	Planimetría	8
2.3.	Diseño del sistema	9
2.3.1.	Tipo de sistema a utilizar	9
2.3.1.1.	Sistema de alcantarillado sanitario	9
2.3.1.2.	Sistema de alcantarillado pluvial	9
2.3.1.3.	Sistema de alcantarillado combinado	9
2.3.1.4.	Sistema de alcantarillado separativo	10
2.3.2.	Periodo de diseño	10
2.3.3.	Población de diseño	10
2.3.3.1.	Método de incremento geométrico	10
2.3.4.	Determinación del caudal sanitario	11
2.3.4.1.	Dotación	11
2.3.4.2.	Factor de retorno	12
2.3.4.3.	Factor de flujo instantáneo	12
2.3.4.4.	Caudal medio diario (QMD)	13
2.3.4.5.	Factor de caudal medio	16
2.3.4.6.	Factor de caudal máximo	17
2.3.4.7.	Caudal de diseño	17
2.3.5.	Selección del tipo de tubería	18
2.3.6.	Diseño de secciones y pendientes	18
2.3.6.1.	Diámetros mínimos	20
2.3.6.2.	Velocidades de diseño	21
2.3.6.3.	Pendientes	21
2.3.6.4.	Cálculo de cotas Invert	22
2.3.7.	Obras accesorias	24
2.3.7.1.	Colectores	24
2.3.7.2.	Pozos de visita	24

	2.3.7.3.	Conexiones domiciliarias.....	25
	2.3.7.4.	Profundidad de tuberías	26
2.4.		Cálculo hidráulico	26
	2.4.1.	Parámetros de diseño.....	26
	2.4.2.	Ejemplo de un tramo.....	27
	2.4.3.	Especificaciones técnicas.....	33
2.5.		Desfogue	35
2.6.		Presupuesto	36
	2.6.1.	Integración de precios unitarios	36
	2.6.2.	Resumen	38
2.7.		Cronograma de ejecución físico y financiero	39
2.8.		Propuesta de tratamiento	40
	2.8.1.	Diseño de fosas sépticas.....	40
	2.8.2.	Dimensionamiento de los pozos de absorción.....	42
2.9.		Análisis económico.....	44
	2.9.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	44
	2.9.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	45
2.10.		Estudio de Impacto Ambiental	46
3.		DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	49
	3.1.	Descripción del proyecto	49
	3.2.	Levantamiento topográfico	49
	3.2.1.	Altimetría.....	50
	3.2.2.	Planimetría.....	50
	3.3.	Diseño geométrico.....	50
	3.3.1	Alineación horizontal.....	51
	3.3.2	Alineación vertical.....	56
	3.4.	Estudio de suelos	62
	3.4.1.	Ensayos de laboratorio	62

	3.4.1.1.	Granulometría.....	62
	3.4.1.2.	Límites de consistencias	63
	3.4.1.3.	Ensayo de compactación.....	64
	3.4.1.4.	Ensayo de valor soporte	64
3.5.		Movimiento de tierras	65
3.6.		Estructura del pavimento	68
	3.6.1.	Tipos de pavimento	69
	3.6.1.1.	Pavimentos flexibles.....	69
	3.6.1.2.	Pavimentos rígidos	69
	3.6.2.	Componentes estructurales	70
	3.6.2.1.	Subrasante	70
	3.6.2.2.	Subbase	72
	3.6.2.3.	Base	73
	3.6.2.4.	Carpeta de rodadura	74
3.7.		Método y procedimiento de diseño.....	74
	3.7.1.	Tránsito promedio diario	75
	3.7.2.	Selección del tipo de pavimento	77
	3.7.3.	Módulo de reacción de subrasante (k).....	77
	3.7.4.	Módulo de ruptura del concreto (Mr).....	80
	3.7.5.	Cálculo del espesor del pavimento	80
	3.7.6.	Tipo de juntas	81
3.8.		Normativa	82
	3.8.1.	Pavimento de concreto	82
	3.8.1.1.	Diseño de mezcla	83
	3.8.2.	Equipo de pavimentación	88
	3.8.3.	Colocación, compactación y curado del concreto...	89
3.9.		Obras de arte.....	89
	3.9.1.	Bordillos	89
	3.9.2.	Drenaje transversal.....	89

3.9.3.	Cunetas	94
3.10.	Presupuesto	97
3.10.1.	Integración de precios unitarios	97
3.10.2.	Resumen	98
3.11.	Cronograma de ejecución físico y financiero	99
3.12.	Análisis económico.....	100
3.12.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	100
3.12.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	101
3.13.	Estudio de Impacto Ambiental	101
CONCLUSIONES		103
RECOMENDACIONES		105
BIBLIOGRAFÍA.....		107
APÉNDICE.....		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de la aldea San Luis Letrán.....	2
2.	Elementos de curva horizontal	52
3.	Clasificación y características de las carreteras.....	53
4.	Elementos de curvas verticales.....	56
5.	Secciones transversales para cálculo de volumen.....	66
6.	Componentes estructurales del pavimento	70
7.	Sección típica.....	77
8.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos	78
9.	Mapa de la cuenca.....	90
10.	Relación de dimensiones de cuneta	95

TABLAS

I.	Dotación de agua según el área y tipo de conexión.....	12
II.	Coefficiente de rugosidad	19
III.	Cálculo de días hábiles	37
IV.	Relación de porcentajes.....	37
V.	Resumen precios unitarios totales	38
VI.	Cronograma físico y financiero de alcantarillado.....	39
VII.	Coefficiente de absorción del terreno para pozo de absorción	43
VIII.	Matriz de Leopold para sistema de alcantarillado	47
IX.	Valores de K para curvas verticales.....	57
X.	Reporte de volúmenes	68

XI.	Calidad de la subrasante	71
XII.	Clasificación típica para el uso de diferentes materiales.....	73
XIII.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje.....	75
XIV.	Clasificación funcional de las carreteras regionales.....	76
XV.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados	79
XVI.	TTPD permisible, categoría de carga por eje Núm. 1, pavimento con junta de trabazón de agregado (no se necesita dovela).....	81
XVII.	Revenimiento recomendado según la estructura	84
XVIII.	Agua para diferentes revenimientos y tamaño de agregados	85
XIX.	Relación agua/cemento según la resistencia a la compresión.....	85
XX.	Porcentaje de agregado fino	86
XXI.	Tiempo de concentración	91
XXII.	Coefficiente de escorrentía	92
XXIII.	Coefficiente de rugosidad para cunetas.....	96
XXIV.	Resumen de precios unitarios totales	98
XXV.	Cronograma físico y financiero pavimentación	99
XXVI.	Matriz de Leopold para pavimentación	102

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Coeficiente de escorrentía
n	Coeficiente de rugosidad
Ø	Diámetro
hab	Habitantes
Ha	Hectárea
kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo sobre centímetro cúbico
km	Kilómetro
lb/ft³	Libra sobre pie cúbico
psi	Libras por pulgada cuadrada
Lt/hab/día	Litros por habitante por día
m	Metro
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
mm/h	Milímetros por hora
K	Módulo de reacción de subrasante
Mr	Módulo de ruptura del concreto
π	Número Pi, 3.141592654
S	Pendiente
%	Porcentaje
PV	Pozo de visita
f'c	Resistencia a compresión del concreto

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Altimetría	Procedimiento utilizado para definir las diferencias de nivel existente entre puntos distintos de terreno o construcción.
Arcilla	Tipo de suelo impermeable y plástico.
Arena	Agregado fino. Conjunto de partículas de rocas disgregadas.
ASTM	American Society of Testing Materials
Carpeta de rodadura	Es la capa superior del pavimento sobre la cual circulan los vehículos durante su vida útil. Tiene la función de proteger la estructura del pavimento.
Caudal	Es el volumen de líquido que circula a través de una tubería, en una unidad de tiempo determinado.
CBR	California Bearing Ratio

Cemento Pórtland	Cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada concreto.
Concreto	También denominado hormigón, es el material resultante de la mezcla de cemento, con áridos (grava, gravilla y arena) y agua.
Desgaste	Adelgazamiento gradual de una materia por el uso.
Esfuerzo	Resistencia. Conjunto de fuerzas a la distribución de tensiones internas sobre el área de una sección.
Grava	El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada, debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo.
Hinchamiento	Denominada altimetría. Es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos para determinar y representar la altura de cada punto respecto de un plano de referencia.
Hipsometría	Línea límite que separa cuencas hidrográficas adyacentes.
Humedad óptima	Es la cantidad de agua a la cual se obtiene el mayor grado de compactación.
INFOM	Instituto Nacional de Fomento Municipal.

INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Losa	Superficie de hormigón empleada para soportar una edificación.
Peso volumétrico	Es la relación del peso entre el volumen que ocupa. Se puede conocer suelto o compactado.
PRA	Public Roads Administration.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.
TPPA	Tránsito pesado promedio anual.
TPPD	Tránsito pesado promedio diario.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se desarrolló el Diseño del tramo II del sistema de alcantarillado y diseño del tramo I de la pavimentación para la aldea San Luis Letrán, perteneciente al municipio de San José Pinula. Dichos proyectos son el resultado de una investigación que diagnosticó la falta de servicios de infraestructura civil. Con el cual se busca proponer la solución más adecuada a las necesidades existentes.

El primer capítulo comprende un análisis general de la aldea San Luis Letrán, dando a conocer los servicios básicos, descripción del lugar, aspectos socioeconómicos, entre otros.

En el capítulo dos se desarrolla el estudio técnico del diseño del sistema de alcantarillado sanitario, el cual abarca una longitud de 1 996 metros lineales. Este diseño complementa al servicio existente en la aldea; por lo que la ejecución llegará a comprender la totalidad de la misma.

En el capítulo tres se presenta el diseño del pavimento rígido del tramo I de la aldea, el cual abarca una longitud de 6 112 metros.

Para la ejecución de este trabajo se realizaron levantamientos topográficos, estudios de suelo y las consideraciones de las bases de los diseños correspondientes. Se presentan los planos de cada proyecto en la parte del apéndice, al final de este.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario correspondiente al tramo II y la pavimentación del tramo I de la aldea San Luis Letrán, municipio de San José Pinula, departamento de Guatemala.

Específicos

1. Desarrollar un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura existentes en el municipio de San José Pinula.
2. Realizar planos, presupuestos y cronogramas de trabajo para los proyectos de drenaje sanitario y pavimentación, que contribuyan al desarrollo de la aldea San Luis Letrán.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), involucra a los estudiantes en el proyecto de graduación a contribuir en resolver la problemática actual del país por medio de la realización de proyectos que resuelvan las carencias de servicios básicos y de infraestructura.

El presente trabajo de graduación se integra de dos proyectos que aportan al mejoramiento y desarrollo de la aldea San Luis Letrán, perteneciente al municipio de San José Pinula, estos son: Diseño del tramo II del sistema de alcantarillado y diseño de la pavimentación correspondiente al tramo I, ambos proyectos para la misma aldea.

El alcantarillado se requiere para la evacuación de aguas servidas, por tal razón se clasifica como proyecto de primer orden que proveerá el saneamiento básico necesario para evitar la proliferación de enfermedades y contaminación de afluentes hídricos.

El diseño del pavimento rígido busca urbanizar áreas habitadas por la población pinulteca, con la finalidad de proveer entre ellos una mejor accesibilidad, comunicación y comodidad de traslado.

Cada proyecto cuenta con información detallada del cálculo, los estudios realizados del suelo, los parámetros de diseño y los planos detallados para la ejecución de los mismos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea San Luis Letrán

La aldea San Luis Letrán fue fundada como un parcelamiento de Agua Tibia debido a que los patronos del lugar les debían a los trabajadores los servicios prestados, les pagaron con tierras y fue así como se fundó la aldea en 1956.

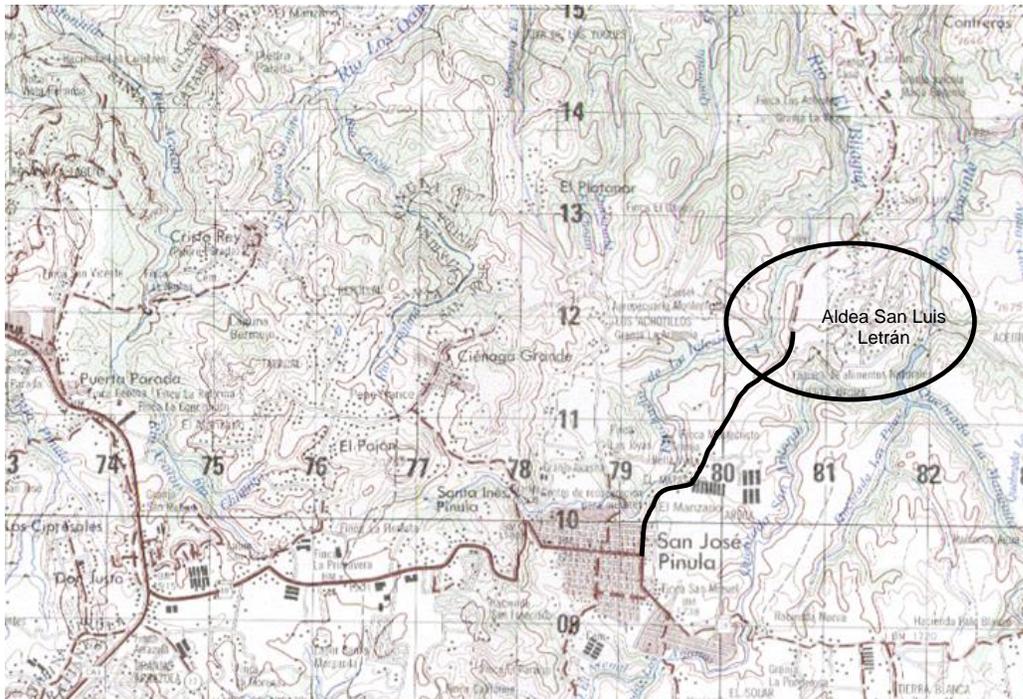
1.1.1. Ubicación geográfica

La aldea San Luis Letrán perteneciente al municipio de San José Pinula del departamento de Guatemala, se localiza a una distancia de 22 kilómetros de la ciudad de Guatemala y a 5 kilómetros del casco urbano de San José Pinula. El ingreso se ubica sobre la carretera departamental de Guatemala 6, la cual conduce al municipio de Palencia.

1.1.1.1. Localización político administrativa

De acuerdo al Instituto Geográfico Nacional (IGN), la aldea San Luis Letrán se ubica en la hoja cartográfica No. 2159-IV denominada San José Pinula, la cual se encuentra a escala 1:50 000. La aldea se localiza con las coordenadas geográficas en longitud 90° 23' 14,53" y latitud 14° 34' 39,80". (Ver figura 1).

Figura 1. **Mapa de ubicación de la aldea San Luis Letrán**



Fuente: mapa proporcionado por la Municipalidad de San José Pinula.

1.1.1.2. Colindancias

La aldea San Luis Letrán limita al oeste con aldea El Platanar, al este con el río Teocinte, al sur con aldea San Luis Puerta Negra y al norte con aldea Contreras. La aldea San Luis Letrán cuenta con dos regiones separadas por la carretera departamental 6, una superficie menor ubicada al oeste y la otra superficie de mayor extensión territorial ubicada al este.

1.1.2. Superficie geográfica

La aldea San Luis Letrán posee una superficie territorial de 10 km².

1.1.3. Hipsometría

De acuerdo a la hoja cartográfica de San José Pinula, la región presenta altitudes que varían desde los 1 500 a los 1 700 metros sobre el nivel del mar. El área fisiográficamente está conformada por colinas fuertemente erosionadas.

1.1.4. Vías de comunicación

Desde la capital por la carretera Interamericana CA-1 al sureste a una distancia aproximadamente de 17 km al llegar a la aldea Don Justo, del municipio de Santa Catarina Pinula, se toma la ruta nacional 18, a 5 km se encuentra la cabecera de San José Pinula y a 5 km de esta, rumbo a Palencia, se encuentra el ingreso a la aldea. Esta se ubica a unos 52 km de la cabecera municipal de Mataquescuintla.

1.1.5. Aspectos socioeconómicos

La aldea San Luis Letrán cuenta con una población de 8 700 habitantes¹. La fuente económica es la producción de maíz, frijol, café, güisquil, perulero, repollo, brócoli, tomate, ganado vacuno, porcino y avícola. Las actividades principales de la población pinulteca son la agricultura, albañilería y comercio.

1.1.6. Servicios

La aldea San Luis posee servicio de energía eléctrica, alumbrado público, agua potable, telefonía residencial y transporte público.

¹ Dirección Municipal de Planificación.

Cuenta con una escuela primaria e instituto básico por cooperativa, así como con iglesia católica y evangélica.

1.1.7. Aspectos meteorológicos

La estación meteorológica más cercana al municipio de San José Pinula es la estación ubicada en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Los datos que se presentan a continuación son los datos de promedios anuales correspondientes al 2013.

Las temperaturas registradas oscilan en los rangos de 15,4 °C a 20,5 °C. La temperatura media es de 20,5 °C. Las temperaturas absolutas registradas son de un mínimo de 8,2 °C y un máximo de 32 °C.

La precipitación acumulada es de 1 450,9 mm en el año con un total de 130 días de lluvia. Los valores más altos de precipitación se alcanzan entre los meses de junio a septiembre y la humedad relativa es del 77 %.

El promedio anual del brillo solar con registros mensuales corresponde a 188,9 horas y la radiación solar a 0,34 cal/cm²/min. El promedio anual de nubosidad es de 6 octas. La velocidad del viento registró un promedio anual de 16,6 kilómetros por hora en dirección predominante noreste.

El promedio anual de presión atmosférica en milímetros de mercurio es de 641,3. La evaporación registrada en un tanque a la intemperie promediada en el año es de 4,1 mm según el INSIVUMEH².

² <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/GUATEMALA/INSIVUMEH%20PARAMETROS2.htm>. Consulta: 10 de enero de 2014.

1.1.8. Suelos

De acuerdo a los estudios realizados del suelo para el diseño de la pavimentación, la aldea San Luis Letrán, del municipio de San José Pinula cuenta con un suelo arenoso limoso color gris con partículas de grava. Este suelo no posee plasticidad. El valor soporte corresponde a 56,1 %.

1.1.9. Hidrología

La aldea San Luis se encuentra drenada por los ríos Teocinte y Bijagüe, este último se une al río Los Ocotes que posteriormente al unirse al río Teocinte toma el nombre del río Las Cañas, el cual a la vez al unirse al río Los Plátanos toma el mismo nombre hasta que se une al río Las Vacas que desemboca en el río Motagua, cuenca que pertenece a la vertiente del mar Caribe.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el tramo II de la aldea San Luis Letrán. La red a diseñar abarca una distancia de 1 995,86 metros lineales. Esto se acompaña de las conexiones domiciliarias correspondientes y 75 pozos de visita. El diseño fue realizado con tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro, la cual debe cumplir la Norma ASTM D 3034. El punto de desfogue del ramal colector principal se construirá una planta de tratamiento.

2.2. Levantamiento topográfico

Es el conjunto de operaciones que se realiza para elaborar una representación gráfica con las condiciones geométricas de un lugar; determina la posición relativa de varios puntos de una extensión territorial, considerando las diferencias de elevaciones sobre un plano horizontal. Existen métodos topográficos planimétricos y altimétricos para realizar la representación de una zona.

2.2.1. Altimetría

Rama de la topografía que es utilizada para determinar las elevaciones y pendientes del terreno. Una elevación es la distancia vertical medida desde un

plano horizontal hasta un punto específico del terreno. La altimetría hace posible representar el relieve del terreno.

2.2.2. Planimetría

Rama de la topografía utilizada para la representación gráfica de un terreno en un plano horizontal, suponiendo que no existe curvatura terrestre. El equipo utilizado para la realización del levantamiento topográfico fue:

- Estación total marca Sokkia modelo SET 530Rk3
- Prisma con bastón
- Plomada láser de centro
- Estacas

La utilización de una estación total hace posible la obtención de ángulos verticales, horizontales, distancias, posición y altura de un punto. Es decir, se realizan ambos levantamientos a la vez, planimétricos y altimétricos, proporcionando los datos de las coordenadas x, y, z, así como las distancias horizontales sin utilizar cinta métrica y los azimuts que ubican los puntos con una precisión angular de cinco segundos.

Para la realización de este trabajo de graduación, se hizo un levantamiento completo de la aldea San Luis Letrán. Se ubicó la estación total en 85 puntos de los cuales se radiaron los puntos de interés, entre ellos, bordes de calle, línea central, límites de propiedad, taludes, viviendas, cercos, postes, acometidas, entre otros, obteniendo datos planimétricos y altimétricos conjuntamente. Se realizó un esquema del terreno en la libreta de campo marcando cada punto y el número correlativo según se integran en la estación

total para tener referencia al descargar los datos en la computadora y posteriormente exportarlos al programa auxiliar de CAD.

2.3. Diseño del sistema

Un alcantarillado es un sistema de elementos cuya finalidad es recolectar y transportar aguas residuales y/o de lluvia desde el lugar en que se generan hasta el sitio de tratamiento y vertimiento.

2.3.1. Tipo de sistema a utilizar

Los distintos tipos de sistemas de alcantarillado se describen a continuación:

2.3.1.1. Sistema de alcantarillado sanitario

Es el que conduce las aguas residuales únicamente; ya sea de viviendas o industrias. Este sistema es el que se utilizó en este proyecto.

2.3.1.2. Sistema de alcantarillado pluvial

Es el que conduce las aguas de lluvia únicamente.

2.3.1.3. Sistema de alcantarillado combinado

Es el sistema que provee conexiones de aguas pluviales a la red drenaje. No se permitirá un sistema de alcantarillado combinado.

2.3.1.4. Sistema de alcantarillado separativo

Se diseñan dos redes independientes; pluviales y sanitarias.

2.3.2. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. La vida útil se refiere a la resistencia de los materiales y el período de diseño depende de la vida útil de los materiales y equipos. Este diseño será proyectado para cumplir adecuadamente la función durante un período de 20 años adoptando el sistema de alcantarillado simplificado.

2.3.3. Población de diseño

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, se tienen varios métodos, entre ellos: el método de incremento aritmético, método de incremento gráfico, incremento o porcentaje decreciente y método de incremento geométrico.

La población actual se calcula en función de la densidad de vivienda, la cual corresponde a 6 habitantes. El conteo de viviendas en el tramo donde se realizará el alcantarillado asciende a 128, por lo que la población actual se estima de 770 habitantes.

2.3.3.1. Método de incremento geométrico

Es el más utilizado para el cálculo de poblaciones futuras de los países en vías de desarrollo, debido a que la población crece a un ritmo geométrico. Este calcula la población futura (Pf) a partir de los datos la población del último censo

(Po), la tasa de crecimiento en porcentaje (r) y el tiempo en el cual se quiere proyectar la población (n).

$$P_f = P_o \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Se calculó la tasa de crecimiento de la población a partir de datos del municipio proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), 3,27 % y se estima una densidad de 6 habitantes/vivienda de acuerdo a las normas de INFOM. Al período de diseño de 20 años se agregará un año para conseguir el financiamiento; se calcula entonces, con un período de 21 años.

Para ejemplificar se muestra el tramo PV-1 al PV-2 del ramal 1 del proyecto, en el cual existen actualmente dos viviendas.

$$P_f = 12 \times \left(1 + \frac{3,27}{100}\right)^{21} = 24 \text{ habitantes}$$

2.3.4. Determinación del caudal sanitario

Para determinar el caudal se toman en cuenta varios aspectos que se presentan a continuación:

2.3.4.1. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (L/hab/día). Los factores que se consideran al establecer la dotación son: clima, actividad productiva, servicios públicos, calidad de agua, entre otros.

Tabla I. **Dotación de agua según el área y tipo de conexión**

Área servida	Dotación (L / hab / día)
Área urbana	200 - 300
Área rural con conexión intradomiciliar	110 - 170
Área rural con conexión predial	60 - 120
Área rural con llenacántaros	40 - 60

Fuente: Programa medio ambiente y salud en el istmo centroamericano.
Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rural. p. 21.

Dado que es una población urbana donde predomina el clima frío, se utilizará una dotación de 130 L/hab/día.

2.3.4.2. Factor de retorno

Es el porcentaje de agua que, después de ser usada retorna a la red de drenaje. El valor del factor de retorno puede variar entre 0,75 a 0,90. Para el presente proyecto se utiliza 0,75 de acuerdo a las normas del INFOM para tramos que tienen contribución de 100 a 1 000 conexiones futuras, ya que el número es de 256 conexiones futuras considerando 1 533 habitantes futuros.

2.3.4.3. Factor de flujo instantáneo

Es un coeficiente de flujo máximo, factor de flujo o factor de mayoración, el cual regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico. Es un factor de seguridad según número de habitantes a servir en cada tramo de

drenaje. Se calcula a partir del factor de Harmon, cuyo valor se encuentra entre 1,5 y 4,5, de acuerdo al tamaño de la población.

$$FF_{\text{actual}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P/1\,000}}$$

$$FF_{\text{actual}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{12/1\,000}}$$

$$FF_{\text{actual}} = 4,41$$

$$FF_{\text{futuro}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{24/1\,000}}$$

$$FF_{\text{futuro}} = 4,37$$

2.3.4.4. Caudal medio diario (QMD)

Este se calcula integrando los diferentes caudales de aguas servidas.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{Domiciliar}} + Q_{\text{Comercial}} + Q_{\text{Industrial}} + Q_{\text{Infiltración}} + Q_{\text{Ilícito}}$$

- Caudal domiciliar

Es la cantidad de agua que se evacua hacia el drenaje luego de ser utilizada en las viviendas. Este dato está relacionado con la dotación y el

suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje, la cual corresponde al factor de retorno.

$$q_{\text{dom}} = \frac{(\text{Dot. agua potable}) * (\text{Núm. de habitantes}) * \text{Factor de retorno}}{86\ 400 \text{ seg}}$$

$$q_{\text{dom}} = \frac{130\text{L/hab/día} * 24 \text{ hab} * 0,75}{86\ 400 \text{ seg/día}} = 0,03 \text{ L/s}$$

- Caudal comercial

Es el agua proveniente de los comercios, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía según el establecimiento y puede estimarse entre 600 a 3 000 litros/comercio/día. Se calcula de la forma siguiente:

$$q_{\text{com}} = \frac{(\text{Dot. comercial}) * (\text{Núm. de comercios})}{86\ 400 \text{ seg}}$$

En este caso no se considera caudal comercial por no contar con algún comercio.

- Caudal industrial

Es el agua proveniente de las industrias. La dotación se estima entre 1 000 y 18 000 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria. Se calcula de la siguiente forma:

$$q_{\text{ind}} = \frac{(\text{Dot. industrial}) * (\text{Núm. de industrias})}{86\ 400 \text{ seg}}$$

En este caso no se considera debido a que no existe industria alguna.

- Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, que depende del suelo, de la profundidad del nivel freático del agua, la profundidad y tipo de tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas, la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica. El factor de infiltración oscila entre 12 000 y 18 000 litros/km/día.

Según las normas del INFOM, la estimación del caudal de infiltración se tomará en cuenta según la profundidad del nivel freático con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería. Para tuberías de PVC que quedan sobre el nivel freático se considera por cada kilómetro de tubería:

$$q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro (pulgadas)}$$

Sin embargo, el material PVC es considerablemente impermeable por lo que se producen caudales despreciables.

- Caudal ilícito

Es ocasionado por la conexión de tuberías de agua pluvial al drenaje por error; tales como bajadas de techos, sótanos, patios y drenajes superficiales, drenes de cimientos, zonas pantanosas, tapas de pozos de registro, entre otros. Se estima un porcentaje de 0,50 % a 2,50 % del área tributaria.

Según el INFOM se puede estimar el valor de este caudal tomando el 10 % del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas donde no existe alcantarillado pluvial podrá usarse un valor más alto. En este proyecto debido a la ausencia de drenaje pluvial se estimó un 15 % del caudal domiciliar.

$$q_{ilícito} = 0,15 * 0,03$$

$$q_{ilícito} = 0,004 \text{ L/s}$$

2.3.4.5. Factor de caudal medio

Una vez se ha obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, e integrado el caudal medio (Q_{medio}) del área, se procede a distribuirlo entre el número de habitantes para obtener el factor de caudal medio (fqm). Este valor varía entre 0,002 a 0,005; si el cálculo del factor se encuentra fuera de los límites es decir, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$0,002 \leq fqm \leq 0,005$$

$$Fqm = \frac{Q_{medio}}{\text{Núm. de habitantes}}$$

Donde:

$$Q_{medio} = Q_{Domiciliar} + Q_{Comercial} + Q_{Industrial} + Q_{Infiltración} + Q_{Ilícito}$$

$$Q_{medio} = 0,03 + 0,04 = 0,031 \text{ L/s}$$

entonces,

$$F_{qm} = \frac{0,031}{24} = 0,0013$$

Ya que este es menor a 0,002 se adopta el $F_{qm} = 0,002$.

2.3.4.6. Factor de caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías en un momento dado, corresponde al factor de flujo instantáneo ser multiplicado por el factor de caudal medio, el cual suele variar entre 1,5 a 4,5 de acuerdo al tamaño de la población.

$$F_{qmax} = F_{qm} * FF$$

$$F_{qmax} = 0,002 * 4,37 = 0,00874$$

2.3.4.7. Caudal de diseño

Este caudal es aquel, en que se diseñará cada tramo del sistema sanitario; se calcula multiplicando el número de habitantes por el factor de caudal máximo.

$$Q_{diseño} = \text{No. de habitantes} * F_{qmax}$$

$$Q_{diseño futuro} = 24 * 0,00874 = 0,21 \text{ L/s}$$

$$Q_{diseño actual} = 12 * 0,00874 = 0,11 \text{ L/s}$$

Sin embargo, se establece un caudal mínimo de diseño de 400 m³/s que corresponde a 0,40 L/s el cual se utilizará en ambos casos.

2.3.5. Selección del tipo de tubería

Los alcantarillados requieren materiales y estructuras resistentes según el período de diseño. Para la zona en análisis se opta por una red de alcantarillado simplificado (RAS) la cual está basada en la utilización de tubería y accesorios de cloruro de polivinilo (PVC).

El bajo coeficiente de fricción de la tubería de PVC permite operar con bajas pendientes y velocidades mínimas de 0,40 m/s. La tubería se fabrica en longitudes de 6 metros y para la unión se utilizan las uniones de empaque que trae de fábrica, proporcionando alta impermeabilidad del agua subterránea. Esta tubería es de fácil manipuleo y trabajo.

Para el diseño del sistema de drenaje sanitario se toman como base las normas ASTM D 3034 y las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas. (Normas utilizadas y actualizadas por el Instituto de Fomento Municipal actual ente Coordinador de las Políticas de Agua y Saneamiento a nivel Nacional).

2.3.6. Diseño de secciones y pendientes

Para simplificar el diseño de sistemas de tuberías sanitarias es necesario asumir condiciones constantes de flujo y el diseño de secciones circulares de PVC funcionando como canales abiertos. Esto se logra cuando la tubería trabaja a sección parcialmente llena con una altura máxima de flujo de 0,8 en la relación de diámetros.

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se realiza con la fórmula de Manning para secciones circulares así:

$$V = \frac{0,03429 \cdot \phi^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección parcialmente llena (m/seg)

Ø = diámetro de la sección circular (plg)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad Manning

Tabla II. **Coeficiente de rugosidad**

Material	n
PVC	0,010
Concreto < 24"	0,015
Concreto > 24"	0,013
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	0,012

Fuente: Dinámica del coeficiente de rugosidad de Manning para tuberías de PEAD corrugado. XXII Congreso Nacional de Hidráulica Acapulco, Guerrero, México, noviembre 2012. p. 1.

El cálculo de la velocidad involucra la pendiente de la gradiente hidráulica, la cual se puede ir modificando hasta encontrar la adecuada. Para tener un parámetro de inicio se considera la pendiente del terreno.

$$S_{\text{terreno}} = \frac{\text{Cota}_{\text{inicial}} - \text{Cota}_{\text{final}}}{DH}$$

$$S_{\text{terreno}} \% = \frac{109,81 - 104,66}{16,83} = 30,60$$

En este caso, para el cálculo de flujo en la tubería a sección llena, se considera una pendiente de tubería de 33 %, el diámetro es de 6 pulgadas y el coeficiente de rugosidad de acuerdo a la tabla es de 0,10.

$$V = \frac{0,03429 \cdot 6^{2/3} \cdot 33^{1/2}}{0,10} = 6,50 \text{ m/s}$$

Considerando el área transversal de la tubería es posible hallar el caudal.

$$A = 0,0005067 * \varnothing^2$$

$$A = 0,0005067 * 6^2 = 0,01824 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 6,50 \text{ m/s} * 0,01824 \text{ m}^2 = 0,118 \text{ m}^3/\text{s} * 1000 = 118,6 \text{ L/s}$$

Con este caudal a sección llena se establece una relación con el caudal de diseño, tanto para la proyección futura como actual. En este caso de ejemplo en particular son iguales.

$$q_{\text{act}}/Q = q_{\text{fut}}/Q = 0,40/118,6 = 0,003373$$

2.3.6.1. Diámetros mínimos

Los diámetros están en función de los materiales de la alcantarilla, el caudal de diseño, la pendiente, las variables hidráulicas y la profundidad de la zanja. El diámetro mínimo para la tubería es de PVC, según el INFOM, es de 6 pulgadas. En las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo a utilizar es de 4 pulgadas, con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %, que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central, de 45 grados.

2.3.6.2. Velocidades de diseño

La velocidad mínima es la que garantiza el arrastre de sólidos y la máxima es la permitida para evitar el desgaste. La velocidad a la que se diseñó el sistema de alcantarillado simplificado se encuentra dentro del siguiente rango:

$$0,4 \text{ m/seg} < V < 5 \text{ m/seg}^3$$

La tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular establece valores de relaciones de velocidad, área y diámetro para la relación de caudales, q/Q .

Para el valor de $q/Q = 0,003373$ corresponde $v/V = 0,232842$, con el cual se despejará la velocidad.

$$v = V * 0,232842$$

$$v = 6,50 * 0,232842$$

$$v = 1,51 \text{ m/s (se encuentra dentro del rango)}$$

2.3.6.3. Pendientes

La pendiente mínima en los colectores es aquella que garantiza la velocidad mínima de diseño. La pendiente máxima es la que garantiza la velocidad máxima de diseño.

³ CABRERA PIEPELE, Ricardo. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p.55.

2.3.6.4. Cálculo de cotas Invert

La cota Invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería. La cota Invert de salida se calcula con la cota Invert inicial, menos el producto de la pendiente por la distancia horizontal.

$$CI_S = CT - H_{\text{mín}}$$

$$CI_E = CI_S - \frac{S\%_{\text{TUBO}} \times DHD}{100}$$

$$DHD = DH - \emptyset_{\text{POZO}}$$

Donde:

H_{mín} = altura mínima del pozo

CT = cota del terreno

CI_S = cota Invert de la tubería de salida

CI_E = cota Invert de la tubería de entrada

DH = distancia horizontal entre pozos de visita

DHD = distancia horizontal entre pozos de visita menos el diámetro del pozo

S% = pendiente del terreno o tubería

Se siguen especificaciones para el cálculo de cota Invert, tales como:

- La cota Invert de salida de un pozo se coloca al menos tres centímetros más baja que la cota Invert de llegada de la tubería más baja.

- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo, sea menor que el diámetro de la tubería que sale, la cota Invert de salida estará, debajo de la tubería de entrada al menos, la distancia que existe de diferencia de diámetros.
- En el caso que entre más de una tubería y salga una tubería de un mismo diámetro, la cota Invert de salida será la cota Invert de entrada de menor altura menos tres centímetros.
- Del caso anterior, si son de distinto diámetro, se analizan los casos por separado y se utiliza la cota de menor altura.

Ejemplificando el tramo 1 a 2 del ramal 1 del proyecto se tiene la cota Invert de salida del pozo número 1.

$$CI_S = 109,81 \text{ m} - 1,4 \text{ m} = 108,41$$

La profundidad del pozo de visita número 1 será de 1,4 metros, cumpliendo con la altura mínima.

La cota Invert de entrada al pozo número 2 se obtiene de la siguiente manera:

$$CI_E = 108,41 - \frac{33 \times (16,83 \text{ m} - 1,2 \text{ m})}{100} = 103,25$$

La profundidad del pozo de visita número 2 será igual a la diferencia de la altura del terreno, menos la cota Invert de salida en dicho pozo.

2.3.7. Obras accesorias

A continuación se presentan las obras usadas en este proyecto.

2.3.7.1. Colectores

Son las tuberías por las que se conduce el agua residual. Se denomina colector principal al tramo del alcantarillado que conecta diversos ramales.

2.3.7.2. Pozos de visita

Se construyen a manera de dar mantenimiento, inspección, reparaciones, entre otros. Este proyecto cuenta con 75 pozos en los cuales se debe garantizar la impermeabilidad. Según las normas del INFOM se colocan en los siguientes casos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En cambios de diámetro de la red o cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores ramales iniciales
- Cuando se deben unir varios conductores secundarios
- A distancias no mayores de cien metros de distancia

Para este proyecto, el diámetro del pozo de visita es de 1,20 metros el cual permite la limpieza de los mismos. El ingreso al pozo es circular y tiene un diámetro de 0,76 metros. La tapadera descansa sobre un brocal; ambos de concreto armado. Las paredes del pozo requieren estar impermeabilizadas por repello más un cernido liso. El fondo está formado de concreto, que deja la

pendiente necesaria para que garantice el flujo del agua. Para realizar la inspección o limpieza de los pozos se utilizan los escalones de acero que se ubican empotrados a las paredes del pozo.

2.3.7.3. Conexiones domiciliarias

También llamadas acometidas domiciliarias, son tuberías que tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al alcantarillado. Las 130 conexiones de este proyecto deben de respetar la Norma ASTM D 3034. Constan de las siguientes partes:

- Caja de registro, candela o acometida domiciliar

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de con tubos de concreto de 45 centímetros de diámetro y de 10 centímetros de espesor colocados verticalmente. Deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. Deberán instalarse en la parte más baja del frente a la propiedad para que se les facilite la instalación interna. La tapadera será de concreto armado de 210 kg/cm² utilizando varillas de Ø ¼".

- Tubería secundaria

La conexión de la caja de registro con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro mínimo de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima del 2 %, a efecto de evacuar adecuadamente el agua. La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados en dirección del caudal.

2.3.7.4. Profundidad de tuberías

Las tuberías deben tener un recubrimiento adecuado de acuerdo al paso de vehículos y peatones que circulen sobre ella para evitar la ruptura de las misma y permitir todas las conexiones domiciliarias.

La profundidad mínima de una tubería se mide, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la tubería o sea la corona del tubo, en cualquier punto de extensión. Se determina de la siguiente manera:

Para tráfico normal (menor a 200 quintales, 20 000 kg) = 1,00 metro

Para tráfico pesado (mayor a 200 quintales) = 1,20 metros

En el presente diseño se utilizó una profundidad mínima de tubería de PVC de 1,00 metro. En algunos casos, puede utilizarse un recubrimiento menor pero se debe estar seguro sobre el tipo de circulación que habrá en el futuro.

2.4. Cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico se efectúa entre cada pozo de visita.

2.4.1. Parámetros de diseño

Período de diseño	21 años
Población actual	780 habitantes
Población futura	1 533 habitantes
Dotación	130 Lts/hab/día
Factor de retorno	0,75
Factor de caudal medio	0,002

Viviendas actuales	130
Densidad de población	6 habitantes/vivienda
Tasa de crecimiento	3,27 %
Viviendas futuras	256
Factor de rugosidad n	0,01
Velocidad mínima	0,40 m/s
Velocidad máxima	5 m/s

2.4.2. Ejemplo de un tramo

A continuación se presenta un ejemplo de diseño para el tramo comprendido entre el pozo de visita PV-4 a PV-5 del ramal 1.

Datos de diseño

Período de diseño:	21 años
Habitantes/vivienda:	6 habitantes
Tasa de crecimiento:	3,27 %
Dotación:	130 lts/habitante/día
Factor de retorno:	0,75
Cota terreno inicial:	93,957 m
Cota terreno final:	91,392 m
Número de viviendas por tramo:	2
Distancia entre pozos:	20 m

- Pendiente del terreno

$$\%S_{\text{terreno}} = \frac{\text{Cota inicial} - \text{Cota final}}{\text{Distancia}} * 100$$

$$\%S_{\text{terreno}} = \frac{97,957 - 91,392}{20} * 100$$

$$\%S_{\text{terreno}} = 12,83$$

- Número de viviendas

Viviendas = viviendas tramo + viviendas acumuladas

$$\text{Viviendas} = 2 + 2 = 4$$

- Número de habitantes

$$\text{Actual} = 4 \text{ viviendas} * \frac{6 \text{ hab}}{\text{vivienda}} = 24 \text{ habitantes}$$

$$\text{Futuro} = 24 \left(1 + \frac{3,27}{100}\right)^{21} = 47 \text{ habitantes}$$

- Factor de flujo

$$\text{FF} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P/1\ 000}}$$

$$\text{FF}_{\text{actual}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{24/1\ 000}} = 4,37 \%$$

$$\text{FF}_{\text{futuro}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{47/1\ 000}} = 4,32 \%$$

- Caudal domiciliar

$$q_{\text{dom}} = \frac{(130\text{ts/hab/día}) * (47 \text{ hab}) * 0,75}{86\ 400 \text{ seg/día}}$$

$$q_{\text{dom}} = 0,053 \text{ lts/seg}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$q_{\text{ilícito}} = 15 \% (0,053 \text{ lts/seg})$$

$$q_{\text{ilícito}} = 0,00795$$

- Caudal medio diario (QMD)

$$Q_{\text{medio}} = 0,053 + 0,00795$$

$$Q_{\text{medio}} = 0,061 \text{ lts/seg}$$

- Factor de caudal medio (Fqm)

$$F_{\text{qm}} = \frac{0,061 \text{ lt/seg}}{47 \text{ hab}}$$

$$F_{\text{qm}} = 0,0013$$

Para este proyecto se utilizó $F_{\text{qm}} = 0,002$ ya que $F_{\text{qm}} = 0,0013 < 0,002$

- Caudal de diseño

$$q_{\text{diseño}} = F_{\text{qm}} * FF * \#hab$$

$$q_{\text{actual}} = 0,002 * 4,37 * 24 = 0,21 \text{ lts/seg}$$

$$q_{\text{futuro}} = 0,002 * 4,32 * 47 = 0,41 \text{ lts/seg} < 1$$

Para este proyecto se consideró el caudal de diseño actual como 0,40 lts/seg ya que este es el mínimo.

- Diámetro propuesto, $\varnothing = 6$ pulgadas
- Pendiente propuesta de tubería, $S = 12,95 \%$
- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * \varnothing^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,03429 * 6^{2/3} * 12,95^{1/2}}{0,01}$$

$$V = 4,07 \text{ m/s}$$

- Área de tubería a sección llena

$$A = 0,0005067 * \varnothing^2$$

$$A = 0,0005067 * 6^2 = 0,01824 \text{ m}^2$$

- Caudal a sección llena

$$Q = V * A$$

$$Q = 4,07\text{m/s} * 0,01824 \text{ m}^2 = 0,07424 \text{ m}^3/\text{s} * 1\ 000$$

$$Q = 74,24 \text{ lts/s}$$

- Relación hidráulica q/Q

$$q_{\text{act}}/Q = \frac{0,40 \text{ lts/seg}}{74,24 \text{ lts/seg}} = 0,005388$$

$$q_{\text{fut}}/Q = \frac{0,41 \text{ lts/seg}}{74,24 \text{ lts/seg}} = 0,005523$$

- Relación hidráulica d/D (de acuerdo a la tabla de relaciones hidráulicas)

$$d_{\text{act}}/D = 0,053 < 0,75$$

$$d_{\text{fut}}/D = 0,054 < 0,75$$

- Relación hidráulica v/V (de acuerdo a la tabla de relaciones hidráulicas)

$$v_{\text{act}}/V = 0,26681$$

$$v_{\text{fut}}/V = 0,27007$$

- Velocidad de diseño

$$V = (\text{Rel } V/V) * V$$

$$0,4 < V < 5$$

$$V_{\text{actual}} = (0,26681) * 4,07 \text{ m/s} = 1,09 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{futura}} = (0,27007) * 4,07 \text{ m/s} = 1,10 \text{ m/s}$$

- Cotas Invert

$$CI_S = CI_E - 0,03$$

$$CI_S = 92,456 - 0,03 = 92,426$$

$$DHD = DH - \phi_{\text{POZO}}$$

$$DHD = 20 \text{ m} - 1,2 \text{ m} = 18,8 \text{ m}$$

$$CI_E = CI_S - \frac{S\%_{\text{TUBO}} * DHD}{100}$$

$$CI_E = 92,426 - \frac{12,95 * 18,8}{100} = 89,991$$

- Altura de pozos

$$H_{\text{inicial}} = CT - CI_S = 93,957 - 92,426 = 1,531 \text{ m}$$

$$H_{\text{final}} = CT - CI_E = 91,392 - 89,991 = 1,401 \text{ m}$$

Los cálculos correspondientes al diseño del alcantarillado se muestran en el apéndice de este trabajo.

2.4.3. Especificaciones técnicas

- Trabajos preliminares: se realizará la limpieza del terreno a mano por una planilla de peones. Los trazos del corte que se realizará se llevarán a cabo con los instrumentos adecuados para el buen cumplimiento de los niveles, cotas, pendientes, ángulos, profundidades, alturas y anchos de las excavaciones.
- Excavación: la retroexcavadora deberá respetar los niveles indicados en los planos, de modo que el supervisor deberá estar presente para evitar inconvenientes.
- Nivelación: se llevará a cabo con la presencia del supervisor para garantizar las pendientes indicadas en los planos.
- Tubería: serán de material PVC de 6 pulgadas de diámetro. Deberán de cumplir la Norma ASTM D 3034. Se colocará con la pendiente indicada en los planos. Las juntas de la tubería deberán ser realizadas de acuerdo a las especificaciones del fabricante. No se aceptarán tubos con rajaduras o cualquier tipo de deformación que pueda generar mal funcionamiento de la red de recolección. Al almacenar la tubería no se deberá dejar expuesta al sol para evitar que se deforme.

- Concreto: será de una resistencia a compresión de 210 kg/cm². El tipo máximo de colocación de concreto, posterior a su mezclado será de 30 minutos y deberán eliminarse los espacios en la fundición.
- Acero de refuerzo: se utilizarán barras corrugadas de acero legítimo con una resistencia de 2,810 kg/cm² (grado 40). Todo el refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido suelto, escamas, pinturas aceite u otros. Se deben mantener los recubrimientos especificados. Los empalmes en varillas de acero deberán alternarse.
- Levantado de ladrillo tayuyo en pozos de visita: el ladrillo tayuyo deberá contar con una resistencia mínima a la compresión de 20 kg/cm² teniendo como mínimo una edad de 14 días.
- Mortero: el mortero de unión, o sabieta, será de proporción 1,3 en volumen, lo cual significa 6 bolsas de cemento y 1,33 m³ de arena amarilla sin cernir (30,5 carretas). La colocación del mortero deberá hacerse uniformemente y facilitar la distribución en cada ladrillo y que la sisa de unión sea homogénea.
- Acabados: el acabado final de cada pozo será con un ensabietado con la misma proporción de la colocación de los ladrillos, acabado cernido remolineado. Las tapaderas de los pozos serán redondas como se indica en planos con un acabado de cernido, con sabieta de la misma proporción antes mencionada.

2.5. Desfogue

Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, tratando de encauzarlo hacia un cuerpo de agua en movimiento. Se tiene contemplado desfogar las aguas servidas de este sistema, previamente tratadas, proveniente del ramal 10 hacia un punto localizado a 15 m del pozo de visita Núm. 70.

En el punto de descarga del sistema de alcantarillado sanitario se contempla la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, esta planta proveerá tratamiento primario y secundario al caudal recolectado de aguas servidas. Para que posteriormente se encauce con el río El Bijagüe. Este proceso es totalmente indispensable, ya que debe cumplir con las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente. La Municipalidad de San José Pinula vela por el cumplimiento del proceso por lo cual se acompañará el diseño del alcantarillado con el diseño de la planta de tratamiento. Dicho diseño será realizado por la Municipalidad.

El caudal del ramal 10.a será conectado al ramal 4 de la fase I del drenaje de la aldea San Luis, el cual se encuentra diseñado. Se procedió de esta manera debido a que el mismo se encuentra en contra pendiente y no es posible conectarse al colector principal.

2.6. Presupuesto

El presupuesto se elaboró por medio de renglones de trabajo, cuantificando las cantidades que se multiplican por el precio unitario de cada renglón.

2.6.1. Integración de precios unitarios

El cálculo del factor de indirectos y el detalle del factor de prestaciones se muestran a continuación:

Factor de indirectos

- Imprevistos 4 %
- Administración 10 %
- Utilidad 15 %
- Impuestos 17 %
- Por lo tanto el factor corresponde a 46 %

Factor de prestaciones

Tabla III. **Cálculo de días hábiles**

Días al año	365
Días no trabajados	
Asuetos laborales	10,5
Feridos	1
Domingos	52
Sábados	26
Vacaciones	15
Total de días no trabajados	104,5
Total de días trabajados	260,5

Fuente: elaboración propia.

Con el cálculo de días trabajados se procede a la relación de porcentajes en base a estos 260,5 días.

Tabla IV. **Relación de porcentajes**

Días no trabajados	40,12%
Indemnización (30 días)	11,52%
Aguinaldo	11,52%
Bono 14	11,52%
IGSS patronal	10,67%
IRTRA	1%
INTECAP	1%
FACTOR	87,33%

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Resumen

A continuación se presenta la tabla resumen de los renglones de trabajo.

Tabla V. **Resumen precios unitarios totales**

PROYECTO: DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II PARA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EPS · INGENIERÍA CIVIL					
No.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Trabajos preliminares					
1	Replanteo topográfico	km	1,996	Q 2 981,61	Q 5 950,87
2	Excavación de zanja	m ³	1999,10	Q 53,24	Q106 423,89
Instalación de tubería					
3	Instalación de tubería	ml	1908,26	Q 179,44	Q342 413,88
4	Conexiones domiciliarias	unidades	130,00	Q 1 086,66	Q141 266,44
5	Relleno de zanja	m ³	1932,96	Q 21,25	Q 41 084,74
Pozos de visita					
6.a	Pozos de visita profundidad 1,4 - 1,5 m	unidades	59,00	Q 2 288,71	Q135 033,75
6.b	Pozos de visita profundidad 1,51 - 2,0 m	unidades	7,00	Q 2 615,98	Q 18 311,89
6.c	Pozos de visita profundidad 2,01 - 2,5 m	unidades	5,00	Q 3 203,86	Q 16 019,32
6.d	Pozos de visita profundidad 2,51 - 3,0 m	unidades	4,00	Q 3 364,23	Q 13 456,91
Sistema de tratamiento					
7	Fosa séptica	unidades	3,00	Q41 819,49	Q125 458,46
8	Pozo de absorción	unidades	3,00	Q13 150,80	Q 39 452,40
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q984 872,54

En letras: novecientos ochenta y cuatro mil ochocientos setenta y dos quetzales con cincuenta y cuatro centavos.

Fuente: elaboración propia.

2.7. Cronograma de ejecución físico y financiero

A continuación se presenta el cronograma de ejecución del proyecto.

Tabla VI. Cronograma físico y financiero de alcantarillado

PROYECTO: DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II PARA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA CRONOGRAMA DE AVANCE FÍSICO Y FINANCIERO FACULTAD DE INGENIERÍA EPS · INGENIERÍA CIVIL									
No.	REGLÓN	INVERSIÓN	%	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4		
1	Replanteo topográfico	Q 5.950,87	0,60%						
2	Excavación de zanja	Q 106.423,89	10,81%						
3	Instalación de tubería	Q 342.413,88	34,77%						
4	Conexiones domiciliarias	Q 141.266,44	14,34%						
5	Relleno de zanja	Q 41.084,74	4,17%						
6.a	Pozos de visita profundidad 1,	Q 135.033,75	13,71%						
6.b	Pozos de visita profundidad 1,	Q 18.311,89	1,86%						
6.c	Pozos de visita profundidad 2,	Q 16.019,32	1,63%						
6.d	Pozos de visita profundidad 2,	Q 13.456,91	1,37%						
7	Fosa séptica	Q 125.458,46	12,74%						
8	Pozo de absorción	Q 39.452,40	4,01%						
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q 113.728,14	Q 314.360,78	Q 329.352,68	Q 227.430,93	11,55%	23,09%
					31,92%	33,44%			

Fuente: elaboración propia.

2.8. Propuesta de tratamiento

El tratamiento de aguas servidas es el proceso mediante el cual los sólidos son separados parcialmente, de manera que el resto de sólidos atraviesen procesos biológicos y queden convertidos en sólidos relativamente estables. Este proyecto cuenta con tres tramos a los que se les proveerá un tratamiento individual.

2.8.1. Diseño de fosas sépticas

Una fosa séptica es un contenedor cerrado en donde se acumulan las aguas negras permitiendo la sedimentación y digestión de lodos. Constituye un tratamiento primario anaeróbico en las etapas de tratamiento de aguas residuales.

La fosa debe retener las aguas negras un período que varía de 12 a 24 horas, llamado periodo de retención. Hasta un 50 % de los sólidos que se acumulan en el tanque se descomponen; el resto se acumula como lodo en el fondo y debe bombearse periódicamente del tanque.

Se ha propuesto la construcción de tres fosas sépticas para los tramos individuales. Esto es, en los tramos que se encuentran aislados debido a la topografía del terreno. Los tramos corresponden a los ramales 4, 5 y 6.a.

- Capacidad de la fosa

“El volumen neto bajo la línea de flujo de una fosa séptica para gastos de 500 galones es de al menos 1 000 galones; para gastos entre 500 y 1 000 galones diarios debe ser al menos 1 ½ veces el gasto diario de aguas negras;

para gastos mayores a 1 500 galones, la capacidad mínima efectiva de la fosa será 1 125 galones más el 75 % del gasto⁴. Para el caso dado será:

$$V = 1,5 Q$$

Donde:

V = volumen neto de la fosa en galones

Q = gasto de aguas negras en galones diarios

El caudal o gasto crítico de diseño será de 0,079 litros/segundo y se toma este caudal constante durante 10 horas al día.

$$Q = 0,079 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ gal}}{3,785 \text{ lt}} * \frac{3 600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * \frac{10 \text{ h}}{1 \text{ día}}$$

$$Q = 751,39 \frac{\text{gal}}{\text{día}}$$

Utilizando este valor en la fórmula de capacidad se tiene:

$$V = 1,5 Q$$

$$V = 1,5 (751,39)$$

$$V = 1 127,08 \text{ gal} * \frac{3,785 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1 000 \text{ lt}} = 4,27 \text{ m}^3$$

⁴ Centro Regional de Ayuda Técnica, *Manual de fosas sépticas*. p. 28.

- Dispositivos de entrada y salida

El volumen de los espacios de acumulación de lodos dependerá de la profundidad a la que penetren las aguas al depósito. Los mejores resultados se obtienen cuando el dispositivo de salida penetra hasta una profundidad del 40 % de la capa líquida. La T de entrada debe penetrar 30 cm en el interior del líquido. Ambos dispositivos deben permitir una buena ventilación a través del tanque y las tuberías de entrada y salida. El extremo superior de la T de cada tubería deberá estar por lo menos a 15 cm de altura sobre la superficie del agua, y dejar como mínimo 2,5 cm de espacio libre bajo la cubierta del tanque, a fin de facilitar la ventilación.

- Dimensiones de la fosa

La longitud de los depósitos rectangulares debe ser por lo menos el doble, pero no más del triple de la anchura. La profundidad del líquido no debe ser inferior a 1,20 m, pero tampoco superior a 1,7 m en las fosas de gran tamaño. El espacio libre que se deja sobre el nivel del agua suele ser de 30 cm.

La fosas para los ramales 3, 4 y 6.a tendrán capacidad de 4,6 metros cúbicos con las medidas de 1,25 de ancho, 2,5 de largo y 1,5 metros de altura.

2.8.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción

Un pozo de absorción consiste en una excavación en el terreno de alrededor de 1,50 a 2,50 metros de diámetro y una profundidad variable de 6 a 12 metros, al cual se vierten las aguas provenientes de la fosa séptica. Para determinar la profundidad del pozo se realizó para este proyecto una prueba de absorción.

Se procedió a hacer excavaciones de 0,30 por 0,30 metros de base y 0,35 metros de profundidad, colocando en el fondo 0,05 m de grava; llenándolo y dejar filtrar el agua totalmente. Se vuelve a llenar y se deja saturar el suelo por al menos 4 horas, posteriormente se ajusta el agua a una profundidad de 0 15 m y se determina el tiempo que tarda en bajar 2,5 cm. Esta es la velocidad de filtración, la cual se relaciona con el coeficiente de absorción del terreno según la siguiente tabla.

Tabla VII. **Coeficiente de absorción del terreno para pozo de absorción**

Tiempo en minutos para el nivel de agua baje 2.5 cm	Coeficiente de absorción del terreno
1	0.88
2	1.08
5	1.44
10	2.25
30	4.50
Más de 30	Terreno inadecuado

Fuente: CABRERA, Ricardo. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. p.128.

El coeficiente según la velocidad de filtración, K, corresponde a 1,08.

Siendo los tramos a considerar para tratamiento primario y secundario los ramales 3, 4 y 6.a con una población crítica de 5 viviendas, la población de diseño, N, se estimó con un valor de 59, respetando las normas del INFOM de 6 habitantes por vivienda. El área lateral a tomar en cuenta para el diseño involucra el diámetro del pozo, el cual será de 2,5 m. Ya conocidos estos datos, la profundidad del pozo se calcula con la siguiente relación:

$$H = \frac{K \times N}{\emptyset \times \pi}$$

$$H = \frac{1,08 \times 59}{2,50 \times \pi} = 8,11 \text{ m}$$

La profundidad de los pozos de absorción será de 8 metros, la cual cumple con el mínimo de 1,50 m que debe existir desde el fondo del pozo al nivel de la capa freática que se encuentra en esta región a más de 10 m, según datos proporcionados por la Municipalidad. De no cumplir con este requerimiento se podrá dividir la altura encontrada entre el número de pozos deseados siempre que exista una distancia de 6 m entre ellos medidos a partir de los rostros exteriores.

2.9. Análisis económico

Es necesario evaluar la realidad financiera, ya que la construcción del sistema de alcantarillado sanitario será de beneficio para la población pero la ejecución del mismo no es rentable. Esto se determina con la Tasa Interna de Retorno y el Valor Presente Neto del proyecto para los años de vida útil que pretenda el sistema.

2.9.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es un método de evaluación que permite trasladar flujos de efectivo futuros a un valor presente.

Tendrá tres posibles respuestas, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VPN = VP_{\text{ingresos}} - VP_{\text{egresos}}$$

- VPN > 0; indica que si hay rentabilidad además de una ganancia que es igual al valor presente.
- VPN = 0; indica que se obtiene la rentabilidad proyectada.
- VPN < 0; y el resultado es un valor negativo alejado de cero, advierte que el proyecto no es rentable.

Debido a que el proyecto de alcantarillado sanitario es de inversión social, no se contempla ningún tipo de rentabilidad y los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$\text{VPN} = 0 - \text{costo}$$

$$\text{VPN} = - Q 984 872,54$$

2.9.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés con la cual el valor presente neto es igual a cero. La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión y la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida generalmente. Si la TIR es mayor o igual al costo de capital conviene realizar la inversión, de no ser así entonces se rechaza el proyecto. La TIR se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{TIR} = \text{VPN}_{\text{beneficios}} - \text{VPN}_{\text{gastos}}$$

Para esto es necesario contar con un VPN negativo y un VPN positivo, es decir un valor que genere beneficios. Sin embargo, este proyecto no contempla ningún tipo de ingresos por lo que el cálculo de la TIR no se puede realizar. La Municipalidad de San José Pinula invertirá el monto con el fin de que sea de

beneficio para los habitantes de la aldea San Luis y no tendrá remuneración económica.

2.10. Estudio de Impacto Ambiental

La matriz de Leopold se utiliza para identificar el impacto potencial de un proyecto sobre el medio ambiente. Consiste en una matriz cuyas columnas representan las distintas actividades del proyecto y las filas representan los distintos factores ambientales a considerar. Las intersecciones se llenan para indicar la magnitud y la importancia sobre el impacto de cada actividad en cada uno de los factores ambientales. Los factores para este proyecto de alcantarillado son evaluados como físicoquímicos, condiciones biológicas y factores culturales.

En cada celda de la matriz se colocan dos números. Para el impacto sobre cada factor ambiental se asignan valores en un rango de -5 a +5, considerados negativos o positivos para este proyecto, como una forma cuantitativa de valorización de cada acción sobre cada factor. El otro número que se asigna es el de importancia de cada factor ambiental, que va de 0 a 5. Cabe mencionar que para este método la asignación de valores es subjetiva y no existe un método que indique los valores a asignarse.

Posteriormente, se suman los números asignados por filas, el cual muestra el impacto e importancia sobre los factores ambientales y por columnas que indican el impacto e importancia de las acciones que producirá el proyecto.

Tabla VIII. **Matriz de Leopold para sistema de alcantarillado**

				ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS							Totales		
				Modificación régimen		Construcción			Operación y mantenimiento				
				Alteración de cubierta terrestre	Ruido y vibraciones	Excavación	Acarreo de material	Disposición de desechos	Operación del drenaje	Mantenimiento preventivo	Impacto en el ambiente	Importancia del impacto	
Factores Ambientales	Físico-químicos	Suelo	Calidad del suelo	0	0	-2	-2	-2	3	0	-3	28	
				4	3	4	3	4	5	5			
		Agua	Calidad del agua	2	0	2	1	-1	5	5	14	23	
				3	2	3	3	3	4	5			
		Atmósfera	Inundaciones	-1	-2	-1	-2	-3	4	3	-2	22	
				5	2	1	3	3	5	3			
		Procesos	Compacción	-2	-2	-3	-1	-1	2	2	-5	22	
				3	2	4	4	3	3	3			
	Condiciones biológicas	Flora	Árboles		0	0	-2	-2	0	0	0	-4	17
					3	2	3	3	2	2	2		
		Fauna	Fauna		0	-1	0	-1	0	2	3	3	16
					3	3	3	2	2	1	2		
	Factores culturales	Uso del suelo	Agricultura		-1	-1	-2	-1	-1	4	4	5	44
					2	1	2	2	2	3	3		
			Zona residencial	2	-3	-3	-2	-1	5	5			
		Cultura	Educación sanitaria		-2	-2	-2	-1	-1	5	5	7	61
					3	3	3	2	2	5	5		
			Salud		-1	0	-1	-1	0	4	4		
					3	2	3	2	2	5	5		
			Empleo		0	0	0	0	0	0	0		
Servicios e infraestructura		Transporte		-3	-2	-3	-3	0	1	1	-10	41	
				5	3	3	3	1	2	2			
		Servicios		-2	-1	-2	-2	-1	4	3			
				4	3	4	2	1	4	4			
Totales	Impacto de la acción		-8	-14	-19	-17	-11	39	35				
	Importancia de la acción		45	32	40	35	28	47	47				

Fuente: elaboración propia.

Como resultado de la matriz de Leopold elaborada para este proyecto, puede observarse que el impacto ambiental será negativo, en especial para los factores biológicos quienes se ven afectados por la etapa de construcción. Sin embargo los impactos no serán permanentes. La importancia de estos impactos es positiva y supera en gran número los problemas que ocasionarán. Los inconvenientes serán compensados por los beneficios que se obtendrán en la aldea San Luis Letrán.

3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del pavimento rígido para la aldea San Luis Letrán, tramo I. Abarca una longitud de 6 111,57 metros lineales, con un ancho de pista de 5,50 metros, considerando bordillos y cunetas.

Se tomaron en consideración muchos aspectos para el diseño, ya que este proyecto se considera como una urbanización debido a que las viviendas se encuentran aledañas a las vías transitables.

3.2. Levantamiento topográfico

Es el conjunto de operaciones que se necesita realizar para elaborar una representación gráfica con las condiciones geométricas del lugar. Para el levantamiento topográfico de este proyecto se utilizó una estación total marca Sokkia modelo SET 530Rk3, un prisma con bastón, una plomada láser de centro y estacas. El levantamiento abarcó el 100 % de la aldea, así como se indica en el punto 2.2 del presente documento.

Al utilizar una estación total se obtienen la distancia, elevación y dirección de un punto en conjunto. Es decir, se realizan ambos levantamientos a la vez, planimétricos y altimétricos, proporcionando los datos de las coordenadas x, y, z, así como las distancias horizontales sin utilizar cinta métrica y los azimuts que ubican los puntos con una precisión angular de cinco segundos.

3.2.1. Altimetría

Rama de la topografía utilizada para determinar las elevaciones y pendientes del terreno es decir, representar el relieve del terreno.

3.2.2. Planimetría

Rama de la topografía utilizada para la representación gráfica de un terreno en un plano horizontal. En este proyecto se identificaron los puntos esenciales que comprenden las viviendas, límites de propiedades, cercos, muros, postes, orillas de la carretera y línea central de la carretera.

3.3. Diseño geométrico

Los criterios a aplicar en distintos casos se establecen mediante normas y recomendaciones que se aplican al trazo que satisfaga las necesidades del tránsito en la carretera. El diseño geométrico se realiza por medio de curvas horizontales y verticales con sus elementos que las conforman. Para este proyecto los alineamientos horizontales y verticales se adaptaron de la mejor manera posible a las condiciones existentes para no tener que afectar las viviendas de los habitantes. Se procedió de esta manera por la economía del proyecto, la dificultad ejecución del mismo y los inconvenientes que se ocasionen para los beneficiarios. Se justifica este hecho por ser un proyecto de favor social y de mejora en la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

Se hacen necesarios sistemas de señalización horizontal y vertical como medida de seguridad vial, así como el control de la velocidad de los usuarios para lograr carreteras seguras y de flujo de tránsito armonioso.

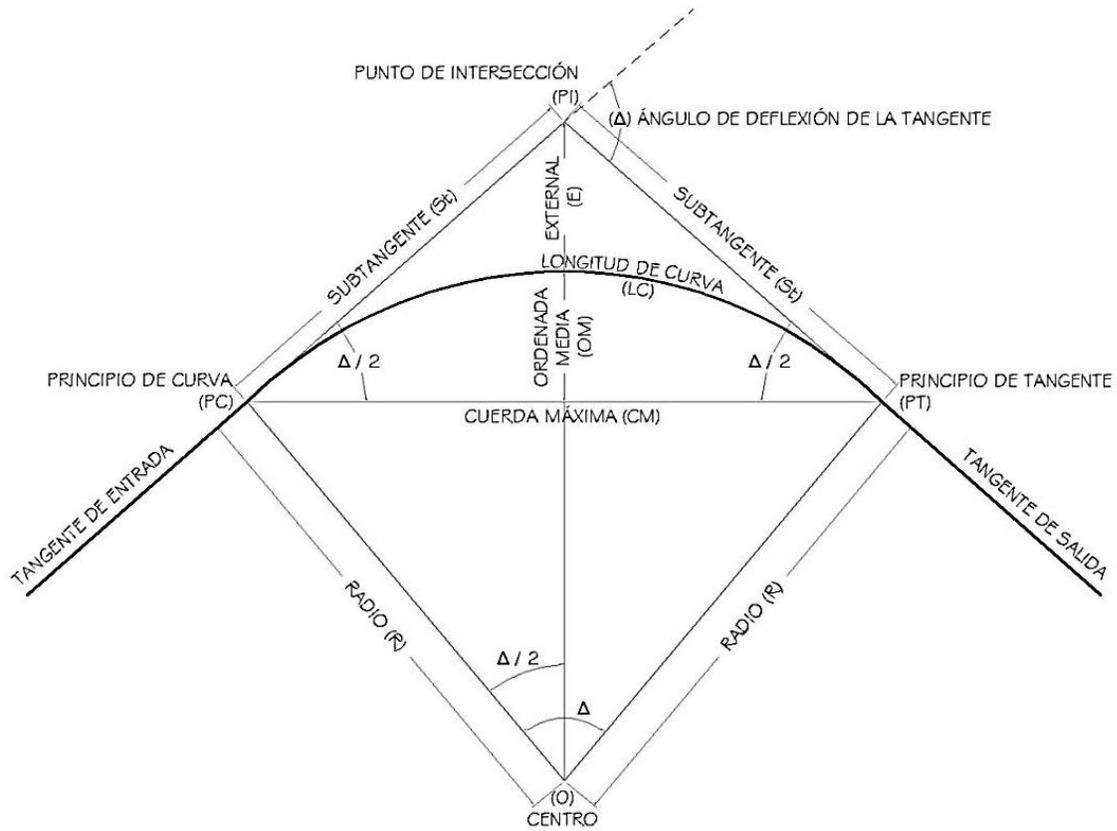
3.3.1. Alineación horizontal

El alineamiento horizontal está constituido por tramos rectos, denominados tangentes, y curvas que permiten una transición suave al pasar de tramos rectos a curvas y viceversa, o también entre dos curvas. El alineamiento horizontal debe permitir un recorrido de operación suave y segura a una velocidad de diseño específica.

De preferencia, el radio de una curva debe ser suficientemente grande como para que los conductores no se sientan forzados a disminuir la velocidad de los vehículos. Sin embargo, ese radio no siempre es factible, debido a que el alineamiento debe combinarse en forma armoniosa con la topografía existente y en este caso, las viviendas y construcciones de los beneficiados.

Las curvas pueden ser circulares y estas a la vez simples (una curva circular) o compuestas (formadas por 2 o más curvas circulares simples), o curvas de transición. Las curvas simples tienen los siguientes elementos:

Figura 2. Elementos de curva horizontal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Las normas geométricas de las carreteras varían según las características topográficas del terreno.

Figura 3. Clasificación y características de las carreteras

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL													
T.F.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)		ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA (m)		RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO
			2 * 7.20	25.00	24.00	24.00	VIA (m)	50.00			MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	
3000 A 5000	TIPO "A"												
	REGIONES:												
	LLANAS	100						375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80						225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60						110	5	70	100	350	400
1500	TIPO "B"												
	REGIONES:												
	LLANAS	80						225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60						110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40						47	8	40	50	180	200
900	TIPO "C"												
	REGIONES:												
	LLANAS	80						225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60						110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40						47	8	40	50	180	200
500	TIPO "D"												
	REGIONES:												
	LLANAS	80						225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60						110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40						47	8	40	50	180	200
100	TIPO "E"												
	REGIONES:												
	LLANAS	50						75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40						47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30						30	10	30	35	110	150
10	TIPO "F"												
	REGIONES:												
	LLANAS	40						47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30						30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20						18	14	20	25	50	100

Fuente: PÉREZ, Augusto. *Metodología de Actividades para el Diseño Geométrico de carreteras.*

El proyecto de la aldea San Luis Letrán, según la figura 3, corresponde a una clasificación de carretera tipo E en un terreno montañoso, por lo cual se estableció una velocidad de 30 kilómetros por hora. A esta corresponde un radio mínimo de curvas de 30 metros, además de otros parámetros como pendiente máxima y visibilidad. Sin embargo, para este proyecto se respeta el trazo de las vías ya establecido de curvas horizontales sin realizar un corrimiento drástico de las vías originales.

A continuación se presenta el cálculo de los elementos de la curva horizontal 1 del alineamiento 1.1, con los siguientes datos:

$$\Delta = 16^{\circ} 15' 25''$$

$$R = 43,18 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

El radio R, se toma a partir de las deflexiones en un proceso de tanteos hasta encontrar el óptimo. La deflexión, Δ , corresponde al azimut de entrada menos azimut de salida.

- Grado de curvatura (G)

Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros de longitud.

$$G = \frac{1\ 145,9156}{R} = \frac{1\ 145,9156}{43,18} = 26^{\circ} 32' 17,2''$$

- Ángulo central (Δ)

Es el ángulo subtendido por la curva circular. En las curvas circulares simples es igual a la deflexión.

- Longitud de curva (Lc)

Es la distancia a lo largo de la curva desde el PC hasta el PT.

$$L_c = \frac{20 \Delta}{G} = \frac{20 \times 16^\circ 15' 25''}{26^\circ 32' 17,2''} = 12,25 \text{ m}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT sobre las tangentes.

$$St = (R)(\tan \Delta/2) = (43,18)(\tan 16^\circ 15' 25''/2) = 6,17 \text{ m}$$

- External (E)

Es la distancia entre el PI y el punto medio de la curva.

$$E = \frac{R}{\cos \Delta/2} - R = \frac{43,18}{\cos 16^\circ 15' 25''/2} - 43,18 = 0,44 \text{ m}$$

- Cuerda máxima (CM)

Es la distancia entre el PC y el PT en línea recta.

$$CM = 2(R)(\sin \Delta/2) = 2(43,18)(\sin 16^\circ 15' 25''/2) = 12,21 \text{ m}$$

- Ordenada media (OM)

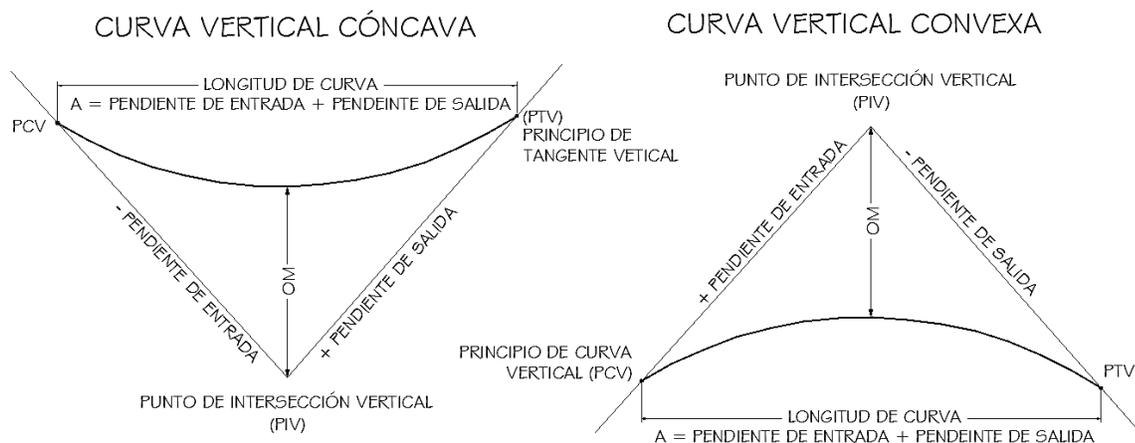
Es la distancia entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = (43,18) \left(1 - \cos \frac{16^\circ 15' 25''}{2} \right) = 0,43 \text{ m}$$

3.3.2. Alineación vertical

El alineamiento vertical es la rasante constituida por tangentes que se enlazan por medio de arcos verticales parabólicos, que son las curvas, las cuales se usan como transición en donde la alineación vertical cambia pendiente. Las curvas verticales se utilizan a fin de proporcionar un cambio gradual de la pendiente de entrada y la tangente de salida. Deben proporcionar un camino seguro y confortable. Las curvas pueden ser cóncavas o convexas.

Figura 4. Elementos de curvas verticales



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

La longitud de curva vertical involucra:

K = constante que depende de la velocidad de diseño

A = diferencia algebraica de las pendientes (pendiente de salida – pendiente de entrada).

En la tabla IX se muestran los valores de K para las curvas.

Tabla IX. **Valores de K para curvas verticales**

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, Jorge. *Guía teórica-práctica para el curso de Vías Terrestres 1*. p. 31.

Para este proyecto corresponden los valores de $K = 4$ para curvas cóncavas y $K = 2$ para curvas convexas.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

- Criterio de apariencia: aplicado a curvas cóncavas ya que poseen visibilidad completa. Sirven para evitar la impresión de un cambio súbito de pendiente.

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

- Criterio de comodidad: se aplica a curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que surge en el vehículo, al cambiar de dirección se suma al peso del mismo.

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

- Criterio de drenaje: se aplica cuando las curvas verticales se ubican en un tramo al que corresponde corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto sea adecuada para que el agua pueda escurrir.

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

- Criterio de seguridad: corresponde a que la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la distancia de parada.

$$LCV \geq K \times A$$

Sin embargo, en este proyecto el criterio más utilizado fue respetar el nivel existente en tramos en los que se fuese a afectar a los habitantes aledaños y poder modificar la alineación en tramos en los que tanto la topografía como las

construcciones establecidas lo permitieran. Esto se realiza con el fin de brindar un diseño económico que refleje seguridad, comodidad y fluidez.

La ordenada media (OM), es la corrección máxima para cada curva vertical. Para las curvas verticales simétricas es decir, las que tienen medidas de tangentes iguales entre el PIV al PCV y PIV al PTV, se calcula como:

$$OM = \frac{P_2 - P_1}{800} \times LCV$$

A continuación se presenta un ejemplo de cada tipo de curva vertical:

La curva cóncava ubicada en el estacionamiento 0 + 499,91 del alineamiento 1.2 tiene los siguientes datos:

Pendiente de entrada: -8,33 %

Pendiente de salida: -5,65 %

Se calcula la diferencia de pendientes para calcular los criterios y determinar la longitud de la curva adecuada:

$$A = -8,33 - (-5,65) = -2,68$$

$$|A| = 2,68$$

- Criterio de apariencia

$$LCV \geq 30 \times A = 30 \times 2,68$$

$$LCV \geq 80,4$$

- Criterio de comodidad

$$LCV \geq \frac{V^2 \times A}{395} = \frac{30^2 \times 2,68}{395}$$

$$LCV \geq 6,11$$

- Criterio de drenaje

$$LCV \leq 43 \times A = 43 \times 2,68$$

$$LCV \leq 115,24$$

- Criterio de seguridad

$$LCV \geq K \times A$$

$$K = 4$$

$$LCV \geq 4 \times 2,68$$

$$LCV \geq 10,72$$

Según los criterios, la longitud de curva vertical, LCV, estará entre 80,4 m a 115,24 m. De acuerdo a los criterios de la Dirección General de Caminos la longitud mínima de curva recomendada para visibilidad de parada es de 35 m y la longitud mínima recomendada para visibilidad de paso es de 150 m.

El cálculo indicado de la ordenada media tendrá el signo adecuado, el cual se suma algebraicamente para corregir la subrasante.

$$OM = \frac{-5,65 - (-8,33)}{800} \times 2,68 = 0,009$$

La curva convexa ubicada en el estacionamiento 0 + 610,38 del alineamiento 1.2 tiene los siguientes datos:

Pendiente de entrada: -2,31 %

Pendiente de salida: -9,96 %

Se calcula la diferencia de pendientes para calcular los criterios y determinar la longitud de la curva adecuada:

$$A = -2,31 - (-9,96) = -7,65$$

$$|A| = 7,65$$

- Criterio de apariencia: no se toma en cuenta para curvas convexas.
- Criterio de comodidad: no se toma en cuenta para curvas convexas.
- Criterio de drenaje

$$LCV \leq 43 \times A = 43 \times 7,65$$

$$LCV \leq 328,95$$

- Criterio de seguridad

$$LCV \geq K \times A$$

$$K = 2$$

$$LCV \geq 2 \times 7,65$$

$$LCV \geq 15,30$$

Según los criterios, la longitud de curva vertical, LCV, estará entre 15,30 m a 328,95 m. De acuerdo a los criterios de la Dirección General de Caminos la longitud mínima de curva recomendada para visibilidad de parada es de 35 m y la longitud mínima recomendada para visibilidad de paso es de 150 m.

El cálculo indicado de la ordenada media tendrá el signo adecuado, el cual se suma algebraicamente para corregir la subrasante.

$$OM = \frac{-9,96 - (-2,31)}{800} \times 7,65 = -0,073$$

3.4. Estudio de suelos

El tipo de suelo existente en el lugar es un factor determinante de la estructura del pavimento a construir. Los ensayos de suelos se realizaron a partir de una muestra representativa extraída a una profundidad promedio de 0,50 metros del tramo a pavimentar, en puntos distanciados a 500 metros de la aldea San Luis Letrán.

3.4.1. Ensayos de laboratorio

Los ensayos de suelos se llevan a cabo para conocer la clasificación del suelo, el control de la construcción y para determinar la resistencia del suelo.

3.4.1.1. Granulometría

Es un ensayo realizado para conocer la clasificación del suelo. La granulometría es la propiedad que tiene los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en la composición. Se basa en la Norma AASHTO T-27.

Los resultados obtenidos del ensayo del suelo de este proyecto muestran que este posee 37,39 % de grava, 50,93 % de arena y 11,68 % de finos. El suelo se clasificó como arenoso limoso color gris con partículas de grava. Este corresponde a la sección A-1-a del sistema de clasificaciones PRA.

3.4.1.2. Límites de consistencias

Es un ensayo que permite conocer la clasificación del suelo. Se realiza únicamente con los elementos finos del suelo y define los límites correspondientes a los tres estados en los que puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, conocidos como límites de Atterberg, determinan las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Se representan por el contenido de humedad y se conocen cómo:

- Límite líquido

Este límite fija la división entre el estado líquido y plástico. El límite líquido es una medida de resistencia a corte por parte del suelo a cierto contenido de humedad. El procedimiento que se utiliza se encuentra detallado en la Norma AASHTO T-89. El suelo ensayado no posee límite líquido.

- Límite plástico

Es el estado del suelo un poco endurecido. Es el contenido de humedad por encima del cual el suelo se comporta como material plástico. El procedimiento que se utiliza se basa en la Norma AASHTO T-90. El suelo ensayado no posee plasticidad, es arena con partículas de grava.

- Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico según la Norma AASHTO T-90. Corresponde a la diferencia entre el límite plástico y el límite líquido. El índice de plasticidad depende de la cantidad de arcilla del suelo.

Dado que el índice plástico, es de 0 según el resultado obtenido en el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado como un suelo no plástico.

3.4.1.3. Ensayo de compactación

Es un ensayo realizado para determinar el control de la construcción. El proceso debe hacerse según lo descrito en la Norma AASHTO T-180. La densidad que se puede obtener en un suelo siendo compactado, depende del contenido de humedad. Este ensayo se utiliza para encontrar la humedad óptima de compactación de un suelo, que será el que obtenga mayor densidad.

Los resultados del ensayo de Proctor Modificado utilizado para el suelo de este proyecto indican que posee una densidad seca máxima de $1\ 906\ \text{kg/m}^3$ y humedad óptima de 10,8 %. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de las partículas.

3.4.1.4. Ensayo de valor soporte

Este ensayo corresponde a los ensayos que determinan de la resistencia del suelo. Se utiliza para determinar el valor soporte del suelo compactado a la

densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno.

El ensayo CBR, o ensayo de razón soporte California, basa el procedimiento por la Norma AASHTO T-193. El valor se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo de ensayo, en relación con el esfuerzo requerido para penetrar el mismo pistón en piedra triturada que tiene un CBR igual a 100 %.

El resultado de laboratorio demuestra que el suelo ensayado de la aldea San Luis tiene un valor soporte de 56,1 %.

3.5. Movimiento de tierras

Se refiere a los trabajos que se realizan de corte y relleno para transformar el terreno natural y llegar al nivel de subrasante. Esta actividad incide en gran manera en el costo del proyecto.

En la aldea San Luis el trabajo de movimiento de tierras para suavizar el alineamiento vertical y corregir el alineamiento horizontal se ve limitado por las vías públicas, construcciones aledañas, derecho de paso en propiedad privada y servicios públicos existentes condicionando el diseño. El acondicionamiento de las vías según normativas resultaría antieconómico y provocaría inconformidades con los beneficiarios.

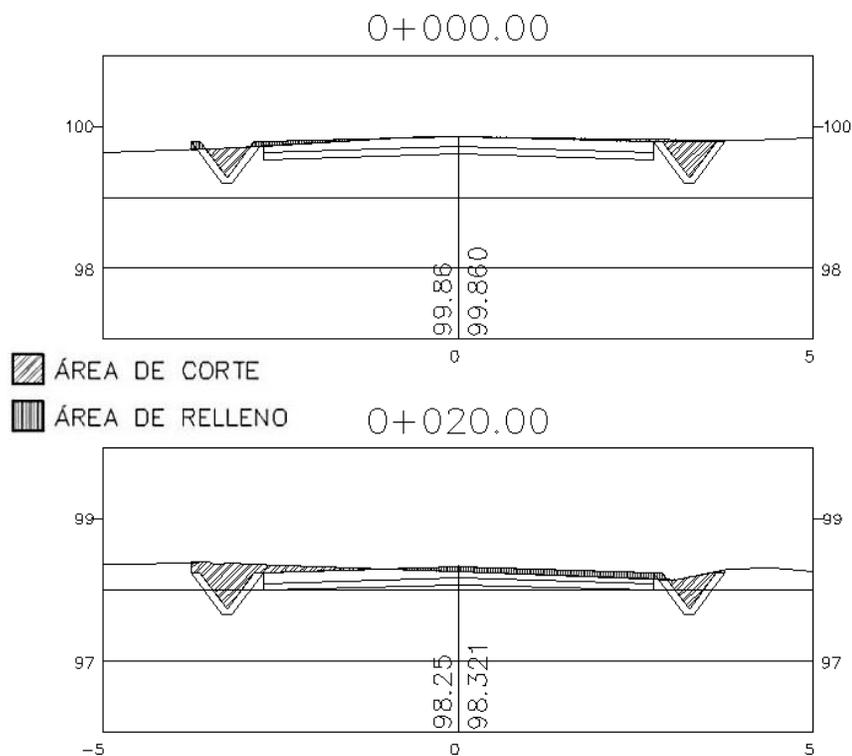
El suelo tiene un comportamiento según sea material de corte, suelto o material de relleno. Si el material se encuentra suelto, al compactarlo se estima un factor de contracción en el volumen de 0,60. Por el contrario, el material de corte sufre una expansión que se considera con un factor de hinchamiento de

1,40. Para analizar el factor de movimiento de tierras, se multiplican los factores de hinchamiento y contracción, en este caso el valor corresponde a 0,84; esto significa que 1 m³ de material de corte equivale a 0,84 m³ de relleno. Por lo que el porcentaje de corte corresponde al 0,16 restante.

Para el cálculo del volumen total de corte y relleno del proyecto, se utilizan las áreas de las secciones transversales obtenidas con ayuda del programa AutoCAD Civil 3D 2013. Por ejemplo, se considera el cálculo de volúmenes de las estaciones 0 + 000 y 0 + 020.

$$\text{Volumen} = \frac{\text{área 1} + \text{área 2}}{2} \times \text{distancia}$$

Figura 5. **Secciones transversales para cálculo de volumen**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Estación 0 + 000

Área de corte = 0,41 m²,

Área de relleno = 0,08 m²

Estación 0 + 020

Área de corte = 0,58 m²,

Área de relleno = 0,26 m²

$$V_{\text{corte}} = \frac{0,41 \text{ m}^2 + 0,58 \text{ m}^2}{2} \times 20 \text{ m} = 9,9 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{relleno}} = \frac{0,08 \text{ m}^2 + 0,26 \text{ m}^2}{2} \times 20 \text{ m} = 3,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Balance} = \text{Ba} + \text{C} - \frac{\text{R}}{1 - \%C}$$

Donde:

Ba = balance anterior

C = volumen de corte

R = volumen de relleno

% C = porcentaje de corte

El balance anterior se asume de cero.

$$\text{Balance} = 0 + 9,9 - \frac{3,4}{1 - 0,16}$$

$$\text{Balance} = 5,93 \text{ m}^3$$

Este procedimiento se realizó para cada alineamiento, la tabla de resumen se presenta a continuación:

Tabla X. **Reporte de volúmenes**

Alineamiento	Estación inicial	Estación final	Volumen de corte acumulado (m ³)	Volumen de relleno acumulado (m ³)	Balance (m ³)
1.1	0+000.00	0+354.33	204,95	118,85	63,46
1.2	0+354.650	1+397.435	946,84	585,57	249,73
1.3	1+397.430	1+563.985	185,40	319,48	-194,93
1.4	1+563.980	1+991.477	244,30	322,72	-139,90
1.5	1+991.480	2+298.770	217,31	167,38	18,05
1.6	2+298.770	2+657.871	826,03	224,01	559,35
2.1	2+657.870	2+944.345	477,77	137,45	314,14
2.2	2+944.340	3+169.883	259,16	45,42	205,09
2.3	3+169.880	3+433.541	299,72	65,05	222,27
2.4	3+433.540	3+516.586	87,28	16,60	67,51
2.5	3+516.590	4+287.589	1005,82	335,89	605,95
2.6	4+287.590	4+414.706	101,49	65,68	23,29
2.7	4+414.710	4+522.478	114,07	23,24	86,40
3.1	4+522.480	5+328.943	666,92	375,03	220,45
3.2	5+328.940	5+531.480	207,08	66,03	128,48
3.3	5+531.480	5+906.561	1089,74	507,01	486,16
3.4	5+906.560	5+974.016	88,50	134,80	-71,99
3.5	5+974.020	6+111.568	161,19	226,50	-108,45
Sumatoria total			7183,55	3736,72	2735,08

Fuente: elaboración propia.

3.6. Estructura del pavimento

El pavimento es una estructura que soporta y distribuye las cargas del tránsito sobre el suelo de manera disminuida para que se encuentre en el rango

de la capacidad de ese suelo de apoyo. Un deterioro estructural del pavimento se manifiesta por la disminución de la capacidad funcional.

3.6.1. Tipos de pavimento

Existen dos tipos de estructuras de pavimento clasificados según la forma en que reparten las cargas recibidas.

3.6.1.1. Pavimentos flexibles

Consisten en una serie de capas, por medio de las cuales se aumenta la resistencia. Los principios básicos de diseño son comunes para ambos tipos: seguro, económico, duradero, perfil liso.

3.6.1.2. Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos son de concreto de cemento hidráulico diseñados para resistir las cargas e intensidad del tránsito.

Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en pavimentos de concreto simple y pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero. Los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos: pavimento de concreto simple con juntas sin barras de transferencia, y pavimento de concreto simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros.⁵

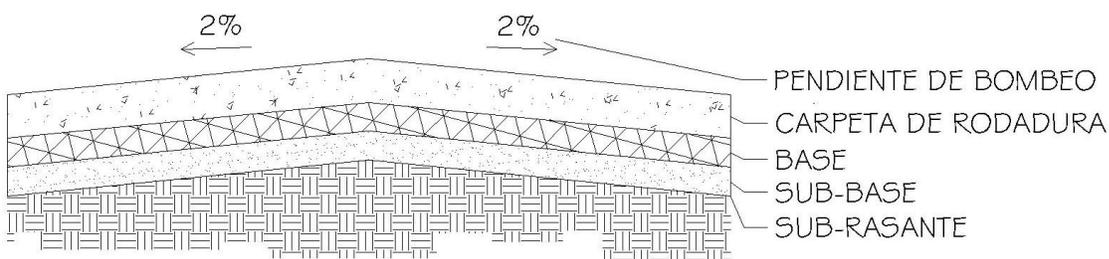
⁵ Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. p. 501-1.

Para este proyecto se optó por un pavimento rígido, debido a que se busca realizar una inversión inicial que recaiga en una vida útil viable. El período de diseño considerado para varios procedimientos corresponde a veinte años. Debido a la importancia de las carreteras en el desarrollo económico del país, este periodo es adecuado en el cual el pavimento trabajará debidamente resistiendo a las cargas de los vehículos y los cambios climáticos.

3.6.2. Componentes estructurales

Un pavimento se conforma por distintas capas de distintos materiales y espesores que se encuentran en función de las propiedades mecánicas del suelo y las características del tránsito.

Figura 6. Componentes estructurales del pavimento



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

3.6.2.1. Subrasante

Es la capa de la carretera que soporta la estructura del pavimento, la cual se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Para la aldea San Luis Letrán, esta capa deberá ser homogenizada y compactada para que cumpla la función.

Dependiendo de sus características puede soportar directamente la capa de rodadura del pavimento rígido debiendo cumplir con ciertos requisitos:

- Valor soporte: el material debe tener un CBR mínimo del 5 %, efectuado sobre muestras saturadas a 95 % de compactación y deberá tener una expansión máxima del 5 %.
- Graduación: el tamaño de las partículas que contenga el material de subrasante, no debe exceder de 7,5 centímetros.
- Plasticidad: el límite líquido no debe ser mayor del 50 %.

La capacidad de soporte de la subrasante se clasifica en rangos determinados por el porcentaje de CBR obtenido:

Tabla XI. **Calidad de la subrasante**

CBR	Calidad de la subrasante
0% - 3%	muy mala
3% - 5%	mala
5% - 20%	regular a buena
20% - 30%	excelente

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

Las propiedades mecánicas del suelo en la aldea San Luis Letrán son de buena calidad debido a su valor de CBR de 56,1 % por lo cual el material se utilizará para capa de base.

3.6.2.2. Subbase

Es la capa de la estructura del pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir uniformemente el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de manera que el suelo de subrasante las pueda soportar. Los espesores de la capa varían entre 10 y 70 centímetros.

Esta capa debe conformarse por materiales granulares en el estado natural o mezclados debiendo cumplir con ciertos requisitos:

- Valor soporte: el material debe tener un CBR mínimo de 30 %, efectuado sobre muestras saturadas a 95 % de compactación.
- Graduación: el tamaño de las piedras que contenga el material de subbase, no debe exceder de 7 centímetros, ni el 50 % en peso de partículas que pasen el tamiz Núm. 40 (0,425 mm).
- Plasticidad y cohesión: la porción que pasa el tamiz Núm. 40 (0,425 mm), debe de tener un índice de plasticidad menor de 8 % y un límite líquido menor de 25 %.

El CBR considerado para esta capa no debe ser menor de 15 %. Las propiedades mecánicas del suelo en la región de la aldea San Luis Letrán son de buena calidad debido al valor de CBR de 56,1 % por lo cual el material se utilizará para capa de base, omitiendo la capa de subbase.

3.6.2.3. Base

Esta capa permite reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores y proporciona una superficie uniforme para el soporte de la capa de rodadura. El espesor varía entre 10 y 30 centímetros. Puede ser de materiales granulares tales como grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo-cemento.

El ensayo de CBR establece una relación entre el comportamiento de los suelos, con fines de utilizarlos en los componentes estructurales del pavimento.

Tabla XII. **Clasificación típica para el uso de diferentes materiales**

CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 – 3 %	Muy pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7%	Pobre a regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20 %	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50%	Bueno	Sub-base, base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50%	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

El resultado del CBR del material ensayado de la aldea San Luis es de 56,1 %, con base en la tabla de clasificación típica para el uso de diferentes materiales, el suelo es apto para base, con excelentes condiciones para nivel de subrasante.

3.6.2.4. Carpeta de rodadura

En pavimentos rígidos, como en este caso, está constituida por losas de concreto de cemento Portland. Debe ser capaz de resistir las acciones de desgaste por el tránsito, así como las cargas que dicho tránsito pueda generar, también poder transmitir dichas cargas a las demás capas del pavimento que se encuentran por debajo sin que estas capas fallen.

3.7. Método y procedimiento de diseño

Para el diseño del espesor de pavimentos rígidos existen dos métodos elaborados por la Portland Cement Association (PCA).

- Método de capacidad

Este método es utilizado cuando se tienen datos de distribución de carga por eje de tránsito.

- Método simplificado

Este método es utilizado cuando no se cuenta con algún aforo vehicular, basándose en tablas con rangos de tránsito y de distribución de cargas para distintas categorías de calles y carreteras. Dichas tablas están diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1 a la 4 respectivamente. El período de diseño que este método considera es de 20 años.

3.7.1. Tránsito promedio diario

El tramo carretero de la aldea San Luis se encuentra en zona rural y es un camino secundario con un tránsito pesado bajo, por lo que se clasifica en la categoría 1 de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría de ejes cargados	Descripción	Tráfico			Carga máxima por eje (Kips)	
		TPDA	TPPD		Eje sencillo	Eje doble
			%	Por día		
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 4 carriles	8 - 30	1,500 - 8,000	34	60

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

Para poder determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario) con la tabla anterior (XIII) es necesario conocer el TPDA (tránsito promedio diario anual), el cual puede ser estimado con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XIV. **Clasificación funcional de las carreteras regionales**

TPDA	> 20,000		20,000 - 10,000		10,000 - 3,000		3,000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
AR - Autopistas Regionales	6 - 8	Pav.	4 - 6	Pav.				
TS - Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR - Troncales Rurales	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
CS - Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR - Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: Adoptado de: CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 36.

Donde:

TPDA = tránsito promedio diario anual

C= número de carriles

S= superficie de rodadura

Pav. = pavimentadas

Por ser un tramo carretero de dos carriles se clasifica como CR (colectoras rurales), estimando un TPDA de 800 máximo, dato que se ajusta a la población con vehículos en la aldea.

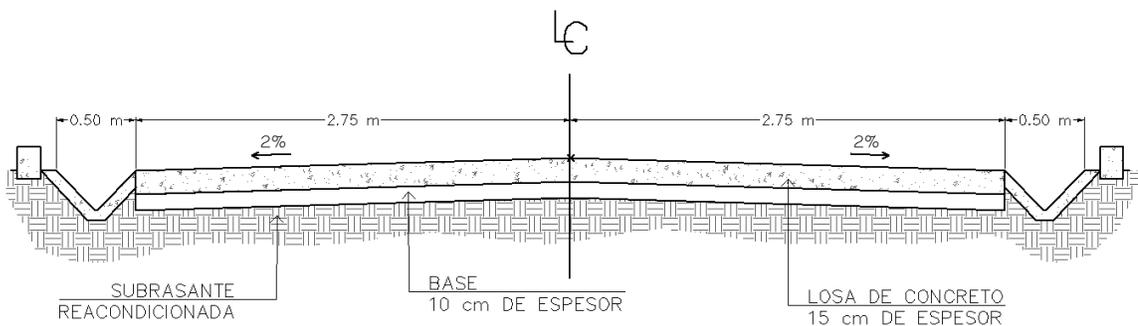
Posteriormente, se procede al cálculo del TPPD el cual está dado como un porcentaje del TPDA. Para este proyecto se estimó un porcentaje de 2 % según la tabla, dando como resultado un TPPD de 16.

3.7.2. Selección del tipo de pavimento

Para este proyecto se utilizará un pavimento de concreto simple con juntas longitudinales y transversales sin barras de transferencia. No se utilizarán pasadores debido a que esto se considera aceptable para vías de bajo tránsito pesado. Dado que este proyecto contempla una urbanización en la que no transitarán más de ochenta vehículos pesados por día, no se considera entre las vías de tránsito pesado, siendo estas últimas en las que no es suficiente la transferencia de cargas por trabazón entre agregados.

El diseño se acompañará de cunetas y bordillos.

Figura 7. Sección típica

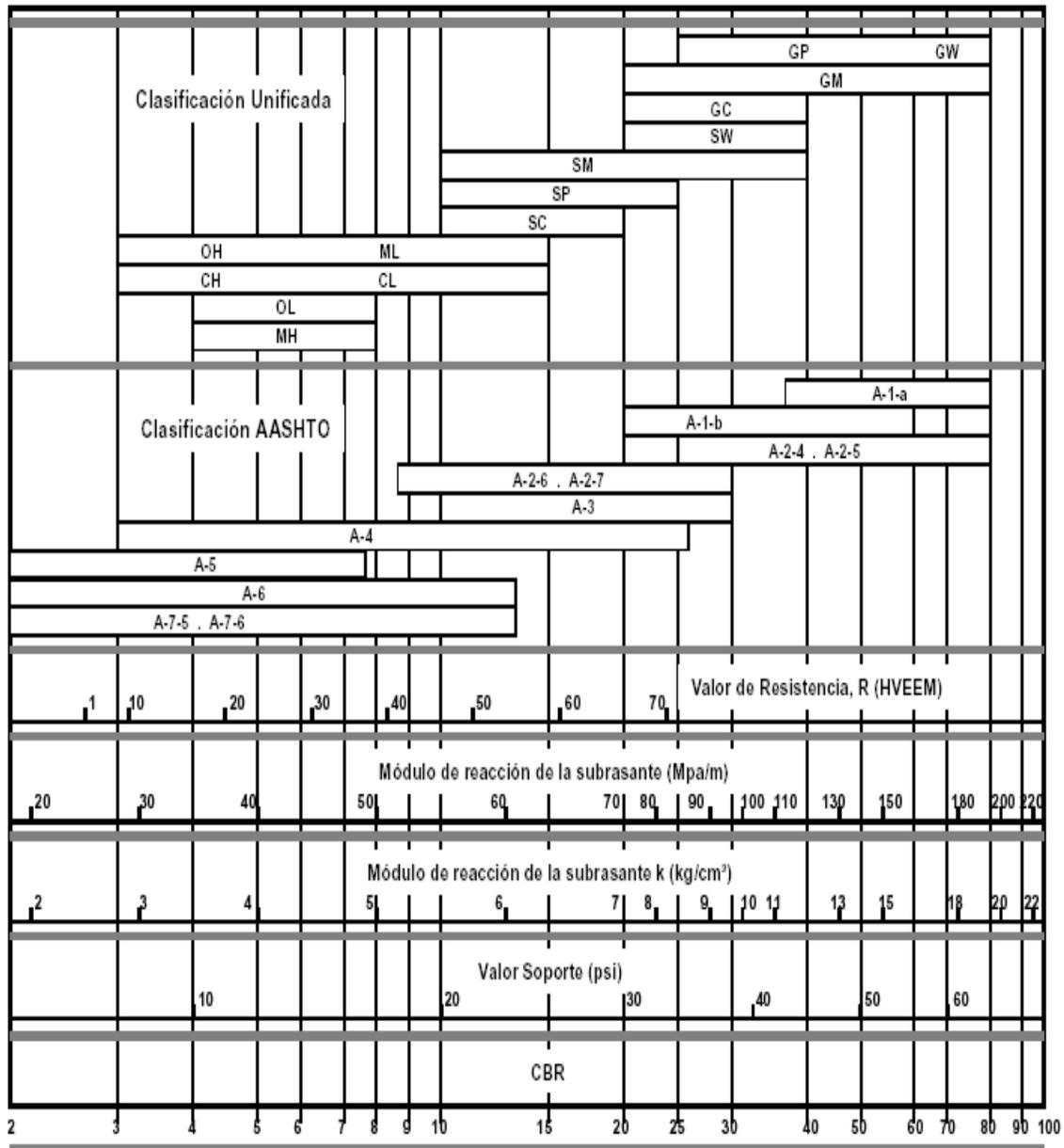


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

3.7.3. Módulo de reacción de subrasante (k)

El módulo k es la relación entre el esfuerzo aplicado a una placa de suelo y la deformación que dicha placa sufra por efecto del esfuerzo. Puede ser determinado por correlación con el ensayo de Razón Soporte California (CBR), la cual se muestra de la figura 8 que expresa la relación que está en función de la clasificación de suelos y los diferentes ensayos.

Figura 8. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos



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

El valor de la Razón Soporte de California es de 56,1% el cual se aproxima a 55 por facilidad de manejo de tabla en donde le corresponde el módulo de reacción K de 15 kg/cm³ aproximadamente.

Una vez conocido el módulo de reacción k se procedió a encontrar la condición de apoyo de la subrasante con la ayuda de la siguiente tabla:

Tabla XV. **Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción kg/cm ³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2.0 - 3.35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3.6 - 4.7
Arenas y mezclas de arena y gravas relativamente libre de finos	Alto	5.0 - 6.0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6.9 - 11.0

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

Dado que el módulo de reacción aproximado es de 15 kg/cm³, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla XV se estima muy alta y el método permite omitir la construcción de la capa subbase. Asimismo, contando con las características del material ensayado y el valor del módulo de reacción indicado anteriormente se permite también utilizar el mismo material para la capa base ya que este permitirá una adecuada condición de apoyo para el pavimento. A partir de esto, se puede construir la carpeta de concreto hidráulico sobre el nivel

de subrasante. Sin embargo, se incluirá una capa de base de 0,10 m que cumpla con los requerimientos de espesor por seguridad.

3.7.4. Módulo de ruptura del concreto (M_r)

El módulo de ruptura del concreto corresponde al 15 % del f'_c . Considerando la resistencia del concreto a compresión de 281 kg/cm², el módulo de ruptura para este proyecto es de 42 kg/cm². Se estima que éste se encuentre en el rango de 42 - 46 kg/cm².

3.7.5. Cálculo del espesor del pavimento

Ya que se categorizó el tráfico en función de cargas por eje con ayuda de la tabla XIII con la categoría 1, la tabla que corresponde para determinar el espesor de la losa de concreto según el método de la PCA simplificado es la tabla XVI.

Para este proyecto se estimó la utilización de cuneta y bordillo en los laterales, sin embargo, no se funden monolíticamente junto con el pavimento por lo que en la tabla XVI se utilizan los datos del lado izquierdo.

La condición de apoyo del terreno tiene un carácter muy alto según la tabla XV, por tal razón se procedió a seleccionar la columna de la condición de apoyo alto. Luego se busca en el sector correspondiente de $M_r = 42$ kg/cm² la fila donde se encuentra el valor que mejor se aproxima al TPPD pero que no sea menor que este.

Tabla XVI. **TTPD permisible, categoría de carga por eje Núm. 1, pavimento con junta de trabazón de agregado (no se necesita dovela)**

Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto o bordillo			
Espesor de losa (cm)	Soporte del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa (cm)	Soporte del terreno natural o de sub-base			
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto	
Mr = 46 kg/cm ²				10.0		0.2	0.9	
	11.5		0.1	11.5	2	8	25	
	12.5	0.1	0.8	12.5	30	130	330	
	14.0	3	15	14.5	320			
	15.0	40	160					
	16.5	330						
Mr = 42 kg/cm ²	12.5		0.1	10.0			0.1	
	14.0	0.5	3	11.5	0.2	1	5	
	15.0	8	36	98	6	27	75	
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	
	17.8	520			15.0	610		
Mr = 39 kg/cm ²	14.0	0.1	0.3	1	11.5		0.2	
	15.0	1	6	18	12.5	0.8	4	
	16.5	13	60	160	14.0	13	57	
	17.8	110	400		15.0	130	480	
	19.0	620						

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

Según lo observado en la tabla XVI, el espesor de losa para este proyecto corresponde a 15,0 cm el cual tiene un TTPD permisible de 98.

3.7.6. Tipo de juntas

La manera de evitar un agrietamiento de la carpeta de concreto descontrolado es provocando cortes. Las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa. Las juntas más

comunes en un pavimento rígido son: juntas longitudinales, juntas transversales, juntas de expansión, juntas de construcción.

Las juntas transversales y longitudinales se realizan con el disco de la cortadora de concreto a una profundidad de $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa. Este procedimiento se realiza después del curado de la carpeta de concreto. El ancho de corte es de $\frac{1}{4}$ ".

$$\text{Profundidad de corte} = \frac{1}{3} * 0,15 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$$

La separación entre estas juntas transversales puede ser entre 21 a 24 veces el espesor de la losa.

$$\text{Separación} = 21 * 0,15 \text{ m} = 3,15 \text{ m}$$

Por facilidad de ejecución, las juntas serán realizadas a cada tres metros y la junta longitudinal al centro de la calle es decir a los 2,75 metros. Reducir las dimensiones genera mayor capacidad al pavimento.

3.8. Normativa

Es necesario que el pavimento cumpla con los requerimientos normado.

3.8.1. Pavimento de concreto

- El concreto utilizado deberá tener como mínimo un $f'c$ de 281 kg/cm² a los 28 días, también deberá tener un módulo de ruptura de 42 kg/cm²; la proporción del concreto será de acuerdo al diseño de mezcla.

- El cemento Portland utilizado para el concreto deberá ser del tipo I o II según la Norma AASHTO M 85-63.
- El agregado fino será arena natural o manufacturada compuesta de partículas duras y durables según indica la Norma AASHTO M6, el módulo de finura deberá estar en el rango 2.3-3.1.
- El agregado grueso deberá ser grava o piedra triturada, que cumpla con la Norma AASHTO M-80.
- El agua para el concreto así como para el curado y el lavado de agregados debe ser potable; el agua utilizada deberá ser analizada con base en la Norma AASHTO T-26; puede ser utilizada agua proveniente de cisternas o abastecimientos de agua potable sin ensayos previos según la Norma AASHTO T-106.
- Después de la fundición de las losas de concreto, dichas losas deberán ser curadas con agua por lo menos durante los siguientes 7 días después de la fundición.
- Los aditivos deben emplearse con la aprobación del Delegado Residente y cumplir con lo establecido en la sección 551.05 de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes (Libro Azul).

3.8.1.1. Diseño de mezcla

Para el diseño de la mezcla del concreto fue utilizado el método del ACI, American Concrete Institute, el cual detalla el procedimiento en los siguientes pasos:

- Determinar el revenimiento (Slump).
- Elegir el tamaño máximo del agregado grueso.
- Seleccionar el contenido de agua recomendable en función del revenimiento requerido y el tamaño máximo del agregado.

- Elegir los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión requerida.
- Calcular el contenido de cemento con la cantidad de agua y la relación agua /cemento.
- Adoptar el volumen del agregado grueso.
- Estimar el contenido de agregado fino.
- Ajustar las mezclas por humedad de los agregados.
- Ajustar las mezclas verificando el peso volumétrico del concreto.

Para el proyecto se requiere un concreto con resistencia a la compresión de $f'c$ de 281 kg/cm² (4 000 psi) a los 28 días, sin aire incluido en la mezcla.

El asentamiento se determinará según la estructura, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla XVII. **Revenimiento recomendado según la estructura**

Tipo de estructura	Revenimiento
Cimientos, muros reforzados y vigas	12 cm
Paredes reforzadas y columnas	10 cm
Pavimentos y losas	8 cm
Concreto masivo	5 cm

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Segundo semestre 2010.

Para el pavimento de la aldea San Luis Letrán se utilizará un revenimiento de 8 cm. El tamaño del agregado grueso será de 2,54 cm (1 pulgada). Con los datos anteriores, se elige el valor del contenido de agua con ayuda de la siguiente tabla:

Tabla XVIII. **Agua para diferentes revenimientos y tamaño de agregados**

Revenimiento (cm)	Litros de agua por m ³				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 – 5	205	200	185	180	175
8 – 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Segundo semestre 2010.

La cantidad de agua para 1 metro cúbico de concreto será de 195 litros. A continuación se procede a elegir la relación agua/cemento (A/C) correspondiente a una resistencia de 281 kg/cm².

Tabla XIX. **Relación agua/cemento según la resistencia a la compresión**

Resistencia a la compresión a los 28 días	Relación agua/cemento	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6000psi (420 kg/cm ²)	0,41	
5000psi (350 kg/cm ²)	0,48	0,40
4000psi (281 kg/cm ²)	0,49	0,48
3000psi (210 kg/cm ²)	0,68	0,59
2000psi (140 kg/cm ²)	0,82	0,74

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Segundo semestre 2010.

Se utilizará una relación A/C de 0,49, que permite estimar cantidad de materiales.

Se calcula la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua-cemento; considerando que un litro de agua pesa un kilogramo:

$$\text{Cemento} = \frac{195 \text{ lts/m}^3}{0,49} = 397,96 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de agregado se calcula restando el peso del agua y cemento del peso total de un metro cúbico de concreto que es de 2 400 kg/m³.

Peso de agregados = peso total – peso (agua + cemento)

Peso de agregados = 2 400 - (195 + 397,96) = 1 807,04 kg/m³

Luego se estima el porcentaje de agregado fino con la siguiente tabla:

Tabla XX. **Porcentaje de agregado fino**

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

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Segundo semestre 2010.

La cantidad de arena se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje correspondiente.

$$\text{Contenido de arena} = 42 \% \times 1\,807,04 \text{ kg/m}^3 = 758,96 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de agregado grueso será entonces:

$$\text{Contenido de pedrín de 1"} = 1\,807,04 - 758,96 = 1\,048,08 \text{ kg/m}^3$$

Se concluye que la proporción final en peso será de:

Cemento	:	arena	:	pedrín	:	agua
<u>397,96</u>	:	<u>758,96</u>	:	<u>1,048,08</u>	:	<u>195</u>
397,96		397,96		397,96		397,96
1	:	1,91	:	2,63	:	0,49

La cantidad de material para 1 m³ de mezcla corresponde a:

$$\text{Cemento: } 397,96 \text{ kg/m}^3 \div 42,5 \text{ kg/saco} = 9,4 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena: } 758,96 \text{ kg/m}^3 \div 1\,425 \text{ kg/m}^3 = 0,53 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín: } 1\,048,08 \div 1\,650 \text{ kg/m}^3 = 0,64 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua: } 195 \text{ l/m}^3 \div 1 \text{ m}^3 = 195 \text{ l} = 0,195 \text{ m}^3 \div 0,003785 = 52 \text{ gal}$$

Donde:

Peso volumétrico de la arena: 1 425 kg/m³

Peso volumétrico del pedrín: 1 650 kg/m³

Peso del cemento: 42,5 kg

El volumen de un saco de cemento es de 1 pie³.

$$1 \text{ saco} = 1 \text{ pie}^3 \times \left(\frac{1 \text{ m}}{3,28 \text{ pie}}\right)^3 = 0,028 \text{ m}^3$$

Cantidad de cemento: 9,4 sacos x 0,028 m³ = 0,27 m³

Proporciones en volumen:

Cemento	:	arena	:	piedrín	:	agua
$\frac{0,27}{0,27}$:	$\frac{0,53}{0,27}$:	$\frac{0,64}{0,27}$:	$\frac{0,195}{0,27}$
1	:	2	:	2,4	:	0,72

3.8.2. Equipo de pavimentación

El equipo necesario para la ejecución de este proyecto consiste en:

- Pavimentadora.
- Formaleta fija.
- Equipo de mezclado: concretera manual.
- Vibradores de inmersión o de placa para el concreto
- Equipo para esparcir, compactar y dar el acabado final del concreto: palas, llanas, cucharas.
- Equipo para texturizado: rastrillo de cerdas.
- Cortadora de disco y cierra tradicional para juntas del pavimento.

3.8.3. Colocación, compactación y curado del concreto

Al efectuarse el alisado del concreto y haber removido el exceso de agua, estando el concreto próximo a perder el brillo se procede al texturizado y ranurado. El texturizado se hará con un rastrillo de cerdas metálicas espaciadas a no menos de 12 mm.

Inmediatamente después del texturizado y ranurado y tan pronto sea posible sin causar daño a la superficie del concreto, se debe proceder al curado del concreto, este se llevará a cabo con compuestos líquidos. Se utilizará aditivo acelerante de acuerdo a la Norma ASTM C 309.

3.9. Obras de arte

El diseño del proyecto cuenta con drenaje transversal, bordillos y cunetas.

3.9.1. Bordillos

El uso de bordillo de concreto es recomendable por ser útil en prevención de accidentes en la carretera. El diseño contempla la integración de bordillo, de sección 15 x 20 centímetros colocados en ambos lados de la vía. El concreto debe ser al menos de 2 500 Psi.

3.9.2. Drenaje transversal

El drenaje transversal tiene como función proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a esta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.

Para determinar el caudal de lluvia a drenar se procedió con la fórmula racional por ser una cuenca pequeña.

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

En donde:

Q = caudal de escorrentía, en metros cúbicos por segundo (m³/s).

C= coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = intensidad de lluvia, en milímetros por hora (mm/h).

A = área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10 000 m²).

El tramo crítico está ubicado en la estación 4 + 720 ya que este tramo es el de mayor área de 8,58 Ha. El cauce principal tiene una longitud de 0,46 km, la pendiente promedio es de 16,3 % y la elevación entre cauce es de 9,3 m.

Figura 9. **Mapa de la cuenca**



Fuente: Google Earth. Consulta: 11 de mayo de 2014.

Para la intensidad de lluvia se calcula el tiempo de concentración, t.

$$t = \left(\frac{0,886 \times L^3}{H} \right)^{0,385} \times 60$$

En donde:

L = longitud del cauce principal en Km.

H = diferencia de elevación

$$t = \left(\frac{0,886 \times 0,46^3}{9,3} \right)^{0,385} \times 60 = 9,90 \text{ min}$$

La intensidad se calcula tomando los valores a y b de la tabla.

$$I = \frac{a}{t + b}$$

En donde:

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora.

Tabla XXI. **Tiempo de concentración**

Ubicación	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t+18	3706/t+22	4204/t+23	4604/t+24
Bananera Izabal	5771,5/t+48,98	7103,95/t+53,80	7961,65/t+56,63	8667,77/t+58,43
Labor Ovalle, Quetz.	977,7/t+3,80	1128,5/t+3,24	1323,5/t+3,48	
La Fragua, Zacapa	3700,5/t+50,69	3990,5/t+41,75	4049/t+37,14	

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Segundo semestre 2010.

El territorio más cercano a la aldea San Luis Letrán es la ciudad de Guatemala y período de retorno será de 20 años.

$$I = \frac{4\,604}{9,90 + 24} = 135,81 \text{ mm/h}$$

El coeficiente de escorrentía se estima a partir de la siguiente tabla:

Tabla XXII. **Coeficiente de escorrentía**

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno			
		Pronunciada	Alta	Media	Suave
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2
Hierva y grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1

Fuente: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/TABLAS%20HIDRO/TABLA%20Escorrent%EDa.pdf>. Consulta: 10 de enero de 2014.

Considerando la región a drenar, una zona de vegetación densa con suelo permeable en un terreno pronunciado, se toma $C = 0,25$. Por lo tanto, el caudal corresponde a:

$$Q = \frac{(0,25)(135,81)(8,58)}{360} = 0,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando la fórmula de Manning-Strickler se puede encontrar el diámetro requerido.

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

$$Q = \frac{1}{n} \times \left(\frac{\pi \times \emptyset^2}{4}\right) \times \left(\frac{\emptyset}{4}\right)^{2/3} \times S^{1/2}$$

En donde:

\emptyset = diámetro de la tubería de concreto

S = pendiente de 2 %

n = coeficiente de Manning, de acuerdo a la tabla II

$$\emptyset = \left(\frac{Q \times n \times 4^{5/3}}{\pi \times S^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$$\emptyset = \left(\frac{0,81 \times 0,013 \times 4^{5/3}}{\pi \times 0,02^{1/2}}\right)^{3/8} = 0,58 \text{ m} = 22,8''$$

Para este proyecto se utilizará una tubería de 30" de diámetro, ya que este es el valor mínimo usado para drenaje transversal en la carretera. La tubería trabajará a un 76 %.

3.9.3. Cunetas

El drenaje en la carretera es el que le da mayor vida a esta. Para este proyecto se diseñó un drenaje superficial tipo cuneta de concreto simple fundido en el sitio de resistencia mínima de 2 500 psi. Se requiere un diseño hidráulico que consiste en el cálculo del área que dará paso a un volumen de agua y se encuentra con la fórmula racional.

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

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo de la estación 4+910,8 a 5+072,6 del alineamiento 3.1 el cual posee una pendiente crítica de 0,05 %. El área a drenar es de 1,06 hectáreas, la diferencia de altura es de 0,087 metros y la longitud es de 0,159 kilómetros.

El tiempo de concentración es:

$$t = \left(\frac{0,886 \times 0,159^3}{8,7 \times 10^{-5}} \right)^{0,385} \times 60 = 250,5 \text{ min}$$

La intensidad se calcula tomando los valores a y b de la tabla XXI.

$$I = \frac{4\ 604}{250,5 + 24} = 16,77 \text{ mm/h}$$

El coeficiente de escorrentía corresponde a 0,25 de acuerdo a la tabla XXII. El área de este tramo es de 10 559,28 m² (1,06 Ha); con estos datos se calcula el caudal.

$$Q = \frac{(0,25)(16,77)(1,06)}{360} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se procede a calcular las dimensiones de cuneta con la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = k \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

En donde:

k = coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto

R = radio hidráulico

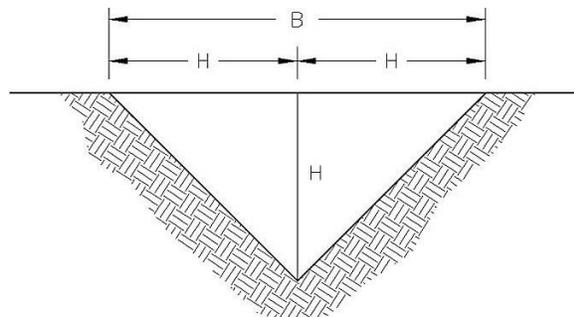
S = pendiente

Q = caudal drenado por un lado de cuneta

A = área transversal de la cuneta en metros cuadrados.

Conociendo el caudal se determinan las dimensiones, considerando un factor de 10 %. El radio hidráulico relaciona el área A y el perímetro P, que se pueden expresar en términos de la profundidad H, como se observa:

Figura 10. **Relación de dimensiones de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$A = \frac{1}{2} BH$$

$$A = \frac{1}{2} (2H) (H) = H^2$$

$$P = 2\sqrt{2} \cdot H$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{H^2}{2\sqrt{2} \cdot H} = \frac{H}{2\sqrt{2}}$$

El coeficiente k se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla XXIII. **Coeficiente de rugosidad para cunetas**

Material	Características	k (m ^{1/3} /s)
Tierra desnuda	Superficie uniforme	40 - 50
	Superficie irregular	30 - 50
Tierra genérica	Ligera vegetación	25 - 30
	Vegetación espesa	20 - 25
Roca	Superficie uniforme	30 - 35
	Superficie irregular	20 - 30
Revestimiento bituminoso		65 - 75
Tubo corrugado	Sin revestir	30 - 40
	Revestido	35 - 50
Cuneta de hormigón		60 - 75

Fuente: BLÁZQUEZ, Luis Bañón. *El agua y la carretera*. p. 22.

El factor k corresponde a 75. Y se procede a despejar la altura H.

$$0,012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 75 \times H^2 \times \left(\frac{H}{2\sqrt{2}} \right)^{2/3} \times (0,0005)^{1/2}$$

$$0,0072 = H^2 \times \left(\frac{H}{2\sqrt{2}} \right)^{2/3}$$

$$0,0072 = \frac{H^{8/3}}{2}$$

$$H = 0,20 \text{ m} = (20,3 \text{ cm}) * 1,10$$

$$H = 22,4 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

$$B = 2 \times (25) = 50 \text{ cm}$$

3.10. Presupuesto

El presupuesto se elaboró por medio de renglones de trabajo, cuantificando las cantidades que se multiplican por el precio unitario de cada renglón.

3.10.1. Integración de precios unitarios

Los precios de los materiales fueron tomados de acuerdo a cotizaciones elaboradas en distintas empresas cercanas al lugar.

El cálculo del porcentaje de prestaciones se muestra en la tabla IV y el factor de indirectos corresponde a 46 %, según se indica en el tema 2.6.1 de este documento.

3.10.2. Resumen

A continuación se presenta la tabla resumen de los renglones de trabajo.

Tabla XXIV. **Resumen de precios unitarios totales**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO TRAMO I PARA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EPS · INGENIERÍA CIVIL					
No.	RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Replanteo topográfico	km	6,11	Q2 037,74	Q 12 453,76
2	Excavación no clasificada	m ³	3736,72	Q 44,25	Q 165 356,75
3	Excavación no clasificada de desperdicio	m ³	3446,83	Q 63,18	Q 217 773,70
4	Conformación de la sub-rasante	m ²	33613,64	Q 26,90	Q 904 193,32
5	Base 0,10 m	m ³	3361,36	Q 267,00	Q 897 475,26
6	Pavimento rígido e = 0,15 m	m ³	5042,05	Q1 658,15	Q 8 360 463,13
7	Drenajes transversales				
7.a	Excavación para drenaje	m ³	73,90	Q 143,59	Q 10 611,42
7.b	Concreto ciclópeo (drenajes trans.)	m ³	23,50	Q 741,25	Q 17 419,30
7.c	Tubería de concreto 30"	ml	29,00	Q 588,99	Q 17 080,68
8	Cunetas revestidas	ml	12223,14	Q 58,12	Q 710 412,85
9	Bordillos	ml	12223,14	Q 60,27	Q 736 631,06
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q12 049 871,25

En letras: doce millones, cuarenta y nueve mil ochocientos setenta y un quetzales con veinticinco centavos. El proyecto cuenta con 6 111,57 metros lineales y un ancho de carpeta de 5,50 metros por lo que el precio correspondiente por metro cuadrado es de Q 358,48 (trescientos cincuenta y ocho quetzales con cuarenta y ocho centavos).

Fuente: elaboración propia.

3.11. Cronograma de ejecución físico y financiero

A continuación se presenta el cronograma de ejecución del proyecto.

Tabla XXV. Cronograma físico y financiero pavimentación

PROYECTO: DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO II PARA ALDEA SAN LUIS LETRÁN, SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA CRONOGRAMA DE AVANCE FÍSICO Y FINANCIERO FACULTAD DE INGENIERÍA EPS · INGENIERÍA CIVIL													
No.	RENGLÓN	INVERSIÓN	%	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
1	Replanteo topográfico	Q. 12 453,76	0,10%	■									
2	Excavación no clasificada	Q. 165 356,75	1,37%		■	■	■						
3	Excavación no clasificada de d	Q. 217 773,70	1,81%		■	■	■						
4	Conformación de la sub-rasan	Q. 904 193,32	7,50%				■	■	■				
5	Base 0,10 m	Q. 897 475,26	7,45%						■	■			
5	Pavimento rígido e = 0,15 m	Q. 8 360 463,13	69,38%							■	■		
6.a	Excavación para drenaje	Q. 10 611,42	0,09%				■						
6.b	Concreto ciclópeo (drenajes ti	Q. 17 419,30	0,14%				■						
6.c	Tubería de concreto 30"	Q. 17 080,68	0,14%				■						
8	Cunetas revestidas	Q. 710 412,85	5,90%									■	■
9	Bordillos	Q. 736 631,06	6,11%									■	■
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q.12 049 871,25	100,00%	Q. 66 897	Q. 153 252	Q. 1 096 697	Q. 3 46 509	Q.1 201 112	1 692 568,94	Q.2 786 821	Q.2 786 821	Q.1 875 758	Q. 964 696
				0,56%	1,27%	0,91%	2,88%	9,97%	14,05%	23,13%	23,13%	15,57%	8,01%

Fuente: elaboración propia.

3.12. Análisis económico

La construcción del proyecto de pavimentación en la aldea San Luis Letrán será de beneficio para la población pero la ejecución del mismo no es rentable. Esto se ve reflejado en el análisis del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

3.12.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es un método de evaluación que permite trasladar flujos de efectivo futuros a un valor presente. Tendrá tres posibles respuestas, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VPN = VP_{\text{ingresos}} - VP_{\text{egresos}}$$

- $VPN > 0$; indica que si hay rentabilidad además de una ganancia que es igual al valor presente.
- $VPN = 0$; indica que se obtiene la rentabilidad proyectada.
- $VPN < 0$; y el resultado es un valor negativo alejado de cero, advierte que el proyecto no es rentable.

Debido a que el proyecto de pavimentación es de inversión social, no se contempla ningún tipo de rentabilidad y los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$VPN = 0 - \text{costo}$$

$$VPN = -Q 12 049 871,25$$

3.12.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés con la cual el Valor Presente Neto es igual a cero. La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión, utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión y la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida generalmente. Si la TIR es mayor o igual al costo de capital conviene realizar la inversión, de no ser así entonces se rechaza el proyecto. La TIR se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$TIR = VPN_{\text{beneficios}} - VPN_{\text{gastos}}$$

Para esto es necesario contar con un VPN negativo y un VPN positivo, es decir un valor que genere beneficios. Sin embargo, este proyecto no contempla ningún tipo de ingresos por lo que el cálculo de la TIR no se puede realizar. La Municipalidad de San José Pinula invertirá el monto con el fin de que sea de beneficio para los habitantes de la aldea San Luis Letrán, no tendrá ninguna remuneración económica.

3.13. Estudio de Impacto Ambiental

Se utiliza la matriz de Leopold para identificar el impacto potencial del proyecto de pavimentación sobre el medio ambiente. Los factores son evaluados como físicoquímicos, condiciones biológicas y factores culturales.

El procedimiento de asignación de valores de la matriz se detalla en el punto 2.10 del presente trabajo. La suma de los números asignados por filas, muestra el impacto e importancia sobre los factores ambientales y la suma por columnas indica la importancia de las acciones que producirá el proyecto.

Tabla XXVI. Matriz de Leopold para pavimentación

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS							Totales			
			Modificación del régimen		Construcción			Operación y mantenimiento					
			Alteración cubierta terrestre	Ruido y vibraciones	Obstrucción temporal	Acarreo de material	Manejo y operación de maquinaria	Evacuación caudal pluvial	Evaluación y mantenimiento	Impacto en el ambiente	Importancia del impacto		
Factores Ambientales	Físico-químicos	Suelo	Calidad del suelo	-1	-3	0	-4	-4	3	-2	-11	29	
				5	3	4	3	4	5	5			
		Agua	Calidad del agua	-1	-1	0	-3	-3	-1	-2	-11	21	
				3	-1	3	3	3	5	5			
	Atmósfera	Inundaciones		-1	-2	-4	-2	-3	4	4	-4	25	
				5	2	3	3	3	5	4			
	Procesos	Compactación		-2	-2	-4	-1	-3	2	2	-8	27	
				3	3	5	4	5	3	4			
	Condiciones biológicas	Flora	Árboles		-1	-2	0	-2	-4	-1	0	-10	21
					5	3	2	3	4	2	2		
		Fauna	Fauna		-1	-5	-2	-3	-5	1	-2	-17	27
					3	5	4	4	4	3	4		
	Factores culturales	Uso del suelo	Agricultura		2	-1	0	-3	-3	4	4	-14	53
					5	2	1	3	3	5	5		
			Zona residencial		3	-5	-5	-5	-4	4	-5	20	
					5	4	4	4	4	5	3		
		Cultura	Educación sanitaria		5	-5	0	0	0	5	4	68	
					5	5	1	0	1	5	5		
			Salud		4	-5	-2	-4	0	4	4	-6	
					5	4	1	4	2	5	5		
Empleo				3	-1	-3	2	4	1	4	49		
				5	2	2	3	0	3	5			
Servicios e infraestructura		Transporte		5	-4	-3	-3	-4	5	5	-6		
				5	3	3	3	2	5	3			
	Servicios		3	-5	-5	-4	-4	5	3	49			
			5	3	4	2	2	5	4				
Totales	Impacto de la acción		18	-41	-28	-32	-33	36	19				
	Importancia de la acción		59	38	37	39	37	56	54				

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a esta matriz, se observa que el impacto ambiental será negativo. Sin embargo, no serán impactos permanentes y la importancia de estos traerá beneficios inigualables en la aldea San Luis Letrán.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de graduación elaborado bajo la supervisión de Ejercicio Profesional Supervisado permite desarrollar los conocimientos teóricos y ponerlos en práctica, proporcionando experiencia en la realización de proyectos, enfocando los esfuerzos hacia una mejora en la infraestructura del país.
2. Con la construcción del sistema de alcantarillado se resolverá la problemática de focos de contaminación aún existentes, se logrará elevar la calidad de vida de los pobladores de toda la aldea.
3. La subrasante de la aldea San Luis Letrán posee un suelo de muy buena calidad, apto para soportar la carga vehicular sobre el pavimento.
4. El beneficio que obtendrá la comunidad de San Luis Letrán con la pavimentación de las calles será el mejorar la circulación de vehículos y peatones, lo que continuará con el desarrollo de infraestructura de esta aldea y podrá mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector pinulteco.

RECOMENDACIONES

1. La Oficina Municipal de Planificación deberá velar por el cumplimiento de las especificaciones contenidas en los planos a la entidad ejecutora de ambos proyectos.
2. Se sugiere tener un plan de limpieza para el sistema de alcantarillado que deberá realizarse periódicamente, ya que el objetivo es evitar la acumulación de sedimentos en las tuberías, colectores y pozos de visita, así como en las fosas sépticas de los tramos independientes para garantizar el buen funcionamiento del proyecto.
3. El texturizado es indispensable en la carpeta de rodadura del proyecto de pavimentación, esto ayudará a la tracción de las llantas de los vehículos y evitará accidentes.
4. Se deberá capacitar a la población del lugar, respecto a cómo deben preocuparse por el buen funcionamiento de un proyecto, para procurar el buen funcionamiento durante la vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

1. BLÁZQUEZ, Luis Bañón. *Manual de Carreteras El agua y la carretera*. Universidad de Alicante, España. 1999. 22 p.
2. BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. México: McGraw Hill, 1981. 226 p.
3. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1989. 135 p.
4. Centro Regional de Ayuda Técnica. *Manual de fosas sépticas, Agencia para el Desarrollo Internacional, México/Buenos Aires*. 85 p.
5. CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2002. 36 p.
6. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC, 2000. 628 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Manual para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 29 p.

8. KOSMATKA, Steven; et al. *Diseño y control de mezclas de concreto*. México. Portland Cement Association, 2004. 456 p.
9. LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto, *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto*. Medellín, Colombia: Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 2004. 184 p.
10. SALLOVITZ, Manuel. *Tratado de Ingeniería Sanitaria*. 3a ed. Buenos Aires. 1941. 450 p.
11. RAMÍREZ, Abner Benjamin. *Diseño del pavimento rígido para el parcelamiento El Naranjo y drenaje sanitario para el parcelamiento Velasquitos, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 146 p.
12. SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto, 1998. 148 p.
13. PÉREZ MENDEZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1989. 122 p.

APÉNDICE



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



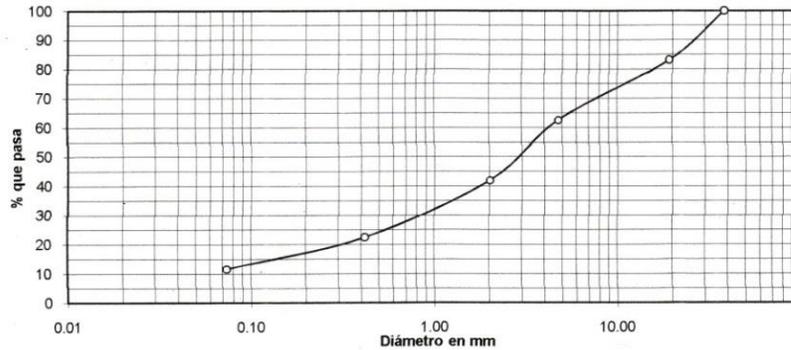
INFORME No. 0197 S.S.

O.T.: 30,805

Interesado: Ligia Naomy Garcia Galvez
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,
 Proyecto: EPS-"Diseño de la Pavimentación Tramo I para la Aldea San Luis
 Letrán, San José Pinula, Guatemala"
 Fecha: 04 de marzo del 2013

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2 "	38.10	100.00
3/4"	19.00	83.18
4	4.76	62.61
10	2.00	42.03
40	0.42	22.42
200	0.074	11.68

% de Grava: 37.39
 % de Arena: 50.93
 % de Finos: 11.68



Descripción del suelo: Arena limosa color gris con partículas de grava
 Clasificación: S.C.U.: SP-SM P.R.A.: A-1-a
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.:

Atentamente,



Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC

Omar Enrique Medrano Mendez
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 0198 S. S O.T.: 30,805

Interesado: Ligia Naomy Garcia Galvez
Proyecto: EPS-"Diseño de la Pavimentación Tramo I para la Aldea San Luis Letrán,
San José Pinula, Guatemala"
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: San José Pinula, Guatemala

FECHA: 04 de marzo del 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	S.M.	Arena limosa color gris con partículas de grava

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Matricula Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 0195 S.S.

O.T. No.: 30,805

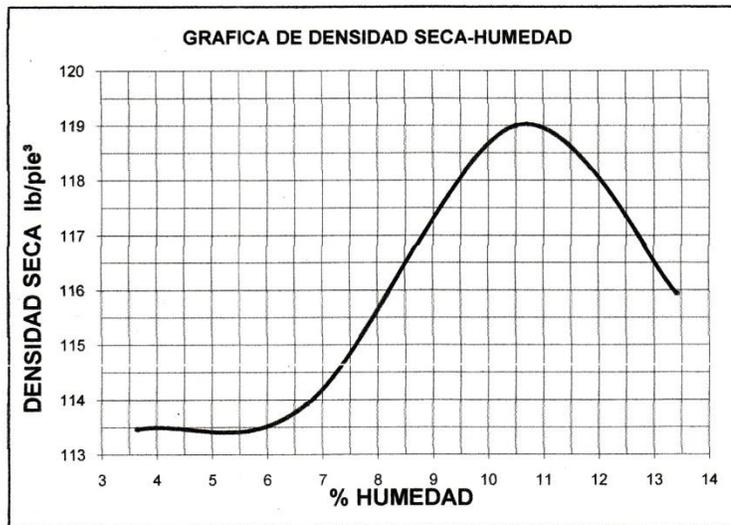
Interesado: Ligia Naomy Garcia Galvez
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: EPS-"Diseño de la Pavimentación Tramo I para la Aldea San Luis Letrán, San José Pinula, Guatemala"

Ubicación: San José Pinula, Guatemala

Fecha: 04 de marzo del 2013



Muestra No.: 1

Descripción del suelo: Arena limosa color gris con partículas de grava
Densidad seca máxima γ_d : 1,906 Kg/m³ 119 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 10.8 %

Atentamente,

Vo. Bo.:



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



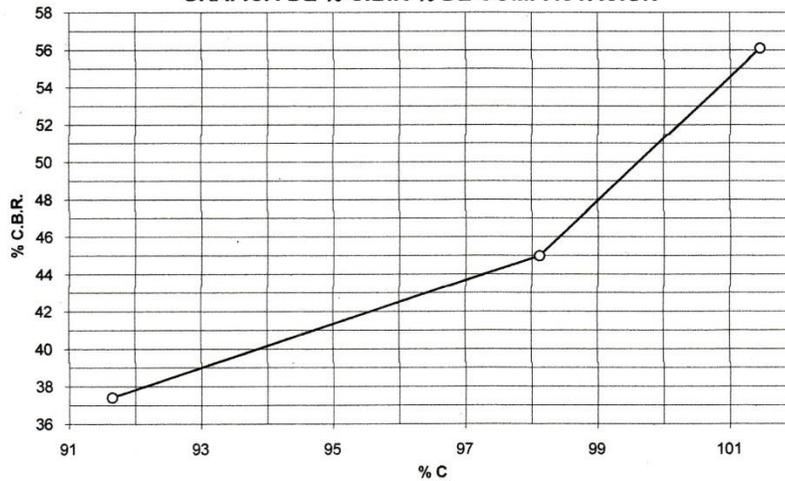
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 0196 S.S. O.T. No.: 30,805
 Interesado: Ligia Naomy Garcia Galvez
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS-"Diseño de la Pavimentación Tramo I para la Aldea San Luis Letrán, San José Pinula, Guatemala"
 Ubicación: San José Pinula, Guatemala
 Muestra No.: 1
 Fecha: 04 de marzo del 2013

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/pe ³			
1	10	10.75	109.1	91.65	0.04	37.4
2	30	10.75	116.8	98.11	0.07	45.0
3	65	10.75	120.7	101.46	0.02	56.1

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Descripción del suelo: Arena limosa color gris con partículas de grava
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



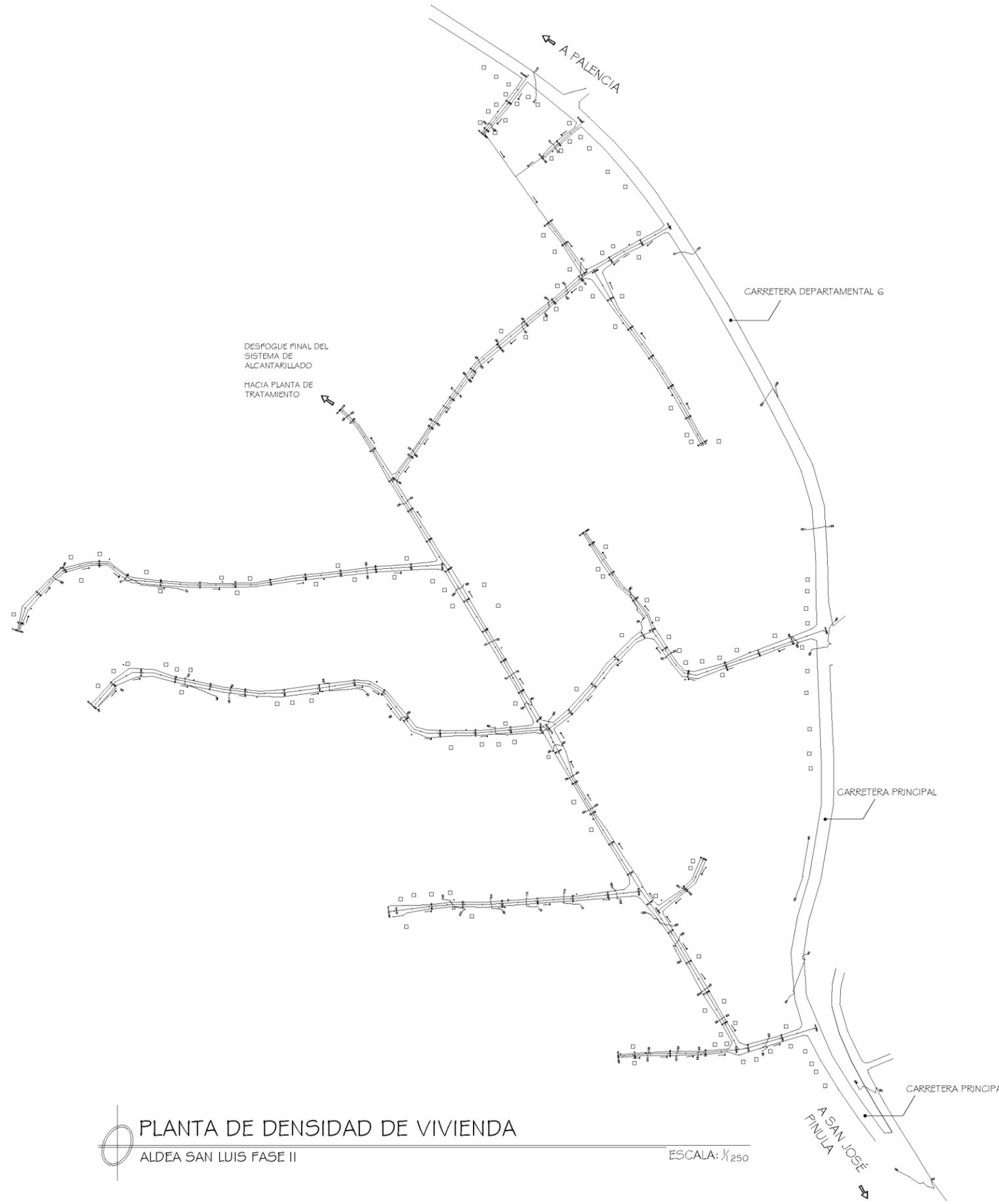
Ing. Omar Enrique Mediano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Diseño de alcantarillado

POZOS DE VISITA	COTAS TERRENO		DATOS								CAUDAL DOMICILIAR			CAUDAL DE CONEXIONES ILÍCITAS		QMD	Factores			Q _{dis}		Chequeos de tuberías						chequeos				Cotas Invert		Altura de pozos																																																																																																																																																	
	DE	A	INICIO	FINAL	Longitud	% S terreno	Viviendas	Hab / Vivienda	Tasa de crecimiento	Tiempo de vida del proyecto	POBLACIÓN		Dotacion lts / hab/dia	caudal domiciliar	factor de conexiones ilícitas		caudal conexiones ilícitas	sumatoria de caudales (l/s)	Factor de Harmon actual (FF)	Factor de Harmon futuro (FF)	factor de caudal medio (f _{qm}) a usar 0.002 < f _{qm} < 0.005	Factor de caudal máximo	Caudal de diseño actual mínimo	Caudal de diseño futuro máximo	Ø	% S tubo	V n=0.01	Q (lts/s)	Datos actuales			Datos futuros			velocidad actual 0.4 < v < 5	velocidad futura 0.4 < v < 5	Tirante actual	Tirante futuro	DHD	COTAS INVERT		H INICIAL	H FINAL																																																																																																																																								
											Actual	Futura																	q/Q	v/V	d/D	q/Q	v/V	d/D						CIS	CIE																																																																																																																																										
RAMAL 1																														RAMAL 1																														RAMAL 1																														RAMAL 1																														RAMAL 1																														RAMAL 1																													
1	2	109,81	104,66	16,83	30,62	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,032	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	32,98	6,50	118,61	0,0033725	0,23284	0,043	0,0033725	0,2328	0,043	1,51	1,51	0,0	0,0	15,6	108,413	103,258	1,400	1,401																																																																																																																																										
2	3	104,66	100,32	14,27	30,42	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,031	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	32,98	6,50	118,61	0,0033725	0,23284	0,043	0,0033725	0,2328	0,043	1,51	1,51	0,0	0,0	13,1	103,228	98,918	1,431	1,400																																																																																																																																										
3	4	100,32	93,857	15,73	41,07	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,032	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	43,58	7,47	136,34	0,0029338	0,2221	0,04	0,0029338	0,2221	0,04	1,66	1,66	0,0	0,0	14,5	98,788	92,456	1,530	1,401																																																																																																																																										
4	5	93,957	91,392	20	12,83	4	6	0,0327	21	24	47	130	0,05	15%	0,00798	0,062	4,37	4,32	0,002	0,0086	0,40	0,41	6	12,95	4,07	74,32	0,0053819	0,26681	0,053	0,0054832	0,2701	0,054	1,09	1,10	0,1	0,1	18,8	92,426	89,991	1,531	1,401																																																																																																																																										
RAMAL 2																														RAMAL 2																														RAMAL 2																														RAMAL 2																														RAMAL 2																														RAMAL 2																													
6	7	109,39	104,57	23,55	20,48	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,032	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	21,60	5,26	95,99	0,0041672	0,24675	0,047	0,0041672	0,2467	0,047	1,30	1,30	0,0	0,0	22,4	107,992	103,164	1,40	1,40																																																																																																																																										
7	8	104,57	104,4	17,62	0,98	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,032	4,41	4,37	0,002	0,01	0,40	0,40	6	2,36	1,74	31,73	0,01260711	0,34522	0,079	0,0126071	0,3452	0,079	0,60	0,60	0,1	0,1	16,4	103,134	102,747	1,43	1,65																																																																																																																																										
RAMAL 3																														RAMAL 3																														RAMAL 3																														RAMAL 3																														RAMAL 3																														RAMAL 3																													
9	10	128,62	123,46	42,1	12,26	5	6	0,0327	21	30	59	130	0,07	15%	0,00998	0,079	4,35	4,30	0,002	0,0086	0,40	0,51	6	12,62	4,02	73,37	0,0054518	0,27007	0,054	0,0069108	0,2892	0,06	1,09	1,16	0,1	0,1	40,9	127,217	122,055	1,400	1,402																																																																																																																																										
10	11	123,46	109,12	60	23,89	6	6	0,0327	21	36	71	130	0,08	15%	0,01198	0,095	4,34	4,28	0,002	0,01	0,40	0,61	6	24,33	5,58	101,87	0,00392645	0,24332	0,046	0,0059478	0,2765	0,056	1,36	1,54	0,0	0,1	58,8	122,025	107,719	1,432	1,402																																																																																																																																										
11	12	109,12	103,7	40	13,56	6	6	0,0327	21	36	71	130	0,08	15%	0,01198	0,094	4,34	4,28	0,002	0,0086	0,40	0,61	6	15,00	4,39	79,99	0,0050006	0,26022	0,051	0,0075749	0,2954	0,062	1,14	1,30	0,1	0,1	38,8	107,689	101,869	1,432	1,829																																																																																																																																										
RAMAL 4																														RAMAL 4																														RAMAL 4																														RAMAL 4																														RAMAL 4																														RAMAL 4																													
17	16	85,265	84,345	40	2,30	4	6	0,0327	21	24	47	130	0,05	15%	0,00798	0,064	4,37	4,32	0,002	0,01	0,40	0,41	6	2,38	1,75	31,86	0,01255403	0,34522	0,079	0,0127903	0,348	0,08	0,60	0,61	0,1	0,1	38,8	83,865	82,942	1,400	1,403																																																																																																																																										
16	15	84,345	84,042	10	3,03	4	4	0,0327	21	16	31	130	0,04	15%	0,00532	0,041	4,39	4,35	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	3,10	1,99	36,36	0,011	0,33103	0,074	0,0110000	0,331	0,074	0,66	0,66	0,1	0,1	8,8	82,912	82,639	1,433	1,403																																																																																																																																										
15	14	84,042	83,825	7,61	2,85	5	4	0,0327	21	20	39	130	0,04	15%	0,00665	0,051	4,38	4,33	0,002	0,01	0,40	0,40	6	2,87	1,92	34,99	0,01143222	0,33651	0,076	0,0114322	0,3365	0,076	0,65	0,65	0,1	0,1	6,41	82,609	82,425	1,433	1,400																																																																																																																																										
14	13	83,825	83,377	16,43	2,73	5	4	0,0327	21	20	39	130	0,04	15%	0,00665	0,052	4,38	4,33	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	0,74	0,97	17,77	0,0225142	0,41123	0,104	0,0225142	0,4112	0,104	0,40	0,40	0,1	0,1	15,2	82,395	82,282	1,430	1,095																																																																																																																																										
18	19	86,811	85,986	50	1,65	3	4	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,034	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	1,70	1,48	26,93	0,0148541	0,36448	0,086	0,0148541	0,3645	0,086	0,54	0,54	0,1	0,1	48,8	85,411	84,581	1,400	1,405																																																																																																																																										
19	20	85,986	85,786	10	2,00	3	4	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,031	4,41	4,37	0,002	0,01	0,40	0,40	6	1,88	1,55	28,32	0,01412514	0,35904	0,084	0,0141251	0,359	0,084	0,56	0,56	0,1	0,1	8,8	84,551	84,386	1,435	1,400																																																																																																																																										
20	21	85,786	85,709	10	0,77	3	4	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,031	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	0,75	0,98	17,89	0,0223636	0,41123	0,104	0,0223636	0,4112	0,104	0,40	0,40	0,1	0,1	8,8	84,356	84,290	1,430	1,419																																																																																																																																										
21	22	85,709	85,741	25	-0,13	4	4	0,0327	21	16	31	130	0,04	15%	0,00532	0,042	4,39	4,35	0,002	0,01	0,40	0,40	6	0,72	0,96	17,52	0,02282471	0,41373	0,105	0,0228247	0,4137	0,105	0,40	0,40	0,1	0,1	23,8	84,260	84,089	1,449	1,652																																																																																																																																										
22	23	85,741	85,723	17,3	0,10	5	6	0,0327	21	30	59	130	0,07	15%	0,00998	0,078	4,35	4,30	0,002	0,0086	0,40	0,51	6	0,72	0,96	17,52	0,0228247	0,41373	0,105	0,0289329	0,4429	0,117	0,40	0,43	0,1	0,1	16,1	84,059	83,943	1,682	1,780																																																																																																																																										
23	24	85,723	84,77	51,63	1,85	8	6	0,0327	21	48	94	130	0,11	15%	0,01597	0,126	4,32	4,25	0,002	0,01	0,41	0,80	6	1,08	1,18	21,46	0,01931430	0,39349	0,097	0,0373645	0,4798	0,133	0,46	0,56	0,1	0,1	50,4	83,913	83,368	1,810	1,402																																																																																																																																										
24	25	84,77	84,624	6,06	2,41	8	6	0,0327	21	48	94	130	0,11	15%	0,01597	0,123	4,32	4,25	0,002	0,0085	0,41	0,80	6	2,41	1,76	32,06	0,0129295	0,34801	0,08	0,0250128	0,4236	0,109	0,61	0,74	0,1	0,1	4,86	83,338	83,221	1,432	1,403																																																																																																																																										
RAMAL 5																														RAMAL 5																														RAMAL 5																														RAMAL 5																														RAMAL 5																														RAMAL 5																													
26	27	67,469	66,23	11,01	11,25	1	6	0,0327	21	6	12	130	0,01	15%	0,00200	0,016	4,43	4,41	0,002	0,0088	0,40	0,40	6	12,63	4,02	73,40	0,0054497	0,27007	0,054	0,0054497	0,2701	0,054	1,09	1,09	0,1	0,1	9,81	66,069	64,830	1,400	1,400																																																																																																																																										
27	28	66,23	65,28	15,07	6,30	3	6	0,0327	21	18	35	130	0,04	15%	0,00599	0,047	4,39	4,34	0,002	0,01	0,40	0,40	6	6,64	2,92	53,22	0,00751601	0,29536	0,062	0,0075160	0,2954	0,062	0,86	0,86	0,1	0,1	13,9	64,800	63,879	1,430	1,401																																																																																																																																										
28	29	65,28	63,512	30	5,89	3	6	0,0327	21	18	35	130	0,04	15%	0,00599	0,048	4,39	4,34	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	6,04	2,78	50,76	0,0078805	0,30148	0,064	0,0078805	0,3015	0,064	0,84	0,84	0,1	0,1	28,8	63,849	62,110	1,431	1,402																																																																																																																																										
29	FOSA	63,512	63,144	12,06	3,05	4	6	0,0327	21	24	47	130	0,05	15%	0,00798	0,062	4,37	4,32	0,002	0,01	0,40	0,41	6	0,73	0,97	17,65	0,02266784	0,41123	0,104	0,0230944	0,4137	0,105	0,40	0,40	0,1	0,1	10,9	62,080	62,000	1,432	1,144																																																																																																																																										
30	31	70	69,031	27,64	3,51	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,032	4,41	4,37	0,002	0,0087	0,40	0,40	6	3,67	2,17	39,57	0,0101097	0,32234	0,071	0,0101097	0,3223	0,071	0,70	0,70	0,1	0,1	26,4	68,600	67,630	1,400	1,401																																																																																																																																										
31	32	69,031	65,791	40	8,10	5	6	0,0327	21	30	59	130	0,07	15%	0,00998	0,079	4,35	4,30	0,002	0,01	0,40	0,51	6	8,27	3,26	59,39	0,00673471	0,28603	0,059	0,0085370	0,3075	0,066	0,93	1,00	0,1	0,1	38,8	67,600	64,391	1,431	1,400																																																																																																																																										
32	33	65,791	66,824	50	-2,07	6	6	0,0327	21	36	71	130	0,08	15%	0,01198	0,095	4,34	4,28	0,002	0,0086	0,40	0,61	6	0,72	0,96	17,52	0,0228247	0,41373	0,105	0,0345747	0,4685	0,128	0,40	0,45	0,1	0,1	48,8	64,361	64,010	1,430	2,814																																																																																																																																										
33	34	66,824	63,171	36,45	10,02	10	6	0,0327	21	60	118	130	0,13	15%	0,01996	0,155	4,30	4,22	0,002	0,01	0,52	1,00	6	6,27	2,84	51,72	0,00997308	0,32234	0,071	0,0192605	0,3935																																																																																																																																																				

POZOS DE VISITA		COTAS TERRENO		DATOS						CAUDAL DOMICILIAR			CAUDAL DE CONEXIONES ILÍCITAS		QMD	Factores			Qdis		Chequeos de tuberías						chequeos				Cotas Invert		Altura de pozos								
DE	A	INICIO	FINAL	Longitud	% S terreno	Vivien- das	Hab / Vivien- da	Tasa de creciment- o	Tiempo de vida del proyecto	POBLACIÓN		Dotacion lts / hab/dia	caudal domicilia- r	factor de conexiones ilícitas	caudal conexiones ilícitas	sumatoria de caudales (l/s)	Factor de Harmon actual (FF)	Factor de Harmon futuro (FF)	factor de caudal medio (f _{qm}) a usar 0.002 < f _{qm} < 0.005	Factor de caudal máximo	Caudal de diseño actual mínimo	Caudal de diseño futuro máximo	Ø	% S tubo	v n=0.01	Q (lts/s)	q/Q	v/V	d/D	q/Q	v/V	d/D	velocidad actual 0.4 < v < 5	velocidad futura 0.4 < v < 5	Tirante actual	Tirante futuro	DHD	COTAS INVERT		H INICIAL	H FINAL
RAMAL 6																																									
39	40	95,242	93,291	30	6,50	11	6	0,0327	21	66	130	130	0,15	15%	0,02196	0,170	4,29	4,21	0,002	0,0084	0,57	1,09	6	6,78	2,95	53,78	0,010527	0,32815	0,073	0,0203143	0,3986	0,099	0,97	1,18	0,1	0,1	28,8	93,842	91,889	1,400	1,402
40	41	93,291	92,387	36,19	2,50	15	6	0,0327	21	90	177	130	0,20	15%	0,02994	0,232	4,26	4,17	0,002	0,01	0,77	1,47	6	2,50	1,79	32,66	0,02345831	0,41621	0,106	0,0451436	0,5061	0,145	0,75	0,91	0,1	0,1	35	91,859	90,985	1,432	1,402
41	42	92,387	92,019	7,45	4,94	16	6	0,0327	21	96	189	130	0,21	15%	0,03194	0,245	4,25	4,16	0,002	0,0083	0,82	1,57	6	5,41	2,63	48,02	0,0169879	0,37842	0,091	0,0326715	0,4593	0,124	1,00	1,21	0,1	0,1	6,25	90,955	90,617	1,432	1,402
42	38	92,019	87,105	29,19	16,83	18	6	0,0327	21	108	212	130	0,24	15%	0,03593	0,277	4,23	4,14	0,002	0,01	0,91	1,76	6	17,45	4,73	86,28	0,01060100	0,32815	0,073	0,0203643	0,3986	0,099	1,55	1,89	0,1	0,1	28	90,587	85,703	1,432	1,402
38	43	87,105	87,01	10,7	0,89	18	6	0,0327	21	108	212	130	0,24	15%	0,03593	0,276	4,23	4,14	0,002	0,0083	0,91	1,76	6	0,70	0,95	17,28	0,0529292	0,53145	0,157	0,1016758	0,6437	0,216	0,50	0,61	0,2	0,2	9,5	85,673	85,606	1,432	1,404
43	44	87,01	87,776	26,47	-2,89	19	6	0,0327	21	114	224	130	0,25	15%	0,03793	0,292	4,23	4,13	0,002	0,01	0,96	1,85	6	0,34	0,66	12,04	0,08003815	0,60027	0,192	0,1536659	0,7243	0,265	0,40	0,48	0,2	0,3	25,3	85,576	85,490	1,434	2,286
44	45	87,776	86,697	30	3,60	20	6	0,0327	21	120	236	130	0,27	15%	0,03992	0,308	4,22	4,12	0,002	0,0082	1,01	1,94	6	0,58	0,86	15,73	0,0644064	0,56182	0,172	0,1235880	0,6812	0,238	0,48	0,59	0,2	0,2	28,8	85,460	85,293	2,316	1,404
45	46	86,697	85,271	15,37	9,28	20	6	0,0327	21	120	236	130	0,27	15%	0,03992	0,307	4,22	4,12	0,002	0,01	1,01	1,94	6	9,85	3,55	64,82	0,01562878	0,36986	0,088	0,0299897	0,4476	0,119	1,31	1,59	0,1	0,1	14,2	85,263	83,867	1,434	1,404
RAMAL 7																																									
50	51	111,11	111,5	33,2	-1,18	12	6	0,0327	21	72	142	130	0,16	15%	0,02395	0,186	4,28	4,20	0,002	0,0084	0,62	1,19	6	3,04	1,97	36,01	0,0171151	0,37842	0,091	0,0330031	0,4616	0,125	0,75	0,91	0,1	0,1	32	109,709	108,736	1,400	2,764
RAMAL 8																																									
47	48	110,9	111,34	25,1	-1,73	6	6	0,0327	21	36	71	130	0,08	15%	0,01198	0,093	4,34	4,28	0,002	0,0086	0,40	0,61	6	0,72	0,96	17,52	0,0228247	0,41373	0,105	0,0345747	0,4685	0,128	0,40	0,45	0,1	0,1	23,9	109,504	109,332	1,400	2,005
48	49	111,34	111,48	19,61	-0,72	8	6	0,0327	21	48	94	130	0,11	15%	0,01597	0,124	4,32	4,25	0,002	0,01	0,41	0,80	6	0,70	0,95	17,28	0,02399064	0,41868	0,107	0,0464112	0,5104	0,147	0,40	0,48	0,1	0,1	18,4	109,302	109,173	2,035	2,305
RAMAL 9.a																																									
51	49	111,5	111,48	30,61	0,07	12	6	0,0327	21	72	142	130	0,16	15%	0,02395	0,185	4,28	4,20	0,002	0,0084	0,62	1,19	6	0,50	0,80	14,60	0,0422017	0,49745	0,141	0,0813780	0,6021	0,193	0,40	0,48	0,1	0,2	29,4	108,706	108,559	2,794	2,919
49	56	111,48	111,37	33,13	0,34	20	6	0,0327	21	120	236	130	0,27	15%	0,03992	0,308	4,22	4,12	0,002	0,01	1,01	1,94	6	0,33	0,65	11,86	0,08538592	0,61139	0,198	0,1638450	0,738	0,274	0,40	0,48	0,2	0,3	31,9	108,529	108,424	2,949	2,941
56	57	111,37	110,47	34,94	2,55	23	6	0,0327	21	138	271	130	0,31	15%	0,04591	0,354	4,20	4,10	0,002	0,0082	1,16	2,22	6	0,30	0,62	11,31	0,1025358	0,6455	0,217	0,1964547	0,7776	0,301	0,40	0,48	0,2	0,3	33,7	108,394	108,293	2,971	2,181
RAMAL 9.b																																									
52	53	111,61	111,09	46,71	1,11	4	6	0,0327	21	24	47	130	0,05	15%	0,00798	0,064	4,37	4,32	0,002	0,0086	0,40	0,41	6	1,14	1,21	22,05	0,0181392	0,38572	0,094	0,0184806	0,3883	0,095	0,47	0,47	0,1	0,1	45,5	110,211	109,692	1,400	1,401
53	54	111,09	111,67	30	-1,91	5	6	0,0327	21	30	59	130	0,07	15%	0,00998	0,078	4,35	4,30	0,002	0,01	0,40	0,51	6	0,72	0,96	17,52	0,02282471	0,41373	0,105	0,0289329	0,4429	0,117	0,40	0,43	0,1	0,1	28,8	109,662	109,455	1,431	2,212
54	55	111,67	111,6	40	0,16	7	6	0,0327	21	42	83	130	0,09	15%	0,01397	0,110	4,33	4,27	0,002	0,0085	0,40	0,70	6	0,72	0,96	17,52	0,0228247	0,41373	0,105	0,0401834	0,4887	0,137	0,40	0,47	0,1	0,1	38,8	109,425	109,145	2,242	2,458
RAMAL 9																																									
58	55	113,56	111,62	45	4,31	4	6	0,0327	21	24	47	130	0,05	15%	0,00798	0,064	4,37	4,32	0,002	0,0086	0,40	0,41	6	6,00	2,77	50,59	0,0079067	0,30148	0,064	0,0080555	0,3015	0,064	0,84	0,84	0,1	0,1	43,8	112,157	109,529	1,400	2,089
55	57	111,62	110,47	5,54	20,65	11	6	0,0327	21	66	130	130	0,15	15%	0,02196	0,169	4,29	4,21	0,002	0,01	0,57	1,09	6	5,00	2,53	46,18	0,01225840	0,34241	0,078	0,0236555	0,4187	0,107	0,87	1,06	0,1	0,1	4,34	109,115	108,898	2,503	1,576
57	59	110,47	100,6	24,46	40,38	36	6	0,0327	21	216	425	130	0,48	15%	0,07186	0,552	4,14	4,01	0,002	0,0080	1,79	3,40	6	39,00	7,07	128,98	0,0138519	0,3563	0,083	0,0263959	0,4309	0,112	2,52	3,05	0,1	0,1	23,3	108,263	99,191	2,211	1,406
59	60	100,6	84,315	55	29,60	40	6	0,0327	21	240	472	130	0,53	15%	0,07985	0,615	4,12	3,99	0,002	0,01	1,98	3,76	6	30,20	6,22	113,50	0,01741596	0,38048	0,092	0,0331410	0,4616	0,125	2,37	2,87	0,1	0,1	53,8	99,161	82,914	1,436	1,401
60	61	84,315	62,798	45	47,82	40	6	0,0327	21	240	472	130	0,53	15%	0,07985	0,615	4,12	3,99	0,002	0,0080	1,98	3,76	6	49,06	7,93	144,66	0,0136643	0,35355	0,082	0,0260019	0,4309	0,112	2,80	3,42	0,1	0,1	43,8	82,884	61,395	1,431	1,403
61	62	62,792	60,228	12,86	19,94	43	6	0,0327	21	258	507	130	0,57	15%	0,08583	0,659	4,11	3,97	0,002	0,0079	2,12	4,03	6	21,80	5,29	96,43	0,0219691	0,40873	0,103	0,0417637	0,4953	0,124	2,16	2,62	0,1	0,1	11,7	61,365	58,823	1,427	1,405
62	63	60,228	58,797	23,54	6,08	43	6	0,0327	21	258	507	130	0,57	15%	0,08583	0,659	4,11	3,97	0,002	0,01	2,12	4,03	6	6,26	2,83	51,65	0,04101359	0,49308	0,139	0,0779675	0,5946	0,189	1,40	1,68	0,1	0,2	22,3	58,793	57,396	1,435	1,401
RAMAL 10																																									
8	12	104,4	103,7	14,48	4,81	2	6	0,0327	21	12	24	130	0,03	15%	0,00399	0,031	4,41	4,37	0,002	0,01	0,40	0,40	6	5,25	2,59	47,32	0,00845263	0,30753	0,066	0,0084526	0,3075	0,066	0,80	0,80	0,1	0,1	13,3	102,717	102,020	1,678	1,678
12	64	103,7	100,88	50,69	5,57	9	6	0,0327	21	54	106	130	0,12	15%	0,01797	0,141	4,31	4,24	0,002	0,0085	0,47	0,90	6	4,78	2,48	45,15	0,0103034	0,32526	0,072	0,0199149	0,3961	0,098	0,81	0,98	0,1	0,1	49,5	101,839	99,474	1,859	1,401
64	65	100,88	96,176	20	23,50	10	6	0,0327	21	60	118	130	0,13	15%	0,01996	0,154	4,30	4,22	0,002	0,01	0,52	1,00	6	24,83	5,64	102,91	0,00501158	0,26353	0,052	0,0096786	0,3194	0,07	1,49	1,80	0,1	0,1	18,8	99,444	94,776	1,431	1,400
65	66	96,176	88,001	26,3	31,08	11	6	0,0327	21	66	130	130	0,15	15%	0,02196	0,170	4,29	4,21	0,002	0,0084	0,57	1,09	6	32,45	6,45	117,65	0,0048118	0,26022	0,051	0,0092856	0,3165	0,069	1,68	2,04	0,1	0,1	25,1	94,746	86,601	1,430	1,400
66	46	88,001	85,271	8,21																																					



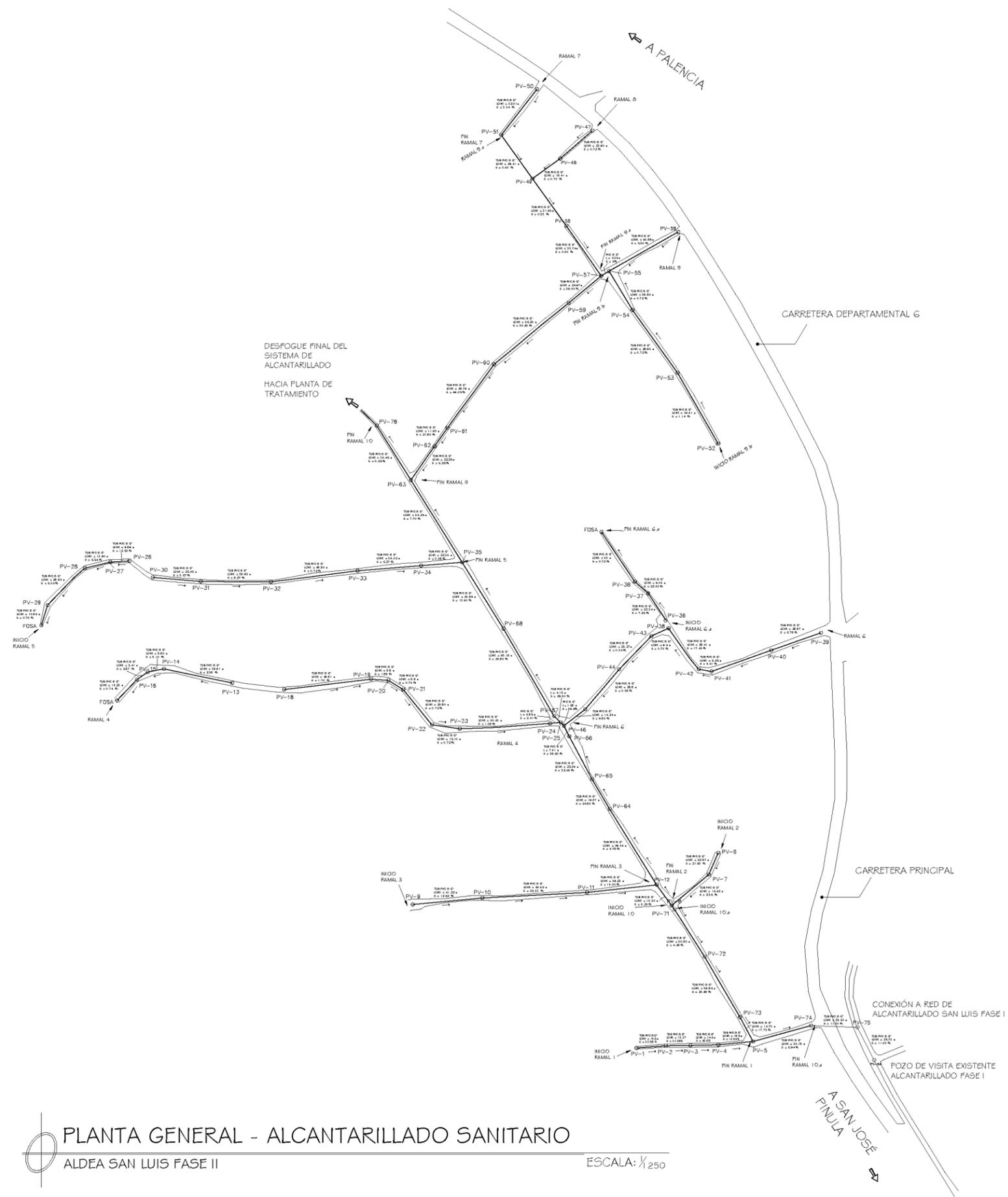
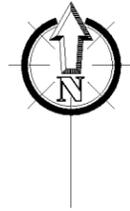
SIMBOLOGÍA	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	GEOMETRÍA DE EJES
0+020	ESTACIÓN DE EJES
	VIVIENDA
	CALLE
	POSTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA



PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA
ALDEA SAN LUIS FASE II

ESCALA: 1/250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	FECHA: ENERO 2014	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II	CONTENIDO: PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA	EPESISTA: LIBIA N. GARCÍA
		ESCALA: INDICADA 1/250
LIBIA N. GARCÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL		OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR EPS



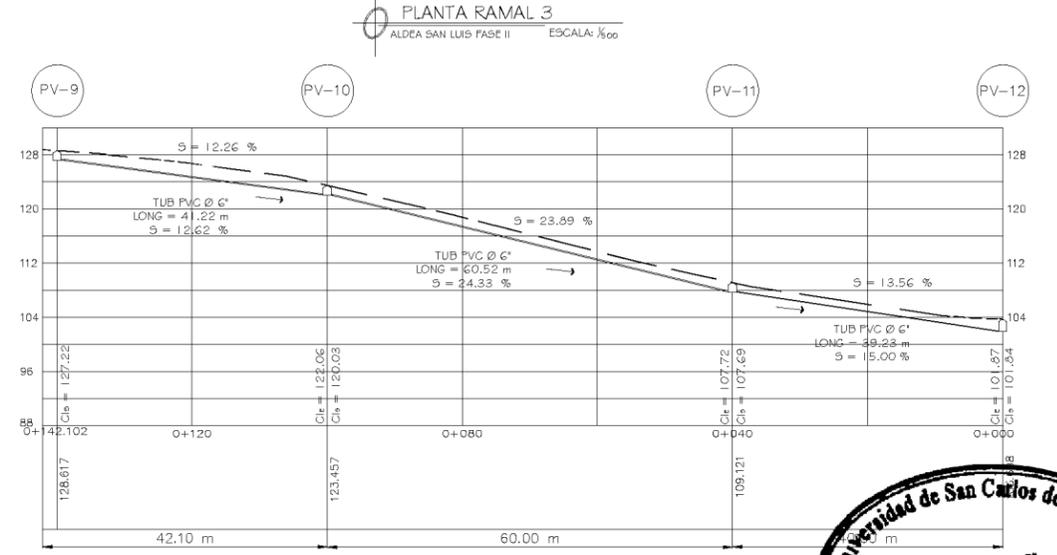
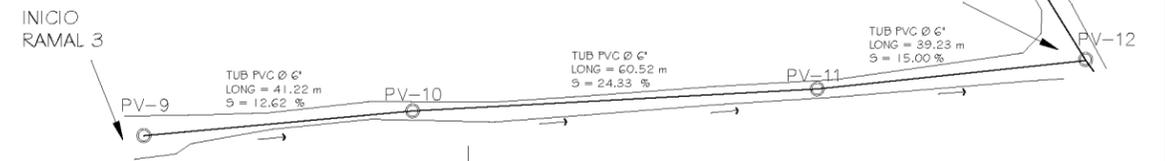
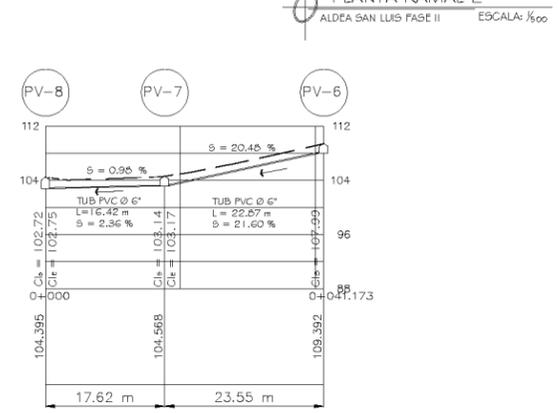
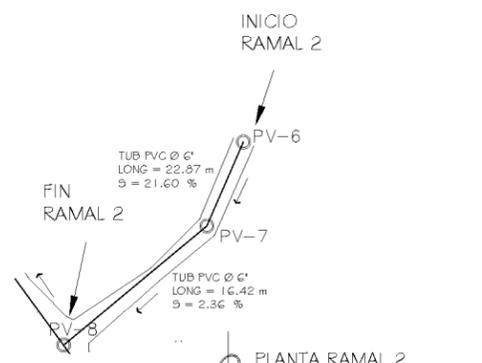
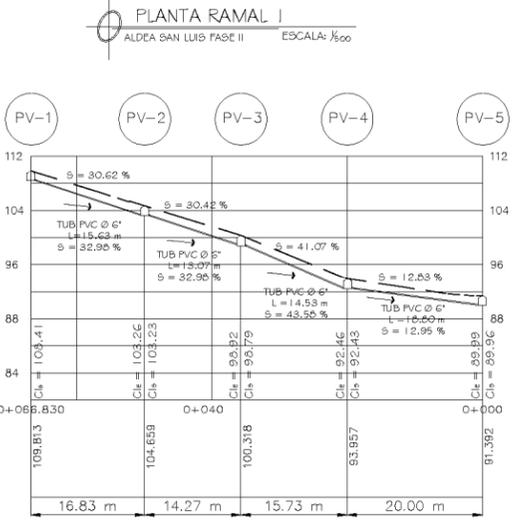
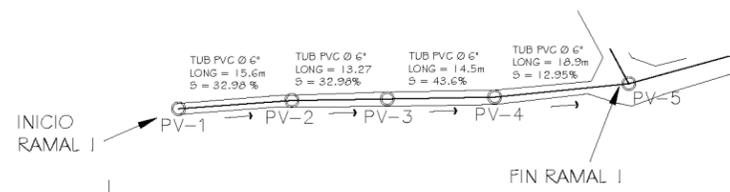
SIMBOLOGÍA	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	POZO DE VISITA
PV-35	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	TUBERÍA PVC CON Ø INDICADO
	CALLE
	INDICA INICIO Y FIN DE RAMAL



PLANTA GENERAL - ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA SAN LUIS FASE II

ESCALA: 1/250

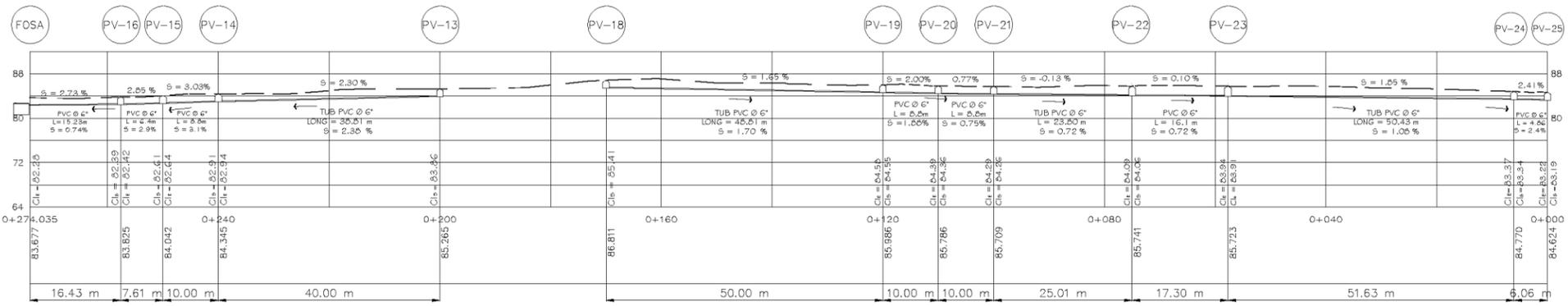
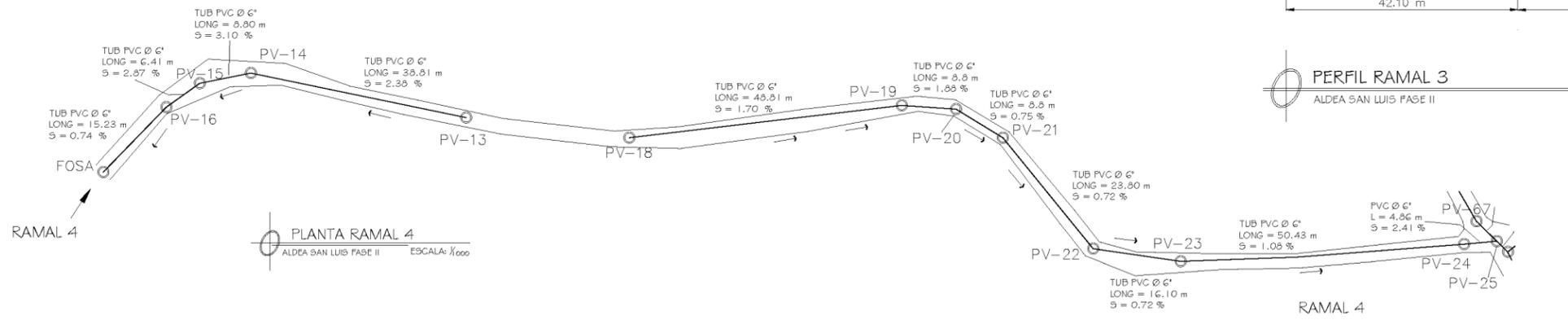
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	FECHA: ENERO 2014
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II	EPESISTA: LIBIA N. GARCÍA
CONTENIDO: PLANTA GENERAL ALCANTARILLADO SANITARIO	ESCALA: INDICADA 2/9
 LIBIA NADOMY GARCÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL	
 ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS	



PERFIL RAMAL 1 ALDEA SAN LUIS FASE II

PERFIL RAMAL 2 ALDEA SAN LUIS FASE II

PERFIL RAMAL 3 ALDEA SAN LUIS FASE II

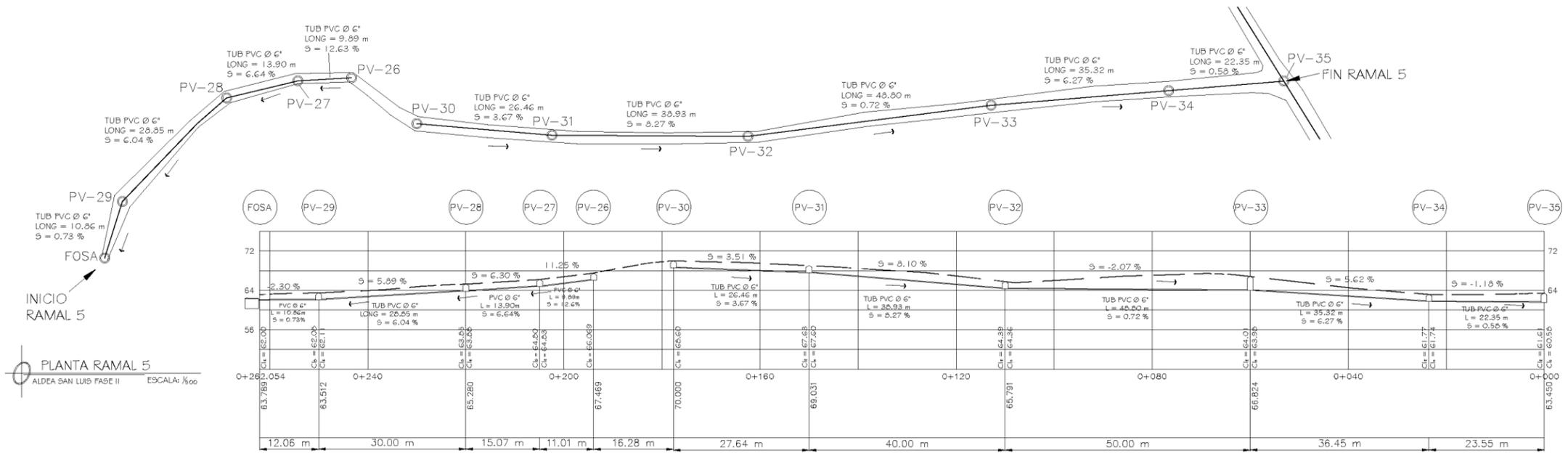


PERFIL RAMAL 4 ALDEA SAN LUIS FASE II



SIMBOLOGIA	
	DIRECCION DE FLUJO
	POZO DE VISITA
PV-35	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	TUBERÍA PVC CON Ø INDICADO
	CALLE
S%	INDICA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	INDICA INICIO Y FIN DE RAMAL
	TERRENO NATURAL

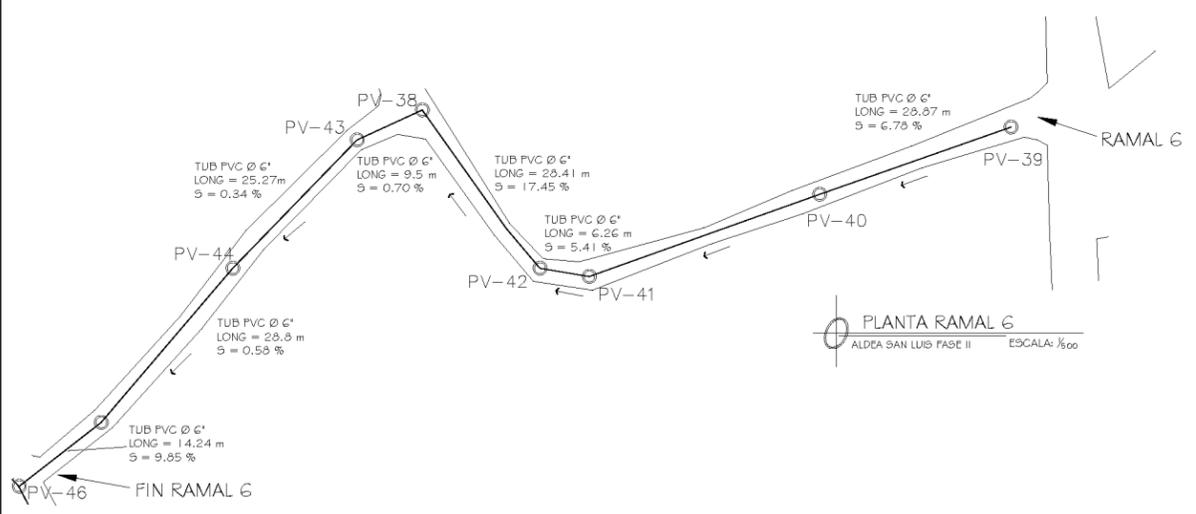
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 FECHA: ENERO 2014
 PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II
 CONTENIDO: PLANTA - PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO
 EPESISTA: LIBIA N. GARCÍA
 ESCALA INDICADA: 3/9
 Ing. Nadmy García
 EPESISTA INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Oscar Argueta Hernandez
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS



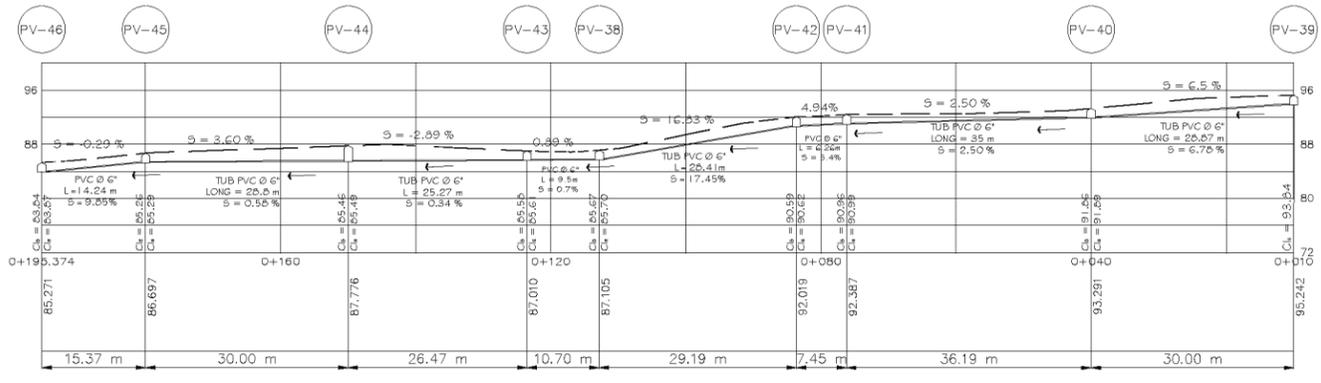
PLANTA RAMAL 5
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA: 1/500

PERFIL RAMAL 5
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500

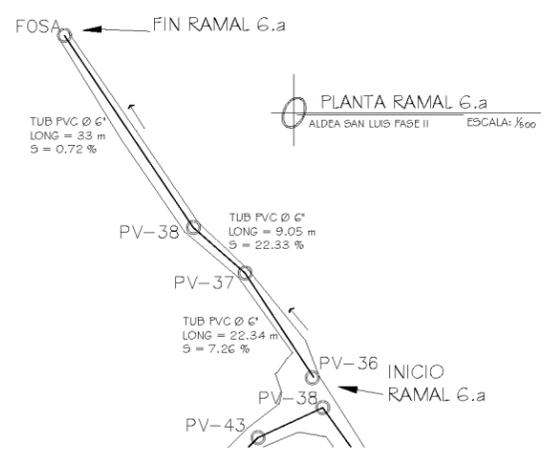
SIMBOLOGÍA	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	POZO DE VISITA
PV-35	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	TUBERÍA PVC CON Ø INDICADO
	CALLE
S%	INDICA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	INDICA INICIO Y FIN DE RAMAL
	TERRENO NATURAL



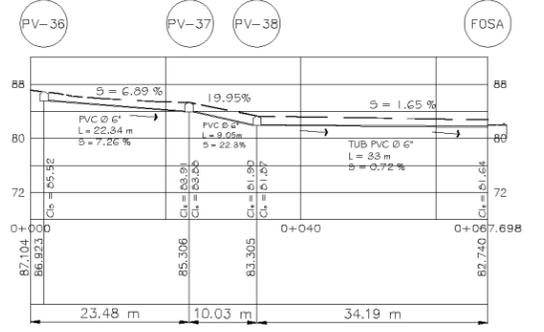
PLANTA RAMAL 6
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA: 1/500



PERFIL RAMAL 6
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



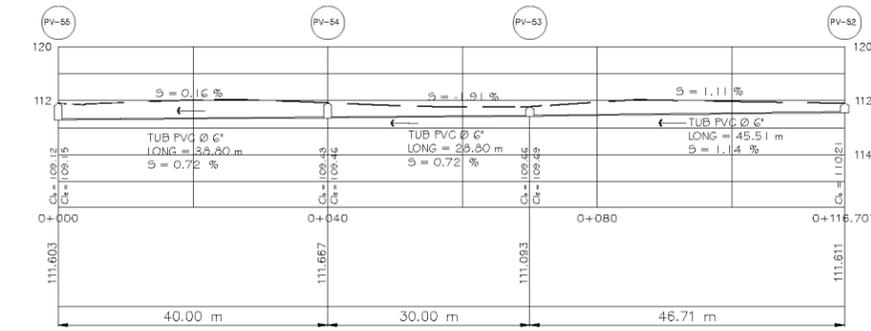
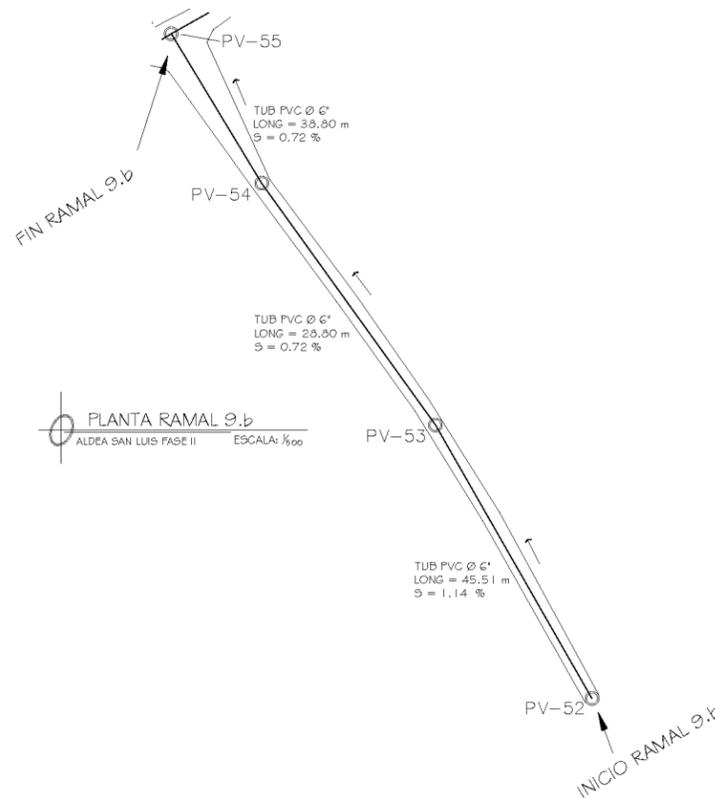
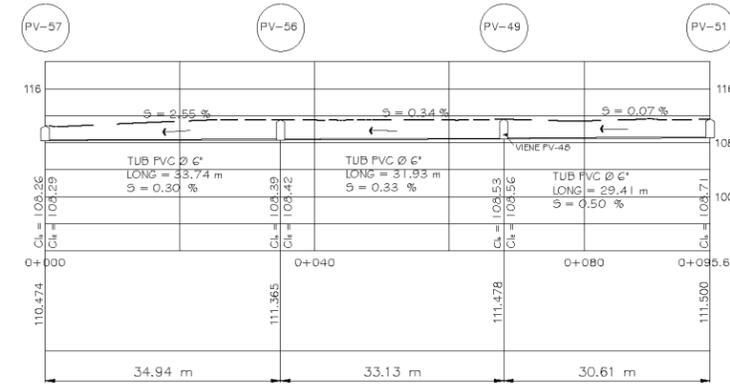
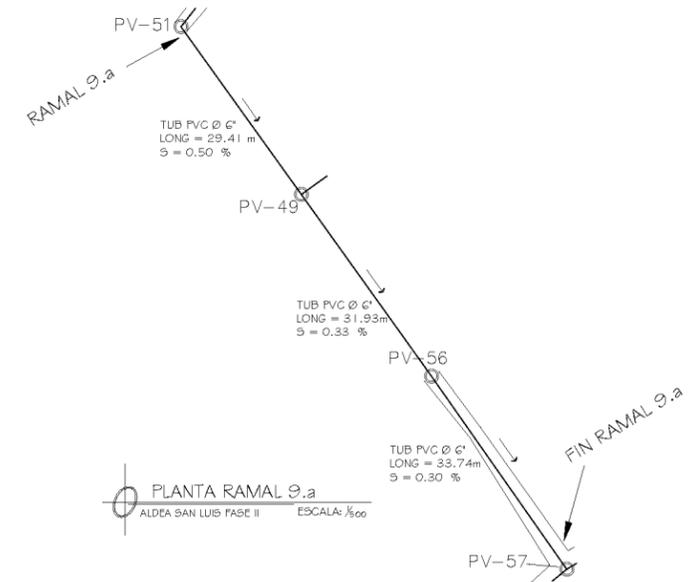
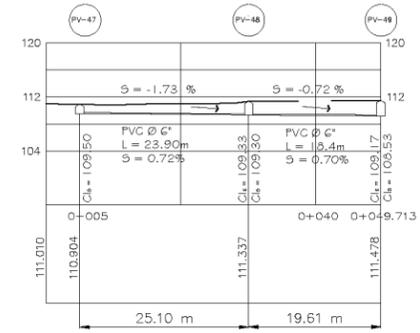
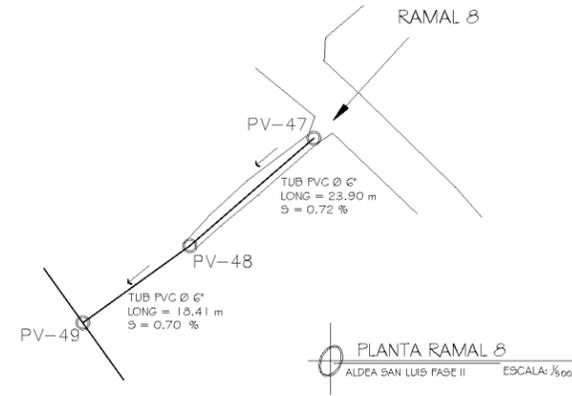
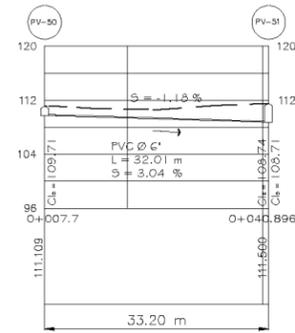
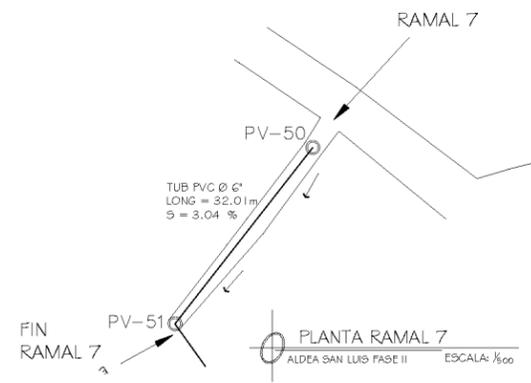
PLANTA RAMAL 6.a
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA: 1/500



PERFIL RAMAL 6.a
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	FECHA: ENERO 2014
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO
PROFESISTA: LIGIA N. BARDÍA	ESCALA: INDICADA 4/9
 LIGIA NADMY BARDÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL	



SIMBOLOGÍA	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	POZO DE VISITA
PV-35	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	TUBERÍA PVC CON Ø INDICADO
	CALLE
5%	INDICA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	INDICA INICIO Y FIN DE RAMAL
	TERRENO NATURAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO

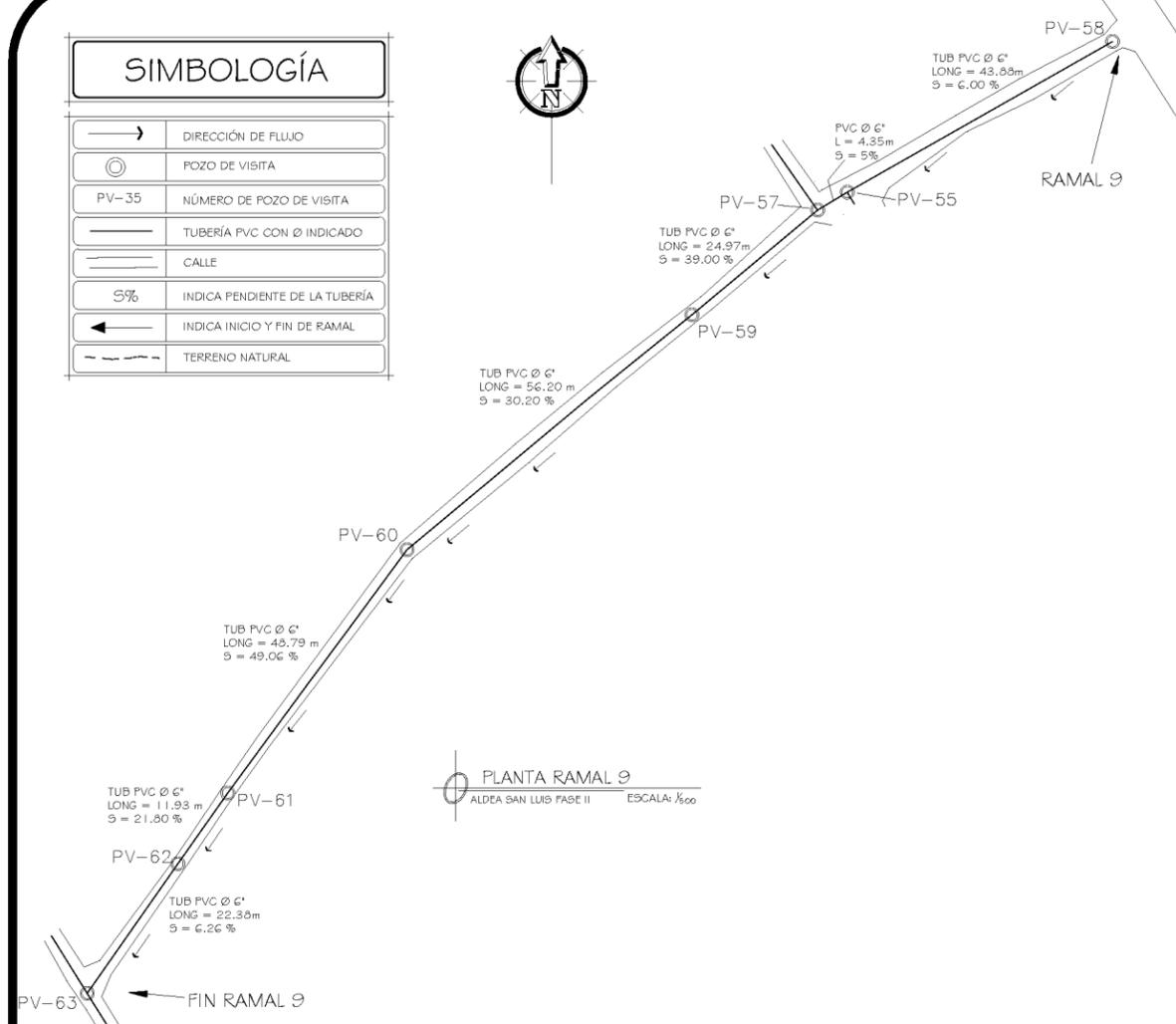
EPESISTA: LIGIA N. BARDÍA

ESCALA: INDICADA 5/9

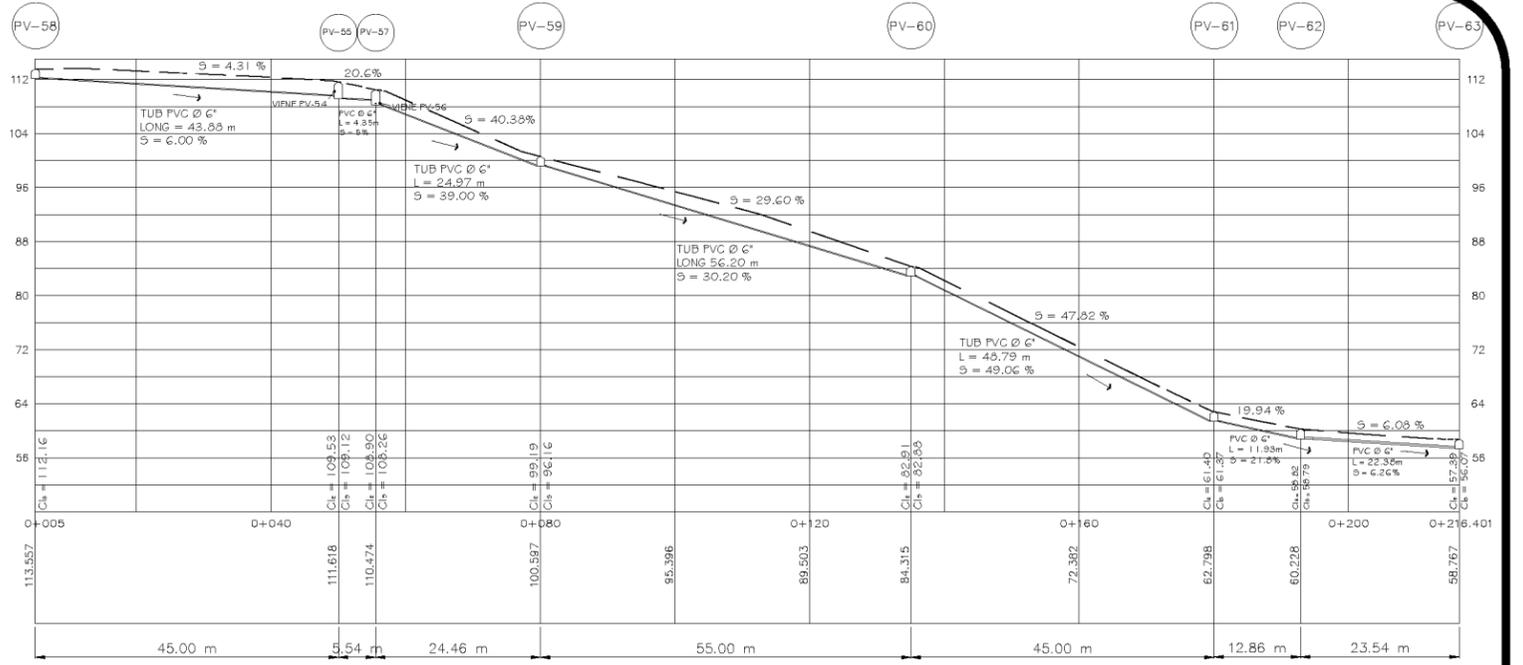
LIGIA NADOMY BARDÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS

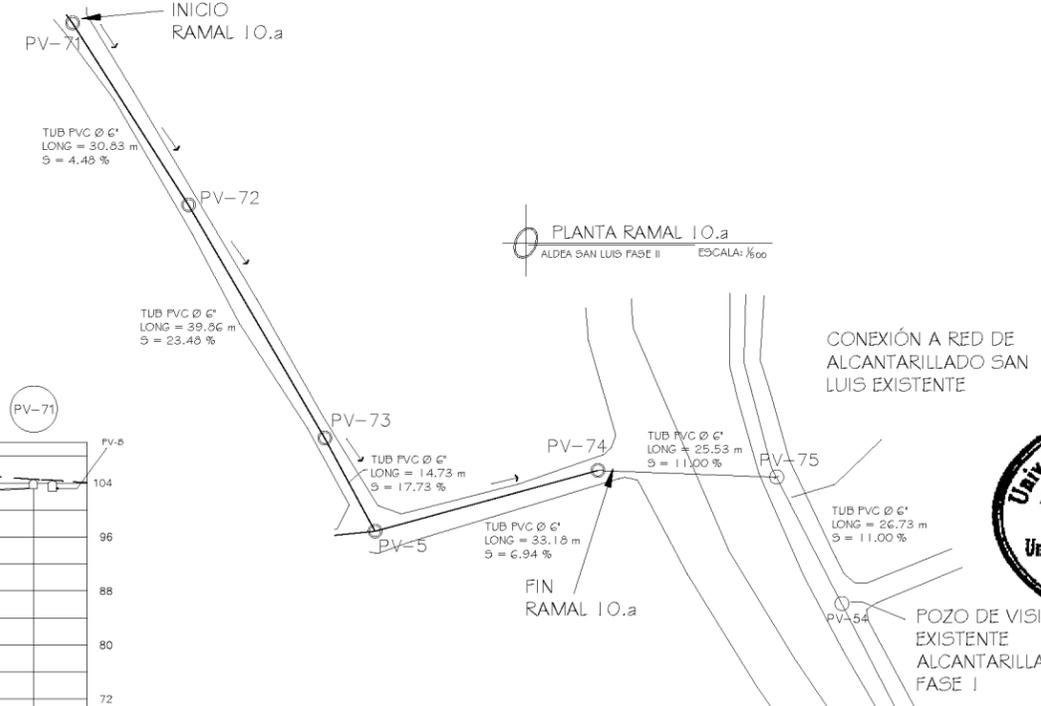
SIMBOLOGÍA	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	POZO DE VISITA
PV-35	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	TUBERÍA PVC CON Ø INDICADO
	CALLE
S%	INDICA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	INDICA INICIO Y FIN DE RAMAL
	TERRENO NATURAL



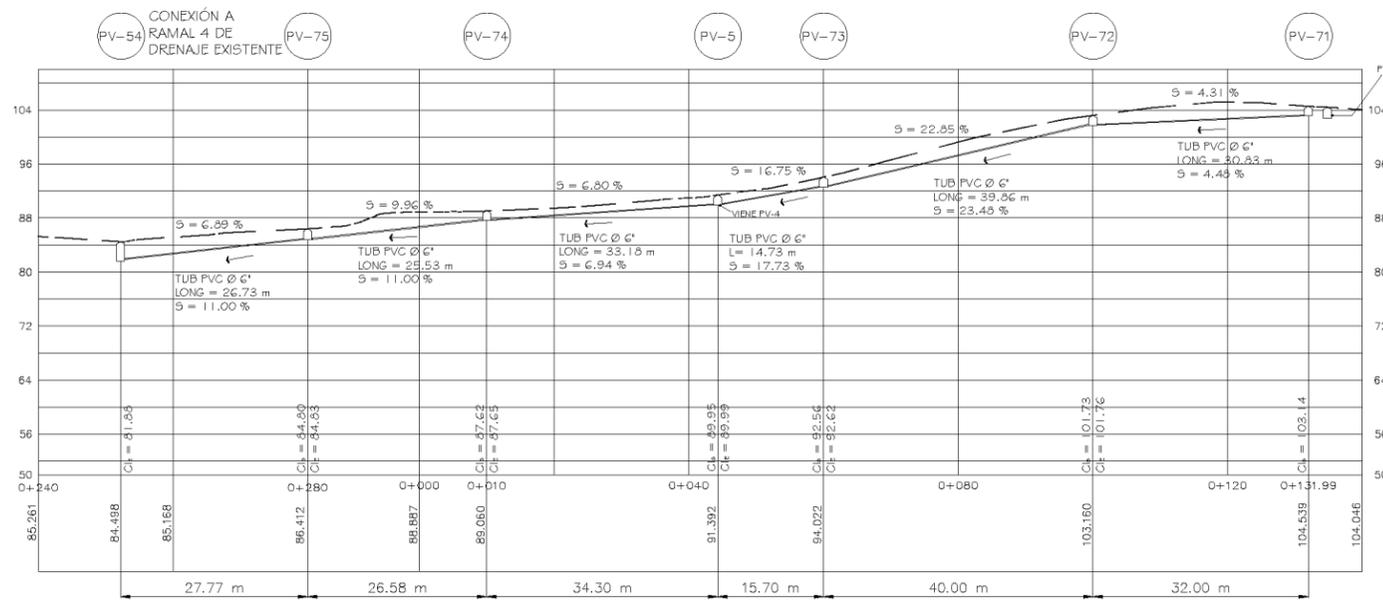
PLANTA RAMAL 9
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA: 1/500



PERFIL RAMAL 9
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA VERTICAL: 1/500, ESCALA HORIZONTAL: 1/500



PLANTA RAMAL 10.a
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA: 1/500



PERFIL RAMAL 10.a
ALDEA SAN LUIS FASE II
ESCALA VERTICAL: 1/500, ESCALA HORIZONTAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II

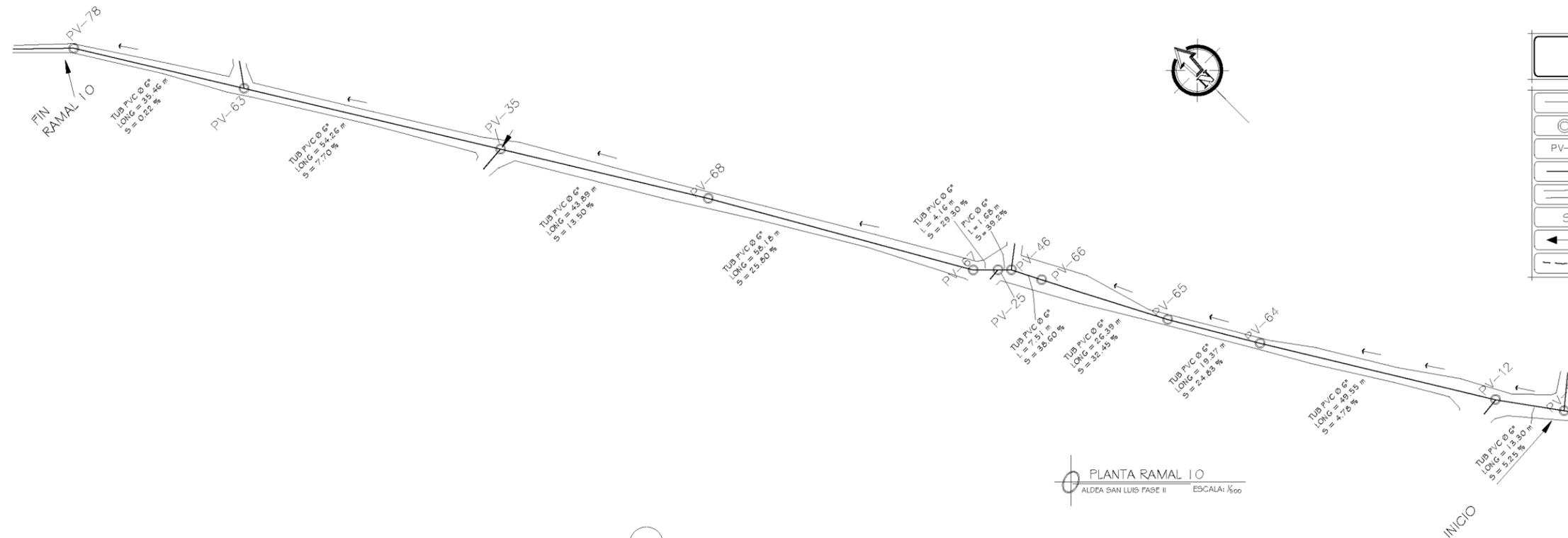
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO

EPESISTA: LIGIA N. BARDÍA

ESCALA: INDICADA

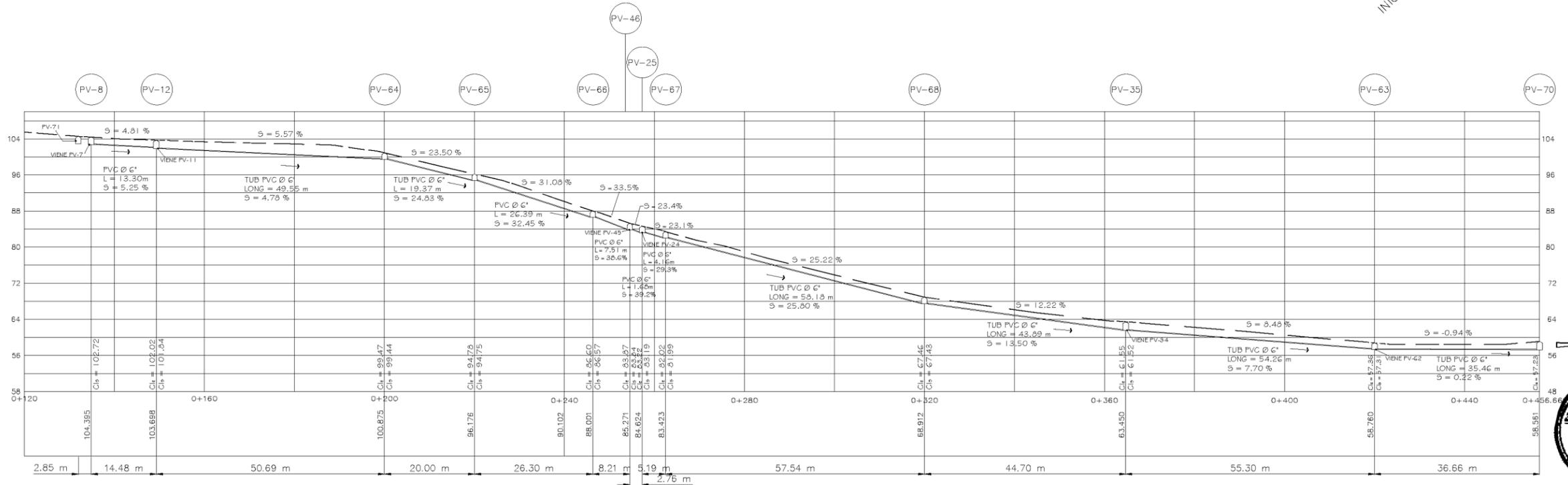
LIGIA NADOMY BARDÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS



SIMBOLOGÍA	
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	FOZO DE VISITA
	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	TUBERÍA PVC CON Ø INDICADO
	CALLE
	INDICA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	INDICA INICIO Y FIN DE RAMAL
	TERRENO NATURAL

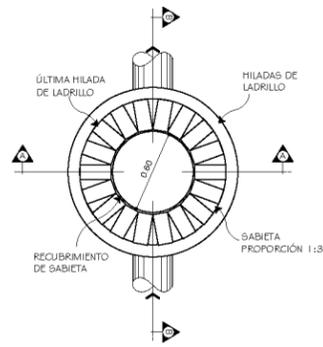
PLANTA RAMAL I O
ALDEA SAN LUIS FASE II ESCALA: 1/500



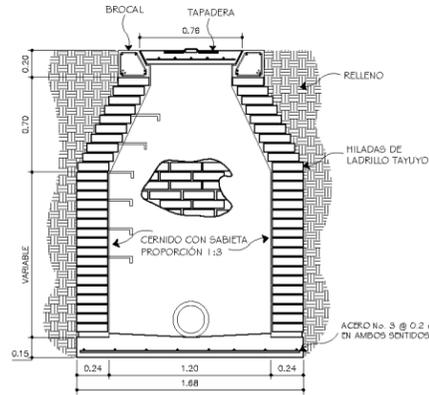
PERFIL RAMAL I O
ALDEA SAN LUIS FASE II ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



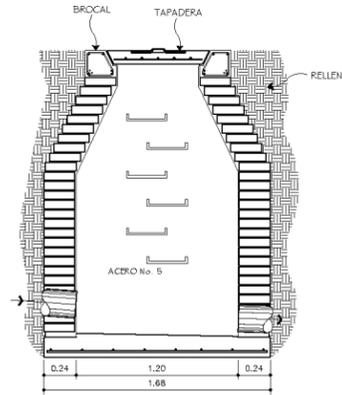
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		FECHA: ENERO 2014
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO	EPESISTA: LIGIA N. BARDÍA
 LIGIA NADOMY BARDÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL		ESCALA: INDICADA 7/9
 ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS		



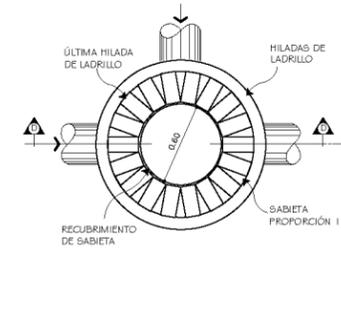
PLANTA POZO DE VISITA TÍPICO
ESCALA: 1/25



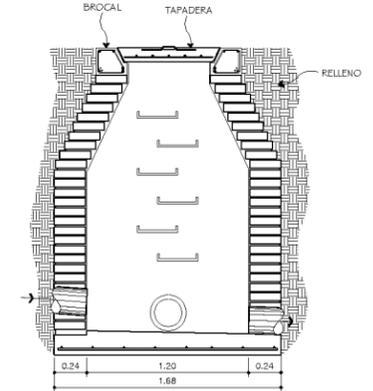
SECCIÓN A - A
ESCALA: 1/25



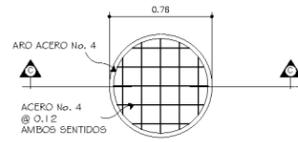
SECCIÓN B - B
ESCALA: 1/25



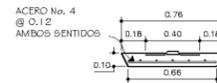
PLANTA POZO DE VISITA CON 2 ENTRADAS
ESCALA: 1/25



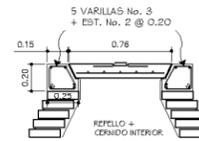
SECCIÓN D - D
ESCALA: 1/25



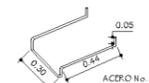
PLANTA DE TAPADERA
ESCALA: 1/25



SECCIÓN C - C
ESCALA: 1/25



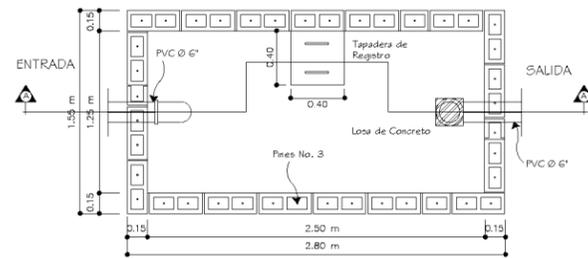
DETALLE DEL BROCAL
ESCALA: 1/25



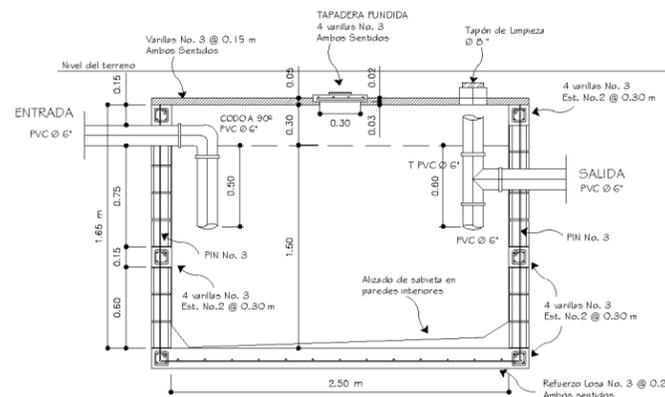
ESCALÓN
ESCALA: 1/25

ESPECIFICACIONES:

- EL CONCRETO A UTILIZAR SERÁ DE $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- EL ACERO DE REFUERZO SERÁ DE GRADO 40, LEGÍTIMO, CON $f_y = 2,610 \text{ Kg/cm}^2$.
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS (m).
- TODAS LAS PAREDES INTERNAS IRÁN ALZADAS CON SABIETA PROPORCIÓN 1:3 (CEMENTO, ARENA DE RÍO).
- PARA EL LEVANTADO CON LADRILLOS SE UTILIZARÁ SABIETA CON PROPORCIÓN 1:3.
- SE EMPLEARÁ LADRILLO DE BARRO COCIDO, COLOCADO DE PUNTA.
- LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.



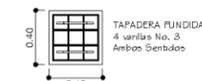
PLANTA FOSA SÉPTICA
ESCALA: 1/25



PERFIL A - A FOSA SÉPTICA
ESCALA: 1/25

NOTA:

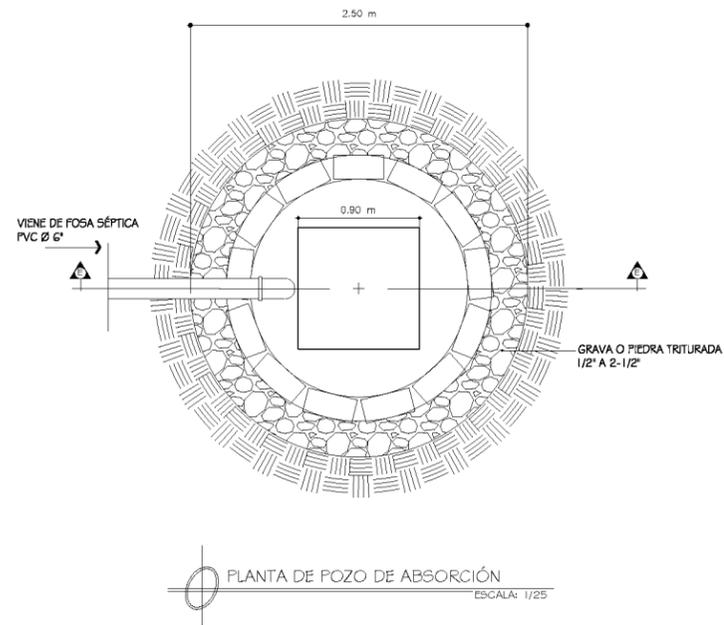
- LA TUBERÍA DE ENTRADA SE UBICA 0.05 m ARRIBA DE LA SALIDA.
- SE EMPLEARÁ BLOCK DE $0.15 \times 0.20 \times 0.4 \text{ m}$. TODOS LOS AGUJEROS LLEVARÁN PINES DE ACERO No. 3, RELLENOS CON CONCRETO DE RESISTENCIA $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.



PLANTA DE TAPADERA
ESCALA: 1/100

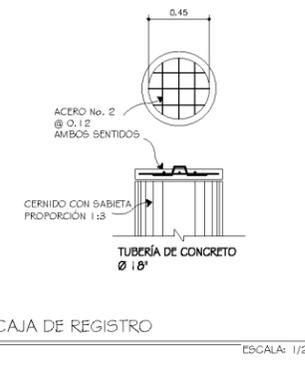
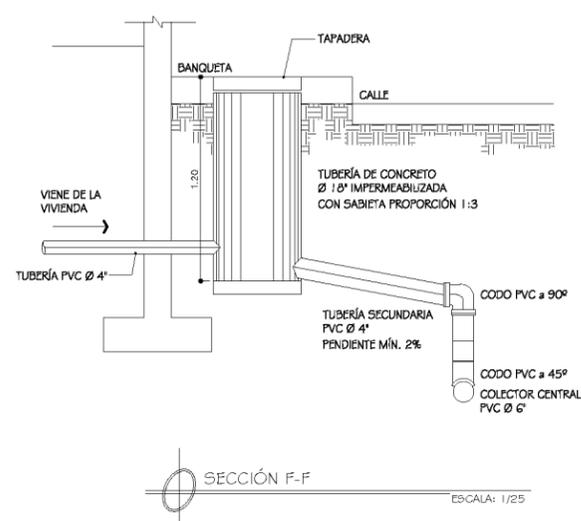
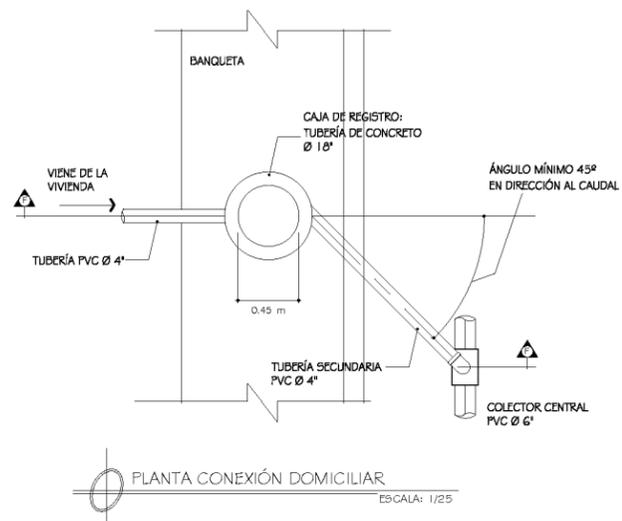
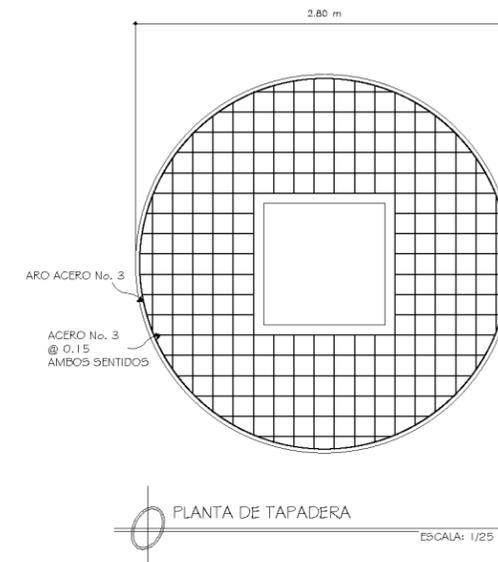
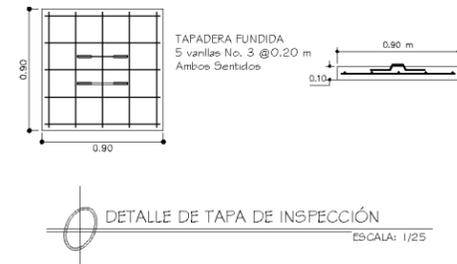
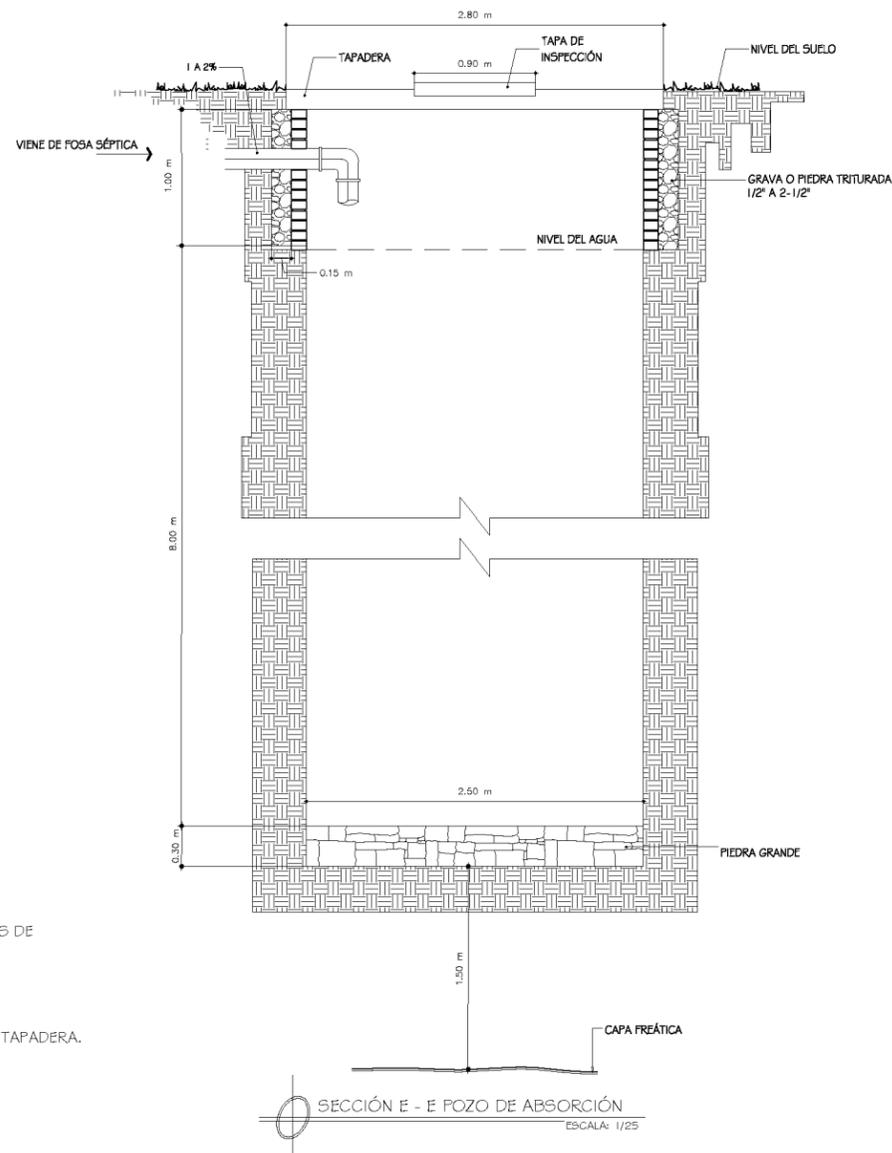


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		FECHA: ENERO 2014
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		EPESISTA: LIGIA N. GARCÍA
PROYECTO: SISTEMA DE ALDANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II	CONTENIDO: DETALLES POZOS DE VISITA Y FOSA SÉPTICA	ESCALA: INDICADA
 LIGIA NADMY GARCÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL		 ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS

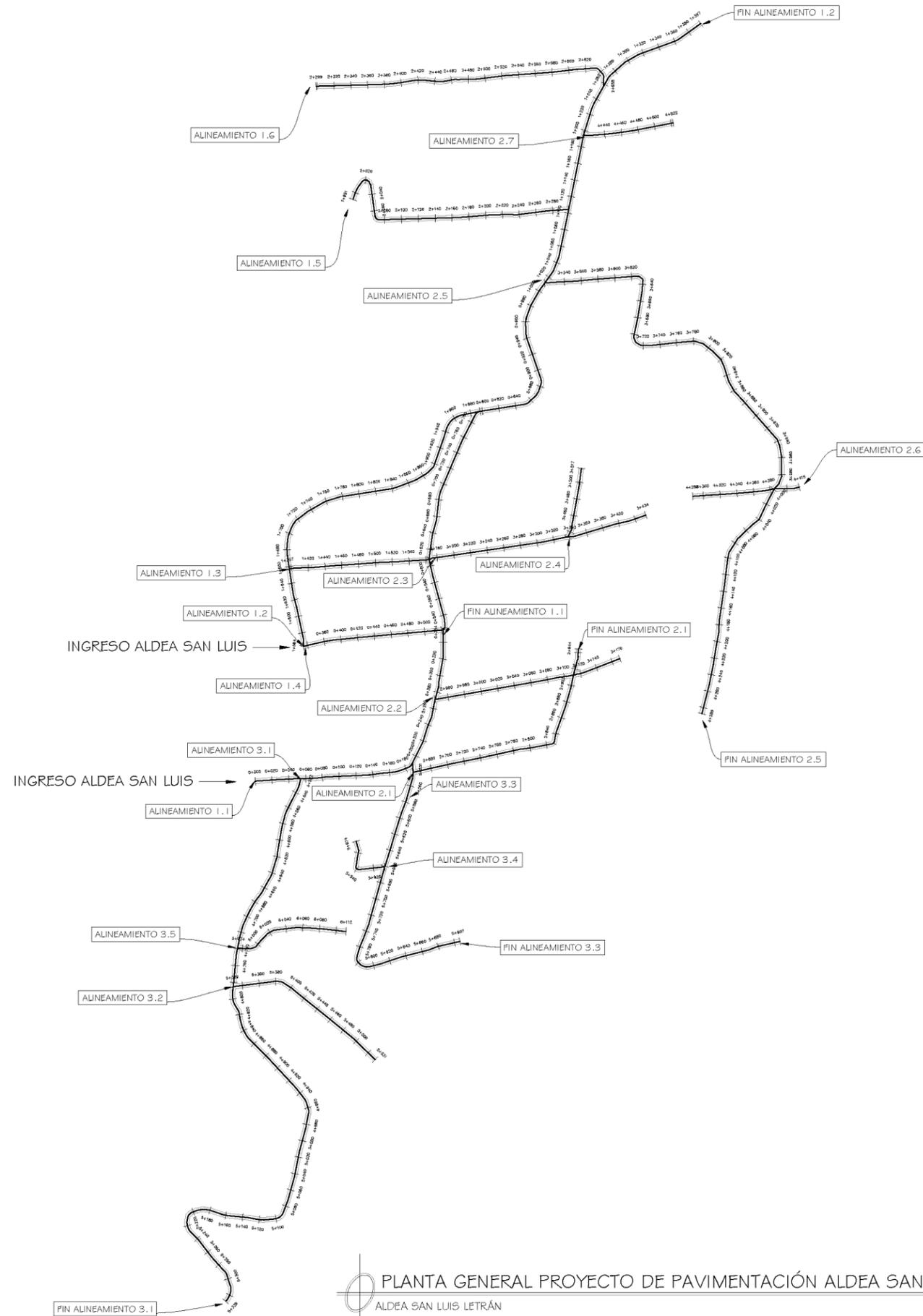


ESPECIFICACIONES:

- EL CONCRETO A UTILIZAR SERÁ DE $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ PARA LA TAPADERA.
- EL ACERO DE REFUERZO SERÁ DE GRADO 40, LEGÍTIMO, CON $f_y = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$.
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS (m).
- LOS POZOS DE ABSORCIÓN TENDRÁN PAREDES SUPERIORES FORMADAS POR MUROS DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO TAYUJO CON JUNTAS LATERALES SEPARADAS.
- LA TUBERÍA PARA LA CONEXIÓN DOMICILIAR DEBE SER DE PVC DIÁMETRO 4\".
- LA CAJA DE REGISTRO SERÁ UN TUBO DE CONCRETO DE DIÁMETRO 18\" CON BASE Y TAPADERA. DEBERÁ CUMPLIR UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 0.90m.
- LAS PAREDES DE LA CAJA DE REGISTRO DEBEN IMPERMEABILIZARSE POR DENTRO CON SABIETA PROPORCIÓN 1:3 (CEMENTO, ARENA DE RÍO).



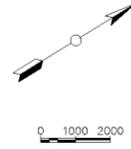
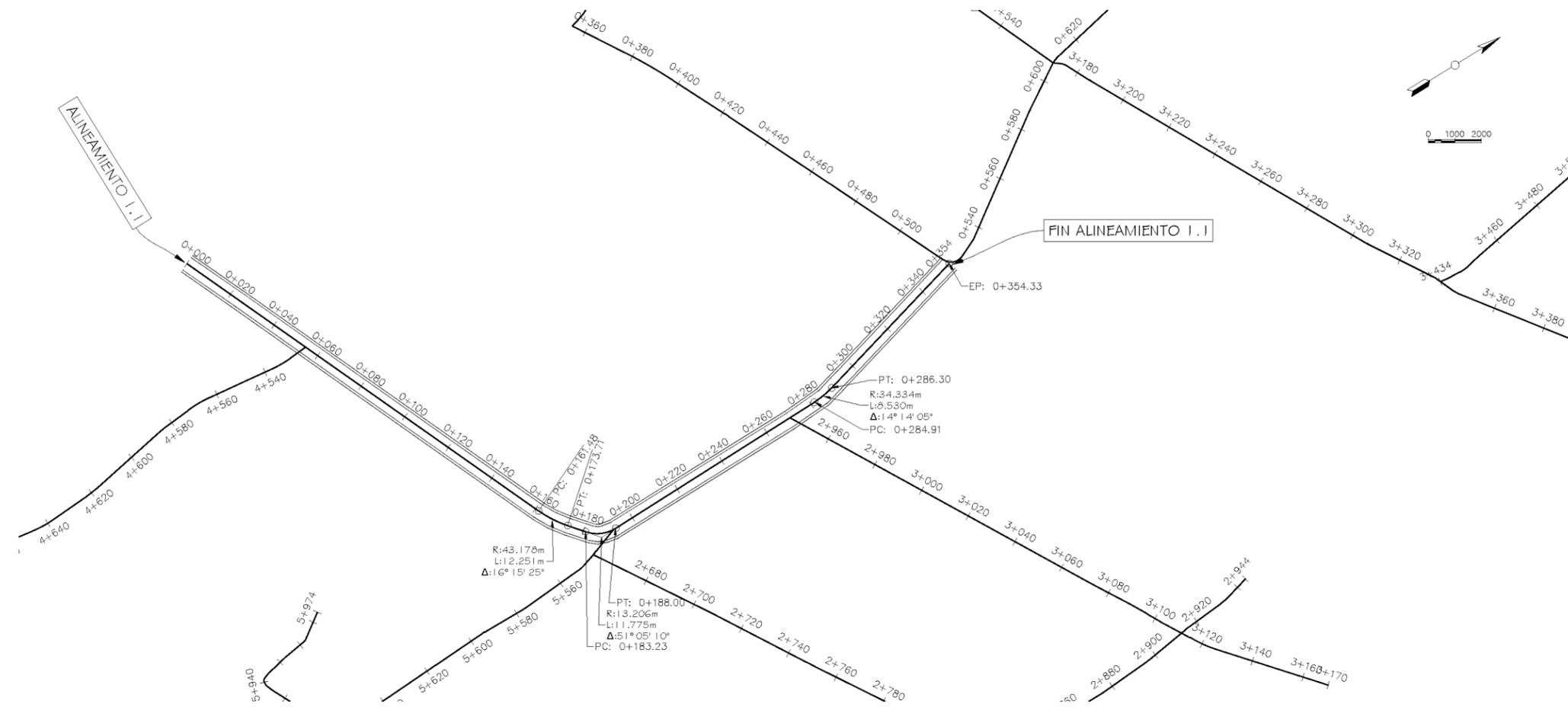
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		FECHA: ENERO 2014
MUNICIPALIDAD DE SAN JÓSE PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTISTA: LIBIA N. BARDÍA
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN LUIS FASE II	CONTENIDO: DETALLES POZOS DE ABSORCIÓN Y CONEXIÓN DOMICILIAR	ESCALA: INDICADA
 LIBIA NADMY BARDÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL		 ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR EPS



SIMBOLOGÍA	
—	LÍNEA CENTRAL
+	ESTACION

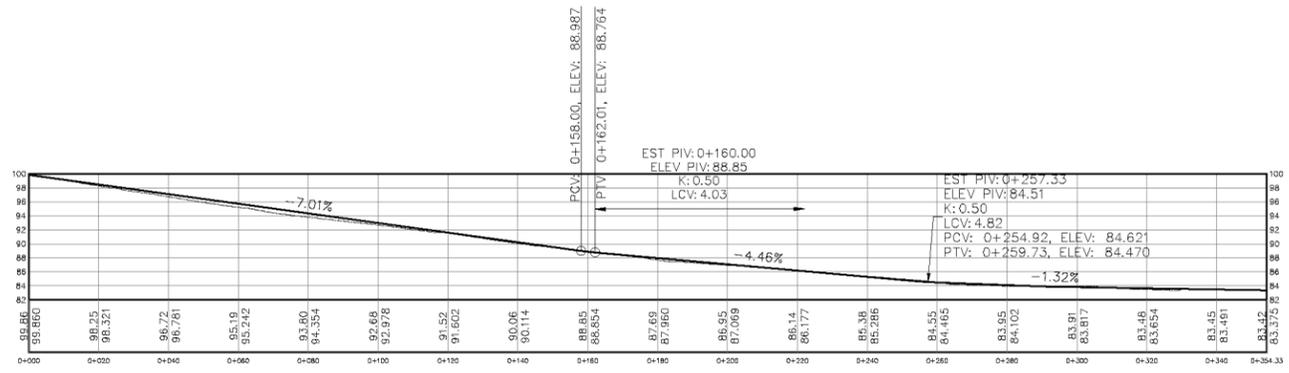
PLANTA GENERAL PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN
ALDEA SAN LUIS LETRÁN

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	FECHA: ENERO 2014
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS FASE I	CONTENIDO: PLANTA GENERAL PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN
EPESISTA: LIGIA N. GARCÍA	FECHA: INDICADA
 LIGIA NADMY GARCÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL	
 OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR EPS	



PLANTA ESTACIÓN 0+000 A 0+354
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA	
—	PC = PRINCIPIO DE CURVA
—	PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
R =	RADIO
L =	LONGITUD DE CURVA
Δ =	ANGULO DE DEFLEXION
PIV =	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
K =	PARÁMETRO DE LA CURVA
LCV =	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV =	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV =	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

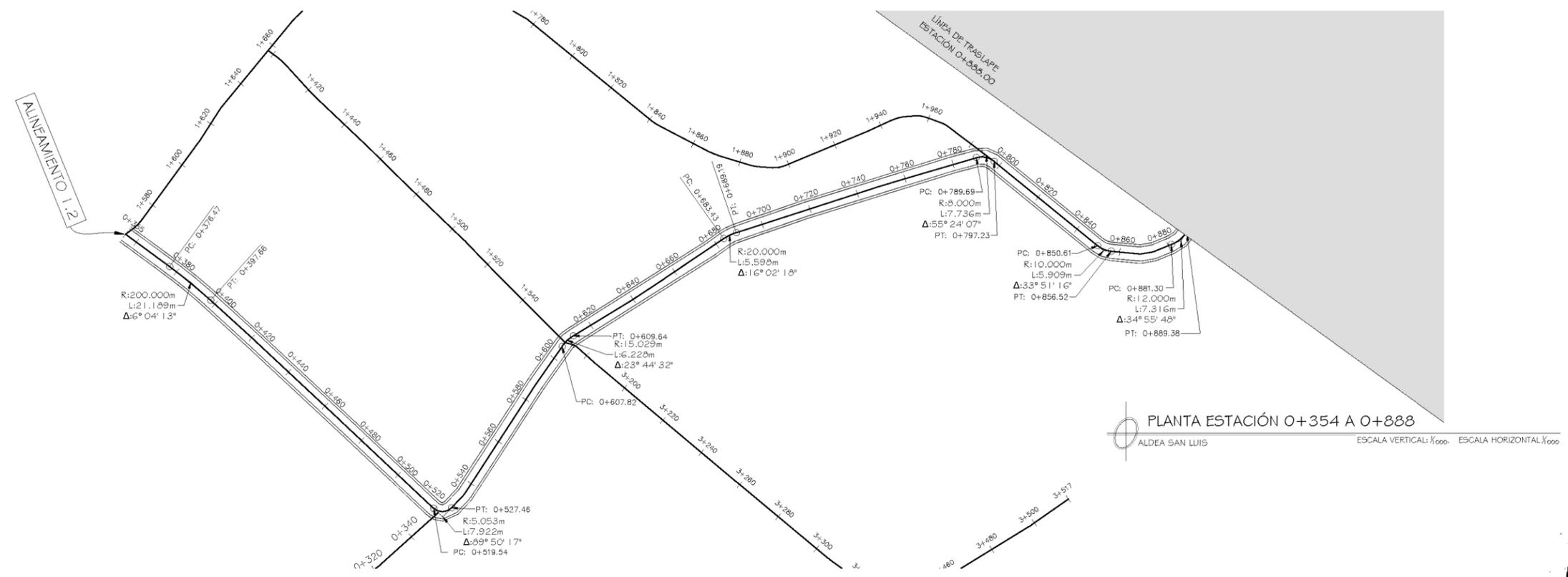


ALINEAMIENTO I. I
PERFIL ESTACIÓN 0+000 A 0+354
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

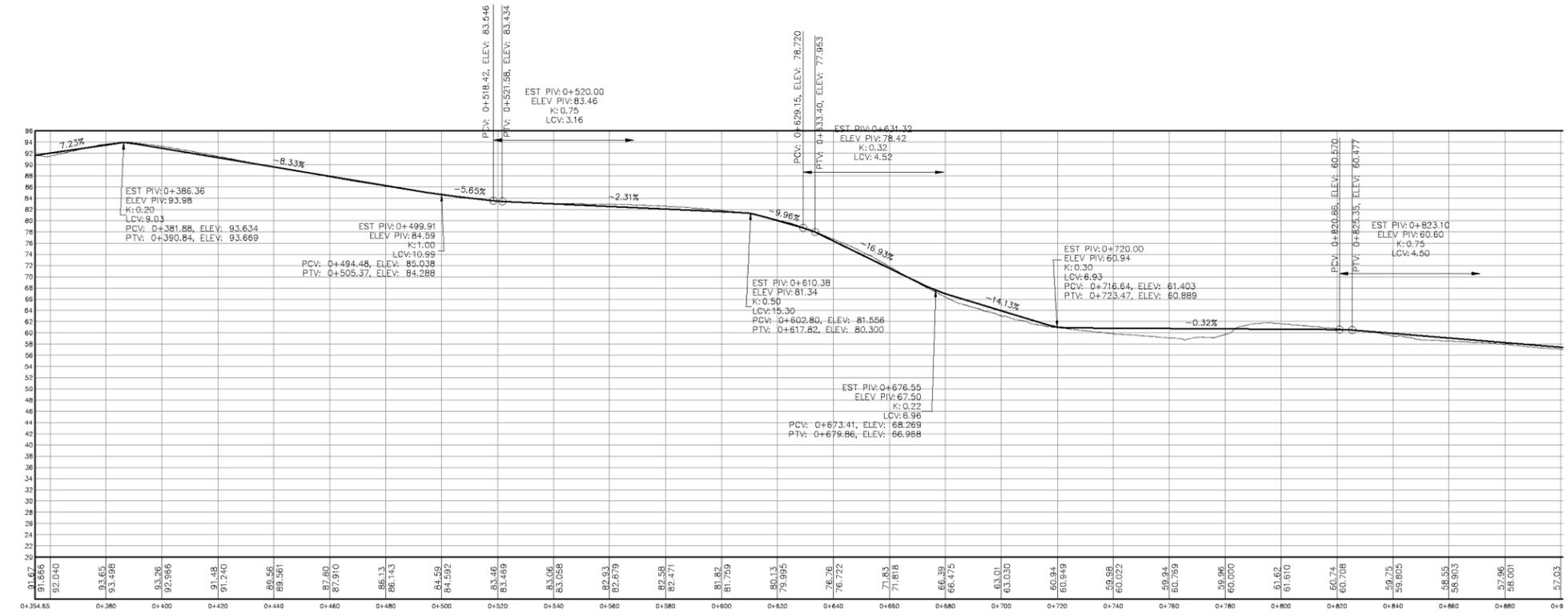
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVIBADO	
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN	FECHA: ENERO 2014
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 0+000 A 0+354	DISEÑADA: LIBIA N. GARCÍA
ESCALA: INDICADA	
2 18	
 LIBIA NADMY GARCÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL	
 ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS	



0 1000 2000



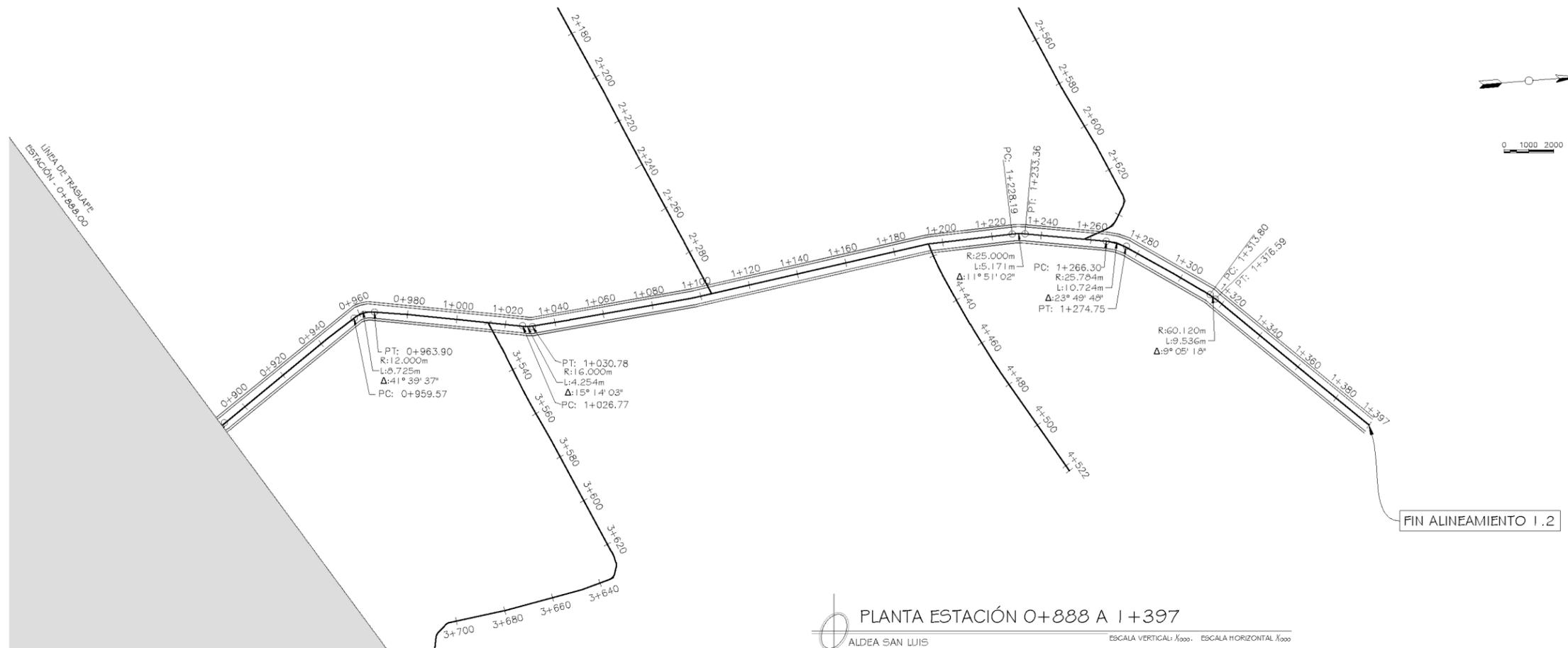
PLANTA ESTACIÓN 0+354 A 0+888
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/1000 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



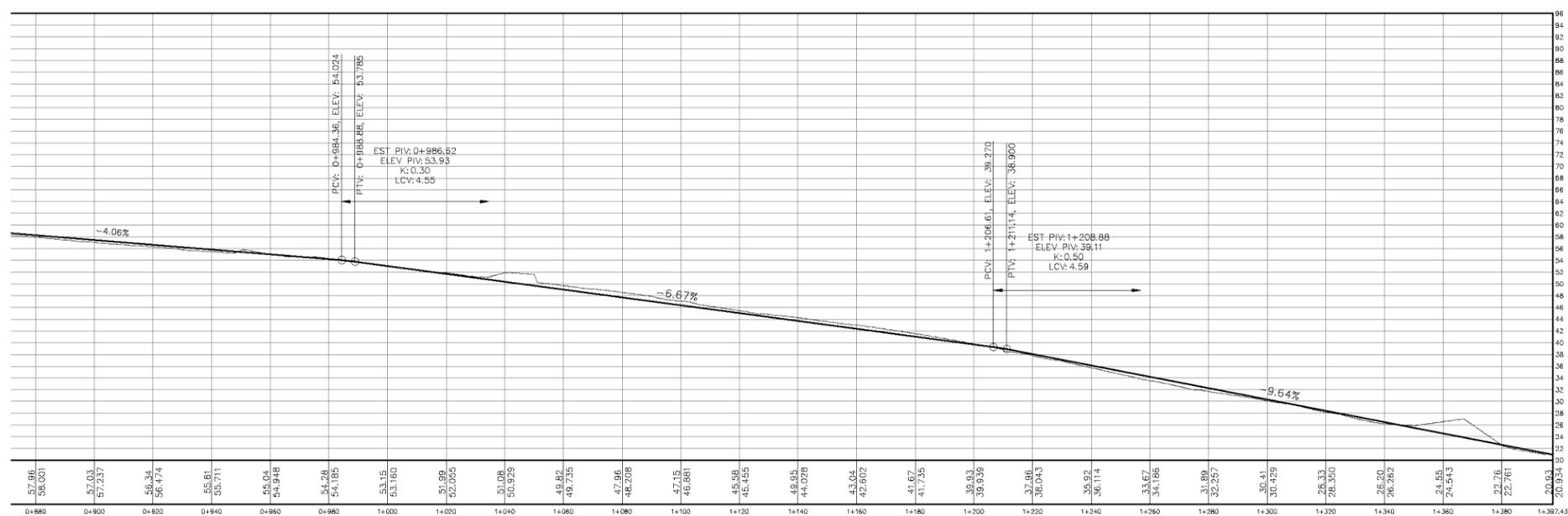
ALINEAMIENTO 1.2
PERFIL ESTACIÓN 0+354 A 0+888
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/1000 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA	
PC	= PRINCIPIO DE CURVA
PT	= PRINCIPIO DE TANGENCIA
R	= RADIO
L	= LONGITUD DE CURVA
Δ	= ANGULO DE DEFLEXION
PIV	= PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
K	= PARAMETRO DE LA CURVA
LCV	= LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	= PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	= PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	FECHA: ENERO 2014
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 0+354 A 0+888
PROFESOR: LIBIA N. GARCÍA	ESCALA: INDICADA 3/18
 LIBIA NADY GARCÍA INGENIERA ARQUITECTA Y ANDAR ASESOR - SUPERVISOR EPS	



PLANTA ESTACIÓN 0+888 A 1+397
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/1000, ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALINEAMIENTO I.2
PERFIL ESTACIÓN 0+888 A 1+397
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/1000, ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

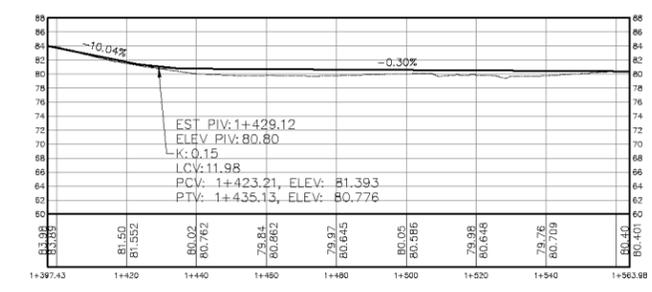
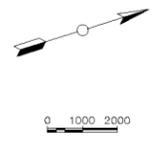
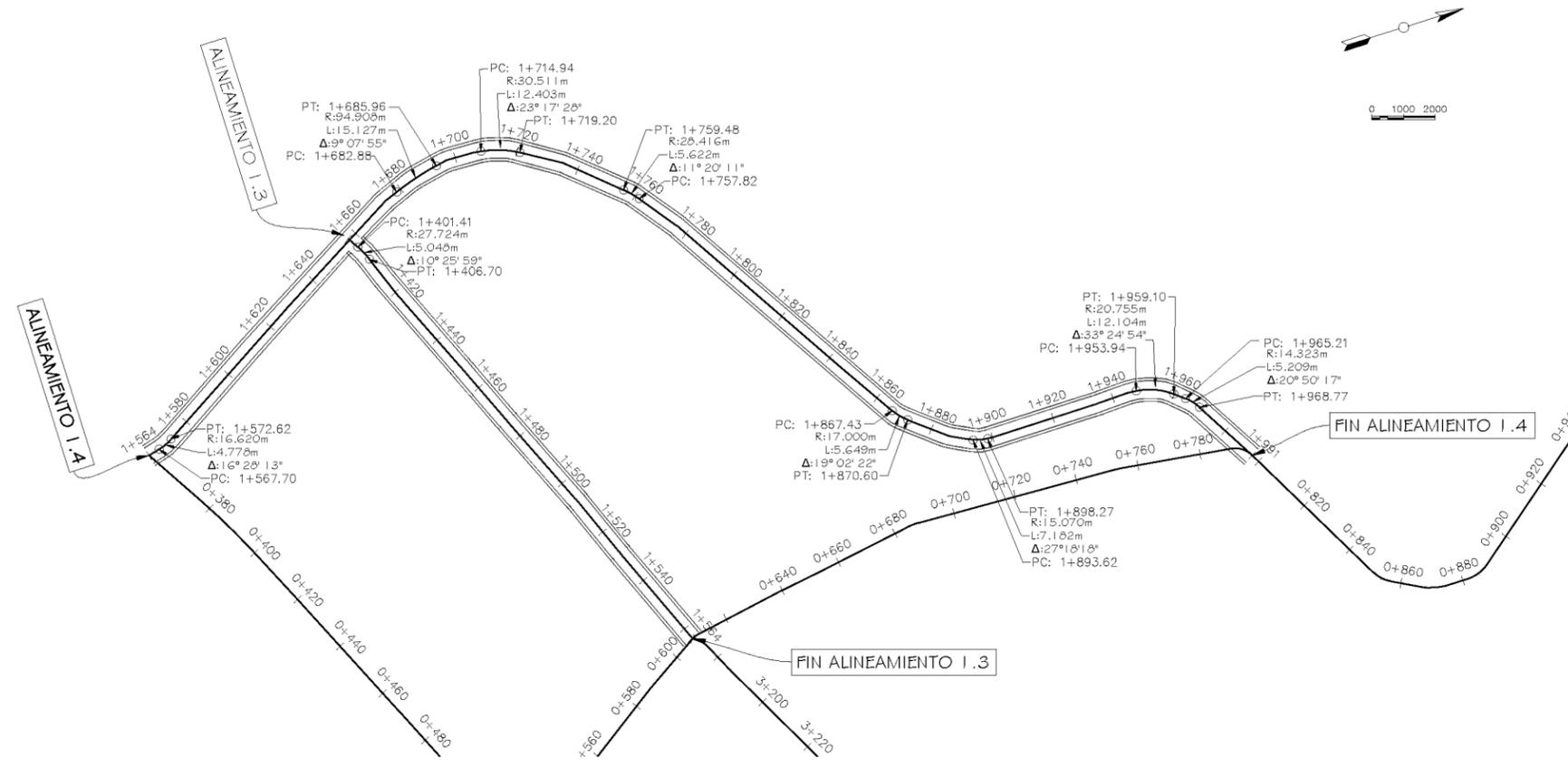
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 0+888 A 1+397

ESPECIALISTA: LIBIA N. GARCÍA

ESCALA: 4/18

LIBIA NADMY GARCÍA
INGENIERA EN INGENIERÍA CIVIL

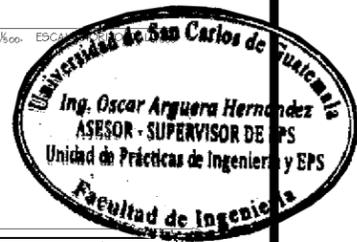
OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS



PLANTA ESTACIÓN 1+397 A 1+991
ALDEA SAN LUIS

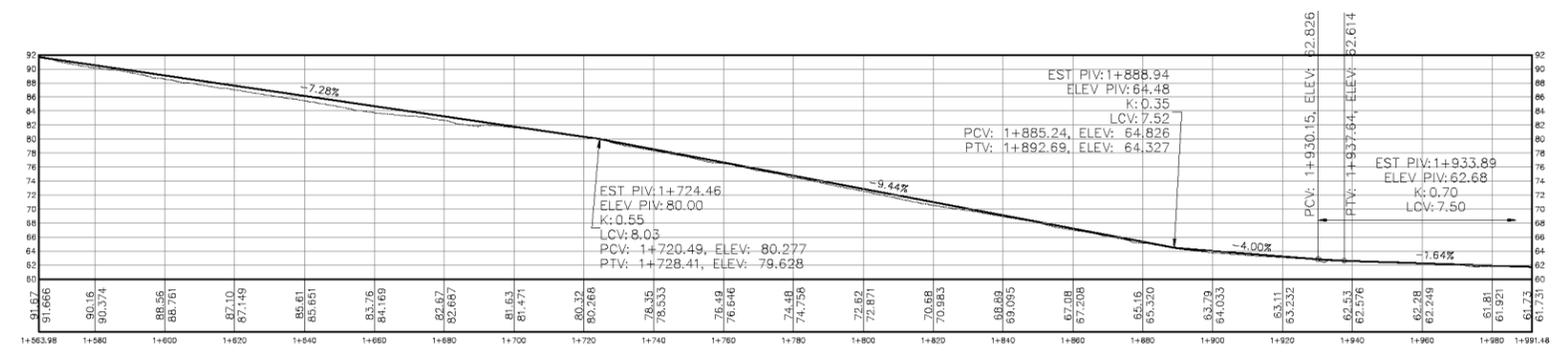
ESCALA VERTICAL: 1/500

ESCALA HORIZONTAL: 1/500



SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- ESTACION



ALINEAMIENTO I.4
PERFIL ESTACIÓN 1+564 A 1+991
ALDEA SAN LUIS

ESCALA VERTICAL: 1/500

ESCALA HORIZONTAL: 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

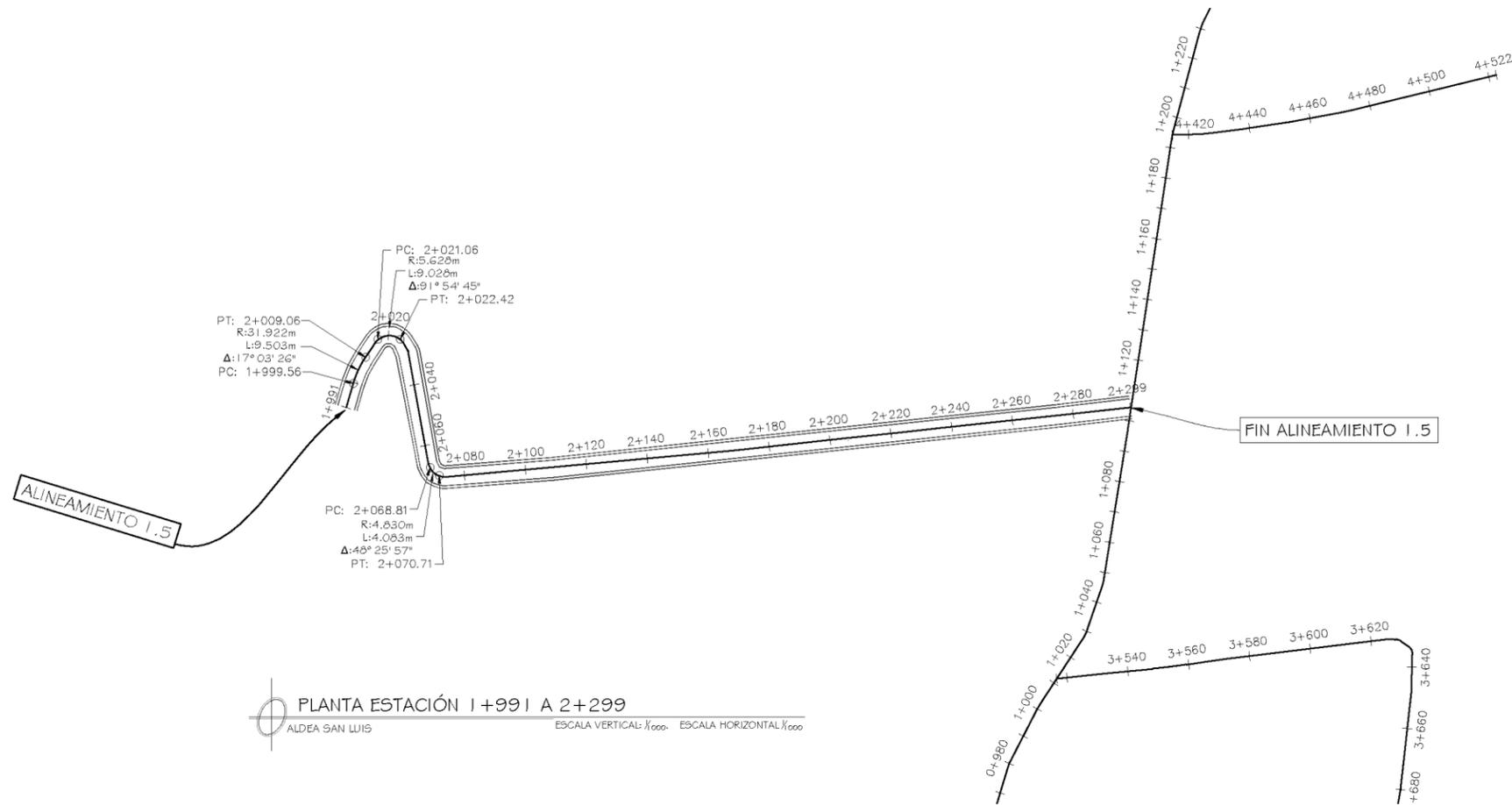
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 1+397 A 1+991

ESPECIAL: LIBIA N. GARCÍA

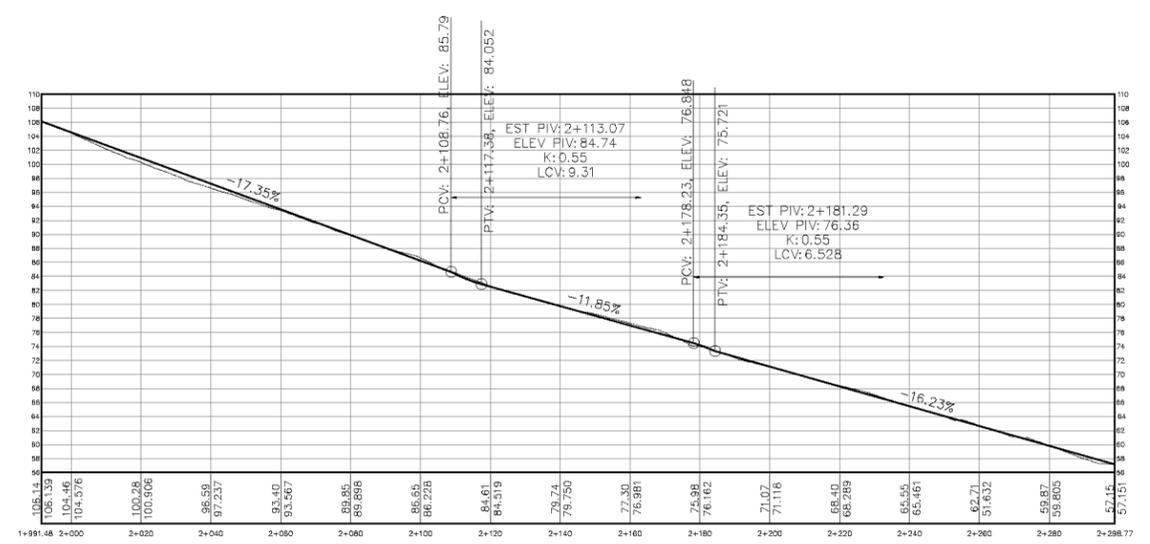
ESCALA: 5/18

LIBIA N. GARCÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS



PLANTA ESTACIÓN 1+991 A 2+299
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/1000 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALINEAMIENTO I.5
PERFIL ESTACIÓN 1+991 A 2+299
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEPLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

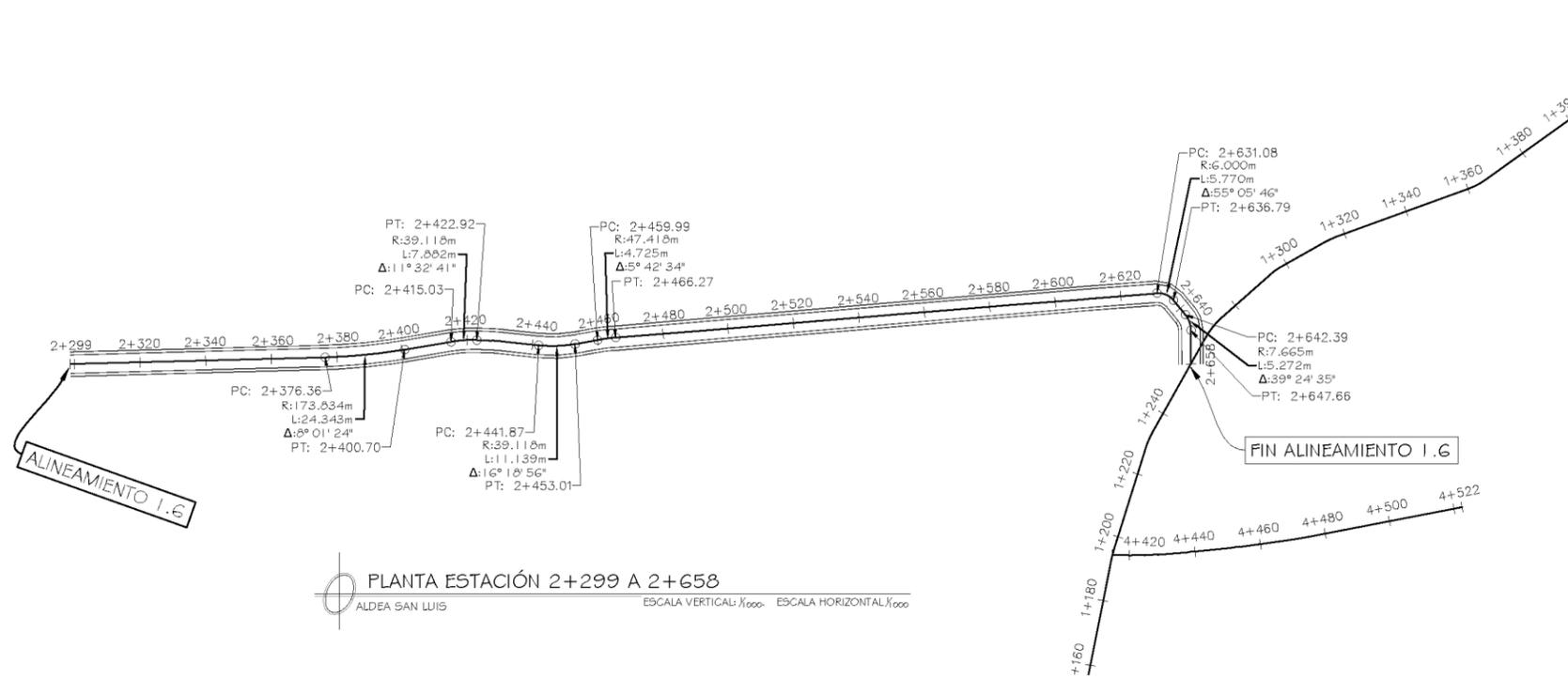
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE EST. 1+991 A 2+299

EPESISTA: LIBIA N. GARCÍA

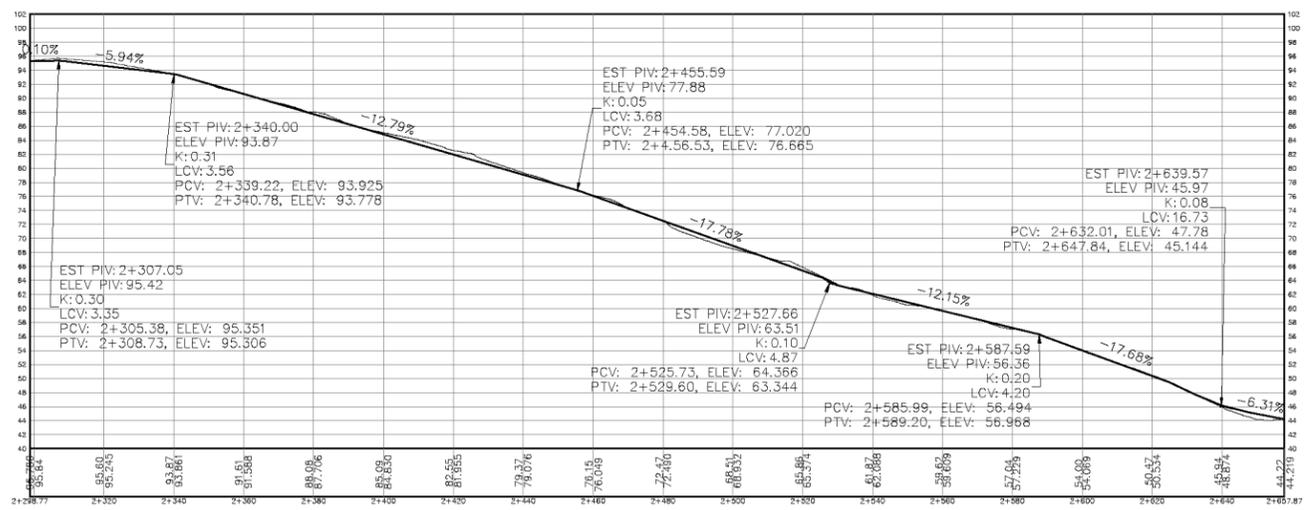
ESCALA: 6/18

LIBIA NADMY GARCÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS



ALDEA SAN LUIS
PLANTA ESTACIÓN 2+299 A 2+658
 ESCALA VERTICAL: 1/1000 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALDEA SAN LUIS
**ALINEAMIENTO I.G.
 PERFIL ESTACIÓN 2+299 A 2+658**
 ESCALA VERTICAL: 1/100 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE EST. 2+299 A 2+658

EPESISTA: LIGIA N. GARCÍA

ESCALA: 7/18

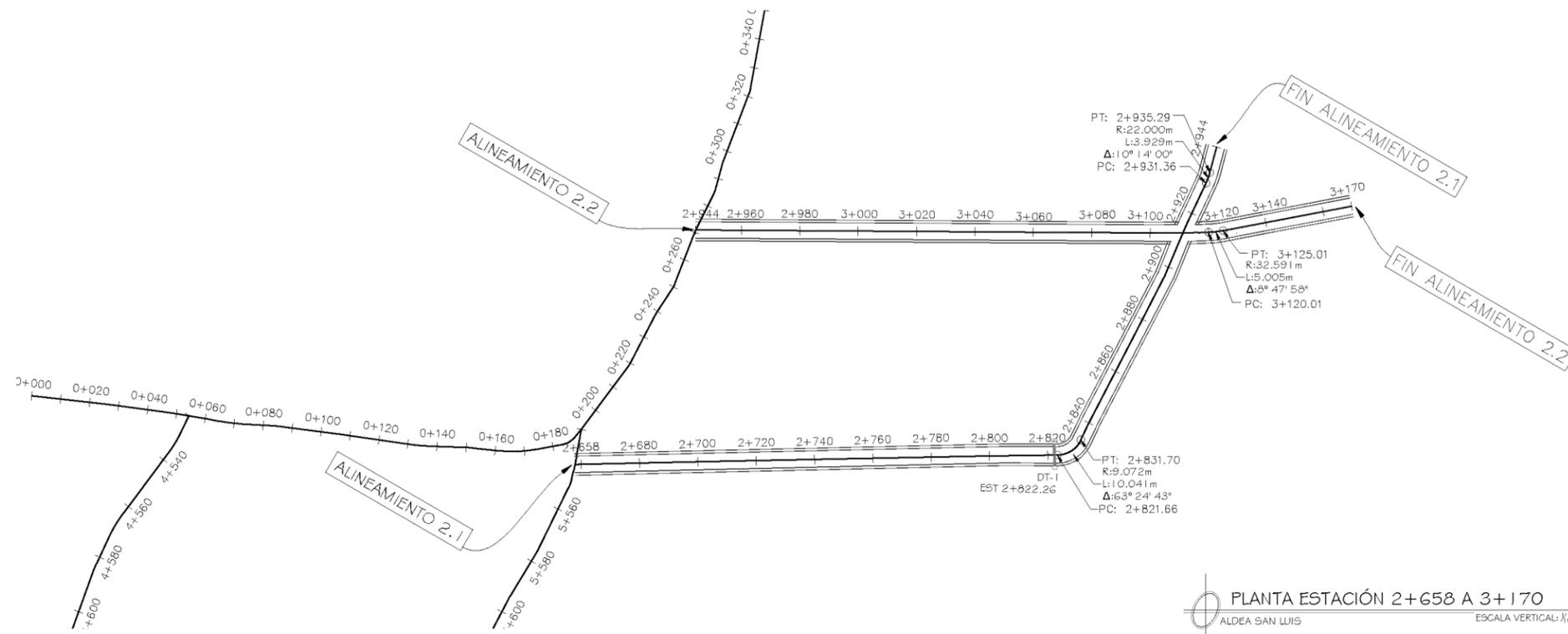
INDICADA

Ligia Naomy García
 LIGIA NAOMY GARCÍA
 EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

Oscar Argueta Hernández
 ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR EPS

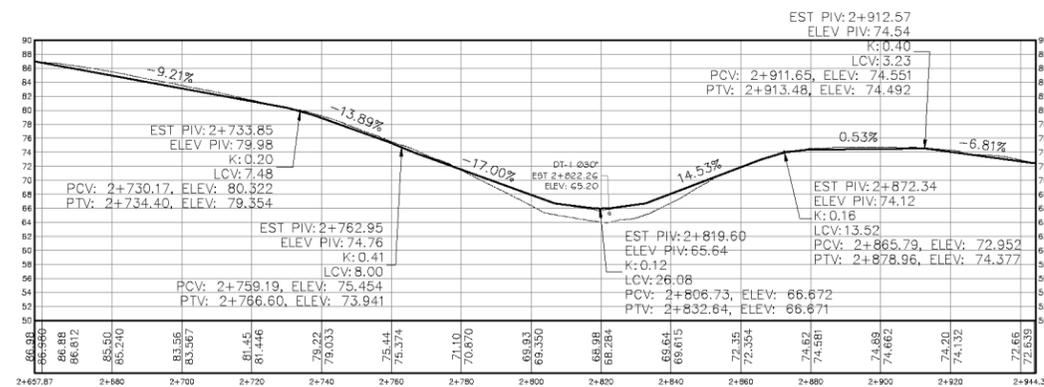


0 1000 2000

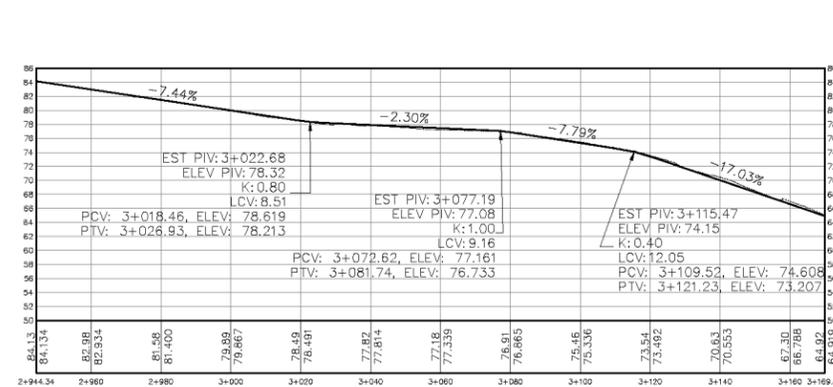


PLANTA ESTACIÓN 2+658 A 3+170
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500

SIMBOLOGÍA	
PC	= PRINCIPIO DE CURVA
PT	= PRINCIPIO DE TANGENCIA
R	= RADIO
L	= LONGITUD DE CURVA
Δ	= ANGULO DE DEPLEXION
PIV	= PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
K	= PARÁMETRO DE LA CURVA
LCV	= LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	= PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	= PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
—	LÍNEA CENTRAL
+	ESTACION



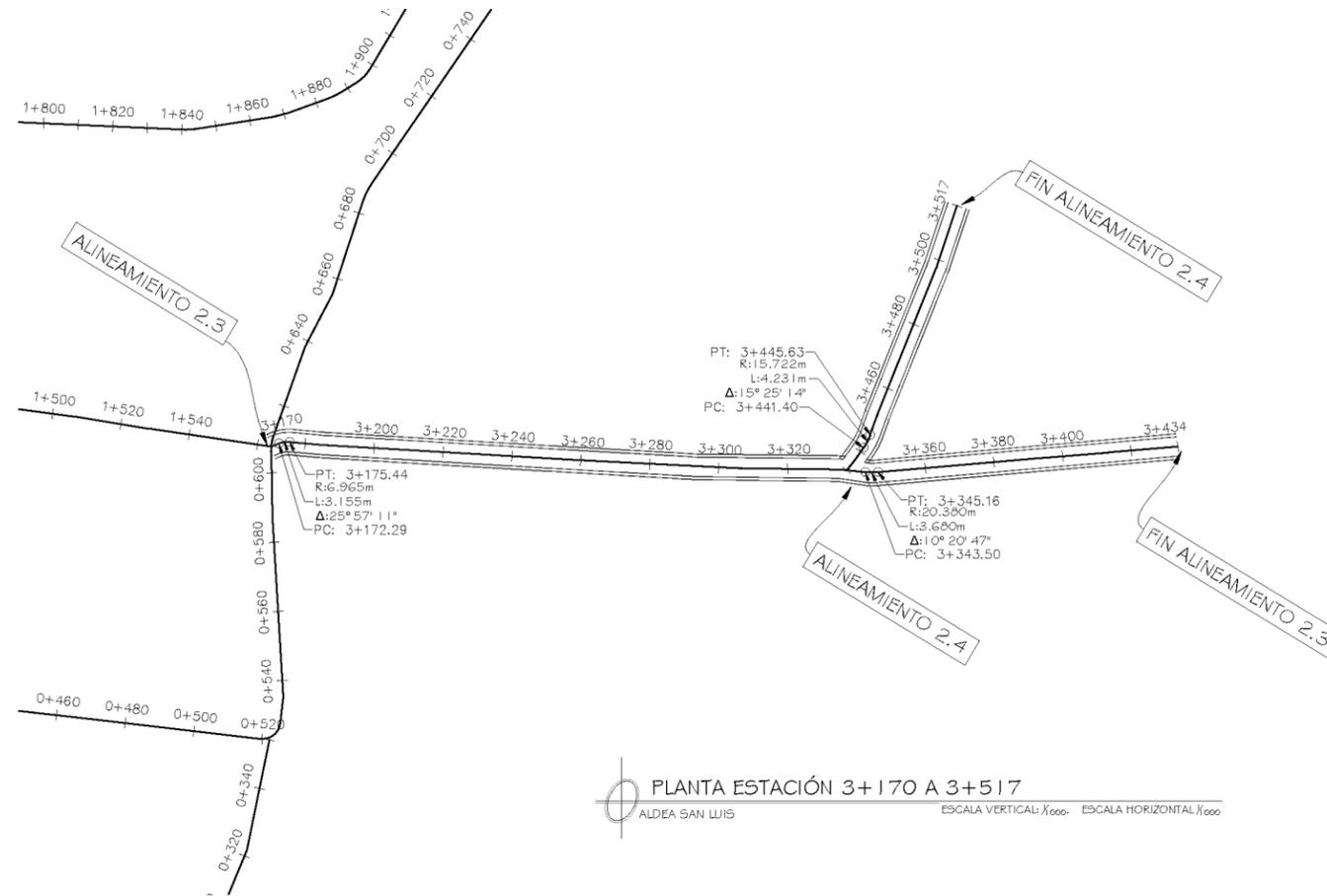
ALINEAMIENTO 2.1
PERFIL ESTACIÓN 2+658 A 2+944
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



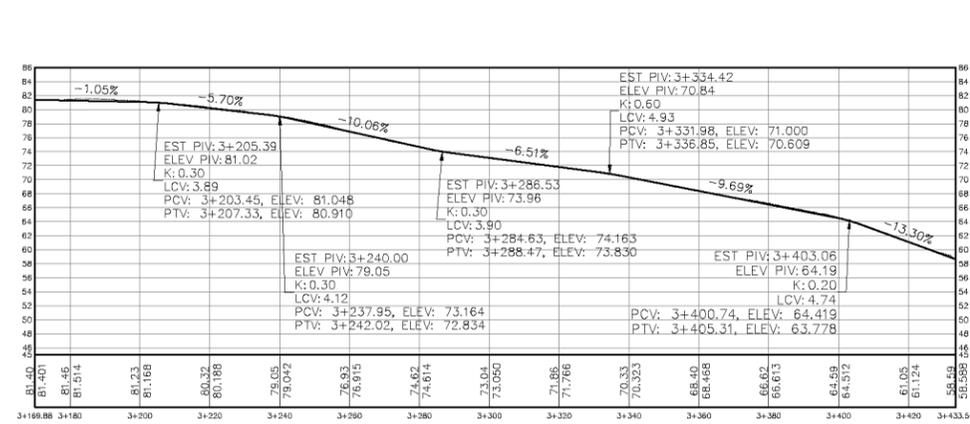
ALINEAMIENTO 2.2
PERFIL ESTACIÓN 2+944 A 3+170
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



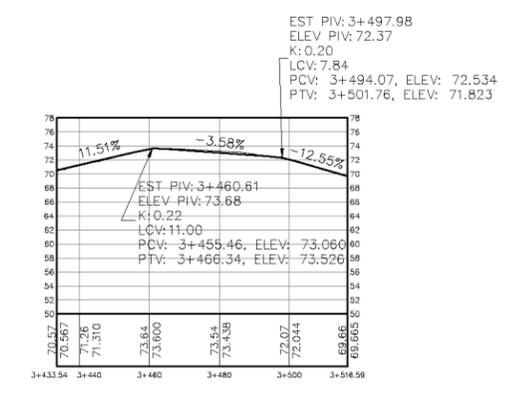
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	FECHA: ENERO 2014
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN	ESPESAL: LIBIA N. GARCÍA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 2+658 A 3+170	ESCALA: INDICADA 1/8
 LIBIA NADY GARCÍA ESPESISTA INGENIERÍA CIVIL	
 ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS	



PLANTA ESTACIÓN 3+170 A 3+517
 ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500. ESCALA HORIZONTAL: 1/500



ALINEAMIENTO 2.3
 PERFIL ESTACIÓN 3+170 A 3+434
 ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500. ESCALA HORIZONTAL: 1/500



ALINEAMIENTO 2.4
 PERFIL ESTACIÓN 3+434 A 3+517
 ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500. ESCALA HORIZONTAL: 1/500

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- + ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

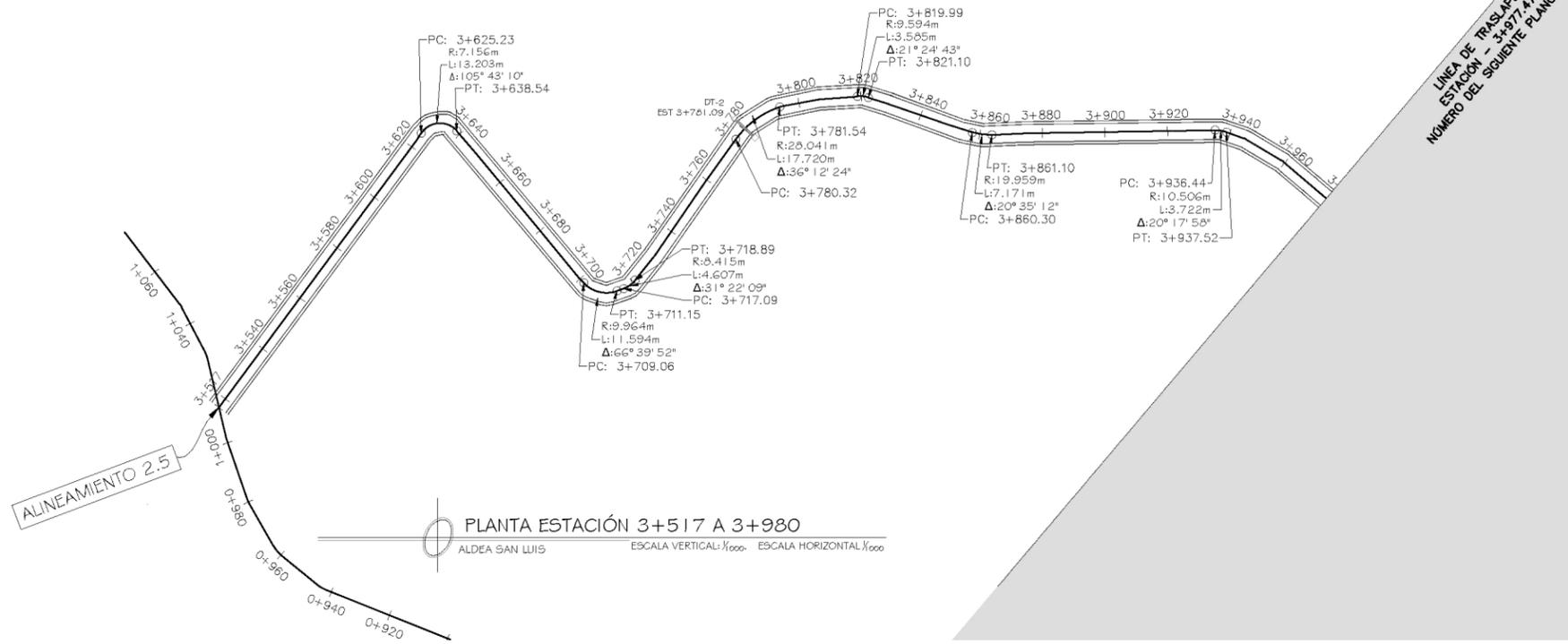
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 3+170 A 3+517

ESPECIAL: LIBIA N. GARCÍA

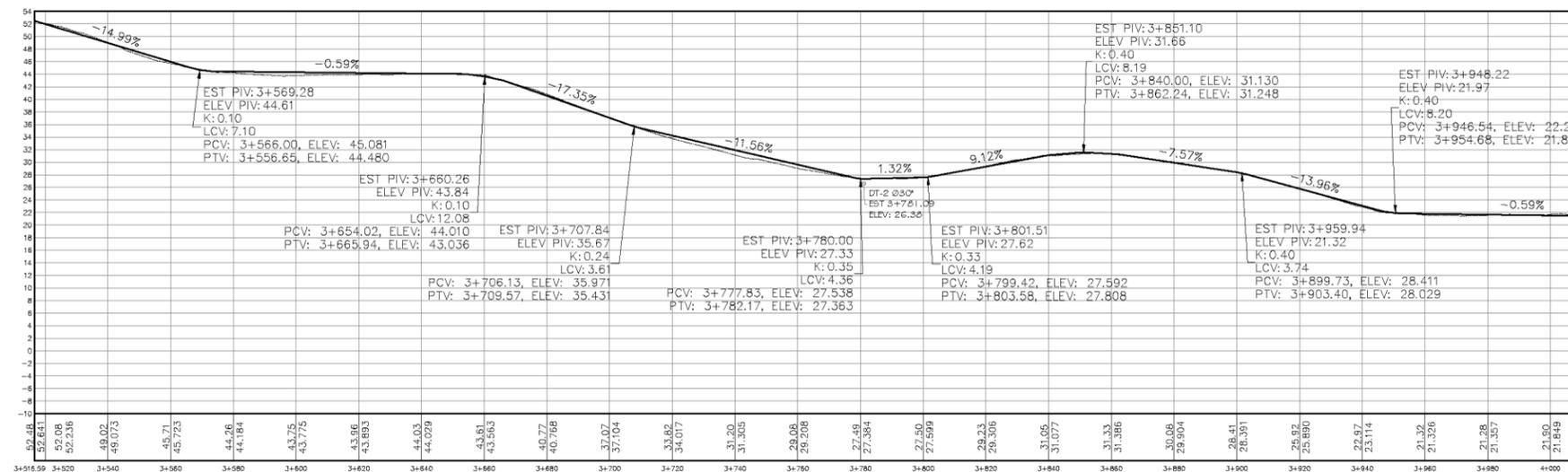
ESCALA: 9/18

LIBIA NADMY GARCÍA
 EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR



PLANTA ESTACIÓN 3+517 A 3+980
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/1000 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALINEAMIENTO 2.5
PERFIL ESTACIÓN 3+517 A 3+980
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/100 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- + ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

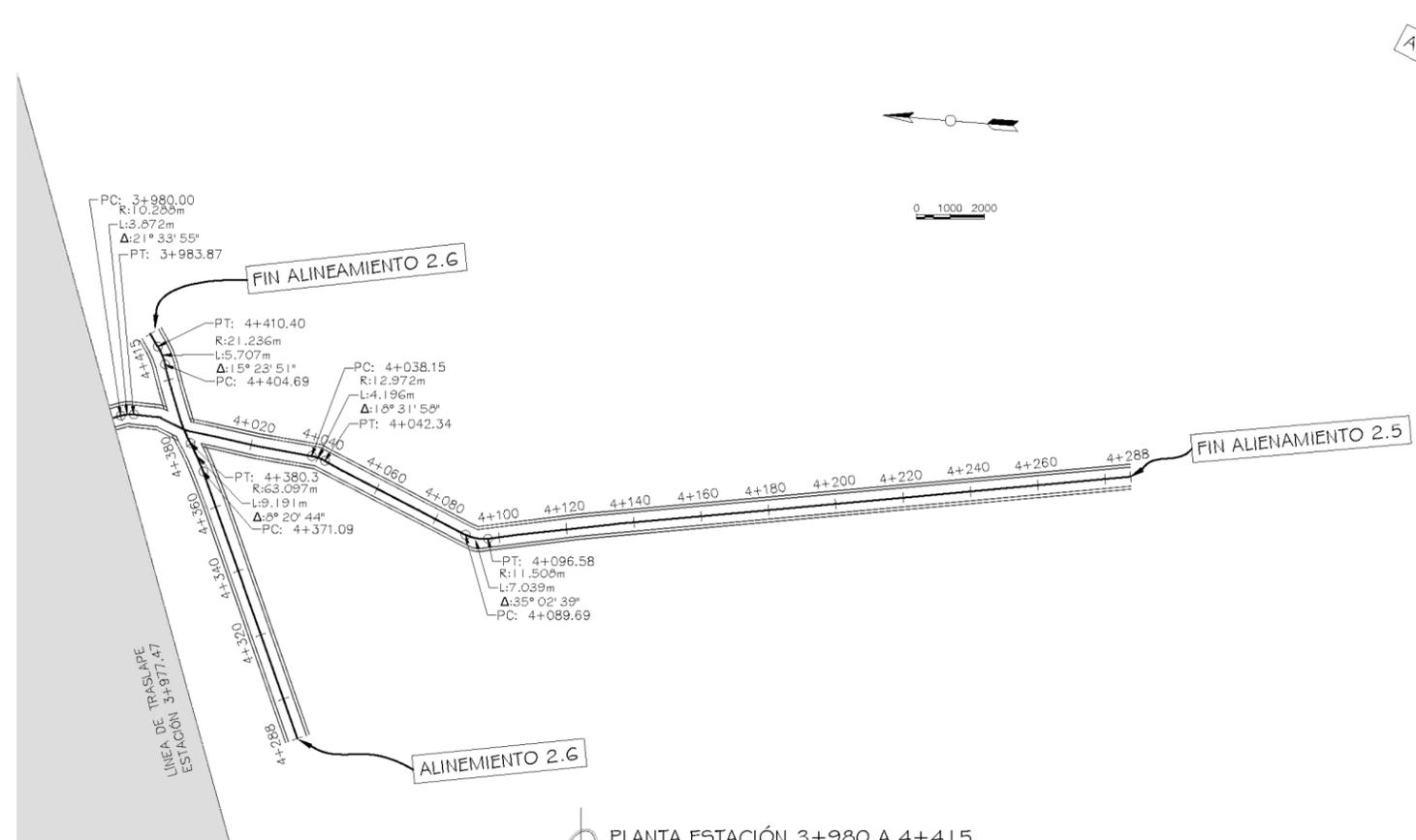
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 3+517 A 3+980

ESCRIBIDA: LIBIA N. GARCÍA

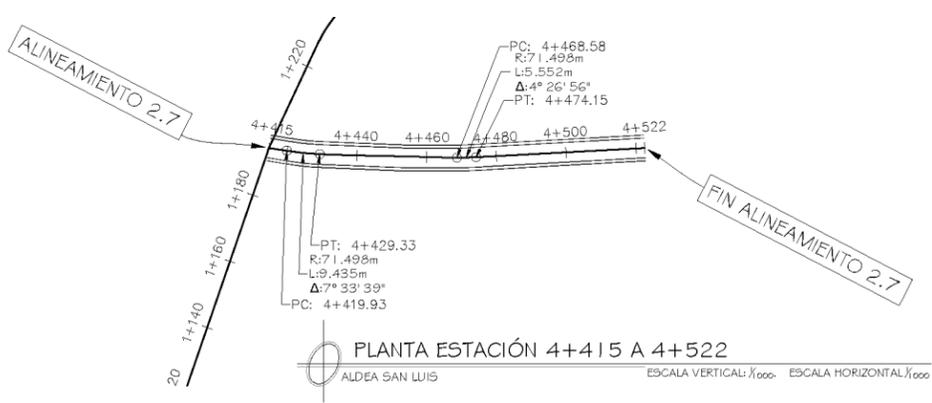
ESCALA: 1/1000

LIBIA NADMY GARCÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

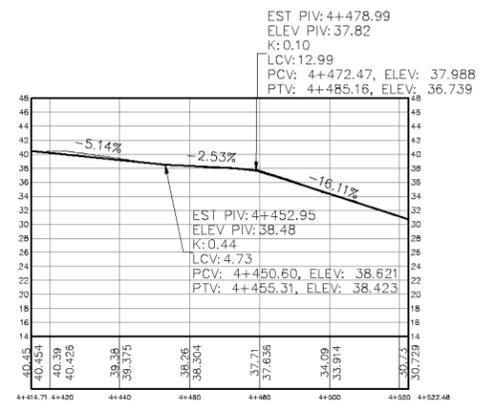
ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISADO



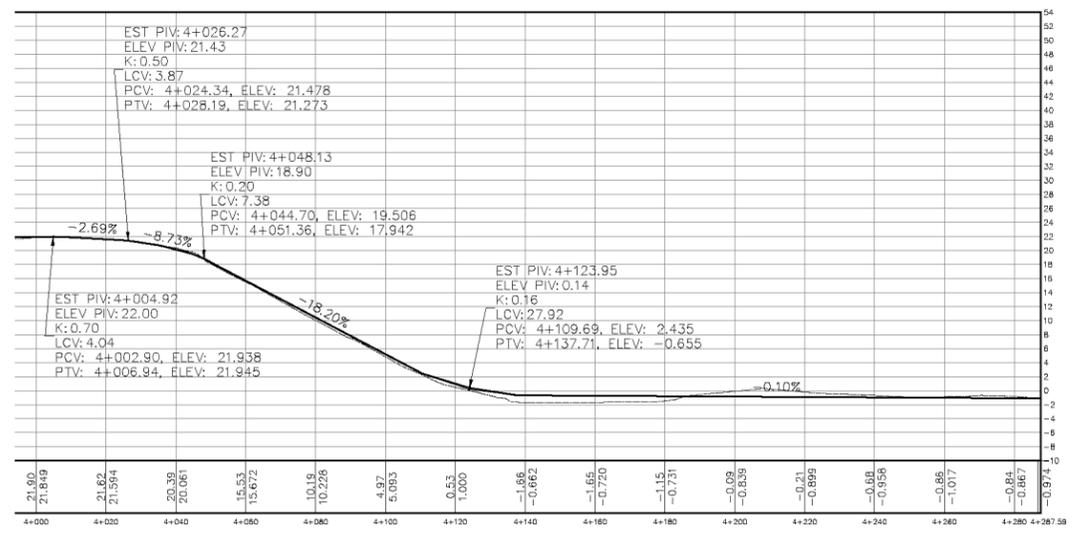
PLANTA ESTACIÓN 3+980 A 4+415
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



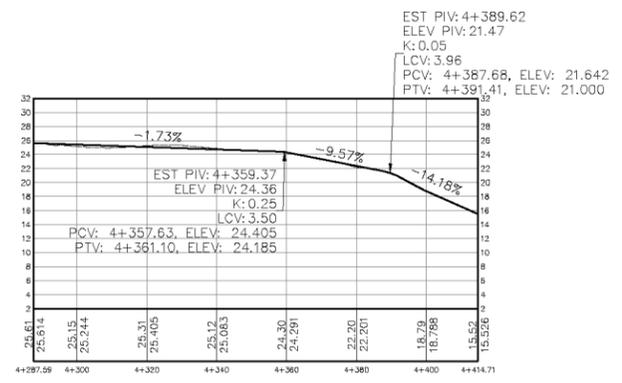
PLANTA ESTACIÓN 4+415 A 4+522
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALINEAMIENTO 2.7
PERFIL ESTACIÓN 4+415 A 4+522
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALINEAMIENTO 2.5
PERFIL ESTACIÓN 3+980 A 4+288
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



ALINEAMIENTO 2.6
PERFIL ESTACIÓN 4+288 A 4+415
ALDEA SAN LUIS
ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVIGADO

FECHA: ENERO 2014

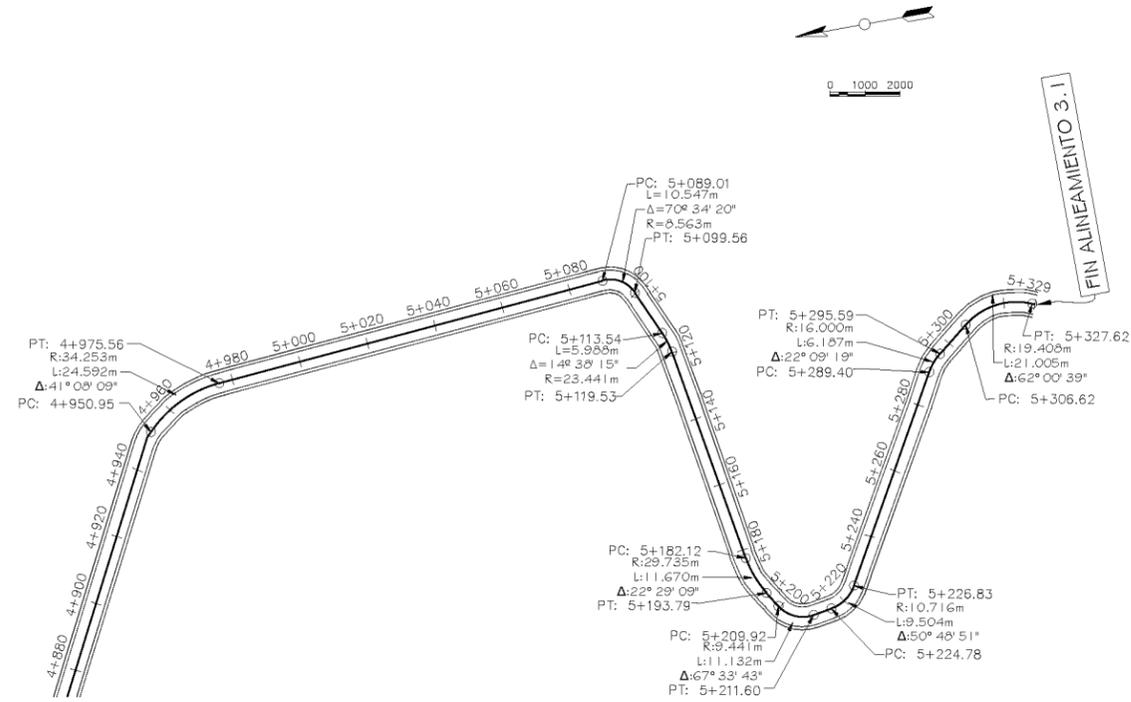
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 3+980 A 4+522

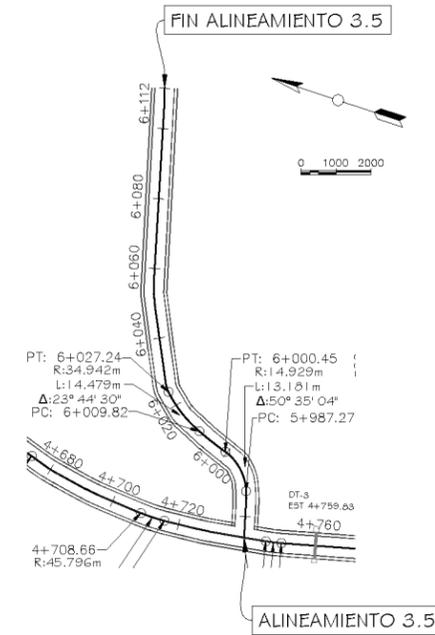
ESPECIAL: LIBIA N. GARCÍA

ESCALA: 1/18

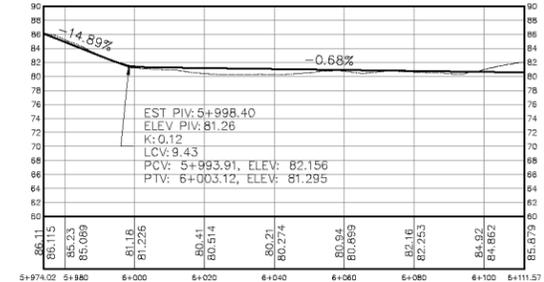
ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR EPS



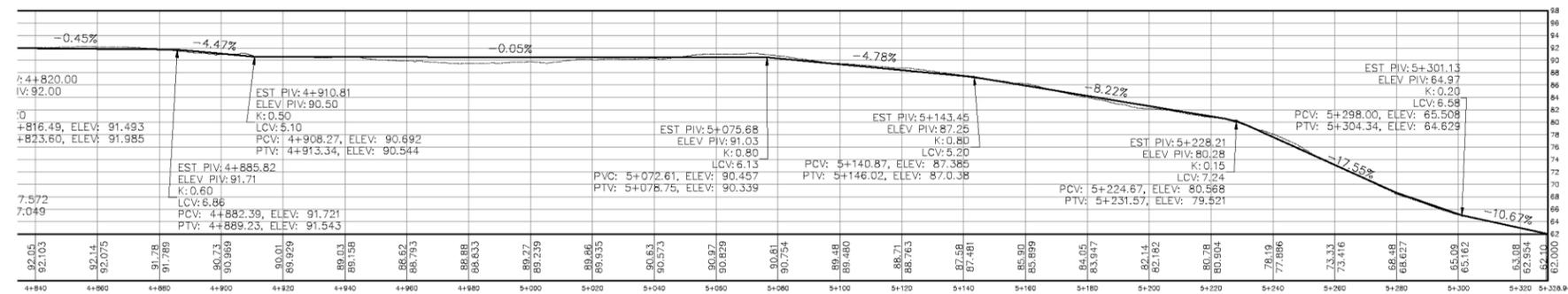
PLANTA ESTACIÓN 4+860 A 5+329
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



PLANTA ESTACIÓN 5+974 A 6+112
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



ALINEAMIENTO 3.5
PERFIL ESTACIÓN 5+974 A 6+112
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500



ALINEAMIENTO 3.1
PERFIL ESTACIÓN 4+860 A 5+329
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/500

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- + ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVIGADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

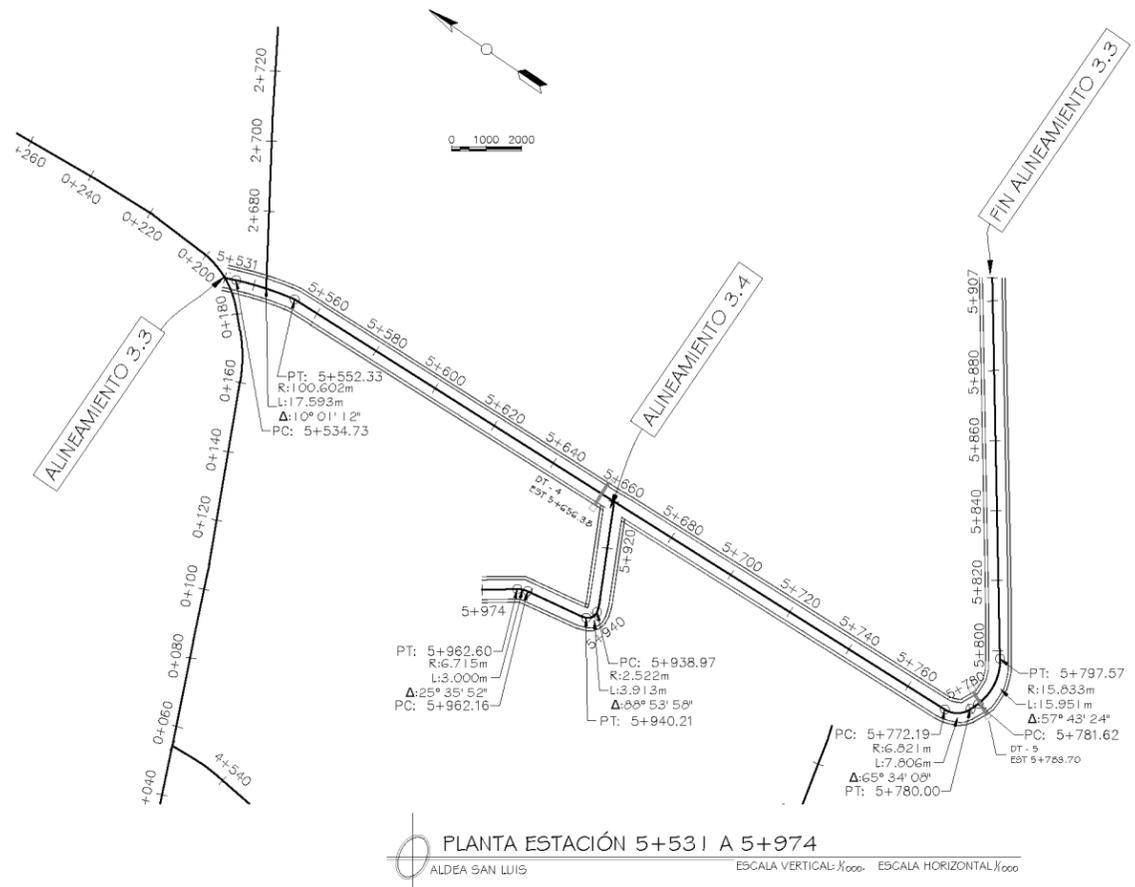
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 4+860 A 5+329 Y EST. 5+974 A 6+112

ESPECIAL: LIBIA N. GARCÍA

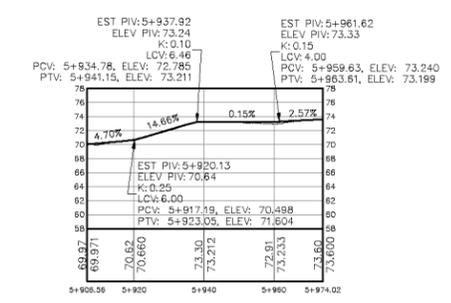
ESCALA: 1/3 INDICADA

LIBIA NADMY GARCÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

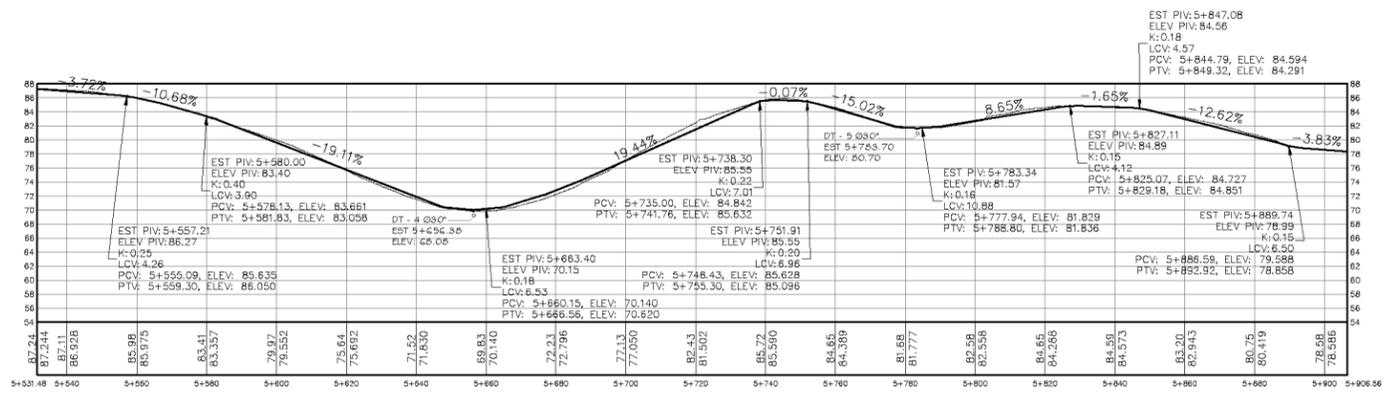
ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR EPS



PLANTA ESTACIÓN 5+531 A 5+974
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/5000



ALINEAMIENTO 3.4
PERFIL ESTACIÓN 5+907 A 5+974
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/5000



ALINEAMIENTO 3.3
PERFIL ESTACIÓN 5+531 A 5+907
ALDEA SAN LUIS ESCALA VERTICAL: 1/500 ESCALA HORIZONTAL: 1/5000

SIMBOLOGÍA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- R = RADIO
- L = LONGITUD DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- PIV = PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
- K = PARÁMETRO DE LA CURVA
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
- PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
- LINEA CENTRAL
- ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FECHA: ENERO 2014

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN

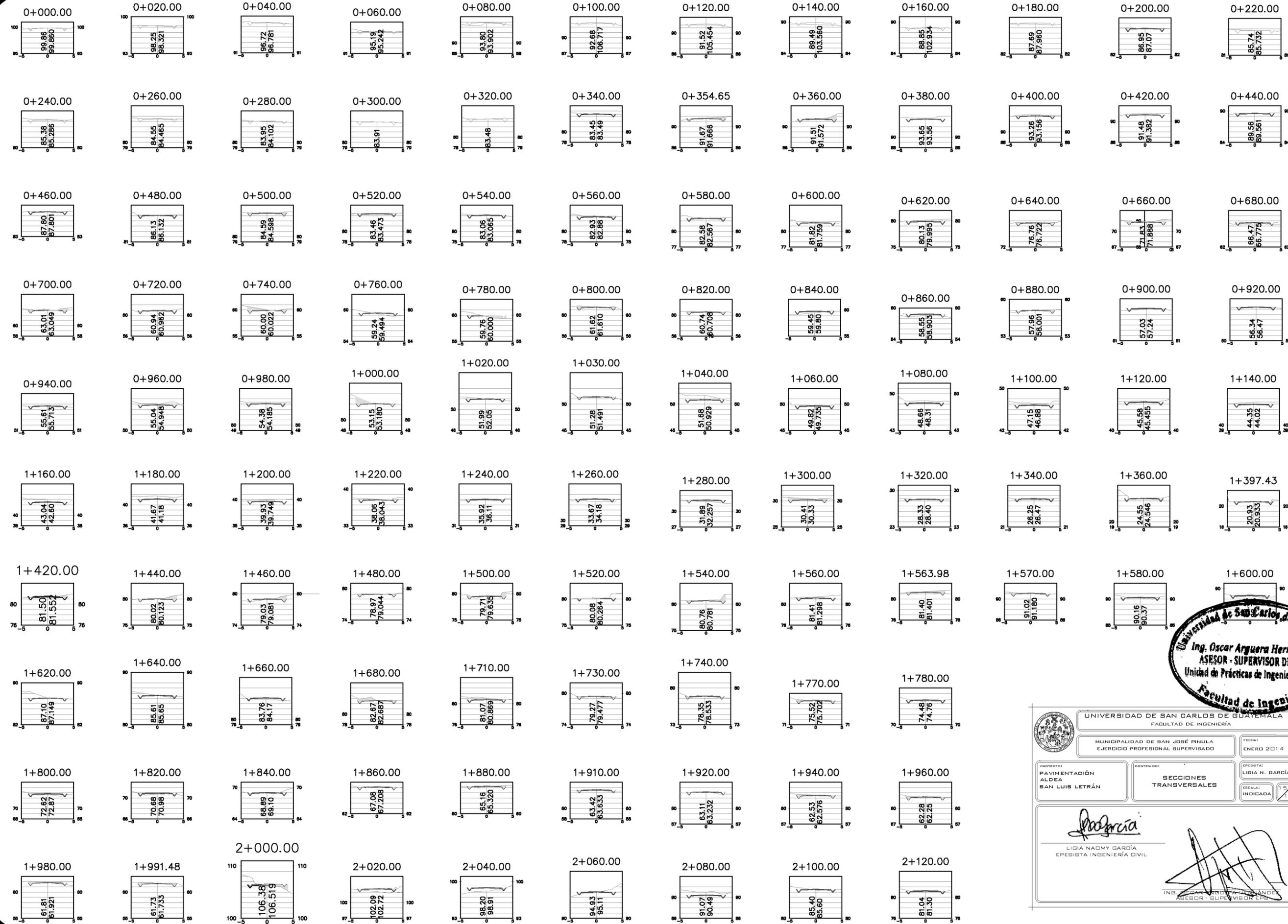
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE EST. 5+531 A 5+974

ESPECIAL: LIBIA N. GARCÍA

ESCALA: 1/4 INDICADA 1/8

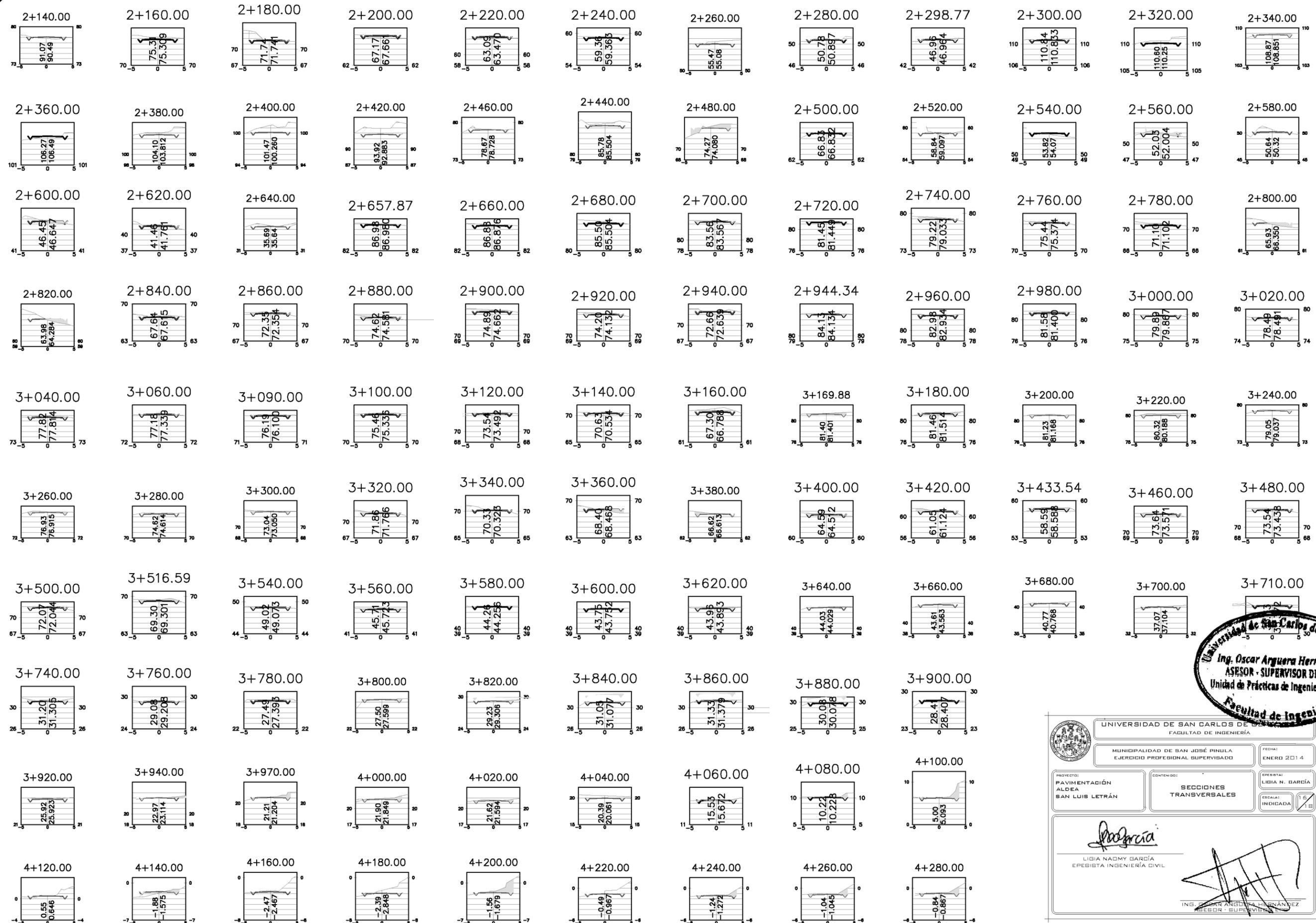
LIBIA NADMY GARCÍA
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR EPS



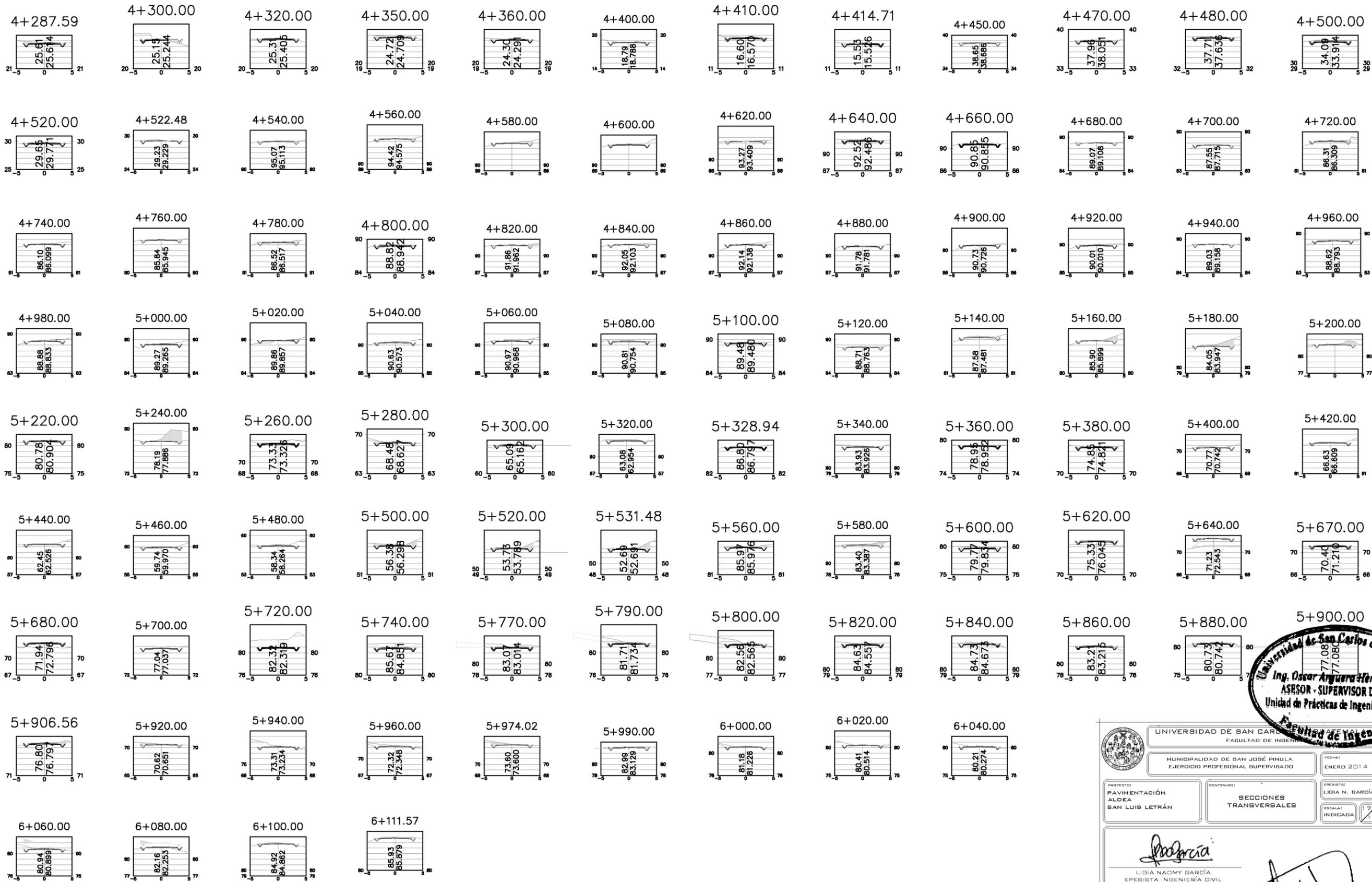
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		FECHA: ENERO 2014
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESPECIAL: LIGIA N. GARCÍA
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA: INDICADA
 LIGIA NAOMY GARCÍA EPEBISTA INGENIERÍA CIVIL		
 INGENIERO OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS		

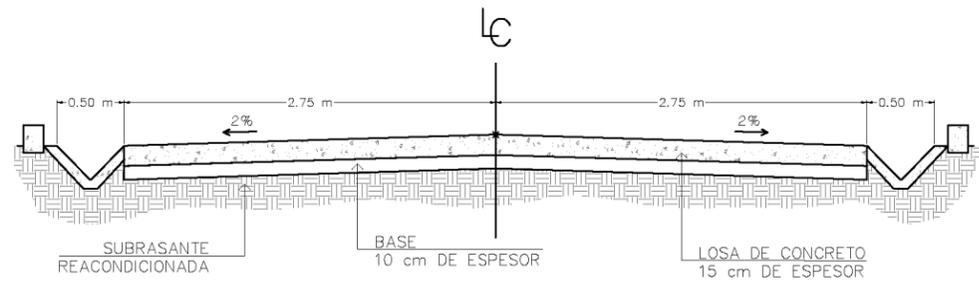


Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		FECHA: ENERO 2014
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROFESOR: LIGIA N. GARCÍA
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA: INDICADA
 LIGIA NACMY GARCÍA EPEBISTA INGENIERÍA CIVIL		 ING. OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		FECHA: ENERO 2014
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES		ESPECIAL: LIGIA N. GARCÍA
 LIGIA NACOMY GARCÍA EPEBISTA INGENIERÍA CIVIL		ESCALA: INDICADA
 ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ ASEBOSOR - SUPERVISOR DE EPS		



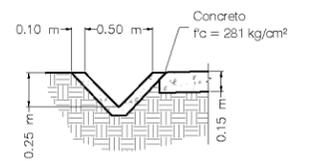
SECCIÓN TÍPICA
ESCALA: 1/25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO

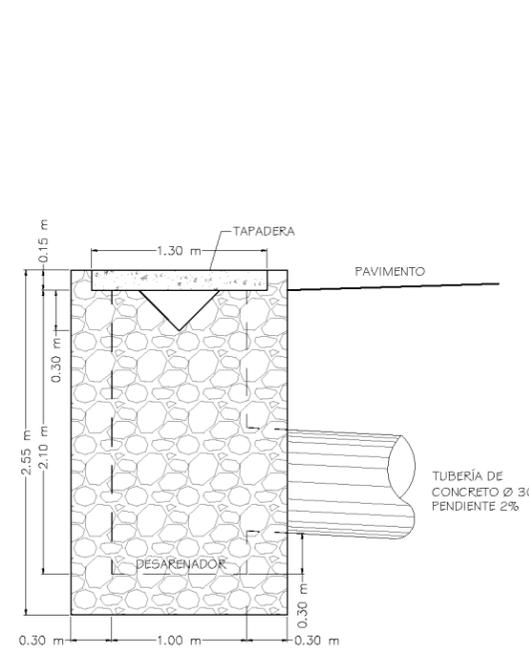
- SUB-RASANTE**
- El terreno deberá ser compactado hasta alcanzar un 95% de compactación, luego de la compactación el terreno debe estar liso y sin asentamientos según AASHTO T-180 (AASHTO Modificado).
 - El contenido de humedad debe estar cercano al 95% de la humedad óptima, la humedad óptima es de 23 %.
- CONCRETO PARA LOSAS**
- El concreto utilizado debe tener una resistencia mínima a la compresión de $f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$ (4,000 psi) a los 28 días después de su fundición, un módulo de ruptura $M_r = 42 \text{ kg/cm}^2$ y una proporción de 1:1.9:2.6, por ningún motivo se debe agregar más agua de la cantidad indicada a la mezcla para hacerla más trabajable.
 - Los agregados utilizados deben ser de calidad y libres de toda materia orgánica que puedan dañar el concreto.
- LOSA DE CONCRETO**
- El espesor de la losa de concreto será de 0.15 m.
 - Luego de colocado el concreto el mismo debe ser compactado con vibradores.
 - Las losas deberán llevar texturizado.
 - Una vez fundidas, texturizadas y ranuradas las losas deben ser curadas como mínimo durante los siguientes 7 días de su fundición.
 - Luego de fundidas las losas se les debe aplicar antisol.
- JUNTAS**
- Las juntas transversales tendrán un espaciamiento de 3 m.
 - Al centro de la sección se colocará la junta longitudinal la cual dividirá en dos carriles el ancho de la vía.
 - Cuando por algún motivo se paralice la fundición de alguna losa deberá colocarse una junta de trabajo.
 - Todas las juntas deben realizarse en un tiempo considerable luego de fundida la losa, debe evitarse realizar las juntas en un tiempo corto o prolongado para evitar agrietamiento en la losa.

NOTAS:

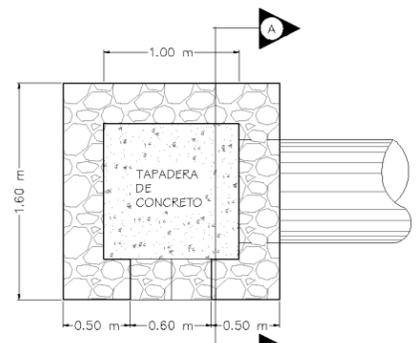
- El ancho de las cunetas será de 60 cm y el espesor de las paredes de las mismas será de 10 cm pudiendo variar a conveniencia del ejecutor.
- El bombeo de la calzada debe ser de 2 %.



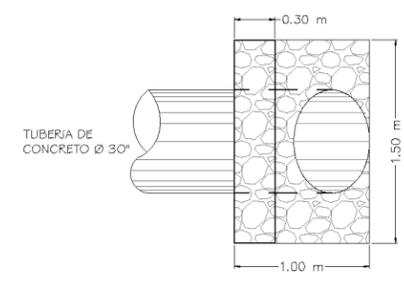
DETALLE DE CUNETA
ESCALA: 1/25



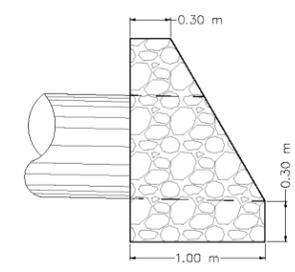
PERFIL DE CAJA
ESCALA: 1/25



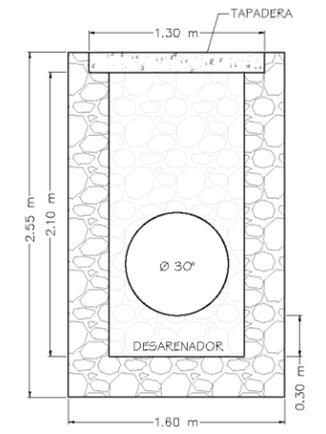
PLANTA DE CAJA
ESCALA: 1/25



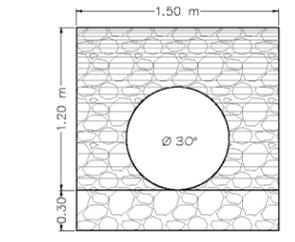
PLANTA DE CABEZAL
ESCALA: 1/25



PERFIL DE CABEZAL
ESCALA: 1/25



SECCIÓN A - A
ESCALA: 1/25



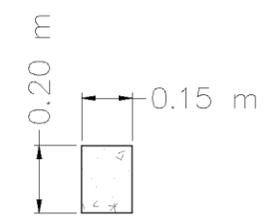
ELEVACIÓN DE CABEZAL
ESCALA: 1/25



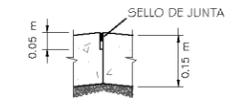
DETALLE DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA: 1/25



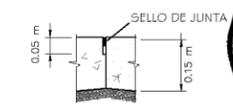
DETALLE DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA: 1/25



DETALLE DE BORDILLO
ESCALA: 1/10



DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL
ESCALA: 1/10



DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL
ESCALA: 1/10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA		FECHA: ENERO 2014
MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		EPESISTA: LIGIA N. GARCÍA
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN ALDEA SAN LUIS LETRÁN	CONTENIDO: DETALLES	ESCALA: INDICADA 1B 1B
 LIGIA NADMY GARCÍA EPESISTA INGENIERÍA CIVIL		
 ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR DE EPS		