



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

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ  
IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL  
CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**

**Roaldo Isaías Chávez Carrillo**

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ  
IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL  
CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ROALDO ISAÍAS CHÁVEZ CARRILLO**

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto 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 Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de septiembre de 2013.



**Roaldo Isaías Chávez Carrillo**



Guatemala, 05 de septiembre de 2014  
Ref.EPS.DOC.944.09.14

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

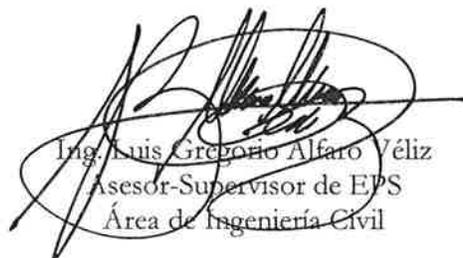
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Roaldo Isaías Chávez Carrillo** con carné No. **200915011**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.**

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. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo



**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,  
10 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 DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Roaldo Isaías Chávez Carrillo**, con Carnet No. 200915011, quien contó con la asesoría del Ing. **Luis Gregorio Alfaro Véliz**.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua  
/bbdeb.





**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,  
17 de octubre 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 DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Roaldo Isaías Chávez Carrillo, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. 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, 22 de octubre de 2014  
Ref.EPS.D.620.10.14

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 DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Roaldo Isaías Chávez Carrillo, carné 200915011**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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. Luis Gregorio Alfaro Véliz y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Roaldo Isaías Chávez Carrillo, titulado **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2014

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 606.2014

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 DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL DESDE EL PUENTE CABUZ IV HACIA LA ALDEA EL NARANJO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Roaldo Isaías Chávez Carrillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alfredo Beber'.

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones



Guatemala, 6 de noviembre de 2014

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la fuerza y sabiduría necesaria para ir siempre por el camino del bien y encaminarme en mi carrera profesional.
- Mis padres** Roaldo Chávez y Mercedes Carrillo. Por su amor, sacrificio y en especial ser mi principal fuente de inspiración y soporte. Por formar un núcleo familiar sólido a base de cariño y comprensión.
- Mis hermanos** Cristian y Ana Lucía Chávez Carrillo. Por estar a mi lado siempre, ser mis compañeros de vida y amigos incondicionales.
- Mis abuelos** Luz Mercedes Carrillo, Anita Dolores y Casimiro Chávez (q.e.p.d.). Por ser los ejes centrales de mi familia, que sin su ayuda dedicación y esfuerzo no estaríamos aquí.
- Mi familia** Por apoyarme, aconsejarme y confiar en mí ante cualquier adversidad en la vida. Porque con la ayuda de todos tengo una familia unida e integrada.

**Mis padrinos**

Max Juárez y Elizabeth de León. Por ser como mis segundos padres y albergarme en el seno de su hogar y preocuparse por mí siempre.

**Andrea Isabel  
Rivera Roldán**

Por su amor, cariño, apoyo y sobre todo su comprensión que desde el momento que nos conocimos me ha brindado.

**Mis amigos**

Por creer en mí y apoyarme siempre.

**Ing. Luis Alfaro**

Por su dedicación al ser mi asesor de EPS, ser un gran amigo y consejero desde mi ingreso a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

**El pueblo de Guatemala**

Por confiar en los estudiantes y brindar apoyo al momento de realizar el EPS, en especial al municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el alma máter de mi carrera profesional, que me ha enseñado a valorar la vida y a las personas.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por exigir a los estudiantes lo necesario, formar profesionales de éxito.
<b>Mis amigos</b>	Andrea Rivera, Rodrigo Barreno, Eduardo Osoy, Octavio González, Diego García, Mariano López, Josué Palacios, Carlos Páez, Fernando Aldana, Juan Tiney, Daniel Domingo, Ligia Rivera, Emerson Rivera, Hillary Cervantes, Oscar Estuardo, Ángel Cortes, Josué Rodríguez, Alex Sosa, Marco Sosa y otros.
<b>Mis tios y tias</b>	Jorge Carrillo, Yesica Carrillo, Luis Chávez, Adolfo Chávez, Hilda Chávez, Sergio Chávez, Rosario López, Abel Magaña, Floridalma Castañeda, Berta Chamalé, Heydi Pineda, Oscar Álvarez, Victoria Espinoza, Max Juárez, Elizabeth de León y otros.
<b>Primos y primas</b>	Heidy Juárez, Karin Juárez, Max Juárez, Josué Chávez, Diana Chávez, Deyanira Chávez,

Christeel Carrillo, Melanie Carrillo, Rodrigo Carrillo, Grace Ceballos, Antonio Magaña, Alan Magaña, Mariana Chávez, Sergio Chávez, Sofía Chávez, Jennifer Chávez, Mariely Chávez, Luisa Chávez, Silvia Chávez y otros.

**Mi cuñada y mi sobrino**

Anelisse Vaidés y Jonatan Vaidés.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos .....	1
1.1.1. Generalidades .....	2
1.1.1.1. Ubicación y localización.....	2
1.1.1.2. Límites y colindancia .....	3
1.1.1.3. Topografía .....	4
1.1.1.4. Clima .....	4
1.1.1.5. Servicios .....	5
1.1.1.6. Transporte .....	6
1.1.2. Aspectos sociales .....	7
1.1.2.1. Demografía.....	7
1.1.2.2. Religión.....	7
1.1.2.3. Educación.....	7
1.1.3. Diagnóstico de necesidades .....	8
1.1.3.1. Descripción de las necesidades .....	8
1.1.3.2. Priorización de las necesidades .....	9

1.2.	Monografía del caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos .....	9
1.2.1.	Generalidades .....	9
1.2.1.1.	Ubicación, localización y colindancias.....	10
1.2.1.2.	Topografía .....	10
1.2.1.3.	Clima .....	11
1.2.1.4.	Servicios.....	11
1.2.2.	Aspectos sociales.....	12
1.2.2.1.	Demografía.....	12
1.2.2.2.	Religión .....	12
1.2.2.3.	Educación.....	12
1.2.3.	Diagnóstico de necesidades en infraestructura .....	13
1.2.3.1.	Descripción de las necesidades .....	13
1.2.3.2.	Priorización de las necesidades .....	13
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	15
2.1.	Diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo de carretera desde el puente Cabuz IV hacia la aldea El Naranjo, municipio de San Rafael Pie de la Cuesta San Marcos. ....	15
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	15
2.1.2.	Estudio preliminar de campo.....	16
2.1.2.1.	Levantamiento topográfico preliminar.....	17
2.1.2.2.	Planimetría .....	18
2.1.2.3.	Altimetría .....	18
2.1.2.4.	Secciones transversales.....	19

2.1.3.	Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras.....	19
2.1.4.	Diseño geométrico de carreteras.....	22
2.1.4.1.	Alineamiento horizontal y vertical .....	22
2.1.4.1.1.	Diseño de localización..	25
2.1.4.1.2.	Diseño de curvas horizontales .....	25
2.1.4.1.3.	Diseño de subrasante...	40
2.1.4.1.4.	Diseño de curvas verticales .....	41
2.1.5.	Movimiento de tierras .....	47
2.1.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales .....	47
2.1.5.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, balance y diagramas de masas .....	49
2.1.6.	Drenajes .....	54
2.1.6.1.	Método racional .....	56
2.1.6.2.	Cuencas .....	57
2.1.6.3.	Coeficiente de escorrentía .....	59
2.1.6.4.	Cálculo de gasto o caudales.....	59
2.1.6.5.	Diseño de cunetas .....	62
2.1.6.6.	Diseño de drenajes transversales.....	65
2.1.7.	Estudio de suelos .....	68
2.1.7.1.	Análisis de la calidad de la subrasante .....	69
2.1.7.1.1.	Ensayo de Proctor modificado .....	69
2.1.7.1.2.	Ensayo de CBR .....	70

	2.1.7.1.3.	Granulometría .....	71
	2.1.7.1.4.	Límites de Atterberg.....	72
	2.1.7.1.5.	Resultados .....	74
	2.1.7.2.	Análisis de la calidad de balasto .....	76
	2.1.7.2.1.	Ensayo de Proctor modificado.....	76
	2.1.7.2.2.	Ensayo de CBR.....	77
	2.1.7.2.3.	Granulometría .....	77
	2.1.7.2.4.	Peso Unitario Suelo (PUS) .....	78
	2.1.7.2.5.	Límites de Atterberg.....	79
	2.1.7.2.6.	Equivalente de arena ....	80
	2.1.7.2.7.	Resultados .....	81
2.1.8.		Carpeta de rodadura .....	84
2.1.9.		Elaboración de planos.....	85
2.1.10.		Presupuesto .....	86
	2.1.10.1.	Integración de precios unitarios.....	86
	2.1.10.2.	Resumen del presupuesto.....	97
2.1.11.		Cronograma de ejecución .....	98
	2.1.11.1.	Física.....	98
	2.1.11.2.	Financiera.....	98
2.1.12.		Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) .....	99
2.1.13.		Evaluación socioeconómica .....	102
	2.1.13.1.	Valor Presente Neto (VPN) .....	103
	2.1.13.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	104
2.2.		Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos. ....	104
2.2.1.		Descripción del proyecto .....	105

2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	105
2.2.2.1.	Planimetría.....	106
2.2.2.2.	Altimetría.....	106
2.2.3.	Período de diseño.....	107
2.2.3.1.	Cálculo de población futura .....	108
2.2.4.	Generalidades de un sistema de alcantarillado ....	109
2.2.5.	Consideraciones de diseño .....	110
2.2.6.	Cálculo de caudales .....	110
2.2.6.1.	Dotación .....	110
2.2.6.2.	Velocidad de flujo .....	111
2.2.6.3.	Tirante o profundidad.....	113
2.2.6.4.	Uso del agua.....	114
2.2.6.5.	Caudal domiciliar .....	114
2.2.6.5.1.	Factor de retorno .....	114
2.2.6.6.	Caudal de conexiones ilícitas .....	115
2.2.6.7.	Caudal de infiltración .....	116
2.2.6.8.	Caudal comercial .....	117
2.2.6.9.	Caudal industrial .....	117
2.2.6.10.	Factor de caudal medio .....	118
2.2.6.11.	Factor de Harmond.....	119
2.2.6.12.	Caudal de diseño.....	119
2.2.7.	Pendiente.....	120
2.2.8.	Cálculo de Cotas Invert .....	122
2.2.9.	Diámetros de tubería .....	123
2.2.10.	Pozos de visita.....	124
2.2.11.	Especificaciones para pozos de visita .....	125
2.2.12.	Conexiones domiciliarias.....	127
2.2.13.	Profundidad de tubería .....	128
2.2.13.1.	Normas y recomendaciones .....	128

2.2.14.	Propuestas de tratamiento .....	131
2.2.14.1.	Diseño de fosas sépticas.....	131
2.2.14.2.	Dimensionamiento de los pozos de absorción.....	133
2.2.15.	Metodología del cálculo.....	134
2.2.15.1.	Diseño del sistema .....	134
2.2.16.	Elaboración de presupuesto.....	140
2.2.17.	Elaboración de planos.....	150
2.2.18.	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) .....	151
2.2.19.	Evaluación socioeconómica .....	154
2.2.19.1.	Valor Presente Neto (VPN) .....	154
2.2.19.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	155
CONCLUSIONES.....		157
RECOMENDACIONES .....		159
BIBLIOGRAFÍA.....		161
APÉNDICES.....		163
ANEXOS.....		171

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa general de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos .....	3
2.	Mapa de ubicación del caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos .....	10
3.	Elementos de una curva horizontal .....	27
4.	Curva vertical cóncava .....	41
5.	Curva vertical convexa .....	42
6.	Método gráfico para el cálculo de secciones transversales .....	48
7.	Representación gráfica de corte o relleno .....	50
8.	Cálculo analítico de distancia de paso .....	51
9.	Diagrama de masas .....	54
10.	Cuenca hidrográfica del río Suchiate .....	58
11.	Geometría de cuneta propuesta.....	63
12.	Dimensiones de cuneta.....	63
13.	Sección transversal de tubería.....	66
14.	Curva de distribución granulométrica .....	72
15.	Cronograma de ejecución física.....	98
16.	Cronograma de ejecución financiera.....	99
17.	Tirante de flujo o profundidad.....	113

### TABLAS

I.	Transporte extraurbano.....	6
II.	Características geométricas para el diseño de carreteras .....	21

III.	Tabla de sobreelevación por tipo de terreno.....	31
IV.	Valores máximos típico para e y f.....	32
V.	Resumen de diseño de curvas horizontales .....	38
VI.	Valores K para curvas según la velocidad de diseño.....	44
VII.	Resumen de diseño de curvas verticales .....	44
VIII.	Relaciones para dibujo de taludes .....	49
IX.	Coeficiente para distintos tipos de terreno.....	59
X.	Clasificación típica para el uso de materiales .....	71
XI.	Aplicación y comportamiento según clasificación AASHTO .....	75
XII.	Aplicación y comportamiento según clasificación AASHTO .....	83
XIII.	Desglose de presupuesto unitario del diseño de la ampliación y mejoramiento de la carretera desde el puente Cabuz hasta la aldea El Naranjo .....	87
XIV.	Integración de presupuesto del diseño de la ampliación y mejoramiento de la carretera desde el puente Cabuz hasta la aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos. ....	97
XV.	Dotaciones indicadas en las normas de diseño.....	111
XVI.	Profundidad de tubería .....	128
XVII.	Ancho y profundidad de zanjas en función del diámetro de tubería .....	130
XVIII.	Datos del proyecto de alcantarillado sanitario .....	135
XIX.	Presupuesto alcantarillado sanitario .....	141

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
@	A cada cierta distancia
cm	Centímetros
Q	Caudal máximo
C	Coeficiente de escorrentía
N	Coeficiente de rugosidad
CM	Cuerda máxima
H	Desnivel del cauce
$\phi$	Diámetro
A	Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales
d <sub>1</sub>	Distancia de paso
D	Distancia entre estaciones
°	Grados
I	Intensidad máxima de la lluvia
kg	Kilogramo
kg/m <sup>2</sup>	Kilogramo por metro cuadrado
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo por metro cúbico
km	Kilómetro
KPH	Kilómetro Por Hora
lb/pie <sup>3</sup>	Libra por pie cúbico
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
l	Litro

<b>l/s</b>	Litro por segundo
<b>l/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>Lc</b>	Longitud de curva
<b>L</b>	Longitud del cauce
<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>m</b>	Metro
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>'</b>	Minutos
<b>N</b>	Newton
<b>emáx</b>	Peralte máximo
<b>P</b>	Período de diseño
<b>Pf</b>	Población futura
<b>Pac</b>	Población actual
<b>PV</b>	Pozo de Visita
<b>PU</b>	Precio Unitario
<b>γs</b>	Peso específico del suelo
<b>%C</b>	Porcentaje de compactación
<b>S</b>	Porcentaje de pendiente
<b>PI</b>	Punto de intersección de las tangentes
<b>PC</b>	Punto en donde se inicia la curva
<b>PT</b>	Punto en donde se termina la curva
<b>R</b>	Radio
<b>Rh</b>	Radio hidráulico
<b>Rec</b>	Recubrimiento
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>d/D</b>	Relación de diámetros
<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>Fy</b>	Resistencia del acero a tensión

<b>F'c</b>	Resistencia del concreto a compresión
<b>"</b>	Segundos
<b>B</b>	Separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje
<b>St</b>	Subtangente
<b>Σ</b>	Sumatoria
<b>tc</b>	Tiempo de concentración
<b>V</b>	Velocidad



## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials, es decir Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Material es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.
<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde cero a 360 grados.
<b>Candela</b>	Receptáculo, el cual su función es recibir las aguas negras provenientes del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Compactación</b>	Acción de lograr que un material alcance una textura apretada o maciza.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
<b>Cabezales para alcantarillas</b>	Son estructuras de concreto ciclópeo, concreto estructural o mampostería. Colocados en los extremos de las alcantarillas, entrada y salida, para estabilizar la tubería y sostener el terraplén.

<b>Curvas de transición</b>	Se utilizan para proporcionar un cambiogradual de dirección cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a un tramo de curva circular.
<b>Derecho de vía</b>	Es el área que el estado reserva, para ser usada en la construcción de carreteras.
<b>DIF</b>	Duración Intensidad Frecuencia.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>IP</b>	Índice Plástico.
<b>PVC</b>	Son las siglas en inglés de <i>Poli Vinil Chloride</i> , denominan productos de cloruro de polivinilo.
<b>Rasante</b>	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
<b>Talud</b>	Son los planos inclinados de la terracería, los cuales delimitan volúmenes de corte o terraplén.
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno.
<b>VPN</b>	Valor Presente Neto.

## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se presenta finalmente el resultado que contrae la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en la Municipalidad del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta ubicado en el departamento de San Marcos, y contiene propuestas para solucionar dos problemáticas de las muchas que tienen los habitantes, enfocándose a dos comunidades en general, siendo estas la comunidad del caserío Nuevo San Rafael y las comunidades que utilizan el camino desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo.

La primera parte lleva por nombre fase de investigación y en ella se encuentra el estudio monográfico del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, siempre enfocándolo a las comunidades anteriormente mencionado. También se podrá encontrar un diagnóstico acerca de las principales necesidades que las comunidades sufren.

La segunda parte lleva por nombre fase de servicio técnico profesional y en ella se encuentra el desarrollo de las propuestas para la solución de los problemas definidos en la fase de investigación. La comunidad del caserío Nuevo San Rafael presenta la problemática de no poseer un sistema de alcantarillado sanitario, por lo que se plantea un diseño completo para la implementación de este proyecto. Por otro lado muchas personas afirman que la carretera que conduce a la aldea El Naranjo se encuentra en pésimas condiciones, por lo tanto se adjunta el diseño completo para la ampliación y mejoramiento del tramo desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar la ampliación y mejoramiento del camino rural desde el puente Cabuz IV hacia la aldea El Naranjo y sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

### **Específicos**

1. Realizar el estudio diagnóstico del municipio y con ello realizar la monografía con el fin de encontrar las problemáticas más notorias e intentar darle una solución, por medio de los conocimientos profesionales con que se cuenta.
2. Promover un diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El naranjo, que cumpla con los requerimientos que estipulan las normas y reglamentos que rigen a Guatemala, con la finalidad de elevar el nivel de vida de las personas beneficiadas.
3. Desarrollar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael que cumpla con los requerimientos de ley. Realizar una comparación entre los resultados obtenidos utilizando parámetros actuales y futuros en un período de 21 años.



## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) tiene como fin primordial aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y brindar apoyo a las comunidades más necesitadas en el territorio nacional. Es por eso que en esta oportunidad el EPS se centra en el municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, el cual se encuentra ubicado en el departamento de San Marcos, territorio que fue severamente afectado por el sismo del 7 de noviembre del 2012.

Por lo tanto, es necesario aplicar los conocimientos de ingeniería civil para intentar ayudar a la sociedad. Las comunidades presentan muchas problemáticas y es imposible que una persona logre arreglar todo, pero si es posible aportar algo a las comunidades para que poco a poco salgan adelante.

Un problema puntual que agobia a las comunidades es el mal estado de la carretera o caminos rurales. Como por ejemplo, el tramo de carretera que inicia a 1 kilómetro del casco urbano, exactamente desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo, que se encuentra en pésimas condiciones. A inmediaciones del tramo existen otras comunidades que también tienen este problema siendo estas: caserío las Palmas, aldea Chayen, caserío Las Palomas y aldea El Naranjo. El tramo consta de aproximadamente 6 kilómetros de longitud.

Es necesario realizar el diseño del mejoramiento de todas las curvas horizontales y verticales que estén en mal estado, asimismo, es necesario proponer el tipo de material que ha de tener la capa de rodadura.

El problema principalmente se concentra en el mal estado de la carretera y esto es a raíz de la inconsciencia de las autoridades competentes en no darle el mantenimiento requerido a los caminos comunales.

Otro caso que presenta una gran problemática a resolver tiene lugar en el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, el cual es que no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, provocando mucha contaminación en el medio. El caserío tiene una longitud aproximada de 4 000 metros, contando las veredas, entradas, sectores y calle central.

Es por eso que se prioriza el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, el cual está conformado por colector principal de PVC, con 4 kilómetros de longitud, y pozos de visita contruidos de ladrillo tayuyo, para un período de diseño de 21 años. El caserío se encuentra a 2 kilómetros del casco urbano del municipio, se divide en dos sectores para fines de diseño a razón de la pendiente del lugar. Para el diseño y construcción del proyecto será necesario utilizar normas específicas de construcción determinadas por el INFOM, además de ello se cuenta con el apoyo de los vecinos, el COCODE y el alcalde auxiliar.

De ambos proyectos se elabora el presupuesto para determinar el costo de los mismos, la planificación y cronogramas de ejecución.





# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Monografía del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

El municipio se creó por Acuerdo Gubernativo del 4 de enero de 1850 en el paraje que se conocía como Pie de La Cuesta. En el catálogo razonado de las *Leyes de Guatemala*, de Alejandro Marure, promulgado en 1856, aparece que, el municipio se creó por Acuerdo Gubernativo del 4 enero de 1850: a solicitud de los habitantes del paraje nombrado Pie de La Cuesta para que se les permita formar una población en ese lugar. Si bien en su creación se hizo la mención de: Pie de La Cuesta, se le mencionó siempre como San Rafael, inclusive en la *Demarcación Política* de la República de Guatemala, en los boletines de la Oficina de Estadística de 1892, y de noviembre 1913 se nombra ya al municipio como San Rafael Pie de la Cuesta.

La fiesta titular de San Rafael Pie de la Cuesta es del 20 al 26 de octubre. El día principal es el 24 de octubre. La segunda fiesta titular es el 7 de diciembre. Actualmente en el municipio antes mencionado se tienen diversas costumbres que hacen del mismo un lugar especial, entre las cuales se pueden mencionar:

- Convites

También se conoce como el baile de gracejos, donde participan personas de ambos sexos, quienes usan máscaras y trajes estrafalarios, al ritmo de

marimbas realizan bailes sin faltar el tradicional Diablo el 7 de diciembre de cada año.

- **Procesiones y Semana Santa**

Dentro de las principales procesiones que se efectúan en el municipio, sobresale la del 23 de octubre de cada año en honor al patrono San Rafael Arcángel, el 7 de diciembre en honor a la virgen de Concepción, así como las solemnes procesiones de Semana Santa poniendo de manifiesto, el fervor católico de la población.

Uno de los actos de mayor tradición es la representación de la Pasión de Cristo, por su naturaleza y entrega de los participantes, el cual es muy visitado, todo el acto de escenificación, se realiza con artistas de la localidad, dando inicio el miércoles santo y finaliza el viernes santo.

### **1.1.1. Generalidades**

Es de suma importancia realizar una investigación generalizada del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta para conocer a grandes rasgos la forma en que se desarrolla la población y de esta manera enfocarse en las necesidades principales.

#### **1.1.1.1. Ubicación y localización**

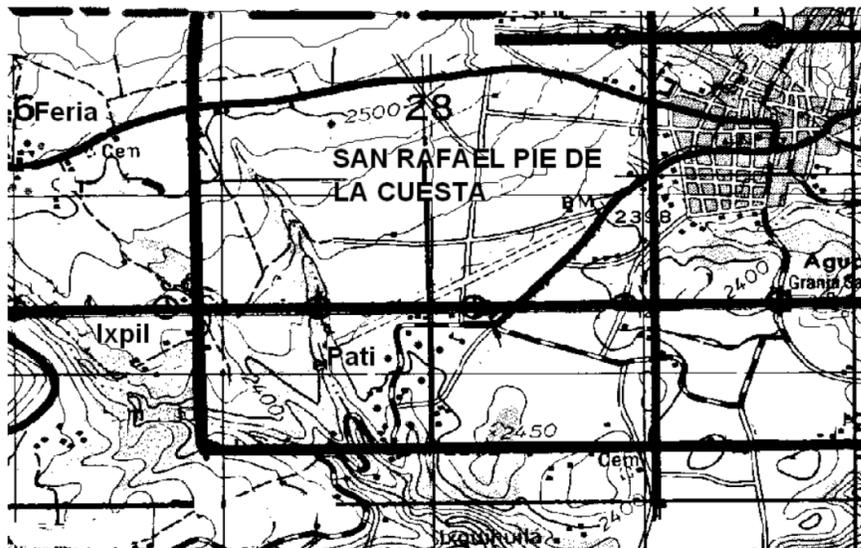
El municipio de San Rafael Pie de la Cuesta se encuentra ubicado en la sección de la llanura en el departamento de San Marcos. Se encuentra a 279 kilómetros de distancia de la ciudad capital y a 27 kilómetros de la cabecera departamental del departamento de San Marcos.

El mismo se localiza por medio de coordenadas geográficas sobre la superficie terrestre en latitud 14 grados 55 minutos 50 segundos en dirección al norte, en longitud 91 grados 54 minutos 48 segundos en dirección al oeste y finalmente con una altura de 1 038,54 metros sobre el nivel del mar.

#### 1.1.1.2. Límites y colindancia

Los límites territoriales del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta son: al norte con el municipio de San Pablo, comunidad agraria el Porvenir, parcelamiento El Matasano y el municipio de San Marcos; al sur, con el municipio del Tumbador, finca Australia y el municipio de Nuevo Progreso; al este con los municipios de Esquipulas Palo Gordo, aldea Fraternidad y municipio de San Marco; al oeste con el municipio de San José El Rodeo y municipio de San Pablo.

Figura 1. Mapa general de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos



Fuente: Mapa cartográfico de Guatemala. IGN.

### **1.1.1.3. Topografía**

El terreno en general que ocupa el municipio presenta una topografía accidentada propia de las coladas de lava, de forma escarpada (pendientes mayores al 50 por ciento), con alturas superiores a los 3 000 metros sobre el nivel del mar, correspondiendo a algunos cerros y antiguos conos volcánicos que se extendieron de oeste a este en el país, siendo esto evidente por la forma cónica.

El municipio mismo es parte de la Sierra Madre, y se localiza al pie de las montañas volcánicas que pertenecen al complejo tectónico del volcán de Tajumulco.

### **1.1.1.4. Clima**

La temperatura que predomina en el municipio es la templada. Aunque existen partes con temperaturas frías, propias de los caseríos colindantes con San Marcos y San Pedro Sacatepéquez, hasta las temperaturas cálidas en la región que colinda con San Pablo, el Rodeo y el Tumbador.

El municipio presenta niveles de lluvia importantes, aproximadamente 10 meses del año. Los meses más húmedos se encuentran comprendidos de marzo a diciembre y los más secos enero y febrero. Se estima una precipitación media anual dentro del rango de los 4 500 a 5 000 milímetros cúbicos y los más secos enero y febrero.

La estación meteorológica más cercana a San Rafael Pie de la Cuesta, es la que se encuentra ubicada con las coordenadas latitud 145 120 y longitud 920 438 en el municipio de Catarina, San Marcos, llamada estación Catarina.

La misma indica que su temperatura es templada oscilando en los 28,5 grados Celsius, por estar ubicado en la boca costa, tornándose ligeramente frío en la época lluviosa. La precipitación pluvial es de 4 604 milímetros anualmente y durante el invierno las lluvias son abundantes, siendo casi 180 días de lluvia al año, distinguiéndose claramente solo la época seca y lluviosa, la velocidad del viento es de aproximadamente 4,5 kilómetros por hora con dirección variada y la humedad relativa es de 80 por ciento.

#### **1.1.1.5. Servicios**

Los servicios básicos son prestados por medio de instituciones públicas y privadas cuya finalidad principal es la prestación de servicios colectivos, entre los que podemos mencionar:

- Servicio de drenaje sanitario: actualmente el 60 por ciento de las viviendas están conectadas al drenaje municipal.
- Energía eléctrica: a pesar de los excesivos pagos mensuales por adquirir este servicio, se cuenta con energía eléctrica en todas las comunidades. Es distribuida por la Unión Fenosa y su sucursal DEOCSA.
- Telefonía: es muy reducido el número de familias que poseen una línea fija. El uso de la telefonía móvil es mayor en todas las comunidades ya que 8 de cada 10 personas mayores de edad poseen un móvil para llamadas.
- Manejo de desechos sólidos: la recolección de basura únicamente es realizada en la cabecera municipal y comunidades aledañas, para ser trasladada a un botadero municipal territorio del municipio de San Pablo.

### 1.1.1.6. Transporte

El municipio cuenta con servicio de transporte que conduce de la cabecera departamental a San Rafael Pie de la Cuesta, Malacatán del departamento de San Marcos y Coatepeque del departamento de Quetzaltenango, en estas rutas transitan la mayor parte de los buses extraurbanos.

El transporte intermunicipal que comunica a las comunidades son microbuses, *pick up* y camiones, de esta forma la mayor parte de los habitantes resuelven la necesidad de desplazarse de sus comunidades hacia la cabecera municipal para satisfacer sus necesidades de carácter económico y diligencias de carácter administrativo. La topografía del municipio no permite disponer de otro tipo de transporte ya que los caminos son angostos, por lo que debieran ampliarse.

Tabla I. Transporte extraurbano

Transporte	Ruta	Días	horario	Costo
SHECANITA	San Pedro Sacatepéquez/San Rafael pie de la Cuesta/Malacatán	Todos	Cada media hora	Q. 15
SAMPEDRANA	San Pedro Sacatepéquez/San Rafael pie de la Cuesta/Malacatán.	Todos	Cada 30 min	Q. 15
GUILLEN	San Pedro Sacatepéquez/San Rafael pie de la Cuesta/Coatepeque	Todos	Cada 30 min	Q. 20
SANTA ELENA	San Pedro Sacatepéquez/San Rafael pie de la Cuesta/Coatepeque	Todos	Cada 30 min	Q. 20
RAPIDOS DEL SUR	Guatemala/San Rafael pie de la Cuesta	Todos	03:00 y 15:00 horas.	Q. 80

Fuente: SEGEPLAN, 2010.

## **1.1.2. Aspectos sociales**

El municipio de San Rafael Pie de la Cuesta cuenta con diversas culturas, las cuales realizan diferentes actividades y cada vez es más notoria la intensificación en masa debido al crecimiento demográfico.

### **1.1.2.1. Demografía**

La población total estimada actualmente es de 16 204 habitantes con una proporción entre hombres y mujeres de 46,43 y 53,57 por ciento respectivamente, sobre el total de la población. Tomando en cuenta los datos demográficos según el XI Censo de Población y VI de Habitación del 2002, realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) se encuentra que la tasa de crecimiento corresponde a 3,5 por ciento anual.

### **1.1.2.2. Religión**

La religión predominante en San Rafael Pie de la Cuesta es la católica con un promedio de 63 por ciento, seguida de la religión evangélica con un 30 por ciento, existiendo la religión mormona, sabatista y otros, que representan el 7 por ciento.

### **1.1.2.3. Educación**

Todas las comunidades del municipio tienen su correspondiente escuela sobre todo en el nivel primario, en el 2009 se tuvo una matrícula significativa de acuerdo a la información suministrada por la DIEDUC en el departamento de San Marcos, en nivel parvulario funcionan 19 establecimientos, 26 escuelas de nivel primario, 5 básicos y únicamente un establecimiento de nivel diversificado

el Instituto Privado Mixto Miguel Ángel Asturias, que sirve carreras tradicionales como perito contador y secretariado comercial, ante la carencia de oferta educativa en el nivel diversificado se genera lamigración educativa de los estudiantes hacia municipios como Malacatán, San Marcos y San Pedro Sacatepéquez.

La tasa neta de cobertura en todos los sectores manifiesta el mismo comportamiento, como por ejemplo en el 2007 con base a datos del INE sobre educación, se obtuvo una tasa neta en el sector primario de 94,35, básico 55,92 por ciento y diversificado de 9,14 por ciento.

### **1.1.3. Diagnóstico de necesidades**

Debido al crecimiento poblacional es necesario realizar un análisis para determinar el tipo de proyectos que se deberían de realizar en el municipio para bien de la comunidad. Por medio de entrevistas y otros instrumentos de investigación, con la ayuda de personas locales, se realizó una evaluación para determinar los problemas y necesidades más importantes y factibles para realizar en el municipio.

#### **1.1.3.1. Descripción de las necesidades**

El municipio de San Rafael Pie de la Cuesta se encuentra en un desarrollo constante, pero a pesar de ello padece de muchas necesidades. Luego de realizado el diagnóstico con personas de la localidad se llega a la conclusión que la principal necesidad que agobia a la población es:

- Falta de proyectos de infraestructura: debido al transcurrir de los años y el crecimiento exponencial de personas, las obras de infraestructura se

van deteriorando y la vida útil de los proyectos ya construidos finaliza, por lo que comienzan una etapa de decadencia y afecta directamente a la población.

### **1.1.3.2. Priorización de las necesidades**

Se priorizaron los siguientes proyectos luego de realizar el análisis de las mayores necesidades del municipio: entre los proyectos de infraestructura de mayor necesidad en el municipio de San Rafael Pie de la Cuesta están:

- Falta de sistemas de alcantarillado sanitario en comunidades
- Falta de carreteras en buen estado

## **1.2. Monografía del caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos**

Es de suma importancia realizar una breve descripción monográfica del lugar en donde se realizara uno de los proyectos de infraestructura. Para la realización de estas investigaciones se recurrió a las personas de la localidad, quienes constantemente aportaron una gran ayuda para realizar todo tipo de estudios preliminares.

### **1.2.1. Generalidades**

Para la realización de un proyecto en un lugar determinado y exacto, es necesario previamente conocer los aspectos generales del lugar. La información es obtenida por medio de instrumentos de investigación con ayuda de personas de la localidad, así como de la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

### 1.2.1.1. Ubicación, localización y colindancias

El caserío Nuevo San Rafael está ubicado a 2 kilómetros de la cabecera municipal del municipio. La vía de acceso para llegar al caserío, es por medio de la Ruta Nacional Número 1, carretera asfaltada y conduce desde la cabecera departamental de San Marcos hasta Malacatán. Colinda al norte con aldea La Ceiba, oeste con caserío Palo Quemado, al sur con aldea Chayen y al este con el municipio de San Pablo.

Figura 2. **Mapa de ubicación del caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos**



Fuente: Google Earth. Consulta: 3 de septiembre del 2014.

### 1.2.1.2. Topografía

El caserío Nuevo San Rafael se encuentra ubicado a lo largo de la carretera por ambos lados. La topografía de este sector se torna accidentada en algunos tramos con pendientes altas. Como bien se mencionó, el caserío está a

lo largo de carretera, y la carretera en este tramo presenta un cambio de pendiente, es decir, en una parte es subida y en otra parte es bajada.

### **1.2.1.3. Clima**

El clima es cálido, ya que el caserío se encuentra muy cerca de la cabecera municipal y colinda con el municipio de San Pablo. La temperatura oscila entre 18 y 30 grados Celsius. Se presentan constantes lluvias durante casi 10 meses del año, lo que hace que sea una región muy tropical.

La estación meteorológica más cercana a San Rafael Pie de la Cuesta es la que se encuentra ubicada con las coordenadas latitud 145 120 y longitud 920 438 en el municipio de Catarina, San Marcos, llamada “estación Catarina”. La misma indica que su temperatura es templada oscilando en los 28,5 grados Celsius, por estar ubicado en la boca costa, tornándose ligeramente frío en la época lluviosa. La precipitación pluvial es de 4 604 milímetros anualmente y durante el invierno las lluvias son abundantes, siendo casi 180 días de lluvia al año, distinguiéndose claramente solo la época seca y lluviosa, la velocidad del viento es de aproximadamente 4,5 kilómetros por hora con dirección variada y la humedad relativa es de 80 por ciento.

### **1.2.1.4. Servicios**

El caserío Nuevo San Rafael a pesar de estar ubicado tan cerca a la cabecera municipal de San Rafael Pie de la Cuesta no consta con algunos de los servicios básicos como es el de abastecimiento de agua potable constante, servicio de un sistema de alcantarillado sanitario. Si existe servicio de telefonía móvil, servicio de electricidad y transporte por medio de tuctuc.

## **1.2.2. Aspectos sociales**

Es necesario realizar el respectivo análisis para disponer de toda la información sobre el caserío. Los aspectos sociales son de mucha importancia para realizar el proyecto ya que por medio de estos se realiza el diagnóstico de las necesidades.

### **1.2.2.1. Demografía**

Según el XI Censo de Población y VI de Habitación de 2002 realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el caserío Nuevo San Rafael hay 1 250 personas. La tasa de crecimiento es la misma para todo el municipio de 3,5 por ciento anual.

### **1.2.2.2. Religión**

La religión predominante en el caserío Nuevo San Rafael es la católica con un promedio de 63 por ciento, seguida de la religión evangélica con un 30 por ciento.

### **1.2.2.3. Educación**

En el caserío Nuevo San Rafael existe una escuela de nivel primario llamada: Escuela Nacional de Autogestión Comunitaria PRONADE y una escuela de nivel preprimaria llamada: Escuela Nacional de Autogestión Comunitaria PRONADE anexa. El caserío no cuenta con instituto de nivel básico, por lo que para optar a este nivel es necesario asistir a los institutos de la cabecera municipal. Cabe mencionar que el caserío Nuevo San Rafael consta con una institución que funciona como escuela para personas con

capacidades especiales llamada Gissell, lugar que cumple una gran obra social ya que se mantiene por cuenta propia y está abierta a todas las personas que necesiten de este servicio.

### **1.2.3. Diagnóstico de necesidades en infraestructura**

Con el fin de llevar a cabo un análisis orientado a responder las necesidades reales de los pobladores del caserío, se realiza un diagnóstico con ayuda de personas de la localidad.

#### **1.2.3.1. Descripción de las necesidades**

Realizando el respectivo diagnóstico general en la comunidad por medio de instrumentos de investigación, se puede comprobar que el caserío sufre de muchas necesidades en infraestructura, asimismo, de necesidades sociales.

#### **1.2.3.2. Priorización de las necesidades**

Debido a la falta de conciencia social por parte de las autoridades del municipio se concluye que el municipio no cuenta con servicios básicos como es la instalación de un sistema de alcantarillado sanitario, lo que hace que muchas personas sufran por enfermedades gastrointestinales y a pesar que el municipio se encuentra en una zona boscosa y muy bella a la vista, también posee mal olor producido por las aguas residuales que se encuentran a flor de tierra.

Además la gran mayoría de las casas tienen ya más de 50 años de estar construidas y asimismo muchas presentan fosa séptica, pero según las personas de la localidad, nunca se les ha dado mantenimiento, por lo que se

puede concluir que esos sistemas han colapsado y únicamente funcionan como una cámara de gases esperando a desbordarse.

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

### **2.1. Diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo de carretera desde el puente Cabuz IV hacia la aldea El Naranjo, municipio de San Rafael Pie de la Cuesta San Marcos**

El diseño de una carretera tiene principios básicos, los cuales se argumentan bajo parámetros y normativos especiales en Guatemala. El proyecto tiene total aceptación, ya que cumple con todos los requisitos de diseño.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero desde el puente Cabuz IV hacia la aldea el naranjo. El tramo carretero inicia su trayectoria a 2 kilómetros de la cabecera municipal de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos. A lo largo de todo el recorrido se encuentran varias comunidades las cuales son las principales beneficiadas con la implementación de este proyecto.

El tramo carretera tiene una longitud total de 7 kilómetros. La carretera actualmente se encuentra en uso pero en pésimas condiciones debido a que no se cuenta con un diseño profesional, lo cual es un gran problema porque San Rafael Pie de la Cuesta se encuentra en una zona de precipitaciones intensas y frecuentes.

La población de la aldea El Naranjo y las comunidades aledañas por lo general tienen la necesidad de transportarse diariamente hacia la cabecera municipal por la cercanía, pero la mala condición en que se encuentra la carretera hace que muchas personas prefieran utilizar brechas peligrosas o finalmente deciden no movilizarse, perdiendo así oportunidades de superación.

Por las condiciones del lugar a ejecutar el proyecto y a algunos estudios detallados más adelante, se obtiene que la carretera a diseñar finalmente será tipo E de acuerdo a las características geométricas para el diseño de carreteras que la Dirección General de Caminos estipula, así mismo considerando una región ondulada ya que por simple inspección se puede observar las medianas y variables pendientes.

### **2.1.2. Estudio preliminar de campo**

Consiste en obtener la información generalizada de campo. Por lo general este estudio como su nombre lo indica es preliminar, por lo que se realiza primero y se trata de una o varias visitas de campo con el fin de obtener los siguientes datos:

- Tipo de terreno
- Pendientes preliminares de terreno
- Ancho de calzada
- Derecho de vía establecido
- Puntos obligados de paso

Para el proyecto de la ampliación y mejoramiento de la carretera que conduce desde el puente Cabuz IV hacia la aldea El Naranjo, se puede definir lo siguiente:

- El tipo de terreno es ondulado provocado por la forma del mismo en donde se presentan cambios de pendiente
- Las pendientes a simple vista son extensas en muchas secciones del tramo carretero
- El ancho de calzada es variable en distintos puntos y oscila entre 5 y 6 metros aproximadamente
- El tramo carretero es existente por lo que los derechos de vía ya están establecidos
- No existen casas o edificaciones que obstaculicen el paso de la carretera.

#### **2.1.2.1. Levantamiento topográfico preliminar**

Este levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes. Es muy importante tener cuidado al realizar este levantamiento, con el fin de obtener un grado de precisión razonable, también para identificar y marcar algunos accidentes que pudieran afectar la localización final de la carretera.

Se llama levantamiento topográfico al levantamiento de la línea preliminar seleccionada, siguiendo las señales indicadas en el reconocimiento, se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Coordenadas de salida
- Cota de salida del terreno
- Accidentes topográficos relevantes

### **2.1.2.2. Planimetría**

La información topográfica necesaria para el diseño de una carretera consiste en tomar en campo las distancias horizontales y los ángulos que definen la ruta de preliminar.

El levantamiento topográfico consiste en una poligonal abierta formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias a cada 20 metros, se utilizó el método de conservación de azimut y el equipo utilizado fue el siguiente:

- 1 teodolito análogo
- 1 cinta métrica de 100 metros
- 1 estadal de 4 metros
- 1 plomada

### **2.1.2.3. Altimetría**

Es el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles y otros.

El estudio topográfico de altimetría se realizó con el siguiente equipo:

- 1 nivel de precisión
- 1 estadal
- 1 una cinta métrica

#### **2.1.2.4. Secciones transversales**

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar las elevaciones transversales de la faja del terreno, que se recomienda sea como mínimo de 40 metros, es decir, 20 metros a cada lado a partir de la línea central definida en el levantamiento planimétrico. Estas secciones deberán ser medidas en forma perpendicular al eje y nivelada con nivel de mano o clinómetro, midiendo la distancia horizontal a que se está nivelando cada punto.

La medición se realizó tomando puntos perpendiculares a la línea central, en ambos lados, los puntos fueron medidos a una distancia de 20 metros o en algunos casos, donde fuera conveniente para salvar obstáculos.

#### **2.1.3. Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras**

Para realizar el diseño de localización de la carretera mejorada, se deben tener en cuenta las normas o especificaciones que rigen las características geométricas de los diferentes tipos de carreteras del país.

Las especificaciones técnicas utilizadas en el diseño son proporcionadas por la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (actualmente CIV), a través de las *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*, diciembre de 2000. Ingenieros Consultores de Centro América, S. A.

Existen varias condiciones de diseño que se constituyen por medio del factor de Tránsito Promedio Diario (TPD). Estas condiciones establecen un tipo de categoría, clasificación de la carretera y los distintos niveles de servicio que

ofrecerá la misma. El TPD es la unidad de medida utilizada para indicar el volumen de tránsito de una carretera, preferiblemente se toma el volumen de un año, dividido el número de días del mismo período, obteniéndose así el volumen medio en 24 horas. Los conteos deben de realizarse en puntos de mayor concentración de tránsito vehicular en horas de mayor y menor concurrencia.

Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una vía se recurre a los aforos. Los aforos consisten en conteos de tránsito, los cuales permiten determinar el número de vehículos que pasan por una estación.

Para este proyecto se realizó un conteo manual y clasificación de los vehículos a cada hora, en un lapso de tiempo de 12 horas al día, y se hizo la clasificación en ambos sentidos del camino. Al finalizar el conteo se determinó que el tránsito es menor a los 90 vehículos.

El incremento de la cantidad de vehículos afecta directamente a la tasa de crecimiento automovilístico que es de 3,4 por ciento según el Registro Fiscal de Vehículos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). Proyectando un período de diseño de 21 años, entonces la cantidad de vehículos incrementa a 175 vehículos diarios como máximo.

Por lo tanto, según la tabla II, para un TPD de 10 a 100 se define una carretera tipo “E”, presentando una región montañosa, lo cual nos propone una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora, radio mínimo de 30 metros, pendiente máxima de 10 por ciento y ancho de calzada de 5,50 metros.

Estos criterios de diseño son obtenidos de la siguiente tabla que estipula ciertos parámetros puntuales que son valederos para el territorio guatemalteco:

Tabla II. Características geométricas para el diseño de carreteras

T.P.D DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO CALZADA (Mts.)	RADIO MÍNIMO (Mts.)	PENDIENTE MÁXIMA (Mts)
3000 A 5000	TIPO "A"		2 X 7,20		
	REGIONES				
	LLANAS	100		375	3
	ONDULADAS	80		225	4
	MONTAÑOSAS	60		110	5
1500 A 3000	TIPO "B"		7,20		
	REGIONES				
	LLANAS	80		225	6
	ONDULADAS	60		110	7
	MONTAÑOSAS	40		47	8
900 A 1500	TIPO "C"		6,50		
	REGIONES				
	LLANAS	80		225	6
	ONDULADAS	60		110	7
	MONTAÑOSAS	40		47	8
500 A 900	TIPO "D"		6,00		
	REGIONES				
	LLANAS	80		225	6
	ONDULADAS	60		110	7
	MONTAÑOSAS	40		47	8
100 A 500	TIPO "E"		5,50		
	REGIONES				
	LLANAS	50		75	8
	ONDULADAS	40		47	9
	MONTAÑOSAS	30		30	10
10 A 100	TIPO "F"		5,50		
	REGIONES				
	LLANAS	40		47	10
	ONDULADAS	30		30	12
	MONTAÑOSAS	20		18	14

Fuente: Dirección General de Caminos.

#### **2.1.4. Diseño geométrico de carreteras**

Consiste en diseñar el alineamiento central final de la carretera, localizando las estaciones topográficas preliminares en planta para que el levantamiento planimétrico y altimétrico coincidan finalmente al momento de realizar el trabajo de gabinete. En el trabajo de gabinete se procesa toda la información en forma ordenada y se procede a realizar los cálculos pertinentes.

Se realiza esta observación ya que al realizar un buen trabajo de planificación preliminar, de campo y de gabinete en conjunto, disminuye el costo final del proyecto, además se planifica un menor tiempo de ejecución y por supuesto que maximiza la calidad de la construcción.

##### **2.1.4.1. Alineamiento horizontal y vertical**

La carretera es un medio de transporte, que se debe construir para resistir y permitir en forma adecuada el paso de vehículos, para lograr este objetivo, el diseño debe adoptar ciertos criterios definidos, los cuales varían para el alineamiento horizontal y vertical.

- **Alineamiento horizontal**

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub-rasante del camino, y está formado por tangentes y curvas, que sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

- **Tangentes:** son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas.

- Curvas: son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

- Alineamiento vertical

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subrasante del camino, está formado por tangentes y curvas verticales. En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales, también la determinan las características topográficas del terreno, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

El alineamiento vertical consta de: tangentes, pendiente positiva y negativa, pendiente mínima y curvas verticales.

- Tangentes verticales: son las rectas del alineamiento vertical, definidas por su pendiente y longitud.
- Pendiente positiva y negativa: se entiende por pendiente positiva aquella pendiente en la cual a medida que se transita sobre la

carretera, se incrementa la altura respecto al punto anterior, es decir se avanza hacia arriba en determinado tramo.

Se entiende por pendiente negativa aquella pendiente en la cual a medida que se transita sobre la carretera, decrece la altura respecto al punto anterior.

- Pendiente máxima: es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica.
- Pendiente mínima: se fija para permitir el drenaje. En los tramos en relleno la pendiente puede ser nula (0 por ciento), dado que en ese caso actúa el drenaje transversal. En los tramos en corte se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 0,5 por ciento para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas. En algunas ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial podría llevar a aumentarla.
- Curvas verticales: son los arcos de parábola de eje vertical que unen dos tangentes verticales consecutivas. Se definen por las pendientes de entrada y salida y por su longitud, que debe ser la suficiente para que en cada punto de la curva, la distancia de visibilidad sea mayor que la de parada. Sin embargo, debe verificarse que en cada punto de la curva, la pendiente longitudinal sea lo suficientemente grande para permitir el drenaje si la curva se aloja en un corte.

#### **2.1.4.1.1. Diseño de localización**

Para realizar los cálculos se debe colocar en la planta las coordenadas totales de los puntos de intersección de la preliminar, además se deben colocar los rumbos y distancias de la línea preliminar; en la mayoría de los diseños horizontales existirán casos donde la línea de localización coincida con la línea de preliminar.

Cuando sea necesario se recurrirá a efectuar medidas gráficas para relacionar la línea de localización diseñada con la línea preliminar colocada en el campo.

Luego de calcular las coordenadas de todos los puntos de intersección de localización, se procede a calcular las distancias y los rumbos entre los puntos de intersección entre dos rectas, conociéndose un punto de cada una de ellas y su dirección

#### **2.1.4.1.2. Diseño de curvas horizontales**

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir y constituyen la guía fundamental a la cuadrilla de topografía para el trazo de la carretera.

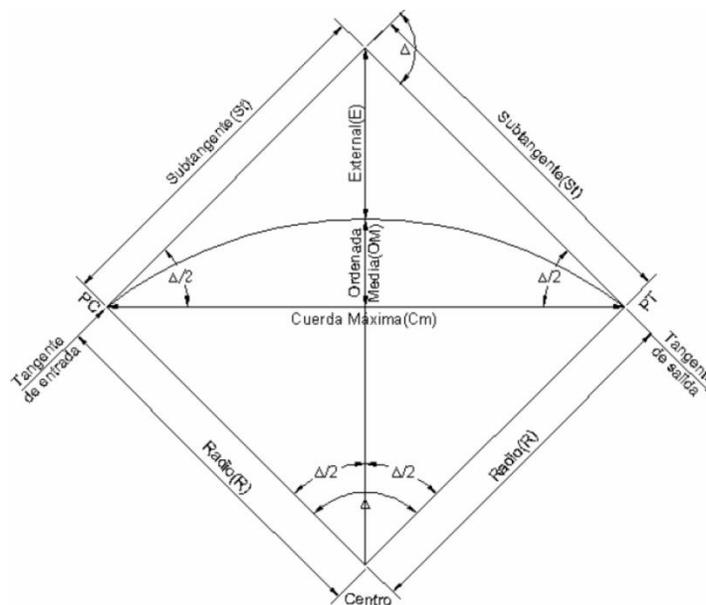
En el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos, los cuales se enumeran a continuación:

- Todo el diseño debe ir basado en el principio de seguridad en la carretera.
- Una carretera diseñada a seguir las ondulaciones de las curvas a nivel es preferible a una con tangentes largas, pero con repetidos cortes y rellenos, ya que esto disminuye los costos.
- En carretera en el área rural es conveniente evaluar si se usa un radio menor al mínimo permitido por la velocidad de diseño a cambio de incrementar considerablemente el costo de la obra al utilizar radios mayores, en estos casos el criterio del ingeniero diseñador es importante, ya que las curvas deben ser diseñadas de tal forma, que los vehículos puedan circular sin necesidad de hacer maniobras de retroceso, para poder recorrer la curva.
- Procurar, en todo lo posible, aumentar la longitud de las tangentes.
- Evitar curvas en donde se localicen puentes, ya que estos deberán ubicarse preferiblemente en tangentes, pero, en situaciones especiales se ampliará la curva con un sobre ancho o diseñar un nuevo puente curvo.
- No deberán diseñarse curvas con radio mínimo previo a entrar a un puente.
- En terrenos llanos es conveniente evitar el diseño de tangentes demasiado largas, ya que la atención del conductor se pierde y puede provocar accidentes.

- Debe chequearse en cada cálculo la longitud de la tangente, ya que ésta no podrá ser jamás negativa, porque esto indicaría que dos curvas horizontales se están traslapando.
- Después de considerar los anteriores incisos y los que la experiencia del ingeniero diseñador posea, se procede al cálculo de las curvas horizontales.

Los elementos de una curva horizontal son:

Figura 3. **Elementos de una curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

- Principio de curva (PC): punto exacto en donde inicia la curva.
- Principio de tangencia de curva (PT): punto exacto en donde termina a curva.

- Subtangente (St): es la distancia entre PI y el PC o entre el PI y el PT, medida desde la prolongación de las tangentes. Se representa como ST.

$$St = R \cdot (\tan \frac{\Delta}{2})$$

Donde:

St = subtangente (m)

R = radio (m)

$\Delta$  = deflexión

- Longitud de curva (Lc): es la distancia del PC hasta el PT, medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20 metros. Se representa con LC.

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

Donde:

Lc = longitud de curva (m)

G = grado de curvatura (m)

$\Delta$  = deflexión

- Radio (R): es el radio de la curva circular, se simboliza con R.

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

Donde:

R = radio de curvatura (m)

G = grado de curvatura (m)

- Grado de curvatura (G): es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros.

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

Donde:

R = radio de curvatura (m)

G = grado de curvatura (m)

El grado de curvatura y el radio de una curva horizontal dependen uno del otro, por lo tanto existen especificaciones para carreteras que enumeran una serie de radios para distintos grados de curvatura, considerando las velocidades de diseño, el tipo de carretera y las deflexiones.

- Deflexión ( $\Delta$ ): es el que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha, según si está medido en contra o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por la curva circular. Se simboliza con  $\Delta$ .
- Cuerda máxima (CM): es la distancia en línea recta desde el PC al PT. Se representa por CM.

$$CM = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\Delta}{2}$$

Donde:

CM = cuerda máxima (m)

R = radio de curvatura m

$\Delta$  = deflexión

- Ordenada media (OM): es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda máxima y el punto medio de la curva. Se simboliza OM.

$$OM = R * (1 - \cos \frac{\Delta}{2})$$

Donde:

OM = ordenada media(m)

R = radio de curvatura m

$\Delta$  = deflexión

- External (E): es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra E.

$$E = R * (\sec \frac{\Delta}{2} - 1)$$

Donde:

E= external (m)

R = radio de curvatura m

$\Delta$  = deflexión

- Punto de inflexión (PI): punto de intersección de las tangentes, se simboliza por medio de PI.
- Centro de la curva: punto a donde converge el radio de la curva.
- Peralte: el peralte o sobreelevación, e, siempre se necesita cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el superficie de la carretera. En curvas con

radios de gran amplitud este efecto puede ser desestimado. De acuerdo con la experimentación, se ha demostrado que una tasa de sobreelevación de 0,12 no debe ser excedida. Se recomienda para diseño los siguientes factores de sobreelevación para diferentes tipos de áreas donde se localicen las carreteras.

Tabla III. **Tabla de sobreelevación por tipo de terreno**

Tasa de sobreelevación "e" en %	Tipo de terreno
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA DE CENTRO AMÉRICA. *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. SIECA. Guatemala 2004. P. 4-36.

- Distribución de e y f:

Los métodos que se utilizan para la distribución de la sobreelevación o peralte (e) y el factor de fricción lateral (f) para contrarrestar la fuerza centrífuga en curvas con una determinada velocidad de diseño, se enumeran a continuación:

- Existe una relación proporcional directa entre e y f y el inverso del radio de la curva horizontal.
- En curvas cerradas el factor de fricción se mantiene a su máximo y la sobreelevación se aplica en su desarrollo hasta alcanzar el  $e_{máx.}$

- En curvas de ángulo pequeño el peralte se mantiene a su máximo y el factor de fricción lateral se incrementa en proporción directa al desarrollo de la curva.
- Se mantiene una relación curvilínea entre “e” y “f” y el radio de la curva, que asemeja una forma parabólica asimétrica.

Tabla IV. **Valores máximos típico para e y f**

Pais	e	f	Velocidad de diseño km/h	Tipo de carreteras
Gran Bretaña	0,06	0,15	100	Especiales
	0,07	0,10	120	Autopistas
Estados Unidos	0,08	0,14	80	Rurales
	0,12	0,10	110	Rurales
Alemania	0,06	0,04	160	Autopistas – terreno plano
		0,10	100	Autopistas – terreno montañoso
Malasia	0,10	0,15	95	Camino rural
Honduras	0,04	0,18	30	Rurales
	0,10	0,13	100	Autopistas suburbanas
El Salvador	0,40	0,17	30	Urbanas y rurales
	0,10	0,11	110	Autopistas suburbanas y rurales

Fuente: SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA DE CENTRO AMÉRICA. *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. SIECA. Guatemala 2004. P. 4-35.

La ecuación típica para determinar el peralte, e, es la siguiente:

$$\% e = 0,007865 \frac{V^2}{R} - f$$

Donde:

e = peralte o sobreelevación (porcentaje)

V = velocidad de diseño (km/h)

R = radio de curva (m)

f = factor de fricción lateral

- Sobre ancho: cuando un vehículo circula en curvas del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una recta y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril por lo que se hace necesario proporcionar un ancho adicional a la corona respecto al ancho en recta. Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobre-ancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$S_a = n \cdot \sqrt{R^2 - L^2} + \left(0,10 \cdot \frac{V}{R}\right)$$

Donde:

S = valor sobre ancho en metros

n = número de carriles de la superficie de rodamiento

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

R = radio de curvatura en metros

V = velocidad de diseño de la carretera en kilómetros por hora

En la selección del sobre ancho en curvas se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Sobre anchos menores de 0,60 metros no son necesarios en las curvas.
- La longitud (L) de la fórmula es igual a 8,00 metros. (algunos países toman 7,30 metros, distancia entre ejes promedio de un camión C2).

- Para caminos con un ancho de 5,50 metros donde se espera bajo volumen de tránsito puede considerarse que el sobre ancho sea 0,00 metros.
- Espiral: es conocida como clotoide y es usada para el diseño de curvas de transición o espirales de transición. El objetivo del uso de las curvas de transición es brindar una transición gradual de un vehículo que pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, tanto en lo que se refiera al cambio de dirección como a la sobreelevación y la ampliación necesaria.

El radio de curvatura en cualquier punto de la espiral de Euler varía inversamente con la distancia medida a lo largo de la espiral.

$$L_s = 0,0214 * \frac{V^3}{C * R_C}$$

Donde:

$L_s$  = longitud mínima de la espiral, en metros

$V$  = velocidad de la curva, en Kilómetros por hora

$R_c$  = radio de la curva circular, en metros

$C$  = coeficiente de la variación de la aceleración centrífuga, en metro por segundo al cubo

El valor  $C$  es un valor empírico que representa la seguridad y confort provisto por las curvas de espiral. El valor de  $C = 0,3$  metros por segundo cúbico, es el valor generalmente utilizado, pero este puede variar entre 0,3 a 0,9 metro por segundo cúbico, en el diseño de carreteras.

La constante de proporcionalidad es:

$$K^2 = R_c * L_s$$

Donde:

$K^2$  = constante de la espiral, en metros cuadrados

$R_c$  = radio de curvatura de la curva circular, en metros

$L_s$  = longitud de espiral de transición, en metros

Deflexión de la espiral: es el ángulo comprendido entre las tangentes de la espiral en los puntos extremos.

$$\theta_s = \frac{G * L_s}{40}$$

Donde:

$\theta_s$  = deflexión angular de la espiral

$G$  = grado de curvatura en la curva circular

$L_s$  = longitud de espiral de transición

- Para ejemplificar el proceso de cálculo se realizara el diseño de la curva horizontal número 14:

Datos:

$$\Delta = 29^\circ 4' 0''$$

Radio = 50,0 metros

PC = 0+784,67

PT = 0+810,03

f = 0,17

- Grado de curva:

$$G = \frac{1\ 145,9156}{50} = 22^{\circ}55'6''$$

- Subtangente:

$$St = 50 \cdot \tan \frac{29^{\circ}4'0''}{2} = 12,96 \text{ m}$$

- Longitud de curva horizontal:

$$Lc = 20 \cdot \frac{29^{\circ}4'0''}{22^{\circ}55'6''} = 25,365 \text{ m}$$

- Cuerda máxima:

$$Cm = 2 \cdot 50 \text{ m} \cdot \sin \frac{29^{\circ}4'0''}{2} = 25,094 \text{ m}$$

- Ordenada media:

$$Om = 50 \cdot \left( 1 - \cos \frac{29^{\circ}4'0''}{2} \right) = 1,599 \text{ m}$$

- External:

$$Ex = 50 \cdot \left( \sec \frac{29^{\circ}4'0''}{2} - 1 \right) = 1,65 \text{ m}$$

- Peralte:

$$\%e = 0,007865 \cdot \frac{30^2}{50} - 0,17 = 2,8 \%$$

- Sobre ancho:

$$Sa = 2 \cdot \sqrt{50^2 - 8^2} + \left(0.10 \cdot \frac{30}{50}\right) = 1,71 \text{ m}$$

- Espiral:

- Longitud mínima de espiral:

$$Ls = 0,0214 \cdot \frac{30^3}{0,3 \cdot 50} = 38,52 \text{ m}$$

- Constante de proporcionalidad:

$$K = \frac{50 \cdot 38,52}{1} = 43,88$$

- Deflexión espiral:

$$\theta_s = \frac{22^\circ 55' 6'' \cdot 38,52}{40} = 22^\circ 4' 13''$$

Todas las curvas horizontales se diseñan bajo estos parámetros y este procedimiento de cálculo. Por lo tanto a continuación se tienen los resultados obtenidos para cada una de las curvas que conforman la carretera. Para identificar cada curva es necesario revisar los planos mostrados en la sección de apéndices.

Tabla V. Resumen de diseño de curvas horizontales

Curva No,	PC	PT	Deflexión Δ (° grados)	Radio (m)	Longitud de curva Lc (m)	Grado G	Subtangente St (m)	Cuerda (m)	Ordenada media OM (m)	External E (m)	Peralte "e" (%)	Sobre ancho (m)	Longitud espiral Ls (m)	Constante espiral K	Deflexión espiral θs
1	0+010,81	0,028,16	4,97	200,00	17,35	5,73	8,68	17,34	0,19	0,19	10,00	0,00	9,63	43,89	1,38
2	0,+073,93	0+103,54	6,78	250,00	29,60	4,58	14,82	29,59	0,44	0,44	10,00	0,00	7,70	43,89	0,88
3	0+125,73	0+166,14	15,43	150,00	40,40	7,64	20,33	40,28	1,36	1,37	10,00	0,00	12,84	43,89	2,45
4	0+214,32	0+244,65	15,80	110,00	30,33	10,42	15,26	30,24	1,04	1,05	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
5	0+287,69	0+310,82	10,60	125,00	23,13	9,17	11,60	23,09	0,53	0,54	10,00	0,00	15,41	43,89	3,53
6	0+342,16	0+364,12	12,58	100,00	21,96	11,46	11,03	21,92	0,60	0,61	9,92	0,00	19,26	43,89	5,52
7	0+373,06	0+394,23	4,85	250,00	21,16	4,58	10,59	21,16	0,22	0,22	10,00	0,00	7,70	43,89	0,88
8	0+483,64	0+494,55	5,68	110,00	10,91	10,42	5,46	10,91	0,14	0,14	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
9	0+530,36	0,563,07	24,98	75,00	32,70	15,28	16,62	32,44	1,78	1,82	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
10	0+608,64	0+622,20	10,36	75,00	13,56	15,28	6,80	13,54	0,31	0,31	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
11	0+631,81	0+656,53	28,33	50,00	24,72	22,92	12,62	24,47	1,52	1,57	2,84	0,86	38,52	43,89	22,07
12	0+674,10	0+687,01	16,43	45,00	12,91	25,46	6,50	12,86	0,46	0,47	1,27	0,99	42,80	43,89	27,25
13	0+727,07	0+744,19	19,62	50,00	17,12	22,92	8,64	17,04	0,73	0,74	2,84	0,86	38,52	43,89	22,07
14	0+784,67	0+810,03	29,07	50,00	25,37	22,92	12,96	25,09	1,60	1,65	2,84	0,86	38,52	43,89	22,07
15	0+902,26	0+917,16	2,13	400,00	14,89	2,86	7,45	14,89	0,07	0,07	10,00	0,00	4,82	43,89	0,34
16	1+026,08	1+051,67	12,75	115,00	25,59	9,96	12,85	25,54	0,71	0,72	10,00	0,00	16,75	43,89	4,17
17	1+078,34	1+104,67	20,12	75,00	26,33	15,28	13,30	26,20	1,15	1,17	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
18	1+154,56	1+175,64	16,11	75,00	21,09	15,28	10,61	21,02	0,74	0,75	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
19	1+351,04	1+378,99	4,58	350,00	27,95	3,27	13,98	27,94	0,28	0,28	10,00	0,00	5,50	43,89	0,45
20	1+507,98	1+526,11	34,62	30,00	18,13	38,20	9,35	17,85	1,36	1,42	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
21	1+560,72	1+577,70	32,43	30,00	16,98	38,20	8,73	16,76	1,19	1,24	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
22	1+627,52	1+654,26	6,13	250,00	26,74	4,58	13,38	26,73	0,36	0,36	10,00	0,00	7,70	43,89	0,88
23	1+692,79	1+717,86	3,59	400,00	25,08	2,86	12,54	25,07	0,20	0,20	10,00	0,00	4,82	43,89	0,34
24	1+744,54	1+756,83	6,40	110,00	12,29	10,42	6,15	12,29	0,17	0,17	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
25	1+906,55	1+935,15	54,62	30,00	28,60	38,20	15,49	27,53	3,34	3,76	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
26	2+146,69	2+172,85	37,48	40,00	26,17	28,65	13,57	25,70	2,12	2,24	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48
27	2+207,81	2+227,12	36,89	30,00	19,31	38,20	10,00	18,98	1,54	1,62	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
28	2+263,36	2+276,49	7,52	100,00	13,12	11,46	6,57	13,11	0,22	0,22	9,92	0,00	19,26	43,89	5,52
29	2+372,73	2+398,55	13,45	110,00	25,82	10,42	12,97	25,76	0,76	0,76	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
30	2+431,11	2+448,52	13,30	75,00	17,41	15,28	8,74	17,37	0,50	0,51	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
31	2+541,19	2+558,25	32,60	30,00	17,07	38,20	8,77	16,84	1,21	1,26	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
32	2+616,08	2+630,85	18,81	45,00	14,77	25,46	7,45	14,71	0,61	0,61	1,27	0,99	42,80	43,89	27,25
33	3+532,31	3+544,00	16,74	40,00	11,69	28,65	5,88	11,64	0,43	0,43	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48

Continuación de la tabla V.

34	3+614,31	3+633,68	10,09	110,00	19,38	10,42	9,71	19,35	0,43	0,43	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
35	3+672,46	3+698,74	6,02	250,00	26,28	4,58	13,15	26,27	0,35	0,35	10,00	0,00	7,70	43,89	0,88
36	3+717,99	3+740,62	12,96	100,00	22,62	11,46	11,36	22,57	0,64	0,64	9,92	0,00	19,26	43,89	5,52
37	3+784,61	3+817,64	63,08	30,00	33,03	38,20	18,41	31,39	4,43	5,20	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
38	3+893,84	3+920,65	20,48	75,00	26,81	15,28	13,55	26,67	1,20	1,21	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
39	3+933,12	3+955,31	42,48	75,00	55,61	15,28	29,15	54,35	5,10	5,47	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
40	3+991,06	4+005,85	21,19	40,00	14,79	28,65	7,48	14,71	0,68	0,69	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48
41	4+056,14	4+086,75	57,95	30,00	30,34	38,20	16,61	29,07	3,75	4,29	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
42	4+110,14	4+135,62	13,27	110,00	25,49	10,42	12,80	25,43	0,74	0,74	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
43	4+168,69	4+185,67	6,48	150,00	16,97	7,64	8,50	16,96	0,24	0,24	10,00	0,00	12,84	43,89	2,45
44	4+242,36	4+267,92	13,32	110,00	25,57	10,42	12,84	25,51	0,74	0,75	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
45	4+294,50	4+324,26	22,73	75,00	29,76	15,28	15,08	29,56	1,47	1,50	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
46	4+356,59	4+377,56	16,02	75,00	20,97	15,28	10,55	20,90	0,73	0,74	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
47	4+404,15	4+428,76	31,33	45,00	24,61	25,46	12,62	24,30	1,67	1,74	1,27	0,99	42,80	43,89	27,25
48	4+455,62	4+471,04	22,08	40,00	15,42	28,65	7,81	15,32	0,74	0,75	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48
49	4+530,79	4+545,39	18,33	200,00	63,98	5,73	32,27	63,71	2,55	2,59	10,00	0,00	9,63	43,89	1,38
50	4+608,86	4+628,40	3,73	300,00	19,55	3,82	9,78	19,54	0,16	0,16	10,00	0,00	6,42	43,89	0,61
51	4+690,51	4+708,39	4,10	250,00	17,87	4,58	8,94	17,87	0,16	0,16	10,00	0,00	7,70	43,89	0,88
52	5+096,74	5+108,47	1,68	400,00	11,73	2,86	5,86	11,73	0,04	0,04	10,00	0,00	4,82	43,89	0,34
53	5+155,93	5+173,99	3,45	300,00	18,06	3,82	9,03	18,06	0,14	0,14	10,00	0,00	6,42	43,89	0,61
54	5+240,68	5+250,01	1,78	300,00	9,34	3,82	4,67	9,34	0,04	0,04	10,00	0,00	6,42	43,89	0,61
55	5+314,38	5+335,42	8,03	150,00	21,03	7,64	10,53	21,01	0,37	0,37	10,00	0,00	12,84	43,89	2,45
56	5+378,36	5+410,36	16,67	110,00	32,00	10,42	16,11	31,89	1,16	1,17	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
57	5+456,63	5+468,58	4,57	150,00	11,96	7,64	5,98	11,95	0,12	0,12	10,00	0,00	12,84	43,89	2,45
58	5+532,30	5+546,62	7,13	115,00	14,32	9,96	7,17	14,31	0,22	0,22	10,00	0,00	16,75	43,89	4,17
59	5+572,91	5+583,15	2,93	200,00	10,24	5,73	5,12	10,23	0,07	0,07	10,00	0,00	9,63	43,89	1,38
60	5+592,13	5+620,41	14,73	110,00	28,28	10,42	14,22	28,20	0,91	0,92	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
61	5+636,71	5+660	35,12	40,00	24,52	28,65	12,66	24,13	1,86	1,95	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48
62	5+706,82	5+734,67	15,96	100,00	27,85	11,46	14,02	27,76	0,97	0,98	9,92	0,00	19,26	43,89	5,52
63	5+755,34	5+769,38	22,97	35,00	14,03	32,74	7,11	13,94	0,70	0,72	3,22	1,35	55,03	43,89	45,04
64	5+781,81	5+795,56	19,70	40,00	13,75	28,65	6,94	13,68	0,59	0,60	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48
65	5+821,03	5+836,67	22,40	40,00	15,64	28,65	7,92	15,54	0,76	0,78	0,70	1,14	48,15	43,89	34,48
66	5+859,65	5+881,91	25,51	50,00	22,27	22,92	11,32	22,08	1,23	1,27	2,84	0,86	38,52	43,89	22,07
67	5+894,45	5+902,01	14,45	30,00	7,57	38,20	3,80	7,55	0,24	0,24	6,60	1,62	64,20	43,89	61,31
68	5+967,73	5+990,42	5,20	250,00	22,69	4,58	11,35	22,68	0,26	0,26	10,00	0,00	7,70	43,89	0,88
69	6+016,84	6+040,71	12,43	110,00	23,87	10,42	11,98	23,82	0,65	0,65	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
70	6+076,64	6+089,08	6,48	110,00	12,45	10,42	6,23	12,44	0,18	0,18	10,00	0,00	17,51	43,89	4,56
71	6+119,19	6+157,65	29,38	75,00	38,46	15,28	19,66	38,04	2,45	2,54	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81
72	6+214,32	6+236,03	24,88	50,00	21,71	22,92	11,03	21,54	1,17	1,20	2,84	0,86	38,52	43,89	22,07
73	6+248,54	6+284,14	45,33	45,00	35,60	25,46	18,79	34,68	3,48	3,77	1,27	0,99	42,80	43,89	27,25
74	6+306,74	6+336,44	45,60	75,00	59,69	15,28	31,53	58,13	5,86	6,36	7,56	0,00	25,68	43,89	9,81

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.4.1.3. Diseño de subrasante**

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

En un terreno cualquiera, el criterio técnico para definir la subrasante es no exceder la pendiente máxima ni la curvatura mínima permitida para el uso que se le dará a la carretera; lo que también se relaciona con la sección a utilizar y el tipo de terreno.

La subrasante define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en uno de los renglones más caros en la ejecución del proyecto, por lo que la subrasante es el elemento que determina el costo de la obra. Por esta razón, un buen criterio para diseñar, es obtener la subrasante más económica. Es necesario apuntar que el relleno es mucho más costoso que el corte, por lo que hay que tomar en cuenta tal situación para definir un diseño óptimo.

Para calcular la subrasante es necesario disponer de los siguientes datos:

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las secciones transversales.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.
- Datos de la clase de material del terreno.
- Datos de los puntos obligados de paso.

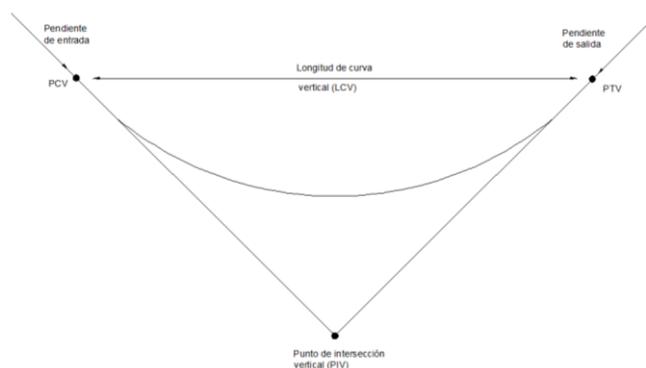
En el caso del tramo carretero hacia la aldea El Naranjo, la subrasante se diseñó utilizando el criterio de pendiente máxima y también se tomó en cuenta el costo del movimiento de tierras, la topografía permitió diseñar una carretera con pendientes apropiadas menores al 10 por ciento, la subrasante en su mayoría está en corte, sin embargo el volumen de movimiento de tierra es mínimo.

#### 2.1.4.1.4. Diseño de curvas verticales

Una curva vertical se da cuando en el perfil hay cambios de pendiente. Estas curvas verticales se obtienen en la parte de la altimetría del terreno. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas.

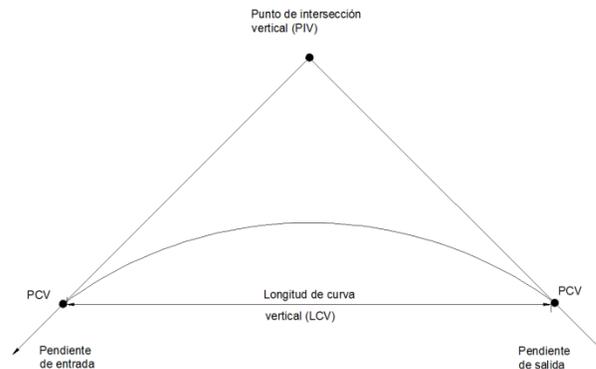
Se diseñan siguiendo el criterio de longitud de curva mínimo tomando como base la pendiente de la tangente de entrada y tangente de salida, la velocidad de diseño y la concavidad de la curva. La curva se puede evaluar por simple inspección si es cóncava o convexa.

Figura 4. Curva vertical cóncava



Fuente. elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

Figura 5. **Curva vertical convexa**



Fuente. elaboración propia, con programa AutoCAD versión 2013.

Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en Guatemala por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones del terreno existentes en el país.

Para el diseño de carreteras en el área rural se ha normalizado usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, las cuales se describen a continuación:

- Criterio de apariencia: se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = LCV_A \geq 30$$

Donde:

$$A = S_s - S_e$$

A = diferencia algebraica de pendientes tangentes (%)

S<sub>s</sub> = pendiente de salida

S<sub>e</sub> = pendiente de entrada

K = constante según velocidad de diseño

LCV = longitud de curva vertical

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

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

- Criterio de drenaje: se aplica al proyecto de curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = LCV_A \leq 43$$

- Criterio de seguridad: se aplica a curvas convexas o cóncavas. La longitud de curva permitirá que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

$$LCV = K \cdot A$$

Este último criterio de seguridad es el parámetro elegido para realizar el diseño de este proyecto, ya que es el que mejor se acomoda a las condiciones del terreno por existir curvas cóncavas y convexas. Para aplicar ese criterio se hace referencia a una constante K que depende de la velocidad de diseño y la forma final de la curva ya sea cóncava o convexa, además da como resultado el valor de la longitud de curva mínima a utilizar.

Tabla VI. **Valores K para curvas según la velocidad de diseño**

Velocidad de diseño KPH	Valores "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: PAÍZ, Byron. *Guía de cálculo para carreteras*. p. 62.

Tabla VII. **Resumen de diseño de curvas verticales**

Curva No,	PIV estación	PIV elevación	Forma de curva	Concavidad K	Dif, De pendientes A (%)	Criterio de Seguridad LCV	Criterio de apariencia $K \geq 30$	Criterio de comodidad $K \geq 2,27$	Criterio de drenaje $K \leq 43$
1	0+146,60	901,65	Convexa	5,00	6,31	31,57	No aplica	No aplica	Cumple
2	0+218,93	900,30	Cóncava	10,00	2,37	20,50	No Cumple	Cumple	Cumple
3	0+320,15	900,48	Convexa	6,50	4,61	27,87	No aplica	No aplica	Cumple
4	0+387,23	897,72	Convexa	7,00	2,88	20,13	No aplica	No aplica	Cumple
5	0+469,46	891,97	Cóncava	6,00	6,26	37,53	No Cumple	Cumple	Cumple
6	0+520,49	891,60	Convexa	2,00	9,27	21,60	No aplica	No aplica	Cumple

Continuación de la tabla VII.

7	0+564,89	886,48	Cóncava	4,00	3,66	20,77	No Cumple	Cumple	Cumple
8	0+678,95	879,25	Cóncava	10,00	2,20	21,95	No Cumple	Cumple	Cumple
9	0+758,98	875,94	Cóncava	8,00	3,00	24,05	No Cumple	Cumple	Cumple
10	0+800,22	875,47	Convexa	8,68	3,11	27,00	No aplica	No aplica	Cumple
11	0+850,08	873,35	Cóncava	6,12	6,54	40,00	No Cumple	Cumple	Cumple
12	0+889,76	874,26	Convexa	7,94	3,78	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
13	0+968,60	873,08	Cóncava	2,69	7,43	20,00	No Cumple	Cumple	Cumple
14	1+014,54	875,81	Convexa	2,32	10,77	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
14-	1+083,84	872,46	Cóncava	4,16	2,51	30,56	No Cumple	Cumple	Cumple
15	1+161,83	874,42	Convexa	9,05	4,03	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
16	1+266,97	873,58	Convexa	16,04	1,87	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
17	1+366,40	871,17	Convexa	4,63	3,83	20,00	No aplica	No aplica	Cumple
18	1+513,78	861,52	Cóncava	11,65	2,14	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
19	1+573,48	858,92	Cóncava	7,20	4,86	30,00	No Cumple	Cumple	Cumple
20	1+658,51	858,76	Convexa	16,27	2,25	25,35	No aplica	No aplica	Cumple
21	1+722,09	857,65	Convexa	10,48	2,39	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
22	1+862,47	851,84	Cóncava	9,23	3,11	30,00	No Cumple	Cumple	Cumple
23	2+178,44	848,96	Cóncava	21,47	1,16	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
24	2+272,30	846,91	Cóncava	5,95	5,88	35,00	No Cumple	Cumple	Cumple
25	2+359,65	850,12	Convexa	14,46	2,08	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
26	2+456,33	851,68	Convexa	10,50	2,38	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
27	2,500,20	853,43	Convexa	4,65	6,44	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
28	2+549,99	852,21	Cóncava	3,00	10,13	30,39	No Cumple	Cumple	Cumple
29	2+583,61	854,79	Convexa	3,32	7,18	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
30	2+630,24	854,86	Cóncava	4,18	5,62	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
31	2+684,61	858,19	Convexa	19,68	1,52	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
32	2+825,11	864,66	Cóncava	8,15	3,07	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
33	2+875,82	868,54	Convexa	6,88	4,37	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
34	3+104,02	876,08	Cóncava	7,80	3,85	30,00	No Cumple	Cumple	Cumple
35	3+179,63	881,49	Convexa	6,19	4,04	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
36	3+223,69	882,86	Cóncava	3,89	6,89	30,00	No Cumple	Cumple	Cumple
37	3+260,17	890,75	Convexa	4,57	3,55	20,00	No aplica	No aplica	Cumple
38	3+321,28	890,75	Convexa	10,74	2,33	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
39	3+409,15	894,37	Cóncava	5,13	4,88	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
40	3+536,30	905,81	Convexa	2,55	9,81	25,00	No aplica	No aplica	Cumple

Continuación de tabla VII.

41	3+585,19	905,42	Cóncava	3,79	5,28	20,00	No Cumple	Cumple	Cumple
42	3+698,84	910,50	Convexa	4,83	6,21	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
43	3+807,94	908,60	Cóncava	12,44	2,41	30,00	No Cumple	Cumple	Cumple
44	3+972,60	909,71	Cóncava	21,78	1,13	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
45	4+072,10	911,52	Convexa	3,51	7,11	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
46	4+122,45	908,85	Cóncava	2,59	9,65	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
47	4+180,59	911,37	Convexa	7,32	3,80	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
48	4+397,58	911,89	Cóncava	9,47	2,34	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
49	4+522,57	915,49	Cóncava	33,99	0,88	30,00	Cumple	Cumple	Cumple
50	4+669,66	921,02	Cóncava	8,70	3,45	30,00	No Cumple	Cumple	Cumple
51	4+702,65	923,40	Convexa	3,19	7,83	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
52	4+739,97	923,17	Cóncava	1,94	10,62	25,00	No Cumple	No Cumple	Cumple
53	4+792,75	929,63	Convexa	3,49	6,35	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
54	5+040,38	938,68	Cóncava	30,09	1,00	30,00	Cumple	Cumple	Cumple
55	5+2,51,46	948,49	Convexa	43,96	0,75	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
56	5+302,81	950,53	Cóncava	17,76	1,12	20,00	No Cumple	Cumple	Cumple
57	5+363,91	953,64	Cóncava	2,90	4,91	20,00	No Cumple	Cumple	Cumple
58	5+404,69	958,53	Convexa	2,42	8,32	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
59	5+583,65	961,54	Convexa	3,50	8,56	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
60	5+768,19	948,84	Cóncava	4,28	4,67	20,00	No Cumple	Cumple	Cumple
61	5+815,99	947,78	Cóncava	2,10	12,21	25,00	No Cumple	No Cumple	Cumple
62	5+852,03	952,57	Convexa	3,89	1,86	20,00	No aplica	No aplica	Cumple
63	5+898,25	956,33	Convexa	6,41	3,90	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
64	5+934,03	957,85	Cóncava	2,04	5,76	25,00	No Cumple	No Cumple	Cumple
65	5+981,98	965,75	Convexa	2,11	5,35	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
66	6+009,28	967,02	Cóncava	3,67	5,35	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
67	6+049,52	971,64	Convexa	2,90	7,15	25,00	No aplica	No aplica	Cumple
68	6+120,18	973,65	Cóncava	3,34	6,15	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
69	6+223,46	984,33	Cóncava	5,69	1,00	25,00	No Cumple	Cumple	Cumple
70	6+269,07	991,05	Convexa	5,10	1,15	30,00	No aplica	No aplica	Cumple
71	6+342,25	997,53	Convexa	4,98	6,02	30,00	No aplica	No aplica	Cumple

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.5. Movimiento de tierras**

Es aquel conjunto de actividades que producen las modificaciones necesarias del terreno hasta llegar al nivel de la subrasante. El movimiento de tierras está constituido principalmente por las siguientes actividades:

- Limpieza, desmonte y destronque: es la remoción de todo tipo de vegetación, árboles, troncos, raíces y escombros indeseables dentro del área de la futura carretera.
- Excavación: es la remoción y nivelación del material por debajo de la capa vegetal para alcanzar la subrasante deseada o para construir los elementos de drenaje.
- Transporte: es el acarreo que se paga cuando la distancia de transporte de materiales de excavación o relleno excede la distancia estipulada como de acarreo libre. Se emplean básicamente palas cargadoras y camiones.

El movimiento de tierras es una de las actividades más importantes en la construcción de una carretera, debido a su incidencia en el costo de la misma.

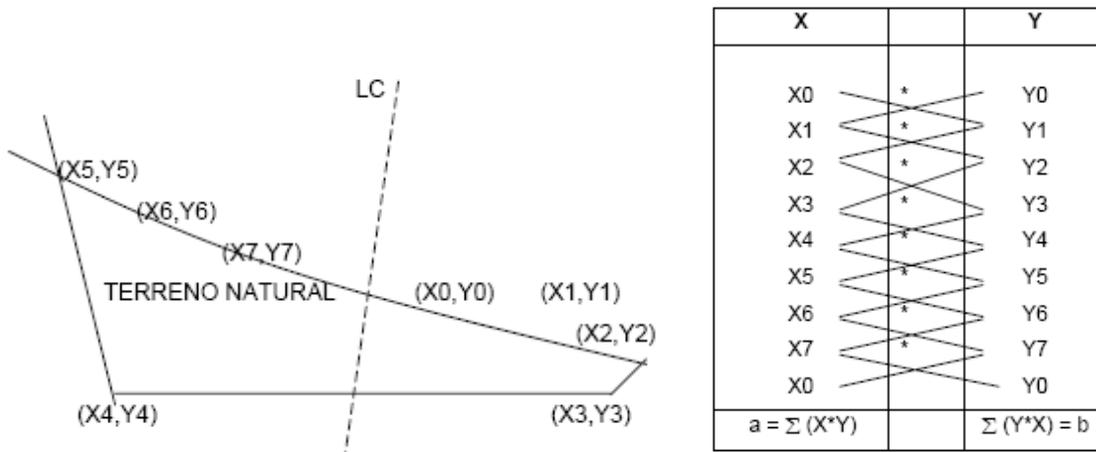
#### **2.1.5.1. Cálculo de áreas de secciones transversales**

La topografía del terreno, en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera, determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la

construcción de un proyecto carretero. Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, en estaciones a cada 20 metros, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural (relleno) y debajo del terreno natural (corte), a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Para obtener el área de corte o de relleno se puede utilizar el método gráfico, asignando coordenadas totales a los puntos en cuestión y aplicar el método de los determinantes. Este método indica que se debe de asignar las coordenadas totales a todos los puntos del polígono que se forma en una sección transversal. Luego es necesario aplicar el siguiente proceso matemático:

Figura 6. **Método gráfico para el cálculo de secciones transversales**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

De la figura anterior:

$$\text{Área} = \left| \frac{X*(Y+1) - (Y*(X+1))}{2} \right|$$

Para el cálculo de las áreas de las sección transversales de este proyecto se utilizó programa AutoCAD Civil 3d versión 2013, a manera de determinar un área de manera exacta.

Se estimará el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 3 por ciento o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso, determinando su pendiente en razón con el tipo de material del terreno y la altura que precisen.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, bien sea en corte o en relleno, se muestran a continuación:

Tabla VIII. **Relaciones para dibujo de taludes**

CORTE		RELLENO	
ALTURA	H-V	ALTURA	H-V
0-3	1-1	0-3	2-1
3-7	1-2	>3	3-2
>7	1-3		

Fuente: PÉREZ, Augusto Rene. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. p. 65.

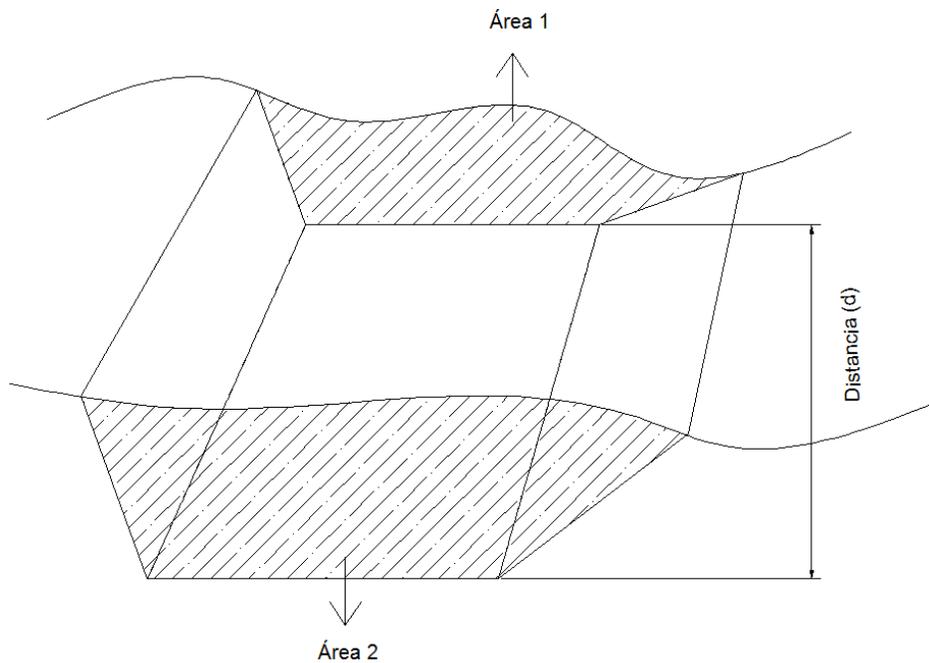
### **2.1.5.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, balance y diagramas de masas**

El movimiento de tierra dentro del diseño de la carretera; es posiblemente el renglón del presupuesto más elevado, por lo que es necesario realizar la cuantificación del material de la mejor manera, aplicando el balance perfecto entre volúmenes de corte y relleno.

- Volúmenes de movimiento de tierra

Cada una de las áreas, calculadas anteriormente, constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse; suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas; se obtienen así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Figura 7. **Representación gráfica de corte o relleno**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

De la figura anterior, entonces el volumen se puede encontrar mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

$V$  = volumen de movimiento de tierra ( $m^3$ )

$A_1$  = área superior de la estación ( $m^2$ )

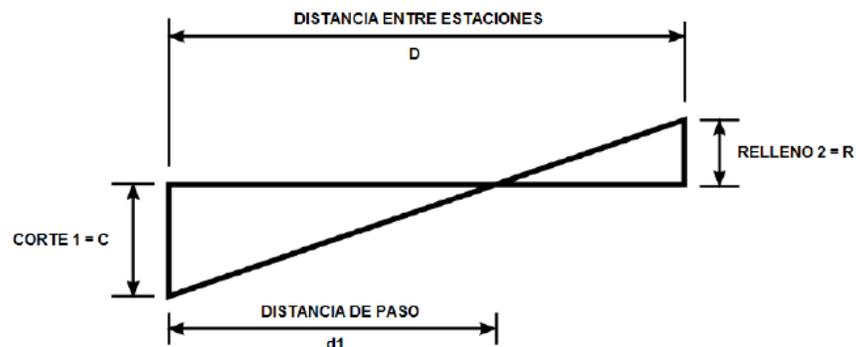
$A_2$  = área inferior de la estación ( $m^2$ )

$d$  = distancia entre áreas (m)

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y la otra sección solamente relleno, debe calcularse una distancia de paso. La distancia de paso es aquella comprendida entre la primera sección transversal y el punto donde teóricamente el área cambia de corte a relleno o viceversa. El cálculo de volúmenes en los casos en que exista distancia de paso, estará dado por el producto de la mitad del área por la distancia de paso.

Para determinar la distancia de paso analíticamente, se realiza una relación de triángulos, con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

Figura 8. **Cálculo analítico de distancia de paso**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

Por medio de la siguiente relación se realiza el cálculo de la distancia de paso:

$$D_p = \frac{C \cdot D}{C + R}$$

Donde:

$D_p$  = distancia de paso

$R$  = área de corte

$C$  = área de relleno

$D$  = distancia entre estaciones

En este proyecto los volúmenes se calcularon utilizando los valores de las áreas que se obtuvieron con el método gráfico y se multiplicó por la longitud horizontal del tramo para encontrar el volumen de movimiento de tierras. Todo el proceso de cálculo se realizó por medio del programa de computadoras AutoCAD Civil 3d versión 2013.

- Balance y diagrama de masas

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como ábsisas se toma el mismo caminamiento utilizado en el perfil. Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de

abundamiento o reducción. Cuando está dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

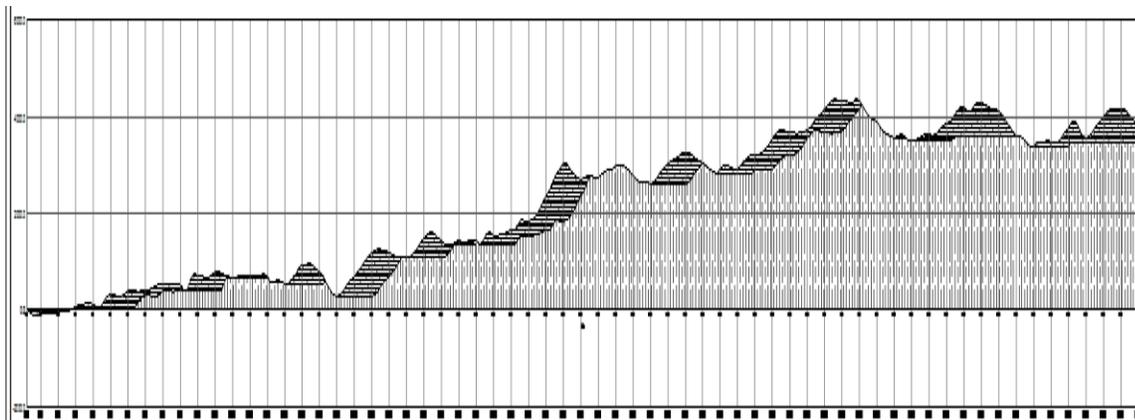
Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más los volúmenes cuando la misma línea compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreo muy largos que resultan más costosos que otras alternativas.

Las propiedades de la curva masa son:

- La curva crece en el sentido del cadenamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
- En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentara un máximo y un mínimo respectivamente.
- Cualquier línea horizontal que corta a la curva en dos extremos marcará dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en este tramo por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
- La diferencia de ordenada entre dos puntos indicará la diferencia de volumen entre ellos.
- El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.

- Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.

Figura 9. **Diagrama de masas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D, versión 2013.

### **2.1.6. Drenajes**

Se define sistema de drenaje de una vía como el dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera.

Al momento de proyectar el drenaje de una carretera debe tenerse en cuenta una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado. Los más destacables son:

- Topografía: se engloban las circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural. Así mismo debido a la tipología elegida ya sea terreno llano, ondulado o montañoso, las características propias de la carretera varían por lo tanto el sistema de drenajes también.
- Hidrología: hace referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores.
- Geotecnia: la naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condiciona la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto, así como la posibilidad de que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación, o compacidad, influyendo también la existencia de vegetación.

El drenaje de la carretera deberá de cumplir con los siguientes objetivos:

- Evacuar de manera eficaz y lo más rápidamente posible el agua caída sobre la superficie de rodadura y los taludes.
- Evitar la inundación de tramos deprimidos de la vía.
- Prestar especial atención a los cauces naturales.
- Emplear taludes suaves y redondeando las aristas mediante curvas, evitando posibles accidentes adicionales.

- Cuidar el aspecto ambiental, procurando que la implementación del proyecto cause el menos daño posible.
- Reducir al máximo los costos de manera de cuidar la economía del país, sin perder el principal objetivo de presentar un proyecto en excelentes condiciones.

El agua pluvial debe encauzarse hacia las orillas de la carretera con una pendiente adecuada en sentido transversal, a ésta se le llama bombeo normal y generalmente es del 3 por ciento. La pendiente longitudinal mínima para la subrasante es del 0,5 por ciento.

#### **2.1.6.1. Método racional**

En el método racional se asume que el caudal máximo a un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima.

Este método relaciona la escorrentía con la intensidad de lluvia mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q = escorrentía o caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia promedio (mm/h)

A = área de cuenca que se va a drenar (hectáreas)

- Intensidad de lluvia

Para la intensidad de lluvia se consulta en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), para la región en estudio.

La intensidad está dada por la fórmula:

$$I = a (t+b)$$

Donde:

I = intensidad de lluvia (mm/h)

t = tiempo de concentración (minutos)

a y b = datos proporcionados por el INSIVUMEH

El tiempo de concentración está dado por la siguiente relación:

$$t = \frac{0,886 \cdot L^3}{H} * 0,0385 * 60$$

Donde:

L = longitud del cauce principal (km)

H = diferencia de elevaciones entre los puntos extremos.

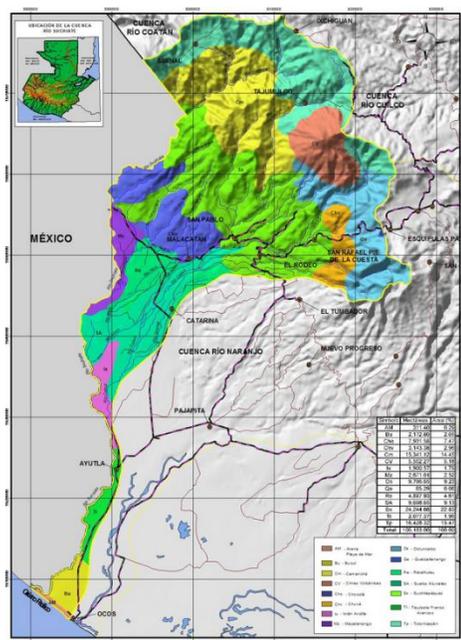
### **2.1.6.2. Cuencas**

Una cuenca se refiere a un espacio de la tierra en donde el agua que llega hacia ella, corre por un mismo río, hacia un lago o hacia el mar. Las cuencas hidrográficas son los espacios geográficos, cuyos límites inician en las partes

altas de las montañas conocidos como parteaguas y terminan en donde el agua de las precipitaciones que corren por un río principal llega al mar, lagos o embalses artificiales.

Para el presente proyecto, el tramo carretero desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo, según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), se encuentra ubicado en la cuenca del río Suchiate. Esta cuenta con un área total de 106 183 hectáreas, la vertiente final es hacia el Pacífico y el caudal que genera es de 51,91 metros por segundo cúbico. También el área tributaria del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos es de 3 143,38 hectáreas y el tramo carretero total en estudio es de 250 hectáreas.

Figura 10. Cuenca hidrográfica del río Suchiate



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Unidad de Planificación Geográfica y gestión de Riesgo. Laboratorio de Información Geográfica.

### 2.1.6.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía indica el porcentaje del agua total llovida que debe ser tomada en consideración para el diseño, puesto que no toda el agua drena por medio de la alcantarilla; esto es debido a los procesos naturales de evaporación, infiltración y retención en el suelo.

El valor del coeficiente de escorrentía va a depender del tipo de terreno que se encuentre y caracterice la superficie a drenar o de la cuenca. Se proponen varios coeficientes para distintos tipos de terreno:

Tabla IX. **Coeficiente para distintos tipos de terreno**

<b>TIPO DE TERRENO</b>	<b>COEFICIENTE "C"</b>
Montañosos y escarpados	1,00
Con mucho lomerío	0,80
Con lomeríos	0,60
Muy ondulados	0,50
Pocos ondulados	0,40
Casi planos	0,30
Planos	0,20

Fuente: GONZÁLEZ, Rodolfo. *Anuario Colegio de Ingenieros*. 1987. p. 148.

### 2.1.6.4. Cálculo de gasto o caudales

El cálculo del caudal máximo o escorrentía se realizará por medio del método racional, el cual asume que el caudal máximo en un punto dado se alcanza cuando el área tributaria contribuye con la escorrentía superficial en un periodo de precipitación máxima.

- Cálculo de caudal para diseño de drenaje longitudinal (cuneta)

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

En donde el área a utilizar es el área tributaria en un punto crítico debido a la pendiente mínima que presenta, este se encuentra localizado entre la estación 4+180 y 4+440, cuya área tributaria es de 4,60 hectáreas. También el coeficiente de escorrentía a utilizar es de 0,30 para terreno casi plano.

Para calcular la intensidad de lluvia es necesario obtener el tiempo de concentración:

$$t = \frac{0,886 \cdot L^3}{H} \cdot 0,385 \cdot 60$$

Donde:

$$L = 0,95 \text{ km}$$

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

$$t = \frac{0,886 \cdot 0,23^3}{28} \cdot 0,385 \cdot 60 = 12,54 \text{ minutos}$$

Entonces la intensidad de lluvia:

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

Donde:

$$a = 10550$$

$$b = 60$$

$$I = \frac{6810}{(12,54+60)} = 93,88 \text{ mm/hora}$$

Por lo tanto finalmente el Caudal máximo sería:

$$Q = \frac{0,30 \cdot 93,88 \cdot 4,60}{360}$$

$$Q = 0,35 \text{ m}^3 \text{ s}$$

- Cálculo de caudal para diseño de drenaje transversal

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

En donde el área a utilizar es el área tributaria de un punto crítico el cual se encuentra localizado en la estación 4+200, cuya área tributaria es de 7,01 hectáreas. También el coeficiente de escorrentía a utilizar es de 0,80 para terreno con mucho lomerío.

Para calcular la intensidad de lluvia es necesario obtener el tiempo de concentración:

$$t = \frac{0,886 \cdot L^3}{H} \cdot 0,385 \cdot 60$$

Donde:

$$L = 0,95 \text{ km}$$

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

$$t = \frac{0,886 \cdot 0,23^3}{28} \cdot 0,385 \cdot 60 = 12,54 \text{ minutos}$$

Entonces la intensidad de lluvia:

$$I = a \cdot t^b$$

Donde:

$$a = 10550$$

$$b = 60$$

$$I = 6810 (12,54+60) = 93,88 \text{ mm/hora}$$

Por lo tanto finalmente el caudal máximo sería:

$$Q = 0,80 \cdot 93,88 \cdot 7,01$$

360

$$Q = 1,46 \text{ m}^3 \text{ s}$$

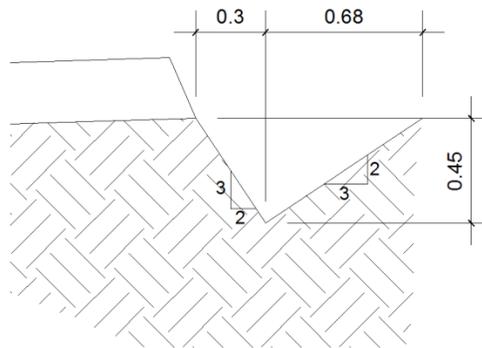
#### **2.1.6.5. Diseño de cunetas**

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino, con el fin de conducir el agua que escurre desde la parte central de este, o en todo el camino, en el caso que existan curvas. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno se prolongan a lo largo del pie del relleno: dejando una berma entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno, y origine asentamientos.

El diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos; estas se pueden construir de forma trapezoidal o triangular. El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud, medida que determinará el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario.

El procedimiento a utilizar se basa en encontrar una sección de cuneta que cubra las necesidades que rige el caudal máximo encontrado de 0,35 metro por segundo cúbico.

Figura 11. **Geometría de cuneta propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

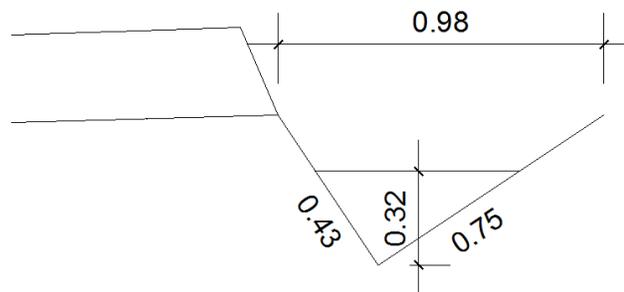
Datos:

$$S = 0,54 \%$$

$n = 0,015$  para superficies de tierra ordinaria

Asumir cuneta llena a un máximo del 70 por ciento, lo que sería una altura final del espejo de agua de 0,32 metros.

Figura 12. **Dimensiones de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, versión 2013.

La fórmula de Manning es:

$$Q_p = \frac{1}{n} * A * R_h^2 * S^{1/2}$$

Donde:

$Q_p$  = caudal propuesto

$A$  = área transversal mojada

$R_h$  = radio hidráulico

$S$  = pendiente de tubería

Encontrando el radio hidráulico:

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{(0,5 * 0,98 * 0,45)}{(0,43 + 0,75)} = 0.19 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Q_p = \frac{1}{0,03} * 0,22 * (0,19)^2 * (0,0054)^{1/2}$$

$$Q_p = 0,036 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Por lo tanto:

$$Q_p > Q_{ci}$$

El área de la cuneta propuesta es suficiente para transportar el caudal de diseño, por lo tanto se puede concluir en utilizar la geometría de la cuneta propuesta.

#### 2.1.6.6. Diseño de drenajes transversales

El agua de escorrentía superficial por lo general se encuentra con la carretera en sentido casi perpendicular a su trazo, por lo que se utiliza para esto, drenaje transversal, según el caudal que se presente.

El drenaje transversal se usa en dos casos:

- Para evitar que el agua de corrientes superficiales se acumule en un lado de la carretera, afectando así la base de la misma o que la inunde, debe averiguarse sobre el nivel máximo que ha alcanzado en otros años.
- El drenaje se coloca en curvas horizontales para evacuar el caudal de su parte interna, también se coloca en los puntos menores de curvas verticales cóncavas y en tramos rectos, donde el caudal a conducir por una cuneta excedería su capacidad y no puede derivarse hacia fuera por situaciones topográficas.

En la entrada de un drenaje transversal debe construirse una caja que ayude a encauzar todo el caudal de la corriente hacia la tubería, y un muro cabezal que proporcione seguridad contra la erosión a causa de la corriente.

El procedimiento a utilizar se basa en encontrar un diámetro que cubra las necesidades que rige el caudal máximo encontrado.

Datos:

$$Q = 1,46 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 3\%$$

$$n = 0,015 \text{ (tubería de Hg)}$$

Asumiendo que la tubería a utilizar trabajará como máximo a un 90 por ciento de su capacidad, entonces el método en que trabajara es en forma de canal abierto, aplicando la fórmula de Manning podemos encontrar un diámetro final de tubería que soporte el caudal encontrado.

La fórmula de Manning es:

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

Donde:

Q = caudal

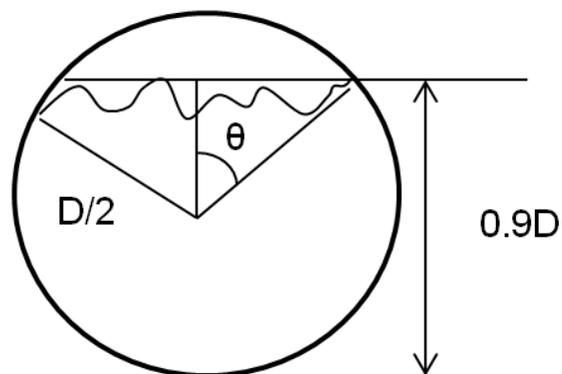
A = área transversal mojada

Rh = radio hidráulico

S = pendiente de tubería

Se debe calcular el área transversal para el 90 por ciento de eficiencia, es decir para 0,9 del diámetro.

Figura 13. **Sección transversal de tubería**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD, versión 2013.

Por lo tanto:

$$\cos \theta = \frac{0,4D}{D/2}$$

Despejando para  $\theta$

$$\theta = 0,6435 \text{ rad}$$

Por lo tanto se puede obtener el área de agua, obteniendo el área de cada una de las figuras geométricas que se presenta.

$$A_{\text{total}} = A_{\text{círculo}} - A_{\text{sector circular}} + (2 * A_{\text{triángulo}})$$

$$A_{\text{círculo}} = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 0,785 D^2$$

$$A_{\text{sector circular}} = \frac{\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * 0,643}{2\pi} = 0,160 D^2$$

$$A_{\text{triángulo}} = 2 * 0,5 * 0,4D * 0,3D = 0,12D^2$$

$$A_{\text{total}} = 0,7445 D^2$$

Entonces ahora ya se puede calcular el Perímetro mojado de la siguiente manera:

$$P_m = \pi * D - 0,6435 \frac{D}{2} = 2,8198 D$$

El radio hidráulico es:

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{0,7445D^2}{2,8198D} = 0,2640 D$$

Utilizando la fórmula de Manning:

$$1,46 = \frac{1}{0,15} * 0,7445D^2 * (0,2640D)^2 * (0,03)^{1,485}$$

$$1,46 = \frac{0,053D^8}{0,015}$$

$$D = \sqrt[8]{\frac{1,46}{0,015}} = 0,71 \text{ m} = 71 \text{ cm} = 28,24''$$

Finalmente el dato obtenido es el diámetro que el caudal requiere para trabajar en un momento de máxima presión al 90 por ciento de su capacidad. El diámetro requerido es de 28,24 pulgadas, pero comercialmente este diámetro de tubería no existe, por lo tanto se propone utilizar un diámetro de 30 pulgadas.

### **2.1.7. Estudio de suelos**

El suelo es un factor determinante en la estabilidad de una carretera. Es necesario llevar un control de su estado para tener la seguridad de la buena calidad de la misma. Los deslizamientos se manifiestan en los cortes, cuya cohesión no es lo suficientemente fuerte para mantener el talud, en caso de temblores o saturación. Por lo general, los deslizamientos se presentan en puntos donde el terreno presenta capas, que pueden deslizarse en sentido perpendicular al trazo de la carretera. Este estudio sirve para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, las cuales serán la base principal para el diseño y construcción del proyecto.

### **2.1.7.1. Análisis de la calidad de la subrasante**

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

#### **2.1.7.1.1. Ensayo de Proctor modificado**

Es un ensayo de compactación. El ensayo se basa en la Norma AASHTO T180-01: Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4,54 kilogramos Rammer and a 457 milímetros y la Norma ASTM D 1 557-07: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>)).

Se entiende por compactación todo proceso que aumente el peso volumétrico de un material granular. En general, es conveniente compactar un suelo para:

- Aumentar la resistencia al corte y por consiguiente, mejorar la estabilidad y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.
- Disminuir la compresibilidad y así reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y por consiguiente, reducir la permeabilidad.
- Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.

Para medir el grado de compactación de un material o un relleno se debe establecer la densidad seca del material. En la obtención de la densidad seca se debe tener en cuenta los parámetros de la energía utilizada durante la compactación y también depende del contenido de humedad durante el mismo. La situación anterior, demuestra que es necesario determinar la cantidad de agua en la cual se obtenga una excelente lubricación que permita la mayor densidad posible llamada Densidad Máxima o Peso Unitario Seco Máximo; y a la cantidad de agua necesaria para obtener dicha densidad recibe el nombre de humedad óptima.

#### **2.1.7.1.2. Ensayo de CBR**

Este ensayo se basa en la Norma AASHTO T193-99: Standard Method of Test for The California Bearing Ratio y la Norma ASTM D1883-07: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de la relación de soporte.

El porcentaje CBR (o simplemente CBR) está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, una probeta con una muestra estándar de material triturado. La expresión que define al CBR es la siguiente:

$$\% \text{ CBR} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación estándar o modificada.

Tabla X. **Clasificación típica para el uso de materiales**

No. CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Pobre a Regular	Subrasante	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	Base, sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

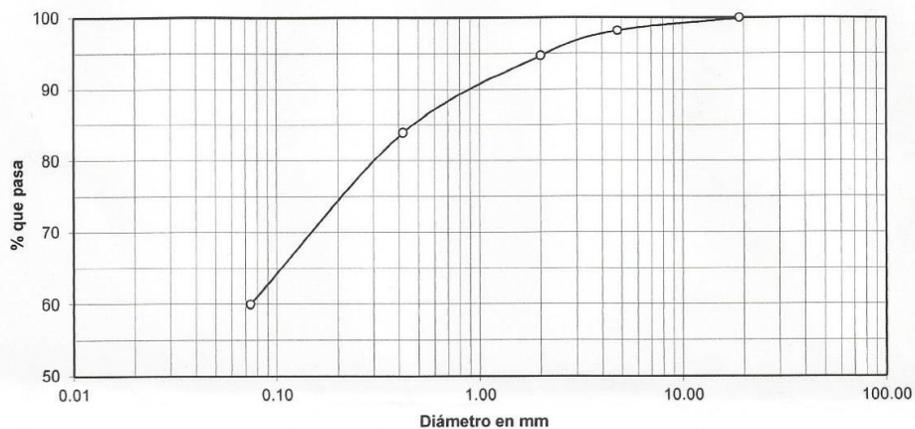
Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

### 2.1.7.1.3. Granulometría

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad, en porcentaje, de los diversos tamaños de las partículas que constituye el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas, el procedimiento más expedito es el de tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil, teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Los resultados de este análisis son representados en forma gráfica, obteniéndose con ello una curva de distribución granulométrica.

Figura 14. **Curva de distribución granulométrica**



Fuente: ensayo de análisis granulométrico para este proyecto, realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

#### 2.1.7.1.4. **Límites de Atterberg**

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Atterberg dividió y consideró tres límites o estados de consistencia: el límite de contracción que es la frontera convencional entre el estado sólido y semisólido, el límite plástico que es la frontera entre los estados semisólido y plástico; y el límite líquido que se define como la frontera entre estado plástico y semilíquido. También se denomina al límite líquido como la frontera entre el estado plástico y líquido.

- Límite líquido

El límite líquido fija la división entre el estado líquido y el estado plástico. En ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, ambos límites juntos son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación. El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen.

- Límite plástico

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

- Índice de plasticidad

Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero el suelo es no-plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

### 2.1.7.1.5. Resultados

Los ensayos realizados a la subrasante fueron los siguientes: Proctor modificado, CBR, límites de Atterberg y granulometría. A continuación se presentan los datos obtenidos en cada uno de los ensayos ya descritos:

- Proctor modificado (compactación)

Densidad seca máxima =  $1491 \text{ kg / m}^3 = 93,1 \text{ lb / pie}^3$

Humedad óptima = 17,5 por ciento

- Razón Soporte Californian (CBR)

Probeta número 1 = 23,4 por ciento de CBR

Probeta número 2 = 56,2 por ciento de CBR

Probeta número 3 = 79,2 por ciento CBR

- Límites de Atterberg

Límite líquido (LL) = NP

Índice de plasticidad (IP) = NP

Clasificación sistema unificado (CSU) = SM

- Análisis granulométrico

% de grava = 2,79 %

% de Arena = 64,87 %

% de Finos = 32,64 %

Clasificación: SCU: SP - SM

PRA: A-2-4

- Ensayo de Peso Unitario Suelto (PUS)

PUS = 1 134,20 kg/m<sup>3</sup>

En función a los datos obtenidos y el sistema de clasificación de suelos se encuentra que la subrasante del tramo carretero desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo, es suelo arena limosa pómez color beige.

Por la clasificación granulométrica de tipo A-2-4 las siguientes aplicaciones:

Tabla XI. **Aplicación y comportamiento según clasificación AASHTO**

Maquinaria	Comportamiento
Rodillo liso	Excelente
Rodillo neumático	Excelente
Rodillo pata de cabra	Deficiente
Pisón impacto	Bueno
Rodillo vibratorio	Excelente

Fuente: DUJISIN, Dusany RUTLAND, Jorge. *Maquinaria y tipo de suelo*. 1974.

Del ensayo de CBR, se obtiene la gráfica de CBR – Compactación (ver anexos), en donde indica que para un 79,2 por ciento de CBR se tiene 99.8 por ciento de compactación. Además según la tabla XI, se obtiene un porcentaje de CBR mayor a 50, por lo tanto la clasificación general es excelente lo cual permite usar el material hasta para figurar el papel como base.

Se puede concluir finalmente que el tipo de subrasante está en excelentes condiciones ya que cumple con los parámetros según el estudio de suelos. Que finalmente da un porcentaje de compactación al 99,8 por ciento. Aunque según los datos del ensayo se podría realizar una compactación al 96,8 por ciento con un CBR al 56,2 por ciento y las características no varían.

#### **2.1.7.2. Análisis de la calidad de balasto**

Se le llama balasto al material que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, el cuál se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura, debe cumplir con las condiciones siguientes:

Debe ser de calidad uniforme y exenta de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño.

##### **2.1.7.2.1. Ensayo de Proctor modificado**

Debe de tomarse una muestra para contenido de humedad 24 horas antes del ensayo, para que sea posible conocer razonablemente el contenido de humedad inicial. El siguiente procedimiento es para realizar una prueba de

compactación tipo A: molde de 4 pulgadas, con material que pasa el tamiz Número 4.

- Se debe secar al aire o en un horno una muestra 50 libras de material.
- Se toman tres kilogramos de suelo, que pase a través del tamiz número 4.
- Formar una mezcla uniformemente húmeda (deshacer todos los grumos)
- Dividir la mezcla húmeda en cinco porciones iguales aproximadamente.
- Pesarse el molde de compactación.
- Colocar una porción de la mezcla húmeda en el molde.
- Con el martillo de compactación se golpea la superficie.
- Se repite el proceso hasta completar cinco capas de 25 golpes cada una.
- Se retira todo el exceso y se pesa. A este peso se le llama Peso Bruto Húmedo (PBH).
- Determinar el contenido de humedad.

#### **2.1.7.2.2. Ensayo de CBR**

El CBR Se expresa en porcentaje de la carga requerida, para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada. Para realizarlo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, y así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación, el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR.

#### **2.1.7.2.3. Granulometría**

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas, que constituye el suelo.

Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos.

Procedimiento de ensayo de granulometría:

- Colocar en el horno 1 kilogramo de material.
- Pesarse el residuo secado al horno (PBS). Hacer pasar la muestra a través de una serie de tamices.
- Retirar la serie de tamices del agitador mecánico y obtener el peso del material que quedó retenido en cada tamiz.
- Calcular el porcentaje en cada tamiz.
- Trazar la curva granulométrica.

#### **2.1.7.2.4. Peso Unitario Suelo (PUS)**

Es el peso del material seco (seca en horno a 105 °C o 110 °C) por unidad de volumen, en el sitio. Este es el que se trata de determinar en el presente ensayo y el que se compara con el valor máximo obtenido en la prueba de compactación (Proctor) para obtener el porcentaje de compactación final.

Este procedimiento se utiliza para agregados que tengan un tamaño máximo nominal menor o igual a 1 ½ pulgadas, básicamente se introduce el agregado en el molde seleccionado en su estado suelto, llenándolo por medio de una cuchara o pala a una altura que no exceda de 2 pulgadas por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose el molde; teniendo el cuidado de evitar en la medida de lo posible la segregación.

$$PUS = (G_s - T) / V$$

Donde:

PUS = peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )

Gs = peso del agregado suelto más el molde (kg)

T = peso del molde (kg)

V = volumen del molde ( $\text{m}^3$ )

#### **2.1.7.2.5. Límites de Atterberg**

Los límites de Atterberg son propiedades de los índices de suelos, con que se define la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Existen 3 límites de consistencia: el límite de contracción, plástico y líquido.

El procedimiento para realizar el ensayo del límite líquido es:

- Calibrar la copa de Casagrande y ajustar la altura de la caída.
- La muestra de 100 gramos debe pasar por el tamiz número 40
- Agregar agua hasta obtener una pasta semilíquida homogénea.
- Dejar un tiempo de curado para que se mezcle homogéneamente.
- Colocar entre 50 y 70 gramos de muestra (pasta de suelo), en la copa.
- Separar la mezcla depositada dos mitades iguales.
- Dejar caer la copa desde una altura de un centímetro a razón de dos golpes por segundo.
- Retirar 10 gramos de material y determinar su humedad (porcentaje de humedad).
- Repetir todo el ensayo, por lo menos dos pruebas adicionales y así formar el gráfico con una abscisa semilogarítmica, en la cual se ubicará el número de golpes; y en la ordenada una escala aritmética donde se ubica el porcentaje de humedad (porcentaje de humedad).

Procedimiento para realizar el ensayo del límite plástico:

- Muestra de 20 gramos y que pase por el tamiz Número 40.
- Mezclar completamente con agua y moldearla como una esfera.
- Curar la muestra para que las fases líquida y sólida se mezclen homogéneamente.
- Conformar un cilindro de tres milímetros de diámetro y volver a amasar.
- Repetir la operación hasta que el cilindro se haga trozos no pueda ser reamasado ni reconstruido.
- Repetir las etapas anteriores con dos porciones más de la muestra.
- Determinar y registrar su humedad la cual será el porcentaje de humedad que corresponde al límite plástico.

#### **2.1.7.2.6. Equivalente de arena**

Utiliza como base la Norma AASHTO T176-02: Standard Method of Test for plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of the Sand Equivalent Test y la Norma ASTM D2419-95: Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.

Este ensayo se efectúa con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos-plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos; es un método rápido que se puede hacer tanto en el campo como en el laboratorio. Se lleva a cabo, principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán para base, subbase, o sea en bancos de préstamo.

El procedimiento para realizar el ensayo es:

- Preparar un galón de agua y agregar 88 centímetros cúbicos de la solución básica de *stock*.
- Depositar cuatro pulgadas de solución en la probeta.
- Se toman 500 gramos de material que pasa el tamiz número 4.
- Se introducen los 100 gramos en la solución que se encuentra en la probeta, dejándolos reposar durante 10 minutos.
- Se tapa la probeta con el tapón de hule y se procede a agitarla.
- Agregar solución hasta que llegue a las 15 pulgadas.
- En el transcurso de 20 minutos, se toma lectura de caída de los finos en períodos de dos minutos, para arcillas y de un minuto para arenas, hasta llegar a completar los 20 minutos respectivamente. Con los datos obtenidos se traza la curva.
- Para determina la relación de arena y arcilla se aplica la siguiente expresión:

$$EA = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} * 100$$

#### **2.1.7.2.7. Resultados**

Los ensayos realizados a la subrasante fueron los siguientes: Proctor modificado, CBR, límites de Atterberg y granulometría, Peso Unitario Suelo (PUS) y equivalente de arena. A continuación se presentan los datos obtenidos en cada uno de los ensayos ya descritos:

- Proctor modificado (compactación)

Densidad seca máxima = 1 357 kg / m<sup>3</sup> = 84,7 lb / pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 31,3 %

- Razón Soporte Californian (CBR)

Probeta número 1 = 5,0 por ciento de CBR

Probeta número 2 = 9,0 por ciento de CBR

Probeta número 3 = 33,0 por ciento CBR

- Límites de Atterberg

Límite líquido (LL) = 44,3 por ciento

Índice de plasticidad (IP) = 12,6 por ciento

Clasificación sistema unificado (CSU) = CL

- Análisis granulométrico

% de grava = 1,80 %

% de Arena = 38,20 %

% de Finos = 60,00 %

Clasificación: SCU: CL

PRA: A-7-5

- Ensayo de peso unitario suelto (PUS)

PUS = 1 255,60 kg/m<sup>3</sup>

- Equivalente de arena

E.A. = 28,6 por ciento

En función a los datos obtenidos y el sistema de clasificación de suelos se encuentra en el balasto destinado para aplicar en el tramo carretero desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo, es suelo arcilla limo arenosa color café.

Por la clasificación granulométrica de tipo A-7-5 las siguientes aplicaciones:

Tabla XII. **Aplicación y comportamiento según clasificación AASHTO**

<b>Maquinaria</b>	<b>Comportamiento</b>
Rodillo liso	Deficiente
Rodillo neumático	Regular
Rodillo pata de cabra	Excelente
Pisón impacto	Deficiente
Rodillo vibratorio	Inadecuado

Fuente: DUJISIN, Dusan; RUTLAND, Jorge. *Maquinaria y tipo de suelo*. p. 302.

Del ensayo de CBR, se obtiene la gráfica de CBR – compactación (ver anexos), en donde nos indica que para un 33,0 por ciento de CBR se tiene 100,00 por ciento de compactación. Además según la tabla XI, se obtiene un porcentaje de CBR entre 20 y 50 por ciento, por lo tanto la clasificación general es buena, lo cual nos permite usar el material como base o subbase.

Según la Dirección General de Caminos, el peso unitario suelto, debe de ser como mínimo de 1 450 kilogramos por metro cúbico. En el ensayo realizado se obtuvo menos que este valor. Por lo tanto se propone utilizar la incorporación de cal como agente estabilizador en el balasto, de manera que el mismo mejore sus propiedades físicas y mecánicas. Se debe de añadir un 3 por ciento de cal con respecto al volumen total de balasto a utilizar.

Se puede concluir finalmente que el tipo de balasto a utilizar está en buenas condiciones ya que cumple con algunos de los parámetros según el estudio de suelos. Finalmente nos da un porcentaje de compactación al 100,00 por ciento. Se puede tener un criterio de aceptación a los parámetros que no cumplen con lo estipulado, poniendo en evidencia que la subrasante se encuentra en condiciones favorables para aplicar las capas de balasto.

#### **2.1.8. Carpeta de rodadura**

Conforme se vaya terminando de construir la subrasante, se debe colocar la capa de balasto. No se debe dejar sin cubrir la subrasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros, en base a las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

Para la compactación es necesario que las capas de balasto se compacten como mínimo al 95 por ciento de la densidad máxima determinada por el Método AASHTO T 180.

El contratista debe controlar el contenido de humedad adecuado del material, por medio de ensayos de laboratorio y campo, secando el material y

determinando la humedad a peso constante o por el método del carburo de calcio, AASHTO T 217, a efecto de obtener la compactación especificada. La capa debe ser nivelada con equipo apropiado para asegurar una compactación uniforme y no se aprobará la compactación, hasta que se llenen los requisitos correspondientes especificados.

La compactación se comprobará en el campo, cada 600 metros cuadrados y en forma alterna a lo ancho de la sección, de preferencia mediante el Método AASHTO T 191 (ASTM D 1 556).

El material del banco de materiales que se consideró es el adecuado para extraer el material que será utilizado como carpeta de rodadura. Al realizar los análisis respectivos, se puede deducir que los valores obtenidos se encuentran entre los rangos que establecen las normas.

### **2.1.9. Elaboración de planos**

Se presentan los planos completos del diseño de la ampliación y mejoramiento del camino rural desde el puente Cabuz hasta la aldea El Naranja. Los planos adjuntados son los correspondientes a lo que la Dirección General de Caminos indica: plano de planta general con especificaciones técnicas y libreta topográfica del tramo de carretera, planos planta y perfil de la carretera indicando las curvas horizontales en planta y verticales en perfil, planos de secciones transversales cada 20 metros en donde se muestra la sección transversal de la carretera y finalmente la libreta de cálculo de volúmenes de corte y relleno por cada sección transversal.

El índice de planos propuestos es:

- Hoja número 1, plano de planta general.
- Hoja numero 2 a 10, planos planta perfil (diseño de curvas horizontales y verticales)
- Hoja numero 11 a 13, planos de secciones transversales.
- Hoja número 14, plano de detalles constructivos.
- Hoja número 15, plano de balance de masas.

#### **2.1.10. Presupuesto**

El presupuesto del presente proyecto es realizado con precios cotizados actualmente, por lo que se debe de tomar en consideración la variación de los precios con el transcurrir del tiempo.

##### **2.1.10.1. Integración de precios unitarios**

En esta sección del presupuesto se encuentra el desglose general de los renglones de trabajo estipulados por la Dirección General de Caminos, los cuales deben de ser tomados en cuenta para la construcción del proyecto.

Tabla XIII. **Desglose de presupuesto unitario del diseño de la ampliación y mejoramiento de la carretera desde el puente Cabuz hasta la aldea El Naranjo**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
PROYECTO	Ampliación y mejoramiento de carretera				
UBICACIÓN	Desde puente Cabuz IV hasta aldea El Naranjo				
MUNICIPIO	San Rafael Pie de la Cuesta				
DEPARTAMENTO	San Marcos				
FECHA	agosto del 2014				
Desglose de presupuesto unitario					
RENGLÓN NO. 1		TRABAJOS PRELIMINARES			
1,1	Replante topográfico, trazo y estaqueado				
	Cantidad	1	Unidad	Km	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	Estacas de madera	U	250	Q 0,25	Q 62,50
2	Clavos de lámina de 3"	Lbs	1,5	Q 6,84	Q 10,26
3	Cal hidratada	Bolsas	3	Q 45,00	Q 135,00
4	Hilo plástico	Rollos	1	Q 25,00	Q 25,00
			<b>TOTAL MATERIALES</b>		<b>Q 232,76</b>
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	Equipo de topografía	Global	1	Q 700,00	Q 700,00
			<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>		<b>Q 700,00</b>
<b>Combustibles</b>					
	NO APLICA				
			<b>TOTAL COMBUSTIBLES</b>		<b>Q -</b>
<b>Mano de obra</b>					
	NO APLICA				
			<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>Q -</b>
	<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>		<b>TOTAL HERRAMIENTA</b>		<b>Q -</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 932,76
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	Q 373,10
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 1 305,86
<b>IVA</b>				12%	Q 111,93
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>1 417,80</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>1 417,80</b>

Continuación de la tabla XIII.

1,2	Limpia, chapeo y destronque				
	Cantidad	1	Unidad	Km	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
	NO APLICA				
			<b>TOTAL MATERIALES</b>	Q	-
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	NO APLICA				
			<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	Q	-
<b>Combustibles</b>					
	NO APLICA				
			<b>TOTAL COMBUSTIBLES</b>	Q	-
<b>Mano de obra</b>					
	5 Ayudantes	día	1	300	Q 300,00
	Prestaciones	%	66,37	Q 300,00	Q 199,11
			<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	Q	<b>499,11</b>
	<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>		<b>TOTAL HERRAMIENTA</b>	Q	24,96
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>				Q	524,07
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40% Q	209,63
<b>Sub total del subrenglón</b>				Q	733,69
<b>IVA</b>				12% Q	-
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				Q	<b>733,69</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				Q	<b>733,69</b>

Continuación de la tabla XIII.

RENGLÓN NO. 2		MOVIMIENTO DE TIERRA			
2,1	Excavación no clasificada				
Cantidad		8740,49	Unidad	m <sup>3</sup>	
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe (Q)</b>
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				Q -
TOTAL MATERIALES					Q -
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	Cargador frontal	Hrs	336,17	Q 500,00	Q 168 086,35
2	Retroexcavadora	Hrs	336,17	Q 531,20	Q 178 574,93
3	Camión de volteo	m <sup>3</sup>	8470,83	Q 3,50	Q 29 647,91
4	Low boy	Viajes	2	Q 4 000,00	Q 8 000,00
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO					Q 384 309,19
<b>Combustibles</b>					
1	Diésel	Galón	1597,49	Q 34,00	Q 54 314,50
2	Aceite	Litro	100,85	Q 30,00	Q 3 025,55
3	Grasa	Lbs	100,85	Q 16,00	Q 1 613,63
TOTAL COMBUSTIBLE					Q 54 314,50
<b>Mano de obra</b>					
1	1 Encargado de grupo	Hrs	336,17	Q 25,00	Q 8 404,32
2	5 Ayudantes	Hrs	336,17	Q 28,25	Q 9 496,88
3	Prestaciones	%	66,37	Q 17 901,20	Q 11 881,02
TOTAL MANO DE OBRA					Q 29 782,22
<b>Herramienta (5% de la M.O.)</b>		TOTAL HERRAMIENTA			Q 1 489,11
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 469 895,02
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% Q 187 958,01
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 657 853,03
<b>IVA</b>					12% Q 52 813,54
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					Q 710 666,56
<b>COSTO UNITARIO</b>					Q 81,31

Continuación de la tabla XIII.

2,2		Excavación no clasificada de material de desperdicio			
Cantidad		3929,05	Unidad		m <sup>3</sup>
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				Q -
				TOTAL MATERIALES	Q -
<b>Maquinaria y equipo</b>					
2	Retroexcavadora	Hrs	151,12	Q 531,20	Q 80 273,51
3	Camion de volteo	m <sup>3</sup>	3929,05	Q 3,50	Q 13 751,68
				TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO	Q 94 025,19
<b>Combustibles</b>					
1	Diesel	Galón	417,08	Q 34,00	Q 14 180,85
2	Aceite	Litro	30,22	Q 30,00	Q 906,70
3	Grasa	Lbs	30,22	Q 16,00	Q 483,58
				TOTAL COMBUSTIBLE	Q 14 180,85
<b>Mano de obra</b>					
1	1 Encargado de grupo	Hrs	151,12	Q 25,00	Q 3 777,93
2	2 Ayudantes	Hrs	151,12	Q 11,30	Q 1 707,63
3	3 Prestaciones	%	66,37	Q 5 485,56	Q 3 640,77
				TOTAL MANO DE OBRA	Q 9 126,32
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>				TOTAL HERRAMIENTA	Q 456,32
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 117 788,68
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% Q 47 115,47
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 164 904,15
<b>IVA</b>					12% Q 13 039,48
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					Q 177 943,63
<b>COSTO UNITARIO</b>					Q 45,29

Continuación de la tabla XIII.

<b>2,3</b>		<b>Excavación estructural para alcantarillas, cabezales y cajas</b>			
Cantidad		<b>190</b>	Unidad	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe (Q)</b>
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				Q -
TOTAL MATERIALES					<b>Q -</b>
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	Retroexcavadora	Hrs	7,31	Q 531,20	Q 3 881,85
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO					<b>Q 3 881,85</b>
<b>Combustibles</b>					
1	Diésel	Galón	18,27	Q 34,00	Q 621,15
2	Aceite	Litro	0,73	Q 30,00	Q 21,92
3	Grasa	Lbs	0,73	Q 16,00	Q 11,69
TOTAL COMBUSTIBLE					<b>Q 621,15</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	1 Encargado de grupo	Hrs	7,31	Q 25,00	Q 182,69
2	1 Ayudantes	Hrs	7,31	Q 5,65	Q 41,29
3	Prestaciones	%	66,37	Q 223,98	Q 148,66
TOTAL MANO DE OBRA					<b>Q 372,64</b>
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>			TOTAL HERRAMIENTA		<b>Q 18,63</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 4 894,27
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	Q 1 957,71
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 6 851,98
<b>IVA</b>				12%	Q 542,60
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>7 394,57</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>38,92</b>

Continuación de la tabla XIII.

2,4		Relleno estructural de alcantarillas			
Cantidad		90	Unidad	m <sup>3</sup>	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				Q -
				TOTAL MATERIALES	Q -
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	Compactadora tipo rodo	Hrs	3,60	Q 250,00	Q 900,00
				TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO	Q 900,00
<b>Combustibles</b>					
1	Diésel	Galón	10,80	Q 34,00	Q 367,20
2	Aceite	Litro	0,72	Q 30,00	Q 21,60
3	Grasa	Lbs	0,72	Q 16,00	Q 11,52
				TOTAL COMBUSTIBLE	Q 367,20
<b>Mano de obra</b>					
1	1 Encargado de grupo	Hrs	8,00	Q 25,00	Q 200,00
2	2 Ayudantes	Hrs	8,00	Q 11,30	Q 90,40
3	Prestaciones	%	66,37	Q 290,40	Q 192,74
				TOTAL MANO DE OBRA	Q 483,14
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>				TOTAL HERRAMIENTA	Q 24,16
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 1 774,50
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% Q 709,80
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 2 484,29
<b>IVA</b>					12% Q 154,96
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					Q 2 639,26
<b>COSTO UNITARIO</b>					Q 29,33

Continuación de la tabla XIII.

RENGLÓN NO. 3		REACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE			
<b>3,1</b>	<b>Conformación y compactación de la sub-rasante</b>				
Cantidad	<b>35200</b>	Unidad	<b>m<sup>2</sup></b>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe (Q)</b>
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				Q -
			TOTAL MATERIALES		Q -
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	Pipa de agua	Hrs	201,14	Q 65,00	Q 13 074,29
2	Patrol	Hrs	352,00	Q 200,00	Q 70 400,00
3	Compactadora tipo Rodo	Hrs	195,56	Q 200,00	Q 39 111,11
4	Low boy	Viajes	2	Q 4 000,00	Q 8 000,00
			TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO		Q 130 585,40
<b>Combustibles</b>					
1	Diésel	Galón	2274,03	Q 34,00	Q 77 317,08
2	Aceite	Litro	60,34	Q 30,00	Q 1 810,29
3	Grasa	Lbs	60,34	Q 16,00	Q 965,49
			TOTAL COMBUSTIBLE		Q 77 317,08
<b>Mano de obra</b>					
1	2 Encargado de grupo	Hrs	352,00	Q 50,00	Q 17 600,00
2	5 Ayudantes	Hrs	352,00	Q 28,25	Q 9 944,00
3	Prestaciones	%	66,37	Q 27 544,00	Q 18 280,95
			TOTAL MANO DE OBRA		Q 45 824,95
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>			TOTAL HERRAMIENTA		Q 2 291,25
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 256 018,68
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% Q 102 407,47
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 358 426,15
<b>IVA</b>					12% Q 25 223,25
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					Q 383 649,39
<b>COSTO UNITARIO</b>					Q 10,90

Continuación de la tabla XIII.

RENGLÓN NO. 4		DRENAJES			
4,1	<b>Drenajes transversales de tubería de hierro galvanizado de material corrugado de 30" de diámetro</b>				
Cantidad		150	Unidad	ml	
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe (Q)</b>
<b>Materiales</b>					
1	Tubería NOVAFORT 30"	ml	150	Q 921,10	Q 138 165,00
2	Flete	gl	1	Q 1 500,00	Q 1 500,00
TOTAL MATERIALES					<b>Q 138 165,00</b>
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	No aplica				Q -
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO					<b>Q -</b>
<b>Combustibles</b>					
1	No aplica				Q -
TOTAL COMBUSTIBLE					<b>Q -</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	Trazo	ml	150,00	Q 1,00	Q 150,00
2	Nivelación	ml	150,00	Q 8,00	Q 1 200,00
3	Colocación	ml	150,00	Q 45,00	Q 6 750,00
4	Prueba de agua	ml	150	Q 15,50	Q 2 325,00
	Prestaciones	%	66,37	Q 10 425,00	Q 6 919,07
TOTAL MANO DE OBRA					<b>Q 17 344,07</b>
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>		TOTAL HERRAMIENTA			<b>Q 867,20</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					<b>Q 156 376,28</b>
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					<b>40% Q 62 550,51</b>
<b>Sub total del subrenglón</b>					<b>Q 218 926,79</b>
<b>IVA</b>					<b>12% Q 16 683,86</b>
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					<b>Q 235 610,65</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>Q 1 570,74</b>

Continuación de la tabla XIII.

4,2		Mampostería de concreto (cajas y cabezales)				
Cantidad		75	Unidad	m <sup>3</sup>		
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe (Q)	
<b>Materiales</b>						
1	Concreto	m <sup>3</sup>	0,4	Q 818,00	Q	24 540,00
2	Arena	m <sup>3</sup>	0,15	Q 180,00	Q	2 025,00
3	Cemento	Saco	0,4	Q 54,50	Q	1 635,00
4	Electromalla 6 * 6 7/7	Plancha	0,45	Q 200,00	Q	6 750,00
5	Tacos de concreto	Unidad	13	Q 0,40	Q	390,00
6	Madera	Pt	10,73	Q 5,00	Q	4 023,75
7	clavos 3"	Lbs	2	Q 4,50	Q	675,00
8	Alquiler de formaleta	m <sup>2</sup>	4,03	Q 10,00	Q	3 022,50
			TOTAL MATERIALES		Q	43 061,25
<b>Maquinaria y equipo</b>						
1					Q	-
			TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO		Q	-
<b>Combustibles</b>						
1	No aplica				Q	-
			TOTAL COMBUSTIBLE		Q	-
<b>Mano de obra</b>						
1	Trazo	m <sup>3</sup>	35,00	Q 5,00	Q	175,00
3	Colocación	m <sup>3</sup>	35,00	Q 175,00	Q	6 125,00
4	Factor de ayudante	%	35	Q 6 300,00	Q	2 205,00
	Prestaciones	%	66,37	Q 8 505,00	Q	5 644,77
			TOTAL MANO DE OBRA		Q	14 149,77
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>				TOTAL HERRAMIENTA		Q 283,00
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q	57 494,01
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40%	Q 22 997,61
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q	80 491,62
<b>IVA</b>					12%	Q 5 201,31
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					Q	85 692,93
<b>COSTO UNITARIO</b>					Q	1 142,57

Continuación de la tabla XIII.

RENGLÓN NO. 5		REVESTIMIENTO FINAL DE CARRETERA			
5,1	Colocación y compactación de balasto				
Cantidad	7040	Unidad	m <sup>3</sup>		
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe (Q)</b>
<b>Materiales</b>					
1	Cal	Bolsas	469,33	Q 30,00	Q 14 080,00
			TOTAL MATERIALES		<b>Q 14 080,00</b>
<b>Maquinaria y equipo</b>					
1	Pipa de agua	Hrs	93,87	Q 65,00	Q 6 101,33
2	Patrol	Hrs	156,44	Q 200,00	Q 31 288,89
3	Compactadora tipo Rodo	Hrs	88,00	Q 200,00	Q 17 600,00
			TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO		<b>Q 54 990,22</b>
<b>Combustibles</b>					
1	Diésel	Galón	1033,51	Q 34,00	Q 35 139,38
2	Aceite	Litro	28,16	Q 30,00	Q 844,80
3	Grasa	Lbs	28,16	Q 16,00	Q 450,56
			TOTAL COMBUSTIBLE		<b>Q 35 139,38</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	2 Encargado de grupo	Hrs	156,44	Q 50,00	Q 7 822,22
2	5 Ayudantes	Hrs	156,44	Q 28,25	Q 4 419,56
3	Prestaciones	%	66,37	Q 12 241,78	Q 8 124,87
			TOTAL MANO DE OBRA		<b>Q 20 366,65</b>
<b>Herramienta (5% de la M.O)</b>			<b>TOTAL HERRAMIENTA</b>		<b>Q 1 018,33</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					Q 125 594,58
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% Q 50 237,83
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 175 832,41
<b>IVA</b>					12% Q 12 627,35
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					<b>Q 188 459,76</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>Q 26,77</b>

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel, versión 2010.

## 2.1.10.2. Resumen del presupuesto

En esta sección del presupuesto se realiza el resumen con las cantidades finales de cada renglón propuesto en la integración de los precios unitarios. En esta integración final es en donde se conoce el costo total del proyecto.

Tabla XIV. **Integración de presupuesto diseño de la ampliación y mejoramiento de la carretera desde el puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
PROYECTO	Ampliación y mejoramiento de carretera				
UBICACIÓN	Desde puente Cabuz IV hasta aldea El Naranjo				
MUNICIPIO	San Rafael Pie de la Cuesta				
DEPARTAMENTO	San Marcos				
FECHA	Agosto del 2014				
Integración de presupuesto					
No.	Renglón de trabajo	Unidad	Cantidad	Precio unitario Q	Precio total
1	Trabajos preliminares				
1,1	Levantamiento topográfico, trazo y estaqueado	Km	6,4	Q 1 417,80	Q 9 073,89
1,2	Limpia, chapeo y destronque	Km	6,4	Q 733,69	Q 4 695,63
2	Movimiento de tierra				
2,1	Excavación no clasificada	m <sup>3</sup>	8740,49	Q 81,31	Q 710 666,56
2,2	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m <sup>3</sup>	3929,05	Q 45,29	Q 177 943,63
2,3	Excavación estructural para alcantarillas, cabezales y cajas	m <sup>3</sup>	190	Q 38,92	Q 7 394,57
2,4	Relleno estructural para alcantarillas	m <sup>3</sup>	90	Q 29,33	Q 2 639,26
3	Reacondicionamiento de Sub-rasante				
3,1	Conformación y compactación de sub-rasante	m <sup>2</sup>	35200	Q 10,90	Q 383 649,39
4	Drenajes				
4,1	Drenajes transversales de tubería de hierro galvanizado de material corrugado de 30" de diámetro	ml	150	Q 1 570,74	Q 235 610,65
4,2	Mampostería de concreto (caja y cabezales)	m <sup>3</sup>	75	Q 1 142,57	Q 85 692,93
5	Revestimiento final de carretera				
5,1	Colocación y compactación balasto	m <sup>3</sup>	7040	Q 26,77	Q 188 459,76
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q</b>	<b>1 805 826,27</b>

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Excel, versión 2010.

### 2.1.11. Cronograma de ejecución

Los cronogramas son la idealización de la manera de trabajar el proyecto, por lo que cumpliendo los tiempos estipulados en los mismos el proyecto generaría una mejor inversión.

#### 2.1.11.1. Física

Es necesario idealizar un método de trabajo al diseñar un proyecto, el cronograma de ejecución física muestra el avance constructivo que se debe de tener en relación a tiempos de trabajo.

Figura 15. Cronograma de ejecución física

CRONOGRAMA DE EJECUCION FÍSICA																	
REGLONES DE TRABAJO		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
NO.	REGLON	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares	■	■	■	■												
2	Movimiento de tierra				■	■	■	■	■								
3	Reacondicionamiento de Sub-rasante					■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Drenajes									■	■	■	■	■	■	■	■
5	Revestimiento final de carretera													■	■	■	■
6	Transporte de maquinaria			■													■

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Project, versión 2010.

#### 2.1.11.2. Financiera

Uno de los aspectos más importante que define el avance de un proyecto es el financiamiento. El cronograma de ejecución financiero ayuda para poder tener seguridad del monto total de dinero que se debe de poseer en relación al tiempo de ejecución del proyecto.

Figura 16. **Cronograma de ejecución financiera**

CRONOGRAMA DE EJECUCION FINANCIERA																							
REGIONES DE TRABAJO		Avance financiero	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Total				
Nº.	REGION		Q	1	2	3	4	Q	1	2	3	4	Q	1	2	3	4	Q		1	2	3	4
		Total	Q 313,317.52					Q 951,093.78					Q 447,185.09					Q 94,229.88					Q 1,805,826.27
1	Trabajos preliminares	Q 13,769.52																					
2	Movimiento de tierra	Q 898,644.02																					
3	Reacondicionamiento de Sub-rasante	Q 383,649.39																					
4	Drenajes	Q 321,303.58																					
5	Revestimiento final de carretera	Q 188,459.76																					
<b>Total</b>		Q 1,805,826.27																					

Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Project, versión 2010.

### 2.1.12. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Es el procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Su objetivo es proporcionar una herramienta útil a todo el proceso de evaluación, para que pueda llegar a decisiones correctas y basadas en criterios científicos.

- Un estudio de impacto ambiental tiene como finalidad lo siguiente:
  - Cumplir con lo establecido en el artículo número 8 del Decreto 68-86, *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*.
  - Identificar los impactos que se generen por las acciones derivadas del proceso de construcción de la carretera, creando propuestas

Para minimizar los efectos negativos que se provoquen al medio ambiente.

- Identificar el área de impacto ambiental y describir las características físicas y bióticas del área de influencia del proyecto.
  - Identificar y evaluar los diferentes impactos ambientales, tanto negativos como positivos, en las diferentes etapas del proyecto.
  - Proponer medidas de mitigación.
- Impacto ambiental que será producido con este proyecto

Se realizarán las siguientes actividades que a raíz de ellas surge el impacto al ambiente:

- Operación de maquinaria y equipo, debido a la emanación de gases producto de la combustión de derivados del petróleo.
- Explotación de bancos de material.
- Acarreo de material.

Durante la realización de estas actividades se generan partículas de polvo, los cuales quedan en suspensión. Este impacto puede producir enfermedades respiratorias a los trabajadores y habitantes del área de influencia directa.

- Sitios arqueológicos: no existen sitios arqueológicos en el área de influencia del tramo a construir.

- Desechos sólidos: dentro de los contaminantes que se producirán en la fase de construcción y operación del proyecto se tienen los residuos del material de excavación y cortes de talud. Además se tendrán desechos producto de la maquinaria como filtros, repuestos usados, neumáticos, depósitos de aceite y basura producto de los trabajadores.
  - Ruidos y vibraciones: los impactos ambientales por ruido se dan principalmente por la utilización de maquinaria y equipo durante la fase de preparación del sitio, explotación de bancos de material y durante la fase de construcción de la carretera. El ruido puede resultar perjudicial para los trabajadores y a los pobladores.
  - Contaminación visual: una mala selección del sitio donde se instale el campamento, la explotación de bancos de material, o donde se deposite el material de desperdicio, pueden ocasionar alteraciones al paisaje.
- Impacto ambiental negativo

Este proyecto no tendrá un impacto ambiental negativo permanente. El daño que sufrirá el terreno no ocasionará mayores consecuencias, ya que solo sucederá en el proceso de construcción debido a la excavación.

- Impacto ambiental positivo

El impacto ambiental positivo que ofrece este proyecto consiste en la eliminación de aguas servidas y todo lo que esto conlleva: disminuir fuentes de proliferación de enfermedades y protección del nivel freático.

- **Medidas de mitigación**

Emisiones a la atmósfera: verificar que a toda la maquinaria y equipo que se utilizará en la construcción de la carretera, tenga los mejores controles en sus servicios preventivos y usando elementos de calidad; así se podrá reducir en un buen porcentaje el daño a la atmósfera.

Desechos sólidos: el material que sea producto del corte de talud tendrá que ser depositado en bancos autorizados por la Municipalidad y debidamente controlados para no ocasionar daños a la vegetación cercana. Los productos resultantes del mantenimiento de la maquinaria y equipo (lubricantes, aceites, filtros) será necesario contactar a empresas que reciclan con este tipo de residuos para evitar una contaminación del suelo.

- Ruidos y vibraciones: se utilizará equipo adecuado para las personas que trabajen con maquinaria que produce decibeles muy altos y que puedan afectar de forma parcial o permanente el sistema auditivo.
- Contaminación visual: para no crear alteración de paisajes en donde se instalen campamentos de trabajo y donde se realice el depósito de material de desperdicio, será necesario sembrar árboles.

### **2.1.13. Evaluación socioeconómica**

Los 2 métodos más importantes que tienen en cuenta el valor tiempo del dinero son el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno. Teóricamente deberán aceptarse los proyectos cuando existan mayores VPN (siempre que

sean positivos) y mayores TIR (siempre que sean mayores a la tasa social de descuento), lo cual no sucede en este proyecto por ser proyectos sociales.

### **2.1.13.1. Valor Presente Neto (VPN)**

El cálculo de este valor se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Esta es una forma sencilla en la que se puede determinar si en un determinado proyecto los ingresos son mayores que los egresos. El Valor Presente Neto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{VPN} = \text{VP beneficios} - \text{VP costos}$$

Existen tres posibles resultados al aplicar la fórmula anterior:

- $\text{VPN} > 0$
- $\text{VPN} = 0$
- $\text{VPN} < 0$

Se puede interpretar de la siguiente manera:

- Cuando el VPN es un valor mayor que cero, se recupera el monto invertido, se obtiene una rentabilidad y una ganancia que equivale al valor presente.
- Cuando el VPN es un valor igual cero, se recupera el monto invertido y se obtiene una rentabilidad deseada pero no se obtiene una ganancia.
- Cuando el VPN es un valor menor que cero, se hace una evaluación según la tasa de interés y un porcentaje de ganancia.

Para el caso de la ampliación y mejoramiento del tramo de carretera desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, es un proyecto que es de beneficio para la comunidad y una obligación de las autoridades mitigar estas necesidades que tienen la población. Por lo tanto la construcción es de carácter social y la Municipalidad no contempla recibir ninguna ganancia o utilidad con este proyecto. Por lo tanto:

VPN = 0 - Costo del proyecto

VPN = -1 805 826,27

#### **2.1.13.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión. Si se utiliza con el valor presente es la tasa donde el valor presente es igual al cero  $VP = 0$ .

En el caso de la ampliación y mejoramiento del tramo de carretera desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranjo, por ser una obra de carácter social, la Municipalidad no tiene contemplado obtener ninguna ganancia ni utilidad, por lo que no es posible determinar la tasa interna de retorno mediante ningún método.

### **2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos**

El diseño del proyecto surge como una necesidad prioritaria dentro de la comunidad, debido al incremento poblacional cada vez se ve afectada más la

población por no poseer los servicios básicos. El presente proyecto está diseñado con los parámetros y normas que rigen a toda de Guatemala.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto a realizar es el diseño del sistema de alcantarillado sanitario que tiene lugar en el caserío Nuevo San Rafael, municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, departamento de San Marcos, el cual tiene una longitud de 3 535 metros lineales, contando las veredas, entradas, sectores y calle central.

El caserío se encuentra a 2 kilómetros del casco urbano del municipio y para fines de diseño y funcionabilidad se divide en dos sectores por causa de la pendiente del lugar. Para el diseño y construcción del proyecto será necesario utilizar normas específicas de construcción determinadas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), además de ello se cuenta con el apoyo de los vecinos, el COCODE y el alcalde auxiliar.

Uno de los sectores se encuentra sobre la carretera que conduce de San Rafael Pie de la Cuesta hacia Malacatán, y el otro sector de casi 1 kilómetro de longitud se encuentra sobre un camino rural que conduce únicamente en ese tramo.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

El estudio topográfico es la principal herramienta con la que se debe de trabajar en un proyecto de obra civil. Dicho estudio se realiza con la finalidad de obtener la representación gráfica de la superficie de la tierra y en particular el terreno que se necesita medir es el mismo en donde el proyecto ha de tener lugar.

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita y en general ubicar todos aquellos puntos de importancia. El levantamiento topográfico para el proyecto del diseño del alcantarillado sanitario se dividió en dos campos: planimetría y altimetría.

#### **2.2.2.1. Planimetría**

Puede entenderse a la planimetría como la parte de la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana. Lo que hace la planimetría es prescindir del relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal y plana. La importancia de la planimetría en general será de contener a detalle los principales puntos de interés para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

Para el estudio topográfico de planimetría se realizó con equipo y materiales brindados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, un teodolito análogo, una plomada, un estadal y una cinta métrica. El método utilizado es el de conservación del azimut tomando como referencia el norte magnético y ubicando las coordenadas totales de longitud y latitud del punto inicial en mapas del IGN.

#### **2.2.2.2. Altimetría**

Es el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno (planos de curvas de nivel y perfiles).

El estudio topográfico de altimetría se realizó con equipo y materiales brindados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, un nivel de precisión, un estadal y una cinta métrica.

En el caso del drenaje sanitario es necesario ver alturas de nivel de la línea central como las de las casas a servir, utilizando en este proyecto para el levantamiento topográfico de altimetría el método de nivelación diferencial, tomando como referencia un banco de marca arbitrario y encontrando la cota real de este punto en mapas del IGN.

### **2.2.3. Período de diseño**

Es el tiempo que se estima que el sistema ha de funcionar satisfactoriamente. Generalmente este periodo se da en cantidad de años y se debe estimar para cada componente del sistema. Pasado este período de tiempo estimado es necesario realizar una rehabilitación o rediseño del sistema de alcantarillado sanitario, ya que el mismo iniciará un proceso de deterioro generalizado.

Los sistemas de alcantarillado sanitario suelen variar su período de diseño y por ser una estimación, queda a disposición del criterio del diseñador proponer el valor de este período. Para emitir una conclusión el diseñador debe de tomar en cuenta ciertos factores que se ven involucrados para definir el periodo de diseño:

- La vida útil de las estructuras y equipamiento teniéndose en cuenta su obsolescencia o desgaste.
- La facilidad o dificultad de ampliación de obras.

- Las tendencias de crecimiento de la población con mayor énfasis en el desarrollo de sus actividades, que pueden ser industriales o comerciales.
- El comportamiento de la obra en periodos iniciales cuando los caudales son inferiores a los de los años de diseño.

Los períodos de diseño sugeridos según la historia para los proyectos de alcantarillado sanitario son:

- Colectores (principales, secundarios, interceptores) 20-30 años
- Para ciudades con índice de crecimiento elevado: 10-15 años
- Para ciudades con índice de crecimiento bajo: 20 - 25 años
- Plantas de tratamiento: 20 - 30 años

Para el actual proyecto se tomara un periodo de diseño de 21 años.

### **2.2.3.1. Cálculo de población futura**

Para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es necesario saber algunos parámetros como lo es el número de habitantes actuales y futuros que será beneficiado con el proyecto, ya que es necesario saber puntualmente cual será la demanda de este servicio proyectado según el período de diseño, con la finalidad de desarrollar una obra duradera y contemplando al máximo los factores que puedan influir al buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.

La población futura de una localidad se estima analizando las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, para hacer predicciones sobre su futuro desarrollo.

Existen varios métodos matemáticos para realizar el cálculo de la población futura. Para el diseño del presente proyecto se utilizará el método que lleva por nombre método de Crecimiento Exponencial o Geométrico. Este método tiene una gran ventaja sobre otros, porque las poblaciones en vías de desarrollo crecen a un ritmo geométrico exponencial, por lo tanto el método que responde a las características de Guatemala y en este caso al área en análisis como lo es el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos. Este método se auxilia de la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o \cdot (1+R)^n$$

Donde:

$P_o$  = población futura (no. habitantes)

$P_f$  = población inicial (no. de habitantes)

R = tasa de crecimiento

n = número de años de período de diseño

#### **2.2.4. Generalidades de un sistema de alcantarillado**

En la comunidad del caserío Nuevo San Rafael, nunca ha existido un sistema de alcantarillado sanitario, por lo general las personas poseen fosas sépticas en mal estado para la expulsión del agua residual.

El caserío, para fines de diseño se divide en dos tramos por causa del cambio brusco de pendiente. Una gran parte del caserío se encuentra a lo largo de la carretera nacional, lo que no permite realizar una línea central al centro de la carretera, por lo que se deberán hacer tramos paralelos y finalmente unirlos únicamente en un punto, con la finalidad de cortar la carretera solo una vez. Son aproximadamente 1,5 kilómetros de carretera que pertenecen al territorio

del caserío Nuevo San Rafael, el resto de tramos son de terracería y otros puntos que son únicamente accesos peatonales.

### **2.2.5. Consideraciones de diseño**

En poblaciones que no cuenten con ningún sistema anterior al que se está diseñando, se proyectarán sistemas de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies. Cuando el uso del sistema combinado sea indispensable, se diseñarán si fuera posible, las obras accesorias que permitan desviar los excesos al curso de agua más cercano durante los períodos de lluvia. Los sistemas se diseñarán como sistemas por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos.

### **2.2.6. Cálculo de caudales**

Para realizar el cálculo de los caudales es necesario basarse en algunos datos que sirven como parámetros de diseño. Estos parámetros son datos que se encuentran por medio de instrumentos de investigación en donde los principales actores son las personas que son residentes del lugar de estudio.

Entre los parámetros de diseño para el cálculo de caudales se puede encontrar: dotación, velocidad de flujo, tirante pendiente, diámetros de tubería, período de diseño y población de diseño o población futura.

#### **2.2.6.1. Dotación**

La dotación está relacionada íntimamente con la demanda que necesita una población específica, para satisfacer sus necesidades primarias. Esto

significa que dotación es la cantidad de litros de agua que necesita un habitante en un día, para satisfacer sus demandas biológicas.

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

Tabla XV. **Dotaciones indicadas en las normas de diseño**

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/hab/día.)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. p. 78.

Para el proyecto en estudio se tiene una dotación de 120 litros por habitante por día, puesto que precisamente entra en el rango de conexiones domiciliarias en el área rural.

#### **2.2.6.2. Velocidad de flujo**

La velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, así como por el diámetro y tipo de tubería que se utiliza. Se determina por la fórmula de Manning para sección llena y por las relaciones hidráulicas de  $v/V$  para sección parcialmente llena. La ecuación para obtener la velocidad del flujo a sección llena está dada por:

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

Donde:

V = velocidad de flujo a sección llena (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

∅ = diámetro de la tubería a utilizar (pulgadas)

S = pendiente de tubería (porcentaje)

La velocidad a sección parcial está dada por la relación hidráulica v/V. Este valor se obtiene de las tablas mostradas en los anexos, y despejando dicha ecuación, obtenemos la velocidad a sección parcialmente llena:

$$v = v/V \cdot V$$

Donde:

V = velocidad de flujo a sección llena (m/s)

v = velocidad de flujo a sección parcialmente llena (m/s)

v/V = factor obtenido las tablas en anexo

La velocidad de arrastre del flujo asegura el buen funcionamiento del sistema por lo que se tienen valores mínimos y máximos los cuales se debe de respetar para realizar un diseño ideal. Los límites son los siguientes.

$$0,60 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$$

Es de gran importancia respetar estos límites ya que evitan que el sistema colapse. Si los valores de la velocidad de diseño son menores a 0,60 metros por segundo, entonces se deberá aproximar al valor presente con la finalidad de que los sólidos siempre se mantengan en movimiento y con ello que no se

decanten, provocando un tapón en la tubería. Por otro lado, si la velocidad excede el valor de 3 metros por segundo es un mayor problema, ya que la velocidad de arrastre y la masa de los sólidos provocan un desgaste en la tubería, logrando daños por causas abrasivas y de impacto.

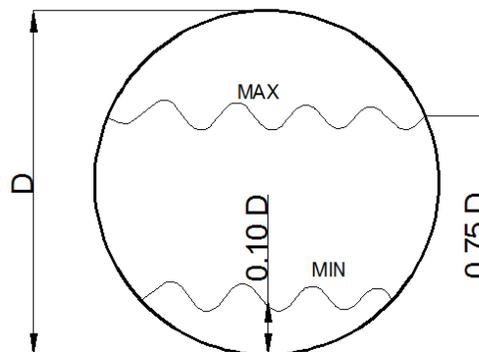
### 2.2.6.3. Tirante o profundidad

Para el buen funcionamiento del sistema las tuberías deben ser diseñadas a sección llena, pero realmente trabajan en otras proporciones. El hecho de sobre diseñar el sistema da un cierto parámetro de seguridad.

El buen funcionamiento del alcantarillado sanitario depende de las condiciones hidráulicas que se presenten; así, la altura del tirante que permite el arrastre de sólidos es del 10 por ciento del diámetro de la tubería y menor al 75 por ciento de la misma, lo cual garantiza su funcionamiento como canal abierto. Es decir:

$$0,10 D < h < 0,75 D$$

Figura 17. Tirante de flujo o profundidad



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD, versión 2013.

#### **2.2.6.4. Uso del agua**

El agua en el lugar de estudio es utilizada únicamente para consumo humano, porque no existen fábricas, edificios, rastros ni alguna edificación que expulse algún tipo de agua contaminada en formas distinta.

#### **2.2.6.5. Caudal domiciliar**

Es el agua que luego de haber sido usada por los humanos para las actividades de rutina, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado. Por lo tanto, este caudal se ve directamente relacionado con la dotación y suministro de agua potable. Será calculado para cada tramo con base al número de conexiones futuras que contribuyan al tramo por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{dom.}} = \frac{P \cdot \text{Dot.} \cdot \text{FR}}{86\,400 \text{ s}}$$

Donde:

P = población (no. habitantes)

Dot = dotacion (lt/Hab dia)

FR = facto de retorno (% 100)

$Q_{\text{dom}}$  = caudal domiciliar

##### **2.2.6.5.1. Factor de retorno**

Dentro del cálculo del caudal domiciliario hay una porción de agua que no es vertida al alcantarillado por diversas razones y la dotación se ve afectada por un factor de retorno y es definido como el porcentaje de la dotación que retorna

al alcantarillado, este oscila entre el 75 al 90 por ciento. Para fines de este proyecto se tomó un factor de retorno al sistema de 85 por ciento.

#### 2.2.6.6. Caudal de conexiones ilícitas

Es la cantidad de agua de lluvia que se ingiere al drenaje, proviene principalmente porque algunos usuarios, conectan las bajadas de aguas pluviales al sistema. Este caudal daña el sistema, debe de evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Pero ya que es casi imposible evitar estos hechos es necesario considerarlos dentro del diseño, para lo cual se pueden utilizar varios métodos para el cálculo:

- Método Racional

$$Q_{CI} = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

$Q_{CI}$  = caudal de conexiones ilícitas (l/s)

C = coeficiente de escorrentía que dependerá de la superficie

I = intensidad de lluvia en el área (mm/hora)

A = área tributaria (hectáreas)

- Reglamento de la Municipalidad de Guatemala: asigna una dotación por conexiones ilícitas de 100 litro por habitante por día, por lo tanto:

$$Q_{CI} = \frac{100 \text{ lt hab dia} \cdot P}{86400 \text{ s}}$$

Donde:

$Q_{CI}$  = caudal de conexiones ilícitas (l/s)

P = población (número de habitantes)

- Criterio del Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

El criterio utilizado por el INFOM toma para conexiones ilícitas un 10 por ciento del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.

Para fines de cálculo de este proyecto se utilizó el criterio del INFOM, ya que por falta de datos no se puede utilizar el método Racional y el Reglamento de la Municipalidad de Guatemala indica que se deberá usar su criterio para el área metropolitana y sectores similares. El cálculo se realiza para cada tramo utilizando el caudal domiciliar del tramo en estudio.

#### **2.2.6.7. Caudal de infiltración**

Es considerado como la cantidad de agua que se filtra o penetra a través de las paredes de la tubería, este depende de la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y la profundidad a la que se coloca. Como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día, su valor puede variar entre 12 000 y 18 000 litros por kilómetro por día.

Según el INFOM para tuberías PVC debe calcularse el caudal de infiltración de acuerdo a los parámetros siguientes:

- Para tuberías sobre nivel freático  $Q_{INF} = 0,01 * \text{diámetro de tubería}$
- Para tuberías debajo del nivel freático  $Q_{INF} = 0,02 * \text{diámetro de tubería}$

Otra forma de realizar el cálculo del caudal de infiltración es por medio de la siguiente ecuación, con la salvedad que se utilizara esta ecuación únicamente cuando se tenga tubería de concreto:

$$Q_{inf} = \frac{\text{Factor infiltración} * \text{Longitud tubería} + (6 * \# \text{de casas})}{1000} \quad 86\ 400$$

Para este proyecto se utilizó el criterio de INFOM ya que toda la tubería de la red de alcantarillado es de material PVC y el parámetro según lo descrito, será sobre nivel freático.

#### **2.2.6.8. Caudal comercial**

Es el agua de desecho proveniente de las edificaciones comerciales como comedores, restaurantes, hoteles, otros. La dotación comercial dependerá del establecimiento a considerar, en este proyecto no se utilizó este caudal pues no existe comercio.

#### **2.2.6.9. Caudal industrial**

Es el agua de desecho proveniente de las grandes industrias, exceptuando las industrias químicas o farmacéuticas, porque no se les permite que viertan los desechos químicos en una red de alcantarillado, por lo que deberán tener una planta de tratamiento especial antes de ser incorporados a la red. Para fines de cálculo se puede asumir un valor entre 1 000 a 18 000 litro por industria por día, dependiendo la magnitud de la industria.

En este proyecto no se utilizó el caudal industrial debido a que en el sector de estudio no existe ninguna industria.

#### **2.2.6.10. Factor de caudal medio**

Este factor es el encargado de regular la aportación del caudal en la tubería. El valor del mismo se obtiene por medio de la sumatoria de todos los caudales (doméstico, conexiones ilícitas, comercial e industrial) y distribuyéndolo dentro de la población. Es importante reconocer que a la sumatoria de todos los caudales también se le llama caudal sanitario o caudal medio.

$$f_{qm} = \frac{Q_{dom} + Q_{Cl} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{ind}}{P}$$

Donde:

$f_{qm}$  = factor de caudal medio (l/s/hab)

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (l/s)

$Q_{Cl}$  = caudal de conexiones ilícitas (l/s)

$Q_{inf}$  = caudal de infiltración (l/s)

$Q_{Cl}$  = caudal comercial (l/s)

$Q_{ind}$  = caudal industrial (l/s)

$P$  = población (número de habitantes)

Dicho factor deberá cumplir el siguiente parámetro:

$$0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$$

Si se obtiene un valor menor a lo que indica el rango, se tomará el límite izquierdo 0,002, por lo contrario si fuese mayor se tomará el límite derecho 0,005.

### 2.2.6.11. Factor de Harmond

El factor de Harmond o de flujo instantáneo es un factor de seguridad, que involucra a toda la población a servir. Este tiene auge en las horas pico o de mayor utilización del drenaje y es el valor estadístico que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso simultáneo del servicio; está dado de la siguiente manera:

$$FH = 18 + \frac{P/1000}{4 + \frac{P/1000}$$

Donde:

FH = factor de Harmond (adimensional)

P = población (habitantes)

### 2.2.6.12. Caudal de diseño

Al caudal de diseño también se le llama caudal máximo. Es el caudal total que transportará el sistema en cualquier punto, en todo el recorrido de la red cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante. Según las normas del INFOM el caudal con que se diseñará cada tramo del sistema viene dado por los siguientes parámetros:

- Caudal máximo de origen doméstico
- Caudal de infiltración
- Caudal de conexiones ilícitas
- Aguas de origen industrial y comercial

De manera simplificada, para realizar el cálculo del caudal de diseño se realizan cálculos preliminares como lo son: el factor de caudal medio (fqm) y factor de Harmond (FH), que contienen los parámetros de forma separada quedando finalmente la siguiente ecuación para el caudal de diseño:

$$Q_{Dis} = P * fqm * FH$$

Donde:

$Q_{Dis}$  = caudal de diseño (l/s)

P = población (habitantes)

fqm = factor de caudal medio

FH = factor de Harmond (adimensional)

### **2.2.7. Pendiente**

La pendiente del terreno a utilizar en el diseño deberá ser de preferencia la misma del terreno, ya que el diseño debe funcionar como obra por gravedad y además se utiliza la misma pendiente del terreno para evitar sobre costos por excavación excesiva en algunos tramos. Los parámetros que el diseño debe de cumplir son los de velocidad y las relaciones hidráulicas, por lo tanto en casos extremos que los parámetros no se cumplen, incrementar o disminuir la pendiente es una buena solución.

La pendiente del terreno es la topografía que presenta el lugar de diseño, está definida por la siguiente ecuación:

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{CTE + CTS}{D_h} * 100$$

Donde:

CTE = cota de terreno en pozo de visita de entrada (m)

CTS = cota de terreno en pozo de visita de salida (m)

Dh = distancia horizontal entre pozos de visita (m)

Los parámetros según las relaciones hidráulicas que se deberán de cumplir en cada tramo son:

$$q < Q$$

Donde:

Q = caudal a sección llena (l/s)

q = caudal de diseño (l/s)

$$0,10 < d/D < 0,75$$

Donde:

D = tirante (m)

d = diámetro interno de la tubería (m)

$$0.6 < v < 3$$

Donde:

v = velocidad del caudal de diseño (m/s)

Nota: este dato se obtiene del despeje de la relación v/V

### 2.2.8. Cálculo de Cotas Invert

Es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, se debe verificar que la cota Invert sea al menos igual al recubrimiento mínimo deseado de la tubería. Se calculan con base a la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro.

Se definen 2 tipos de cotas Invert: de salida y de entrada al tramo. Es sumamente necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos para el cálculo de la cota Invert de salida:

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

$$\varnothing A = \varnothing B$$

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{cota Invert de entrada} - 0,03$$

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

$$\varnothing A < \varnothing B$$

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{cota Invert de entrada} - (\varnothing B - \varnothing A) * 0,0254$$

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

$$\emptyset A = \emptyset B = \emptyset C$$

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{Cota Invert de entrada más baja} - 0,03$$

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

La cota Invert de entrada está relacionada con la distancia horizontal, la pendiente y la cota Invert de salida:

$$\text{CIE} = \text{CIS} - \text{Dh}(\text{S tub} / 100)$$

Donde:

CIE = Cota Invert de entrada (m)

CIS = Cota Inver de salida (m)

Dh = distancia horizontal o longitud del tramo (m)

S tub = pendiente de tubería

### **2.2.9. Diámetros de tubería**

Antes de definir el diámetro de la tubería es necesario que se fije el material de tubería a utilizar. Para este tipo de proyectos las tuberías más utilizadas son de concreto como de policloruro de vinilo (PVC). Actualmente

debido a la eficiencia para trabajar, es más aceptado el PVC como principal material en la construcción de alcantarillados sanitarios.

El diámetro de tubería a utilizar puede variar en cada tramo, dependiendo siempre de cumplir los parámetros según las relaciones hidráulicas en cada tramo. El diámetro puede ser modificado de cualquier manera, tomando en cuenta elegir los diámetros comerciales para así reducir el costo.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8” para tubos de concreto o de 6 pulgadas para tubos de PVC.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6 pulgadas en concreto y de 4 pulgadas en PVC, usando en este caso un reductor de 4x 3 pulgadas como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliar.

Para este proyecto el material aplicado es policloruro de vinilo (PVC) y el diámetro mínimo de tubería será de 6 pulgadas para la red general de alcantarillado sanitario y de 4 pulgadas para la conexión domiciliar.

#### **2.2.10. Pozos de visita**

Son una de las partes principales del sistema de alcantarillado sanitario, se construyen con el fin de proporcionar acceso al sistema para realizar trabajos de inspección y limpieza.

Los pozos de visita se colocarán en los siguientes puntos según lo indican las normas del INFOM:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 metros en diámetros hasta de 24”
- En distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores de 24”
- En las curvas, no más de 30 metros
- Alivio o cambio de pendiente

#### **2.2.11. Especificaciones para pozos de visita**

Los pozos de visita son muy importantes dentro del sistema de alcantarillado sanitario, por lo tanto es necesario especificar de la mejor manera el método y sistema constructivo, asimismo aplicar los conocimientos estructurales para que los pozos de visita sean resistentes y duraderos.

- Deben ser construidos con suficiente espacio para que cuando se realice la limpieza no se tengan obstáculos.
- El diámetro mínimo en la parte interior varía de 1 a 2 metros.
- La tapadera del pozo puede ser metálica o de hormigón armado, y de 0,60 metros de diámetro como mínimo.
- La distancia máxima entre dos pozos deberá ser de 100 metros
- Los pozos con profundidad mayor a un metro, deberán tener peldaños de hierro con una separación de 30 centímetros, los cuales estarán empotrados a las paredes del pozo.

- La tapadera descansa sobre un brocal; ambos contruidos de concreto reforzado.
- Las paredes del pozo están impermeabilizadas por repello más un cernido liso.
- El fondo estará formado de concreto, que deja la pendiente necesaria para que corra el agua, la dirección en que se dirigirá estará determinada por medio de canales, contruidos por tubería cortada transversalmente.

Es necesario también obtener alto específico para pozo de visita:

La profundidad del pozo de visita al inicio del tramo está definida por la cota Invert de salida previamente determinada.

$$H_{pv} = CT - CIS$$

Donde:

HPV = altura de pozo de visita (m)

CT = cota de terreno superficial (m)

CIS = cota inver de salida (m)

Debe considerarse que la cota Invert mide la distancia del dato (abajo) al punto en cuestión (arriba), mientras que la profundidad del pozo mide la distancia de la superficie del terreno (arriba) a la superficie del fondo del pozo (abajo).

Así, una cota Invert menor indica mayor profundidad y una cota Invert mayor indica menor profundidad; en cambio, una profundidad de pozo menor es realmente una profundidad menor y una profundidad de pozo mayor es realmente una profundidad mayor.

La altura mínima de los pozos es de 1,40 metros y se asumirá esta altura en los pozos marcados como inicio de ramales.

### **2.2.12. Conexiones domiciliarias**

Tienen como propósito primordial descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central. Es costumbre dejar previsto una conexión en Y en cada lote o predio donde haya que conectar un drenaje doméstico. El empotramiento con el colector principal se debe hacer en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica.

Consta de las siguientes partes:

- Caja de registro (candela domiciliar o acometida domiciliar)

La conexión se realizará por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros. Si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas.

- Tubería secundaria

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 por ciento, para evacuar adecuadamente el agua residual.

### 2.2.13. Profundidad de tubería

La determinación de la profundidad de la tubería, se hace mediante el cálculo de las cotas Invert. En todo caso debe chequearse que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para no dañarse con el paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado.

#### 2.2.13.1. Normas y recomendaciones

La norma a utilizar principalmente es la del INFOM, en donde el sistema de alcantarillado sanitario funcionara por acción de la gravedad.

El recubrimiento mínimo general del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1,00 metro más el espesor de la tubería más el diámetro de la tubería, esto para tráfico liviano y para tráfico pesado el recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería será de 1,20 metros.

Tabla XVI. Profundidad de tubería

Tipo de tráfico	Diámetro de tubería en pulgadas							
	6	8	10	12	16	18	21	24
Normal	1,16	1,22	1,28	1,33	1,41	1,50	1,58	1,66
Pesado	1,6	1,42	1,48	1,51	1,53	1,70	1,78	1,86

Fuente: AGUILAR RUÍZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. p.95.

- Luego de encontrar la profundidad de la tubería es necesario obtener también el ancho de zanja. El ancho de zanja depende del diámetro y de la profundidad del colector, en la siguiente tabla se muestran datos

relacionados con el ancho de zanjas a utilizar para la instalación de tuberías.

- El ancho de zanja es necesario para encontrar el volumen de excavación que es el volumen de tierra que habrá que remover para la colocación adecuada de la tubería, se calcula con base en el volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

$$V = \frac{H_1 + H_2}{2} * Dh * t$$

Donde:

V = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H<sub>1</sub> y H<sub>2</sub> = profundidad de pozos (m)

Dh = distancia horizontal entre pozos de visita m

t = ancho de zanja m

Tabla XVII. Ancho y profundidad de zanjas en función del diámetro de tubería

ANCHO LIBRE DE ZANJAS SEGÚN SU PROFUNDIDAD Y EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA A INSTALAR										
DIÁMETRO NOMINAL	HASTA 1,30	DE 1,31 a 2,35	DE 2,36 a 2,85	DE 2,86 a 3,36	DE 3,36 a 3,85	DE 3,86 a 4,35	DE 4,36 a 4,85	DE 4,86 a 5,35	DE 5,36 a 5,85	DE 5,86 a 6,35
6	60	60	65	70	75	80	85	90	95	100
8	60	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10		70	70	70	70	70	70	70	70	70
12		75	75	75	75	75	75	75	75	75
15		90	90	90	90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110	110	110	110
21		110	135	160	185	210	235	260	285	310
24		135	155	175	195	215	235	255	275	295
30		155	175	195	215	235	255	275	295	315
36			175	175	175	175	175	175	175	175
42				190	190	190	190	190	190	190
48				210	210	210	210	210	210	210
60				245	245	245	245	245	245	245
72					280	280	280	280	280	280
84					320	320	320	320	320	320

Fuente: CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 37.

## **2.2.14. Propuestas de tratamiento**

La finalidad del tratamiento de las aguas residuales es evitar, en lo posible, la contaminación de ríos, lagos y mantos acuíferos, que son las fuentes primordiales del vital elemento como es el agua. El método propuesto es el método primario el cual consta de fosa séptica y pozos de absorción.

### **2.2.14.1. Diseño de fosas sépticas**

La fosa séptica es una unidad de tratamiento primario, consistente en una o varias cámaras, convenientemente construidas para retener las aguas residuales. Cumple con la función de sedimentar y digerir los sólidos y permite la retención del material de grasas contenido en estas, transformándolos anaeróticamente en sustancias y compuestos más simples y estables.

- **Período de retención**

El período de retención de las aguas residuales, en esta unidad varía de 12 a 24 horas, dependiendo del caudal a tratar. Para este estudio, se adoptó 12 horas, para dar suficiente tiempo a la sedimentación. Será necesario construir 2 fosas sépticas, tomando como parámetros que la capacidad máxima por fosa séptica, es de 55 a 60 viviendas por fosa y que las condiciones topográficas obligan la separación de las descargas.

- **Características**

El parámetro de lodos acumulados, por habitante y período de limpieza es de 30 a 80 litros por habitante por año, por lo que se tomará para este cálculo un valor medio de 65 litros por habitante por año. Para el mantenimiento, tomar

en cuenta el tiempo para acciones de limpieza, que depende de la intensidad de su uso, en ese caso se deberá hacer una inspección cada 6 meses y se realizará limpieza cada dos años, extrayendo el 90 por ciento de los lodos existentes, el 10 por ciento deberá permanecer en la fosa, ya que servirá para inocular las futuras aguas residuales.

- Funciones de la fosa séptica
  - Eliminación de sólidos: el taponamiento del subsuelo con el efluente del tanque varía directamente con la cantidad de sólidos suspendidos que contenga el líquido. Al verter las aguas negras de un edificio a un tanque séptico, se reduce su velocidad de escurrimiento, y los sólidos más grandes se sedimentan en el fondo o se elevan a la superficie. El tanque retiene los sólidos y descarga el efluente clarificado.
  - Tratamiento biológico: los sólidos y líquidos del tanque quedan sujetos a descomposición por procesos bacterianos naturales. Las bacterias existentes son de las variedades denominadas anaerobias, que prosperan en ausencia de oxígeno libre; esta descomposición o tratamiento de las aguas negras bajo condiciones anaerobias es un proceso séptico, y del mismo toma su nombre el tanque.
  - Almacenamiento de natas y lodos o cienos: los lodos o cienos son el resultado de la acumulación de los sólidos en el fondo del tanque, mientras que la nata es la porción parcialmente sumergida de los sólidos flotantes aglomerados, que se forman en la superficie del fluido en el tanque. Los lodos, y en menor

proporción las natas, se digieren y se compactan en menores volúmenes; sin embargo, no importa cuán eficiente sea el proceso, queda un residuo de materiales sólidos inertes, al que se debe proporcionar espacio suficiente de almacenamiento en los intervalos entre las limpiezas, pues, de otra forma, se arrastraría del tanque y obstruirían el sistema de infiltración.

#### **2.2.14.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción**

Es la última unidad de tratamiento, para evitar contaminar aguas subterráneas. Su diseño depende de la permeabilidad que presente el terreno en el cual se realizará el desfogue.

El pozo de absorción consiste en una excavación en el terreno, por lo general de 2,00 a 3,00 metros de diámetro.

Todo pozo de absorción debe tener una cubierta o losa de concreto armado de 0,20 metros de espesor descansando sobre un brocal o anillo de concreto. A la cubierta se le deja una tapa de inspección como mínimo de 0,60 x 0,60 metros y se conecta a un tubo de ventilación de 4" para la eliminación de gases.

Para calcular la dimensión del pozo no debe considerarse el fondo de la excavación como sección filtrante, porque se colmata rápidamente, sino la superficie de las paredes bajo la línea del agua, determinada por el nivel de la tubería de llegada. Conocido el coeficiente de absorción, la profundidad se determina con base en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{A}{d \cdot \pi}$$

Donde:

A = área requerida para la infiltración (m<sup>2</sup>)

d = diámetro de pozo

El campo de absorción permite el tratamiento final y la distribución de las aguas negras. Un sistema convencional consiste en tuberías perforadas rodeadas de materiales, tales como grava y pedazos de llanta cubiertos de tela geotextil y suelo arcilloso. Para tratar las aguas negras, este sistema depende mucho del suelo donde los microorganismos ayudan a eliminar la materia orgánica, los sólidos y los nutrientes que permanecen en el agua. Mientras que el efluente fluye continuamente hacia el suelo, los microbios que digieren los componentes de las aguas negras forman una capa biológica. La capa reduce el movimiento del agua por el suelo y ayuda a evitar que el área debajo de la capa se sature.

#### **2.2.15. Metodología del cálculo**

El proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, se diseña por gravedad y se realiza conforme los pasos anteriormente descritos.

##### **2.2.15.1. Diseño del sistema**

El diseño se realiza en función a lo estipulado en las normas, reglamentos y parámetros que rigen a Guatemala. Se realizará a manera de ejemplo la operatoria el tramo del PV-3 al PV-4 de la sección 1. Para observar la posición del tramo dentro del sistema, ver planos en apéndices.

Tabla XVIII. **Datos del proyecto de alcantarillado sanitario**

<b>Datos</b>	
Periodo de diseño	21 años
Población actual acumulada	174 personas
Cota de terreno de PV-3	904,546 metros
Cota de terreno de PV-4	899,145
Distancia horizontal entre pozos	79,41 metros
Número de casas acumulada	29 casas
Número de casas local	9 casas
Tasa de crecimiento	3.5 por ciento
Dotación de agua potable	120 l/hab./día
Factor de retorno	0,85
Coeficiente de Manning	0,010
Densidad de población	6 habitantes / casa
Tubería PVC, diámetro	6 pulgadas
CIE a PV-3	903,056 m

Fuente: elaboración propia.

- Pendiente del terreno

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{\text{CTE} + \text{CTS}}{D_h} * 100$$

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{904,546 - 899,145}{79,41} * 100$$

$$\text{Pendiente del terreno} = 6,801 \%$$

- Población de diseño

$$P_f = P_o * (1+R)^n$$

$$P_f = 174 \cdot (1 + 0,035)^{21}$$

$$P_f = 358 \text{ habitantes}$$

Por lo tanto:

$$\text{Casas de diseño} = 358/6 = 60 \text{ casas}$$

- Factor de caudal medio

$$f_{qm} = \frac{Q_{dom} + Q_{Cl} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{ind}}{P}$$

$$f_{qm} \text{ actual} = \frac{0,276}{174} \quad f_{qm} \text{ actual} = 0,002$$

$$f_{qm} \text{ diseño} = \frac{0,551}{358} \quad f_{qm} \text{ actual} = 0,002$$

- Factor de Harmond

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

$$FH \text{ actual} = 18 + \frac{\overline{174/1\,000}}{4 + \overline{174/1\,000}}$$

$$FH \text{ actual} = 4,169$$

$$FH \text{ diseño} = 18 + \frac{358/1\,000}{4 + \frac{358/1\,000}{4}}$$

$$FH \text{ actual} = 4,044$$

- Caudal de diseño o caudal máximo

$$Q_{\text{Dis}} = P \cdot f_{\text{qm}} \cdot FH$$

$$Q_{\text{Dis actual}} = 174 \cdot 0,002 \cdot 4,169$$

$$Q_{\text{Dis}} = 1,451 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{Dis futuro}} = 358 \cdot 0,002 \cdot 4,044$$

$$Q_{\text{Dis}} = 2,899 \text{ l/s}$$

- Velocidad de flujo a sección llena

$$V = 0,03429 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{S}{100} \right)^{2/3} \cdot \left( \frac{S}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 0,03429 \cdot \frac{1}{0,010} \cdot \left( \frac{6,681}{100} \right)^{2/3} \cdot \left( \frac{6,681}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 2,684 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = \text{Velocidad} * \text{Area transversal}$$

$$Q = 2,684 * \frac{\pi}{4} * \text{diam}^2 * 1000$$

$$Q = 48,966 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas

$$q/Q \text{ actual} = \frac{1,451}{48,966} = 0,030$$

$$q/Q \text{ diseño} = \frac{2,899}{48,966} = 0,059$$

Nota:

Luego de dividir los caudales de diseño con el caudal a sección llena, este dato se busca en la tabla de elementos hidráulicos para obtener las otras relaciones hidráulicas.

$$v/V \text{ actual} = 0,443$$

$$v/V \text{ diseño} = 0,546$$

$$d/D \text{ actual} = 0,116$$

$$d/D \text{ diseño} = 0,164$$

- Velocidad de diseño

$$v = V * v/V$$

$$v \text{ actual} = 0,443 * 2,684 = 1,189 \text{ m/s}$$

$$v \text{ futuro} = 0,546 * 2,684 = 1,465 \text{ m/s}$$

- Chequeo final de velocidad

$$d/D = 0,116$$

$$0,10 < d/D < 0,75$$

$$v \text{ actual} = 1,189 \text{ m/s}$$

$$0,60 < v < 3,00$$

Si cumple

$$d/D = 0,164$$

$$0,10 < d/D < 0,75$$

$$v \text{ futuro} = 1,465 \text{ m/s}$$

$$0,60 < v < 3,00$$

Si cumple

- Cotas Invert

$$\emptyset A = \emptyset B$$

Por lo tanto

$$CIS = 903,086 - 0,03$$

$$CIS = 903,056 \text{ m}$$

$$CIE = CIS - Dh(S \text{ tub}/100)$$

$$CIE = 903,056 - 79,41(6,801/100)$$

$$CIE = 897,655 \text{ m}$$

- Altura de pozos de visita

$$H_{pv} = CT - CIS$$

$$H_{pv} = 904,546 - 903,056$$

$$H_{pv} = 1,49$$

- Profundidad de tubería, ancho de zanja y volumen de excavación

$$\text{Ancho de zanja} = 0,60 \text{ metros}$$

$$\text{Profundidad de tubería} = 1,49 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$V = 72,425 \text{ m}^3$$

### **2.2.16. Elaboración de presupuesto**

Se elaboró el presupuesto del alcantarillado sanitario utilizando para ello todos los criterios basados en la licitación de un proyecto. El costo total del proyecto incluye costos directos: mano de obra calificada, mano de obra no calificada, prestaciones de ley, materiales e insumos; y los costos indirectos: 10 por ciento de administración, 10 por ciento de imprevistos y 20 por ciento de utilidad.

Tabla XIX. Presupuesto alcantarillado sanitario

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA						
FACULTAD DE INGENIERÍA						
PROYECTO		Diseño de sistema de alcantarillado sanitario				
UBICACIÓN		Caserío Nuevo San Rafael				
MUNICIPIO		San Rafael Pie de la Cuesta				
DEPARTAMENTO		San Marcos				
FECHA		Agosto del 2014				
Desglose de presupuesto unitario						
RENGLÓN NO. 1		Trabajos preliminares				
1,1	Trazo y replanteo topográfico					
Cantidad		1	Unidad	km		
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)	
Materiales						
1	Madera para estacas	Unidad	0,5	Q 0,25	Q	0,13
			TOTAL MATERIALES		Q	0,13
Herramientas						
1	Machete	Unidad	0,055	Q 45,00	Q	2,48
			TOTAL HERRAMIENTA		Q	2,48
Equipo						
	Teodolito + Estadal	Unidad	1	Q 700,00	Q	700,00
	Nivel marca Sokkia + cinta métrica	Unidad	1	Q 550,00	Q	550,00
			TOTAL EQUIPO		Q	1 250,00
Maquinaria						
	No aplica					
			TOTAL MAQUINARIA		Q	-
Mano de obra						
	Ayudante	Jornal	0	Q 45,00	Q	-
	Albañil	Jornal	0	Q 75,00	Q	-
	Prestaciones	%	66,37	Q -	Q	-
			TOTAL MANO DE OBRA		Q	-
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>						1252,60
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	Q	501,04
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q	1 753,64
<b>IVA</b>				12%	Q	150,31
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				Q	<b>1 903,95</b>	
<b>COSTO UNITARIO</b>					Q	<b>1 903,95</b>

Continuación de la tabla XIX.

1,2	Bodega				
	Cantidad	1	Unidad	Global	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	Regla de pino rústica 2"x1"x10'	Pt	20	7,50	150,00
2	Tabla de pino rústica 12"x1x10'	Pt	480	7,50	3 600,00
3	Parales de pino de 3"x4"10'	Pt	300	7,50	2 250,00
4	Clavo con cabeza de 2"	Pt	15	4,50	67,50
5	Clavo con cabeza de 1 1/2"	Lb	6	4,00	24,00
6	Lámina galvanizada de 12' Cal. 28	Unidad	10	92,00	920,00
7	Clavo para lámina de 2"	Lb	4	5,00	20,00
8	Nylon doble grueso para forro de bodega	Yd	75	6,00	450,00
TOTAL MATERIALES					<b>7481,50</b>
<b>Herramienta</b>					
1	No aplica	Unidad	0	0	0
TOTAL HERRAMIENTA					<b>0,00</b>
<b>Equipo</b>					
	No aplica				
TOTAL EQUIPO					<b>0,00</b>
<b>Maquinaria</b>					
	No aplica				
TOTAL MAQUINARIA					<b>0,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Ayudante	Jornal	3	45	135,00
	Albañil	Jornal	1	75	75,00
	Prestaciones	%	66,37	210,00	139,38
TOTAL MANO DE OBRA					<b>349,38</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					7830,88
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% Q 3 132,35
<b>Sub total del subrenglón</b>					Q 10 963,23
<b>IVA</b>					12% Q 897,78
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>					<b>Q 11 861,01</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>Q 11 861,01</b>

Continuación de la tabla XIX.

RENGLÓN NO. 2		Excavación y relleno de zanja + capa base			
2,1	Excavación				
	Cantidad	1	Unidad	m <sup>3</sup>	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				0,00
			TOTAL MATERIALES		<b>0,00</b>
<b>Herramienta</b>					
1	Pala	Unidad	0,05	20	1
2	Carreta de mano	Unidad	0,05	110	5,5
3	Azadón	Unidad	0,05	20	1
4	Barreta	Unidad	0,05	45	2,25
5	Piocha	Unidad	0,05	40	2
6	Tonel	Unidad	0,05	35	1,75
			TOTAL HERRAMIENTA		<b>13,50</b>
<b>Equipo</b>					
1	No aplica				
			TOTAL EQUIPO		<b>0,00</b>
<b>Maquinaria</b>					
1	No aplica				
			TOTAL MAQUINARIA		<b>0,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	Ayudante	Jornal	0,4	40	16,00
2	Albañil	Jornal	0,5	75	37,50
3	Prestaciones	%	66,37	53,50	35,51
			TOTAL MANO DE OBRA		<b>89,01</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					102,51
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	41,00
<b>Sub total del subrenglón</b>					143,51
<b>IVA</b>				12%	1,62
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>145,13</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>145,13</b>

Continuación de la tabla XIX.

2,2		Relleno			
Cantidad		1	Unidad	m <sup>3</sup>	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	No aplica				0,00
				TOTAL MATERIALES	<b>0,00</b>
<b>Herramienta</b>					
1	Pala	Unidad	0,05	20	1
2	Carreta de mano	Unidad	0,05	80	4
3	Azadón	Unidad	0,05	20	1
4	Tonel	Unidad	0,05	20	1
				TOTAL HERRAMIENTA	<b>7,00</b>
<b>Equipo</b>					
1	No aplica				
				TOTAL EQUIPO	<b>0,00</b>
<b>Maquinaria</b>					
1	No aplica				
				TOTAL MAQUINARIA	<b>0,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	Ayudante	Jornal	0,3	40	12,00
2	Albañil	Jornal	0,3	75	22,50
3	Prestaciones	%	66,37	34,50	22,90
				TOTAL MANO DE OBRA	<b>57,40</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					64,40
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>					40% 25,76
<b>Sub total del subrenglón</b>					90,16
<b>IVA</b>					12% 0,84
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>91,00</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>91,00</b>

Continuación de la tabla XIX.

2,3		Capa base			
Cantidad		1	Unidad	m <sup>3</sup>	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	Arena de río	m <sup>3</sup>	1	135,00	135,00
				TOTAL MATERIALES	<b>135,00</b>
<b>Herramienta</b>					
1	Pala	Unidad	0,05	20	1
2	Carreta de mano	Unidad	0,05	110	5,5
3	Azadón	Unidad	0,05	20	1
				TOTAL HERRAMIENTA	<b>7,50</b>
<b>Equipo</b>					
1	No aplica				
				TOTAL EQUIPO	<b>0,00</b>
<b>Maquinaria</b>					
1	No aplica				
				TOTAL MAQUINARIA	<b>0,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	Ayudante	Jornal	0,08	45	3,60
2	Albañil	Jornal	0,01	75	0,75
3	Prestaciones	%	66,37	4,35	2,89
				TOTAL MANO DE OBRA	<b>7,24</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					149,74
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	59,89
<b>Sub total del subrenglón</b>					209,63
<b>IVA</b>				12%	17,10
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>226,73</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>226,73</b>

Continuación de la tabla XIX.

RENGLÓN NO. 3		Instalación de tubería			
3,1	Instalación y suministro de tubería de 6"				
	Cantidad	1	Unidad	ml	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	Tubería PVC DE 6" Norma ASTM F-949	Tubo	0,2	185,34	37,07
			TOTAL MATERIALES		<b>37,07</b>
<b>Herramienta</b>					
1	No aplica	Unidad	0	0	0
			TOTAL HERRAMIENTA		<b>0,00</b>
<b>Equipo</b>					
1	No aplica				
			TOTAL EQUIPO		<b>0,00</b>
<b>Maquinaria</b>					
1	No aplica				
			TOTAL MAQUINARIA		<b>0,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	Ayudante	Jornal	0,1	45	4,50
2	Albañil	Jornal	0,16	75	12,00
3	Prestaciones	%	66,37	16,50	10,95
			TOTAL MANO DE OBRA		<b>27,45</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					64,52
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	25,81
<b>Sub total del subrenglón</b>					90,33
<b>IVA</b>				12%	4,45
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>94,77</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>94,77</b>

Continuación de la tabla XIX.

3,2		Instalación y suministro de tubería de 8"			
Cantidad		1	Unidad	ml	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	Tubería PVC DE 8" Norma ASTM F-949	Tubo	0,2	236,48	47,30
				TOTAL MATERIALES	<b>47,30</b>
<b>HERRAMIENTA</b>					
1	No aplica	Unidad	0	0	0
				TOTAL HERRAMIENTA	<b>0,00</b>
<b>EQUIPO</b>					
1	No aplica				
				TOTAL EQUIPO	<b>0,00</b>
<b>MAQUINARIA</b>					
1	No aplica				
				TOTAL MAQUINARIA	<b>0,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
1	Ayudante	Jornal	0,1	45	4,50
2	Albañil	Jornal	0,08	75	6,00
3	Prestaciones	%	66,37	10,50	6,97
				TOTAL MANO DE OBRA	<b>17,47</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					64,77
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	25,91
<b>Sub total del subrenglón</b>					90,67
<b>IVA</b>				12%	5,68
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>96,35</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>96,35</b>

Continuación tabla XIX.

RENGLÓN NO. 4		Pozo de visita			
4,1	Pozo de visita <2m				
	Cantidad	1	Unidad	Unidad	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
	Cemento Portland	Saco	11,05	72,00	795,60
	Arena de río	m³	0,49	145,00	71,05
	Agua	Lt	179,35	2,50	448,38
	Ladrillo tayuyo	Unidad	750	4,69	3 517,50
	Barras de acero corrugado φ 1/2"	Varilla	11	27,69	304,59
	Tabla de pino rústico de 1"x12"x10'	PT	72	7,50	540,00
	Paral de pino rústico de 3"x4"x10'	PT	33	7,50	247,50
	Alambre de amarre calibre 18	Lb	10	9,82	98,20
	Clavo con cabeza de 3"	Lb	7	10,08	70,56
			TOTAL MATERIALES		<b>6093,38</b>
<b>Maquinaria</b>					
	Mezcladora de concreto	Global	1	250	250
			TOTAL MAQUINARIA		<b>250,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Ayudante	Jornal	4,2	45	189,00
	Albañil	Jornal	4	75	300,00
	Prestaciones	%	66,37	489,00	324,55
			TOTAL MANO DE OBRA		<b>813,55</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					7156,92
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	2862,77
<b>Sub total del subrenglón</b>					10019,69
<b>IVA</b>				12%	761,21
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>10 780,90</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>10 780,90</b>

Continuación de la tabla XIX.

RENGLÓN NO. 5		Acometida domiciliar			
5,1	Candela y conexión domiciliar				
	Cantidad	1	Unidad	Unidad	
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe (Q)
<b>Materiales</b>					
1	Tubo de cemento de 12"	Unidad	1	30,00	30,00
2	tubo PVC de 6" ASTM F-949	Unidad	1	176,56	176,56
3	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,1	145,00	14,50
4	Piedrín triturado de 1/2"	m <sup>3</sup>	0,1	185,00	18,50
5	Acero corrugado de 3/8"	Varilla	4,95	27,69	137,07
6	Acero corrugado de 1/4"	Varilla	2,2	12,07	26,55
7	Madera para formaleta	Pt	5,5	7,50	41,25
8	Alambre de amarre calibre 18	Lb	1	9,82	9,82
9	Clavo con cabeza de 2 1/2"	Lb	0,5	10,08	5,04
			TOTAL MATERIALES		<b>459,29</b>
<b>Maquinaria</b>					
	Mezcladora de concreto	Global	1	250	250
			TOTAL MAQUINARIA		<b>250,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
	Ayudante	Jornal	2,6	45	117,00
	Albañil	Jornal	2,6	75	195,00
	Prestaciones	%	66,37	312,00	207,07
			TOTAL MANO DE OBRA		<b>519,07</b>
<b>Costo directo (mat.+maq. y equi.+her.+M.O.)</b>					1228,36
<b>Costo total indirecto (factor de indirectos)</b>				40%	491,35
<b>Sub total del subrenglón</b>					1719,71
<b>IVA</b>				12%	85,11
<b>COSTO TOTAL SUBRENGLÓN</b>				<b>Q</b>	<b>1 804,82</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>				<b>Q</b>	<b>1 804,82</b>

Continuación de la tabla XIX.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
PROYECTO		Diseño de sistema de alcantarillado sanitario			
UBICACIÓN		Caserío Nuevo San Rafael			
MUNICIPIO		San Rafael Pie de la Cuesta			
DEPARTAMENTO		San Marcos			
FECHA		Agosto del 2014			
Integración de presupuesto					
Renglones de trabajo		Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Precio del Region
<b>1,0</b>	<b>Trabajos preliminares</b>				
1,1	Trazo y replanteo	Km	4,631	1 903,952	Q 8 817,80
1,2	Bodega	Global	1,000	11 861,008	Q 11 861,01
<b>2,0</b>	<b>Excavación y relleno de zanja + capa base</b>				
2,1	Excavación y relleno de zanja + capa base	m <sup>3</sup>	4 579,56	145,131	Q 664 636,03
2,2	Relleno	m <sup>3</sup>	4 442,17	90,997	Q 404 222,73
2,3	Capa base	m <sup>3</sup>	277,88	226,732	Q 63 004,03
<b>3,0</b>	<b>Instalación y suministro de tubería</b>				
3,1	Instalación y suministro de tubería de φ 6"	m	4 552,766	94,775	Q 431 487,61
3,2	Instalación y suministro de tubería de φ 8"	m	78,550	96,347	Q 7 568,07
<b>4,0</b>	<b>Pozos de visita</b>				
4,1	Pozos de visita < 2 metros	Global	76	10 780,899	819 348,33
<b>5,0</b>	<b>Acometida domiciliar</b>				
5,1	Candela y conexión domiciliar	Global	286,000	1 804,824	516 179,72
<b>Costo total (Q).</b>				<b>Q</b>	<b>2 927 125,34</b>

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel, versión 2010.

### 2.2.17. Elaboración de planos

Para elaborar los planos se hizo necesaria la utilización de un programa de computadoras: AutoCAD Civil 3d versión 2013. El juego de planos suma un total de 10 planos divididos de la siguiente manera:

- Plano 1: planta general y especificaciones generales y técnicas.
- Planos del 2 al 9: planta perfil de cada tramo.
- Plano 10: detalles constructivos

### **2.2.18. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)**

El ambiente es el medio que le permite al ser humano sobrevivir en el planeta Tierra es deber y obligación protegerlo al máximo. El medio ambiente se refiere al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad en su conjunto.

La implementación del proyecto del sistema de drenaje sanitario en el caserío Nuevo San Rafael, municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, es de gran importancia no solo por la necesidad que tienen las personas que habitan el lugar sino que es de gran impacto para el medio ambiente. Con la realización de este proyecto se puede lograr rescatar muchos años de vida en la naturaleza, puesto que en la comunidad nunca han tenido este servicio de alcantarillado sanitario, no poseen la cultura de proteger y cuidar el medio por lo que sin saber ocasionan grandes problemas contaminando el ambiente con las aguas servidas que recorren por las calles a flor de tierra.

- Factores que causan impacto ambiental sin el proyecto
  - Agua: la zona en donde se tiene planificado llevar a cabo el proyecto es un lugar muy boscoso y rico en nacimientos de agua potable la cual esta utilizada únicamente el 50 por ciento estando la sobrante desperdiciada. Además a un costado del caserío Nuevo San Rafael tiene su cauce el rio Cabuz, lugar a donde desembocan las aguas residuales de las personas sin ningún tratamiento, contaminando de esta forma el ecosistema.

- Aire: se mantiene un mal olor producido por las excretas y aguas jabonosas que corren a flor de tierra y en algunos casos en fosas sépticas totalmente descuidadas.
  - Salud: los habitantes del lugar sobre todo los menores de edad, sufren de problemas gastrointestinales por que las aguas negras producen contaminación, llaman moscas y muchos tipos de microorganismos dañinos para el cuerpo humano.
  - Suelo: el suelo cultivable poco a poco va muriendo porque el agua negra se filtra por los poros del suelo, haciéndolo incultivable.
- Impactos negativos

Los impactos negativos del proyecto se dan solo en las etapas de construcción y operación del proyecto. Los elementos más impactados negativamente son: el suelo, el agua y las partículas en suspensión.

- Medidas de mitigación
  - Para evitar las polvaredas será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán efectuarse en el tiempo más corto posible, compactándose adecuadamente las mismas, para evitar el arrastre de partículas por el viento.
  - Deberá capacitarse a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.

- Orientar a las amas de casa, sobre el adecuado uso del sistema para evitar que los mismos sean depositarios de basura producidas en el hogar.
- Plan de contingencia
  - Integrar un Comité de Emergencia contra inundaciones o asolvamiento en la comunidad beneficiada. Velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
  - Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
  - Capacitar a quienes se encargarán de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
  - Velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras, para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es evitar la contaminación de los acuíferos, pues el objetivo del proyecto es que las aguas servidas no corran a flor de tierra y por lo tanto no contaminen el nivel freático. También cabe mencionar que se evitará la proliferación de bacterias en el ambiente, causantes de enfermedades a los pobladores ayudando con ello a la salud por medio de la obra civil.

## **2.2.19. Evaluación socioeconómica**

Los 2 métodos más importantes que tienen en cuenta el valor tiempo del dinero son el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno. Teóricamente deberán aceptarse los proyectos cuando existan mayores VPN (siempre que sean positivos) Y mayores TIR (siempre que sean mayores a la tasa social de descuento), lo cual no sucede en este proyecto por ser proyectos sociales.

### **2.2.19.1. Valor Presente Neto (VPN)**

El cálculo de este valor se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Esta es una forma sencilla en la que se puede determinar si en un determinado proyecto los ingresos son mayores que los egresos.

El Valor Presente Neto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{VPN} = \text{VP beneficios} - \text{VP costos}$$

Existen tres posibles resultados al aplicar la fórmula anterior:

- $\text{VPN} > 0$
- $\text{VPN} = 0$
- $\text{VPN} < 0$

Se puede interpretar de la siguiente manera:

- Cuando el VPN es un valor mayor que cero, se recupera el monto invertido, se obtiene una rentabilidad y una ganancia que equivale al valor presente.
- Cuando el VPN es un valor igual a cero, se recupera el monto invertido y se obtiene una rentabilidad deseada pero no se obtiene una ganancia.
- Cuando el VPN es un valor menor que cero, se hace una evaluación según la tasa de interés y un porcentaje de ganancia.

Para el caso del alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, es un proyecto que es de beneficio para la comunidad y una obligación de las autoridades mitigar estas necesidades que tienen la población. Por lo tanto la construcción es de carácter social y la Municipalidad no contempla recibir ninguna ganancia o utilidad con este proyecto. Por lo tanto:

$$VPN = 0 - 2\,927\,125,34$$

$$VPN = -2\,927\,125,34$$

### **2.2.19.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión. Si se utiliza con el valor presente es la tasa donde el valor presente es igual al cero  $VP = 0$ .

En el caso del proyecto de alcantarillado sanitario del caserío Nuevo San Rafael, por ser una obra de carácter social, la Municipalidad no tiene

contemplado obtener ninguna ganancia ni utilidad, por lo que no es posible determinar la tasa interna de retorno mediante ningún método.

El procedimiento a seguir, en este caso es tomar un valor de Tasa Interna de Retorno equivalente al valor que debe invertir el estado para la ejecución de este proyecto, en este caso equivale a 4,5 por ciento, este valor se calculó con base a la tasa libre de riesgo de Guatemala, que es una inversión en títulos públicos y que es el valor aproximado que pagan y, es lo que le cuesta al Estado, captar esos fondos para invertirlos en obra pública.

## CONCLUSIONES

1. Tomando como base el estudio diagnóstico realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado en la Municipalidad de San Rafael Pie de la Cuesta, se definieron dos necesidades de mayor prioridad para la población. Ambas necesidades se convirtieron en el diseño de dos proyectos de construcción, contribuyendo al desarrollo de la sociedad. Los proyectos diseñados finalmente son: el diseño de la ampliación y mejoramiento del camino rural desde el puente Cabuz IV hasta la aldea El Naranja y el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Nuevo San Rafael, en el municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.
2. El diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero se realizó bajo las especificaciones y normas que rigen a Guatemala que en este caso son las *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes* de la Dirección General de Caminos. Es importante recalcar que para el diseño del proyecto se realizaron los ensayos de suelos pertinentes, de los cuales el único que no cumple con los requerimientos es el Peso Unitario Suelto del balasto, para lo cual se da la solución de aplicar un 3 por ciento de cal en relación al volumen de balasto a aplicar de modo que este mejore sus propiedades y cumpla lo estipulado.
3. Para realizar el diseño del alcantarillado sanitario se utilizó las *Normas Generales para Diseño de Alcantarillados* de INFOM. Todos los parámetros utilizados cumplen los requisitos que las normas indica, además es bueno mencionar que a lo largo de todo el diseño, además de

lo que dictan las normas se fue calculando todos los parámetros tanto a futuro como en el presente y en ambos cálculos siempre se respetó lo que las normas indica.

4. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), además de brindar servicio técnico profesional, como proyección de la Universidad, da la oportunidad al estudiante de complementar su formación académica, le permite adquirir experiencia y madurez para iniciar el desempeño de su profesión, ya que lo vivido en el EPS le provee del conocimiento no adquirido en la Universidad. Además por medio del estudiante epepista la Universidad de San Carlos de Guatemala brinda un apoyo a la sociedad guatemalteca, ya que pone al servicio totalmente gratuito los conocimientos profesionales y de esa manera ayudar específicamente en esta oportunidad al municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.
  
5. A través de un adecuado mantenimiento de los proyectos, se garantiza el servicio y la seguridad de los usuarios al transitar, evitando de esta manera, la interrupción de las actividades económicas y la pérdida de inversión en los proyectos. Las necesidades de servicios básicos y e infraestructura en las comunidades son diversas y urgentes de resolver; esto será factible con el trabajo conjunto de Municipalidad, comunidad y apoyo técnico; logrando de esta manera, reducir en el menor tiempo posible los problemas que afrontan los pobladores

## RECOMENDACIONES

1. Al momento de la ejecución del proyecto de tramo carretero se deben establecer medidas de supervisión y control de cada una de las fases, las cuales deben incluir supervisión de tala de árboles, seguir las especificaciones establecidas en los planos para los elementos de las curvas horizontales y verticales, velar por que se respeten mojones y niveles en topografía, realizar según los planos los drenajes transversales en cada paso de agua especificados.
2. Al momento de la ejecución de los proyectos se recomienda utilizar mano de obra que sean habitantes de las comunidades directamente beneficiadas, esto presenta las ventajas de disponibilidad de horarios, mejores precios a destajo y un mejor rendimiento por el hecho que el trabajo será para los mismos habitantes.
3. Una vez ejecutados los proyectos, es preciso hacer inspecciones periódicas de mantenimiento, para evitar deterioros considerables en su estructura. Para el tramo carretero, por ejemplo, se aconseja realizar limpieza de drenajes al inicio y final del proyecto, chapeo en toda la longitud del tramo.
4. En la medida de lo posible, ejecutar los proyectos lo antes posible, ya que el cálculo de los presupuestos de ambos fueron calculados con los precios establecidos al momento de hacer los diseños, los cuales están sujetos a las variaciones de la economía.



## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. *Especificaciones LRFD para el diseño de puentes y carreteras*. Estados Unidos de América: AASHTO, 2007. 1515 p.
- BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil*. México: McGraw-Hill, 1981. 213 p.
- Comisión Nacional de Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Conagua. Gobierno federal de México, 2009. 132 p.
- FREDERICK, Merritt. *Manual del Ingeniero Civil*. México: McGRAW-HILL, 1983. 527 p.
- Ingenieros Consultores de Centro América S.A. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos Guatemala: DGC, 2001. 724 p.
- Instituto de Fomento Municipal. *Normas Generales para Diseño de Alcantarillados*, Guatemala: INFOM, 2001. 14 p.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de diseño de puentes*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú: DGCF, 2003. 328 p.

Secretaría de Integración Económica de Centro América. *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. Guatemala: SIECA, 2004. 322 p.

SUAREZ B., Gustavo A. *Cuencas Hidrográficas de Guatemala*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala: MARN, 2011. 52 p.

TORRES NIETO, Álvaro; VILLATE BONILLA, Eduardo. *Topografía*. 4a ed. Colombia: Prentice-Hall, 2001. 472 p.

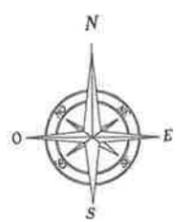
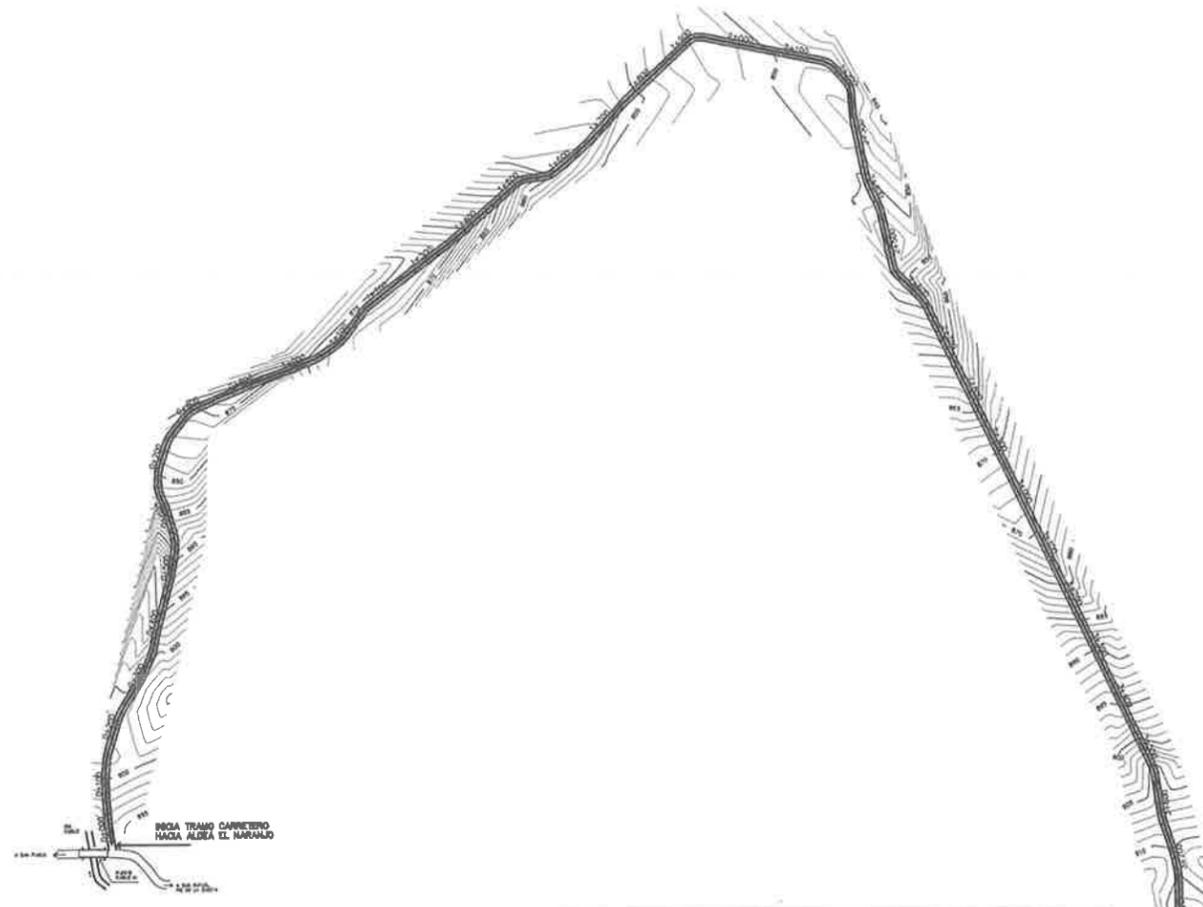
## **APÉNDICES**



## **APÉNDICE 1:**

**PLANOS DEL DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE LA CARRETERA DESDE EL PUENTE CABUZ HASTA LA  
ALDEA EL NARANJO, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN  
MARCOS**





ESTACIÓN	PO	DISTANCIA (m)	AZIMUT
BM 2	BM 1	23.31	81°00'
0	1	11.66	88°00'
1	2	18.44	350°48'
2	3	86.30	354°43'
3	4	57.34	1°44'
4	5	83.77	17°10'
5	6	66.80	32°58'
6	7	53.96	22°22'
7	8	30.56	9°47'
8	9	52.73	14°38'
9	10	52.73	14°38'
10	11	57.89	8°57'
11	12	41.38	343°59'
12	13	27.89	344°05'
13	14	29.03	333°43'
14	15	36.89	2°03'
15	16	55.21	18°29'
16	17	82.08	38°08'
17	18	58.32	67°10'
18	19	56.32	67°10'
19	20	84.81	86°18'
20	21	52.52	58°33'
21	22	73.80	36°28'
22	23	100.00	52°10'
23	24	100.00	52°59'
24	25	78.16	47°58'
25	26	78.16	47°58'
26	27	52.89	82°38'
27	28	71.82	50°08'
28	29	84.48	44°01'
29	30	45.37	40°28'
30	31	85.88	48°00'
31	32	85.88	48°50'
32	33	80.15	101°27'
33	34	80.15	101°27'
34	35	80.15	101°27'

ESTACIÓN	PO	DISTANCIA (m)	AZIMUT
35	36	80.15	101°27'
36	37	58.53	138°58'
37	38	52.82	175°49'
38	39	57.86	188°18'
39	40	57.86	188°18'
40	41	54.28	154°51'
41	42	55.09	188°09'
42	43	56.08	188°08'
43	44	74.05	135°33'
44	45	62.35	154°29'
45	46	62.35	154°29'
46	47	62.35	154°29'
47	48	62.35	154°29'
48	49	62.35	154°29'
49	50	62.35	154°29'
50	51	62.35	154°29'
51	52	62.35	154°29'
52	53	100.00	154°13'
53	54	100.00	154°13'
54	55	100.00	154°13'
55	56	54.00	154°13'
56	57	62.00	154°13'
57	58	85.81	171°08'
58	59	61.84	181°00'
59	60	43.77	187°02'
60	61	73.77	180°00'
61	62	84.06	118°59'
62	63	54.08	118°59'
63	64	37.65	137°24'
64	65	54.85	85°01'
65	66	74.85	118°12'
66	67	52.80	58°16'
67	68	54.37	71°32'
68	69	78.02	78°01'
69	70	54.48	81°20'

ESTACIÓN	PO	DISTANCIA (m)	AZIMUT
70	71	57.86	88°38'
71	72	46.77	84°37'
72	73	47.28	119°57'
73	74	74.86	83°52'
74	75	80.85	86°41'
75	76	80.83	85°57'
76	77	80.81	90°00'
77	78	80.85	88°38'
78	79	80.48	90°12'
79	80	80.25	80°23'
80	81	80.87	90°09'
81	82	82.38	88°22'
82	83	80.38	81°48'
83	84	79.57	60°02'
84	85	89.58	82°00'
85	86	86.37	85°20'
86	87	76.88	88°54'
87	88	38.88	77°02'
88	89	28.32	74°08'
89	90	43.18	88°50'
90	91	72.28	123°57'
91	92	41.80	139°54'
92	93	28.48	182°53'
93	94	40.34	143°11'
94	95	42.22	120°47'
95	96	27.88	85°18'
96	97	80.87	80°48'
97	98	48.78	75°37'
98	99	54.14	83°11'
99	100	58.00	89°40'
100	101	87.38	40°17'
101	102	42.33	85°10'
102	103	42.88	100°18'
103	104	31.88	124°30'
104	105	74.81	158°08'

LIBRETA TOPOGRÁFICA

PLANTA GENERAL DE LA AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DESDE PUENTE CABUZ IV HASTA LA ALDEA EL NARANJO, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS

ESCALA: 1:5000

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

- EL T.P.D. ES LA UNIDAD DE MEDIDA UTILIZADA PARA INDICAR EL VOLUMEN DE TRÁNSITO DE UNA CARRETERA, PREFERIBILMENTE SE TOMA EL VOLUMEN DE UN AÑO, DIVIDIDO EL NÚMERO DE DÍAS DEL MISMO PERÍODO, OBTENIÉNDOSE ASÍ EL VOLUMEN MEDIO EN 24 HORAS. LOS CONTEOS DEBEN DE REALIZARSE EN PUNTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN DE TRÁNSITO VEHICULAR EN HORAS DE MAYOR Y MENOR CONCURRENCIA.
- PARA ESTE PROYECTO SE REALIZÓ UN CONTEO MANUAL Y CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS A CADA HORA, EN UN LAPSO DE TIEMPO DE 12 HORAS AL DÍA, Y SE HIZO LA CLASIFICACIÓN EN AMBOS SENTIDOS DEL CAMINO. AL FINALIZAR EL CONTEO SE DETERMINÓ QUE EL TRÁNSITO ES DE APROXIMADAMENTE 60 VEHÍCULOS DIARIOS, CON LO CUAL SE DETERMINA QUE EL CAMINO EN UN FUTURO INCREMENTARÁ EL NÚMERO DE USUARIOS, POR LO TANTO SE LE ASIGNA LA CATEGORÍA "E".
- POR LO TANTO, PARA UN T.P.D. DE 10 A 100 SE DEFINE UN CARRETERA TIPO "E", CON UNA VELOCIDAD DE DISEÑO DE 30 KIÓMETROS POR HORA PARA UNA REGIÓN ONDULADA, RADIO MÍNIMO DE 30 METROS, PENDIENTE MÁXIMA DE 10 POR CIENTO Y ANCHO DE CALZADA MÍNIMO DE 6.0 METROS. SE UTILIZÓ PARA EL DISEÑO ANCHO DE CALZADA DE 4.00 METROS Y COMO EXTRA HOMBROS EN AMBOS LADOS DE LA CARRETERA DE 1.00 METROS CADA UNO.

**BALASTO**

- EL BALASTO DEBE DE SER DE CALIDAD UNIFORME Y ESTAR EXCLENTE DE RESIDUOS DE MADERA, PIEDRA O CUALQUIER MATERIAL PERJUDICIAL O EXTRAÑO.
- SEGÚN EL MÉTODO AASHTO T-19, EL PESO UNITARIO SUELTO NO DEBE DE SER MENOR 1,480 KG/M<sup>3</sup> O 90 LB/PI<sup>3</sup>.
- LAS CAPAS DE BALASTO SE DEBERÁN COMPACTAR COMO MÍNIMO AL 95% SEGÚN LO INDICA EL MÉTODO AASHTO T-100 DE LA DENSIDAD MÁXIMA PERMITIDA, PERO ADEMAS SE DEBERÁ REVISAR EL ESTUDIO DE SUELOS Y REALIZAR LA COMPACTACIÓN AL 96% DE LA DENSIDAD MÁXIMA PERMISIBLE SEGÚN EL ESTUDIO DE PROCTOR MODIFICADO.
- NO SE DEBE DEJAR SIN CUBRIR NINGUNA PARTE DE LA SUB-RASANTE.
- EL ESPESOR TOTAL DE LA CAPA DE BALASTO NO DEBERÁ SER MENOR A 100 MILÍMETROS NI MAYOR A 250 MILÍMETROS.
- LA PORCIÓN DE BALASTO RETENIDA EN EL TAMIZ N.º 40 DEBE ESTAR COMPROMIDIA ENTRE EL 80% Y EL 40% EN PESO Y DEBE TENER UN PORCENTAJE DE ABRASIÓN NO MAYOR DE 90, DETERMINADO POR EL MÉTODO AASHTO T-56 EN EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.
- LA PORCIÓN QUE PASE POR EL TAMIZ N.º 40 DEBE TENER UN LÍMITE LÍQUIDO NO MAYOR A 30, DETERMINADO POR EL MÉTODO AASHTO T-80.
- LA PORCIÓN QUE PASE EL TAMIZ N.º 200, NO DEBE DE EXCEDER DE 15% EN PESO, DETERMINADO POR EL MÉTODO AASHTO T-11.
- LA PORCIÓN QUE PASE EL TAMIZ N.º 425 MM (N.º 40) DEBE TENER UN LÍMITE LÍQUIDO NO MAYOR DE 35 DETERMINADO POR EL MÉTODO AASHTO T-89 Y UN ÍNDICE DE PLASTICIDAD ENTRE 5 Y 11, DETERMINADO POR EL MÉTODO AASHTO T-80. LA PORCIÓN QUE PASE EL TAMIZ 0.075 MM (N.º 200), NO DEBE EXCEDER DE 15% EN PESO, DETERMINADO POR EL MÉTODO AASHTO T-11.

**COMPACTACIÓN**

- NO SE APROBARÁ LA COMPACTACIÓN HASTA QUE LA MISMA LLENE LOS REQUISITOS Y SE REALICE LA RESPECTIVA NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN CON EL EQUIPO APROPIADO SE VERIFICARÁ EN CAMPO CADA 800M<sup>2</sup> Y EN FORMA ALTERNIA A LO ANCHO DE LA SECCIÓN; DE PREFERENCIA MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO T-191 (ASTM D 1558) EL PORCENTAJE DE CBR ES DE 79.2% PARA UNA COMPACTACIÓN DE DEL 98.9% DE LA DENSIDAD MÁXIMA ENCONTRADA CON EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO, EL 79.2% DE CBR CLASIFICA AL MATERIAL COMO EXCELENTE PARA FUNCIONAR HASTA PARA MATERIAL DE BASE.
- SEGÚN EL MÉTODO AASHTO T-19, EL PESO UNITARIO SUELTO NO DEBE DE SER MENOR 1,480 KG/M<sup>3</sup> O 90 LB/PI<sup>3</sup>.
- LOS MATERIALES INADECUADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUBRASANTE SON LOS CLASIFICADOS EN EL GRUPO A-8 DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA, QUE SON SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS, SU CLASIFICACIÓN NO DEPENDERÁ DE OTROS ENSAYOS, SINO BASADO EN UNA INSPECCIÓN VISUAL.
- SON SUELOS ADECUADOS AQUELLOS DE PREFERENCIA GRANULARES CON MENOS DE 3% DE HINCHAMIENTO DE ACUERDO CON EL ENSAYO DE CBR.

**DRENAJES TRANSVERSALES**

- LA SUB-RASANTE REACONDICIONADA DEBE SER COMPACTADA EN SU TOTALIDAD CON UN CONTENIDO DE HUMEDAD DENTRO DE ± 3 POR CIENTO DE LA HUMEDAD ÓPTIMA, HASTA LOGRAR EL 85 POR CIENTO DE COMPACTACIÓN RESPECTO A LA DENSIDAD MÁXIMA AASHTO T-186. LA COMPACTACIÓN EN EL CAMPO DEBE COMPROBARSE DE PREFERENCIA SEGÚN AASHTO T-191; CON LA APROBACIÓN ESCRITA DEL INGENIERO, SE PUEDEN USAR OTROS MÉTODOS TÉCNICOS, INCLUYENDO LOS NO DESTRUCTIVOS PARA EL CASO DE SUB-RASANTES ARCILLOSAS CON UN LÍMITE LÍQUIDO SUPERIOR AL 45 POR CIENTO Y UN ÍNDICE PLÁSTICO SUPERIOR AL 15 POR CIENTO. SE RESERVARÁ SU COMPACTACIÓN A UNA DENSIDAD DEL 90 POR CIENTO RESPECTO A LA DENSIDAD MÁXIMA AASHTO T-190 Y CON UN CONTENIDO DE HUMEDAD MAYOR, POR LO MENOS EN UN 3 POR CIENTO, QUE SU CORRESPONDIENTE HUMEDAD ÓPTIMA SIEMPRE QUE NO EXCEDA EN MÁS DE UN 4 POR CIENTO AL VALOR CORRESPONDIENTE A SU LÍMITE PLÁSTICO.

**DRENAJES TRANSVERSALES**

- ANTES DE COLOCAR LA TUBERÍA DEBERÁ HACERSE UNA COLCHONETA DE BALASTO.
- EL RELLENO MÍNIMO SOBRE LA TUBERÍA SERÁ DE 1 METRO.
- LA TUBERÍA SERÁ DE HIERRO CORRUGADO CLASE 30, DE ACUERDO CON LA NORMA AASHTO M-189.
- LA TUBERÍA DEBE DE TENER UNA PENDIENTE MÍNIMA DE 3/8 PARA DRENAR EL AGUA.
- DEPENDIENDO DE LA DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE ASÍ DEBERÁ TENER ESVAJAE PARA CANALIZAR EL AGUA.
- LAS CAJAS Y CAÑEZALES DE ALCANTARILLAS SERÁN DE CONCRETO CICLOPEO CLASE 17.5 MPA, MAMPOSTERÍA DE PIEDRA O MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, Y TENDRAN UN ACABADO FINAL COMO LO DEJA LA FORMALETA.
- LA COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA DEBE PRINCIPIAR EN EL EXTREMO AGUAS ABAJO, CUIDANDO QUE LOS COSTADOS SE COLOQUEN FRENTE A LA DIRECCIÓN AGUAS ARRIBA.
- SE DEBERÁ COLOCAR DRENAJES TRANSVERSALES EN DISTANCIAS NO MAYORES A 300 METROS, EN CURVAS VERTICALES CUANDO SE REALICE UN CORTE Y AL INICIO DE CURVAS HORIZONTALES.

**CUNETAS**

- LAS CUNETAS SERÁN DE FORMA TRIANGULAR CON LAS DIMENSIONES QUE SE INDICAN EN LOS PLANOS Y UNA PENDIENTE MÍNIMA DE 0.5%.
- EL RECURRIMIENTO DE CUNETAS Y CONTRACUNETAS SE REALIZARON CON EL MISMO TERRENO NATURAL.
- LAS CUNETAS DEBEN PROTEGERSE EN PENDIENTES FUERTES CUANDO SU LONGITUD SEA MAYOR DE 50 METROS, POR MEDIO DE UNA FOSA DE LAMINACIÓN O UNA ALCANTARILLA DE ALMO.
- CUANDO LAS CUNETAS PASAN DE CORTE A RELLENO SE PROLONGAN A LO LARGO DEL PIE DEL RELLENO, DEJANDO UNA BERMA ENTRE DICHO PIE Y EL BORDE DE LA CUNETA, PARA EVITAR QUE SE MOJE EL RELLENO, Y ORIGINE ASENTAMIENTOS.

**EXCAVACIÓN Y TERAPIERRE**

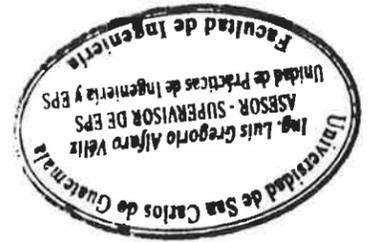
- TODO LOS TALUDES DE CORTE DEBEN QUEDAR CON SUPERFICIES ASPERAS UNIFORMES, SIN QUIEBRES NOTORIOS VISIBLES DESDE LA CARRETERA. EXCEPTO EN ROTA SÓLIDA, SE DEBE REDONDEAR LA CORONA Y EL PIE DE TODOS LOS TALUDES.
- LOS TERRAPLENES SE DEBEN CONSTRUIR EN CAPAS SUCEVAS A TODO EL LECHO DE LA SECCIÓN TÍPICA Y EN LONGITUDES TALES QUE SEA POSIBLE EL RIEGO DEL AGUA Y LA COMPACTACIÓN POR MEDIO DE LOS MÉTODOS ESTABLECIDOS. SE DEBEN COMPACTAR COMO MÍNIMO AL 90% DE LA DENSIDAD MÁXIMA, DETERMINADA POR EL MÉTODO AASHTO T-180 Y LOS ÚLTIMOS 300 MILÍMETROS SE DEBEN COMPACTAR COMO MÍNIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA DETERMINADA POR EL MISMO MÉTODO.

**NORMAS UTILIZADAS PARA EL DISEÑO**

- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, DEL MINISTERIO DE COMUNICACIONES, INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA.
- AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2010.

**PROGRAMAS DE COMPUTADORA UTILIZADOS PARA EL DISEÑO Y DIBUJO**

- AUTOCAD CIVIL 3D VERSIÓN 2013.
- AUTOCAD VERSIÓN 2013.
- MICROSOFT EXCEL VERSIÓN 2010.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Comunidad: **Comité:** 2009-15011

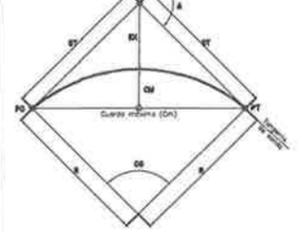
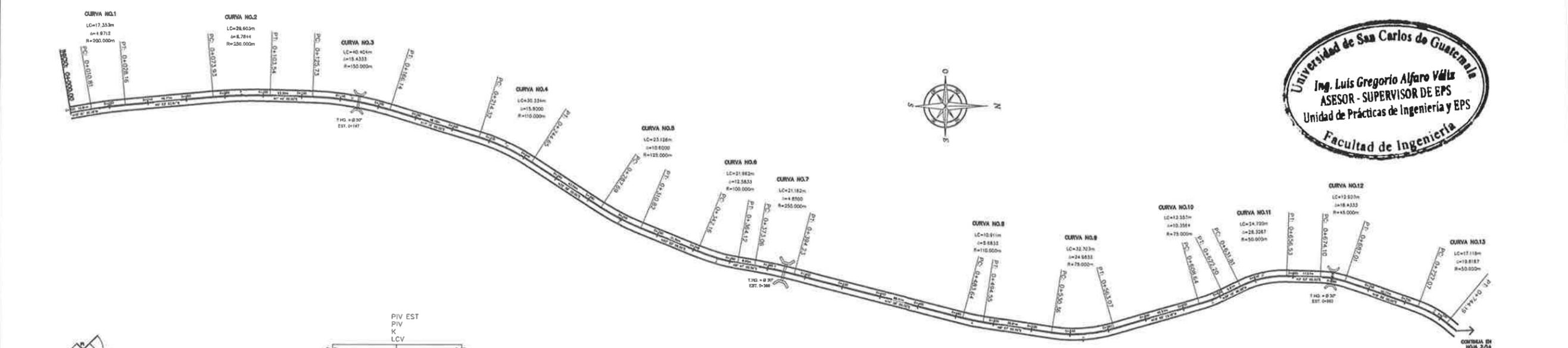
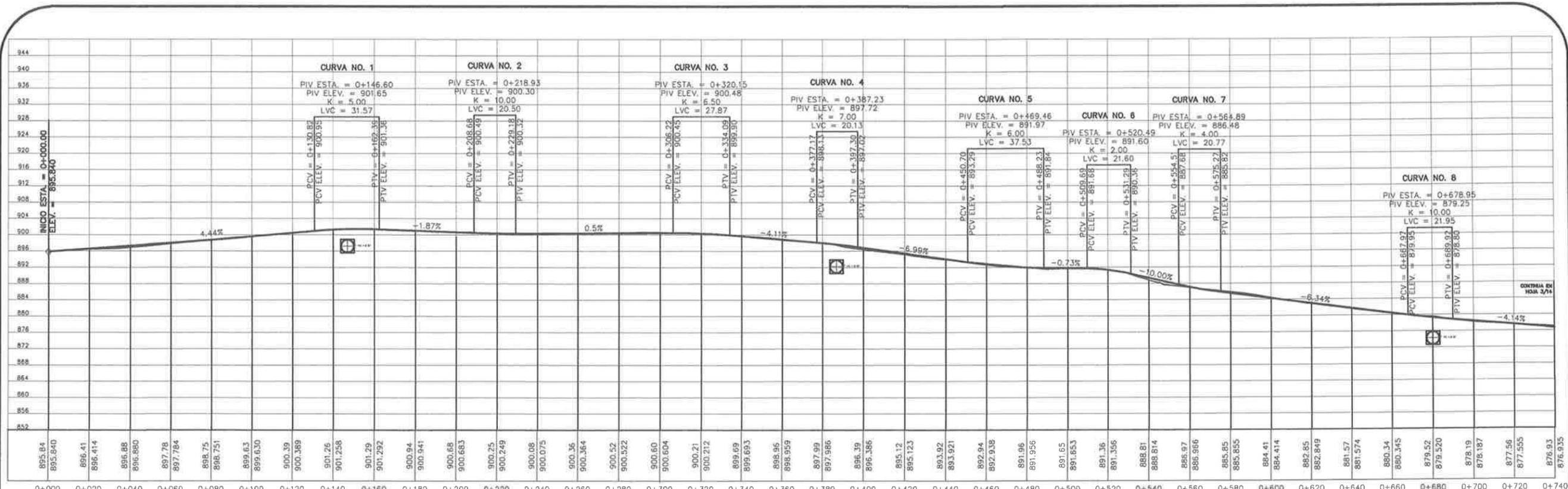
Episodio: **Diseño:** Roldo Chávez  
Dibujos: Roldo Chávez  
Cálculo: Roldo Chávez

Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

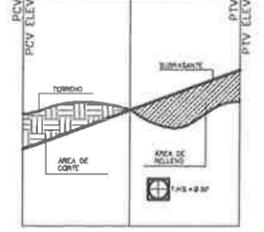
Escala: **Indicada:** Fase: **Planificación**

Fecha: **Indicada:** Octubre 2014

Vo.Bo. Encargado DMP



**SIMBOLOGIA**  
 Δ = ANGULO DELTA  
 ΔC = CUERNO DE CURVATURA  
 R = RADIO  
 ST = SUBTANGENTE  
 OM = ORDENADA MÁXIMA  
 EX = EXTERNAL  
 PC = PRINCIPIO DE CURVA  
 PI = PUNTO DE INFLEXIÓN  
 PT = PRINCIPIO DE TANGENTE



**SIMBOLOGIA**  
 LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL  
 PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 PCV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV  
 PTV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PTV  
 PIV EST = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL  
 PIV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV  
 K = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO  
 T.H.G. = TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIÁMETRO 30".

**SIMBOLOGÍA DE CURVAS HORIZONTALES (PLANTA)**

**SIMBOLOGÍA DE CURVAS VERTICALES (PERFIL)**

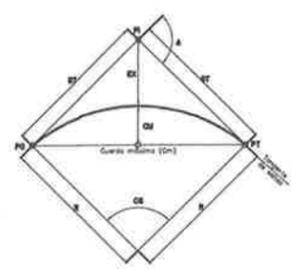
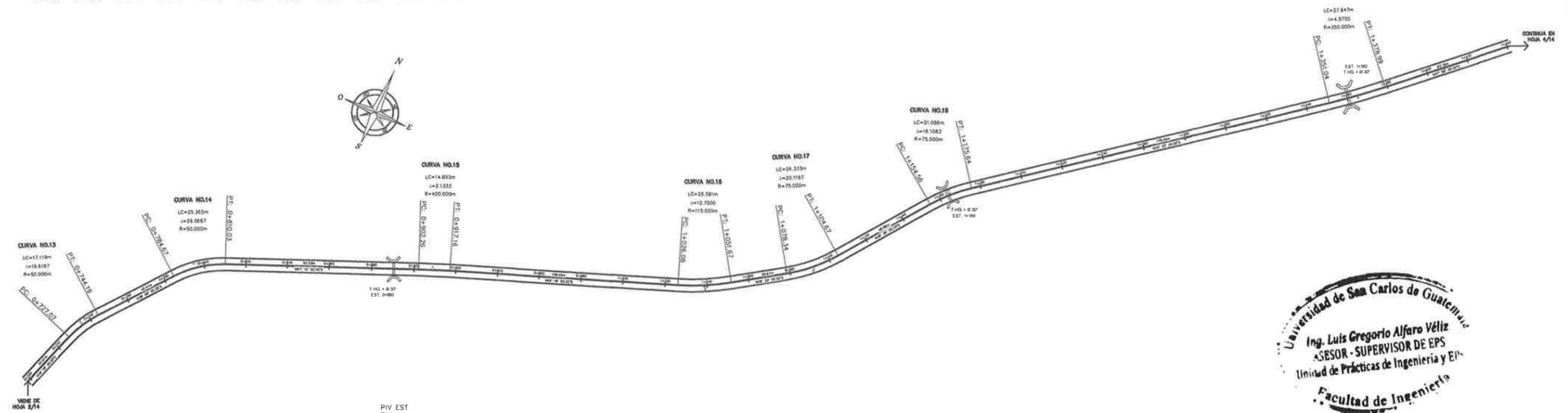
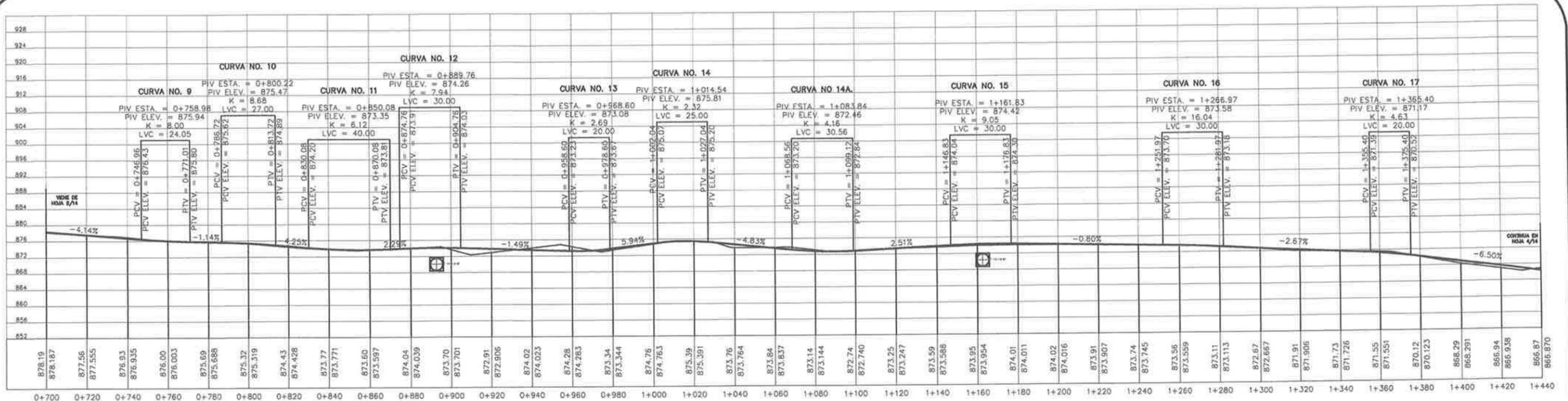
**PLANTA - PERFIL EST. 0+000 A EST. 0+740**

ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b> Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			
Comunidad:	Comé:	Diseño:	Hoja:
Roadito Isaias Chavez Camilo	2009-15011	Roadito Chávez	2
Proyecto:		Dibujo:	15
Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Calcula:	
		Roadito Chávez	
Contenido:	Indicada	Fecha:	Planificación
Planta - Perfil del tramo 0+000 a 0+740		Octubre 2014	

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Calle No. 5-63

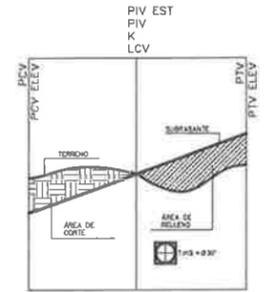
V.O. Bo.  
 Encargado DMP



**SIMBOLOGIA**  
 Δ = ANGLULO DELTA  
 OC = GRADO DE CURVATURA  
 R = RADIO  
 ST = SUBTANGENTE  
 CM = CUERDA MAXIMA  
 CM = ORDENADA MEDIA  
 EX = EXTERNAL  
 PC = PRINCIPIO DE CURVA  
 PI = PUNTO DE INFLIEXION  
 PT = PRINCIPIO DE TANGENTE

Diseño T.H. = 0.30  
 Transversal

**SIMBOLOGIA DE CURVAS HORIZONTALES (PLANTA)**



**SIMBOLOGIA**  
 LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL  
 PIV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 PCV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV  
 PIV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PIV  
 PTV ELEV = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL  
 PIV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV  
 K = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO  
 T.H. = TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIAMETRO 30"

**SIMBOLOGIA DE CURVAS VERTICALES (PERFIL)**

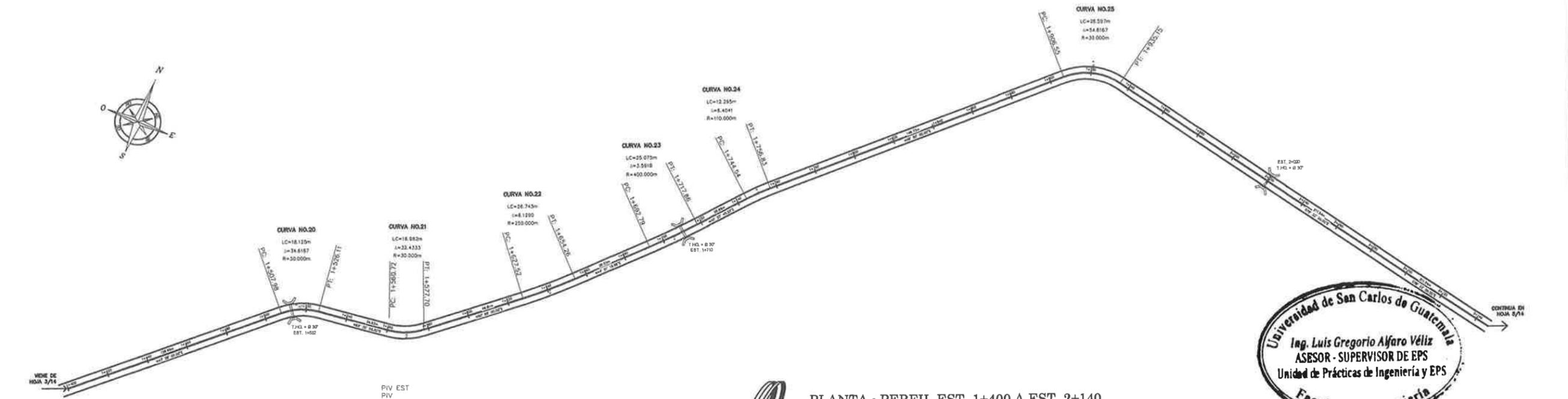
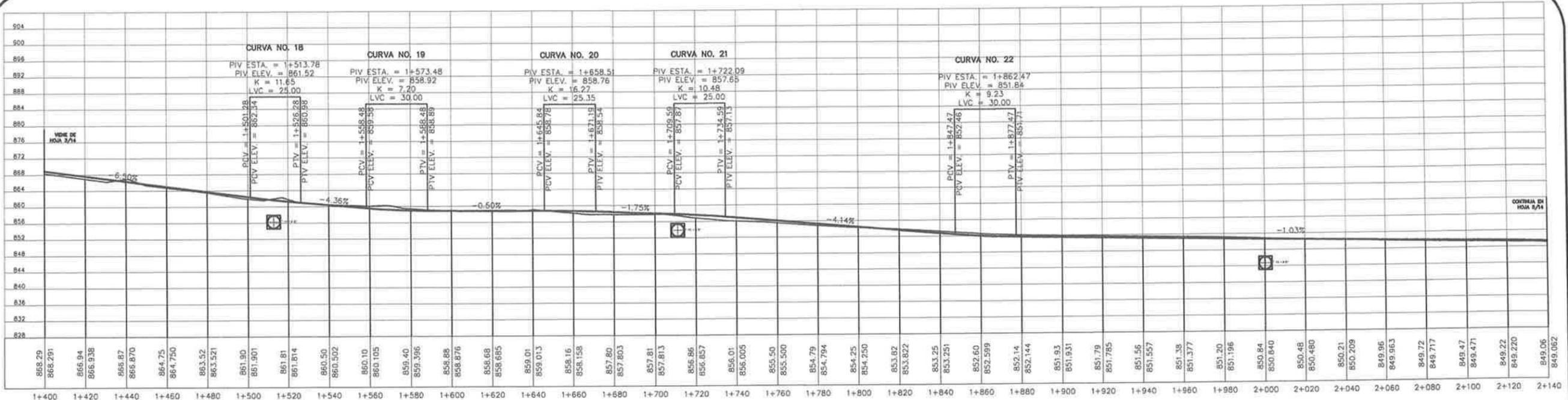
**PLANTA - PERFIL EST. 0+700 A EST. 1+440**

ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500

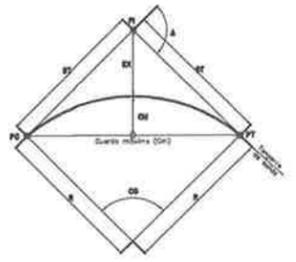


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		Aldeda El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos	
Comunidad:	Com:	Diseño:	Hoja:
Rosaldo Islas Chavez Carrillo	2009-15011	Rosaldo Chávez	3
Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Dibujo:	15
		Calculo:	
		Rosaldo Chávez	
Contenido:	Escala:	Fase:	
Planta - Perfil del tramo 0+700 a 1+440	Indicada	Planificación	
	Fecha:		
	Octubre 2014		

*[Handwritten Signature]*  
 Va. B. Encargado DMP

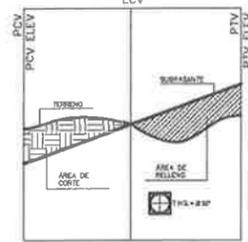


PLANTA - PERFIL EST. 1+400 A EST. 2+140  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500



SIMBOLOGÍA DE CURVAS HORIZONTALES (PLANTA)

- SIMBOLOGÍA
- Δ = ANGULO DELTA
  - QC = GRADO DE CURVATURA
  - R = RADIO
  - ST = SUBTANGENTE
  - QM = CUERDA MÁXIMA
  - OM = ORDENADA MEDIA
  - EX = EXTERNAL
  - PC = PRINCIPIO DE CURVA
  - PI = PUNTO DE INYECCIÓN
  - PT = PRINCIPIO DE TANGENTE



SIMBOLOGÍA DE CURVAS VERTICALES (PERFIL)

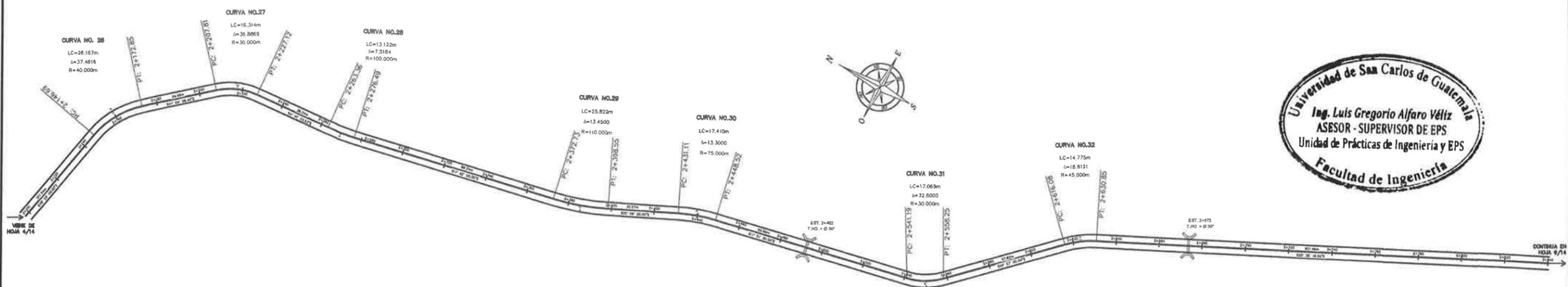
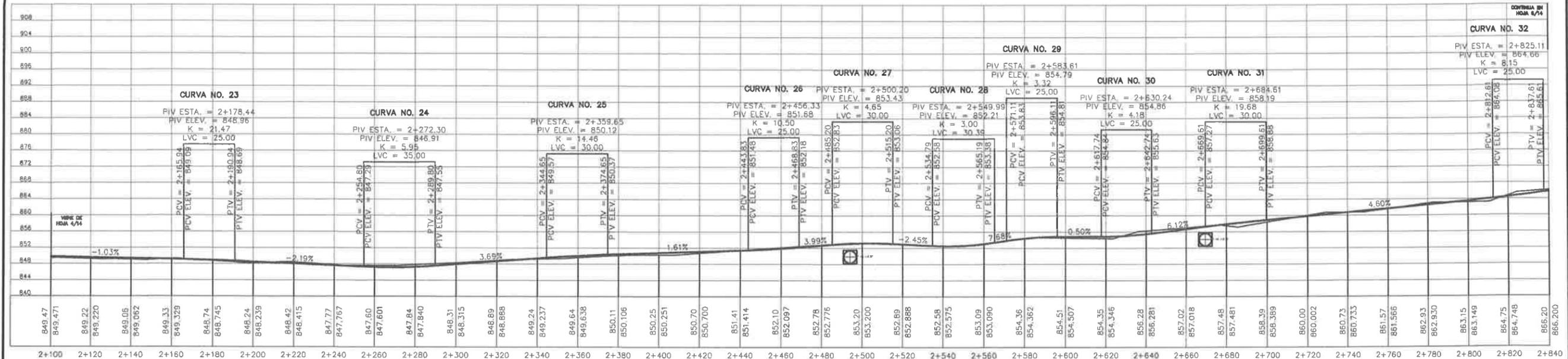
- SIMBOLOGÍA
- LVC = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
  - PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
  - PIV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
  - PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
  - PCV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV
  - PIV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PIV
  - PTV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PTV
  - PIV EST = ESTADONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
  - PIV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV
  - K = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO
  - T&G = TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIÁMETRO 30"

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
Aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			
Comunidad:	Comé:	Diseño:	Hoja:
Roldo Iglesias Chavez Carrillo	2009-15011	Roldo Chávez	4
Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			15
Escala: Indicada			Fase:
Planta - Perfil del vano 1+380 a 2+100			Planificación
Fecha: Octubre 2014			

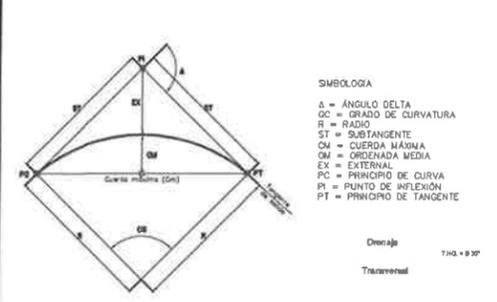
*[Signature]*  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 Colegiado no. 5382

Va. Ba.  
 Encargado DMP

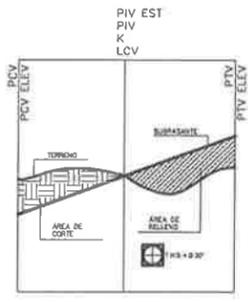


**PLANTA - PERFIL EST. 2+100 A EST. 2+800**

ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
ESCALA VERTICAL : 1:500



**SIMBOLOGIA**  
 $\Delta$  = ANGULO DELTA  
 $\alpha$  = GRADO DE CURVATURA  
 $R$  = RADIO  
 $ST$  = SUBTANGENTE  
 $OM$  = CUERDA MEDIA  
 $EX$  = EXTERNAL  
 $PC$  = PRINCIPIO DE CURVA  
 $PI$  = PUNTO DE INFLEXION  
 $PT$  = PRINCIPIO DE TANGENTE



**SIMBOLOGIA**  
 $LCV$  = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 $PCV$  = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL  
 $PTV$  = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 $PCV\ ELEV$  = COTA DE RASANTE DEL PCV  
 $PTV\ ELEV$  = COTA DE RASANTE DEL PTV  
 $RV\ EST$  = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL  
 $RV\ ELEV$  = COTA RASANTE DEL PIV  
 $K$  = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO  
 $T100$  = TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIAMETRO 30"

**SIMBOLOGÍA DE CURVAS HORIZONTALES (PLANTA)**

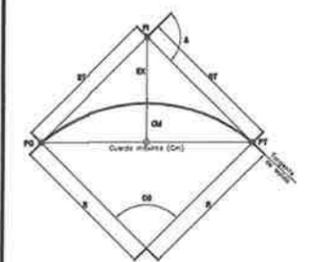
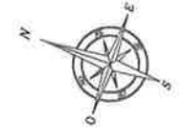
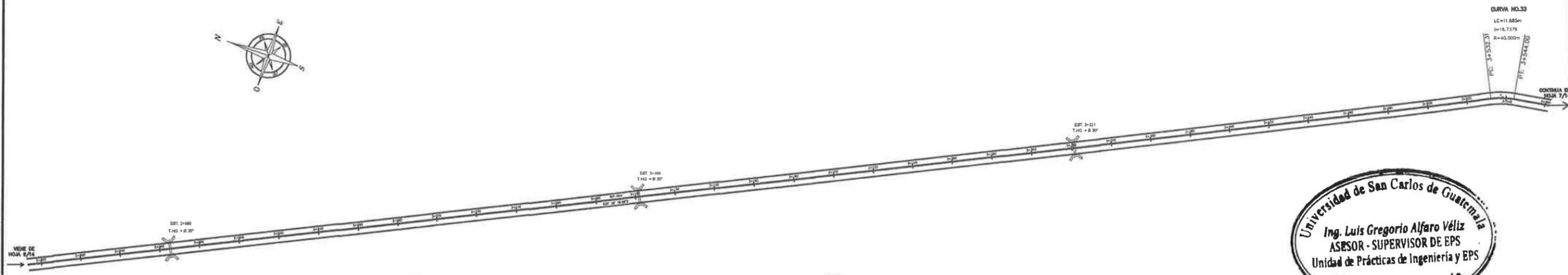
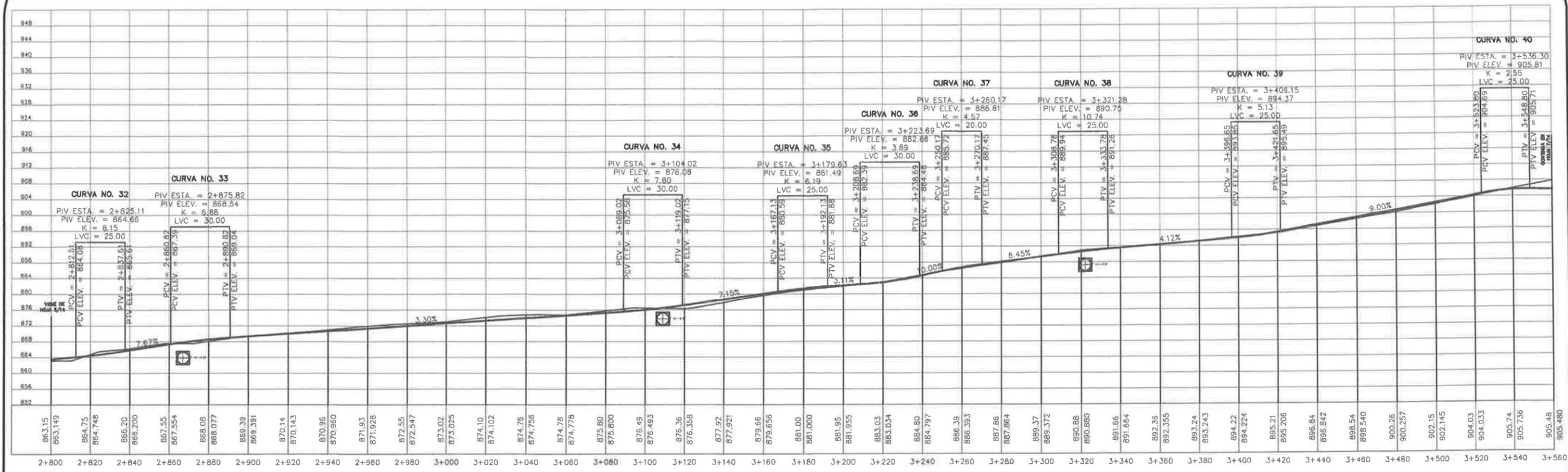
**SIMBOLOGÍA DE CURVAS VERTICALES (PERFIL)**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Comunidad: Aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

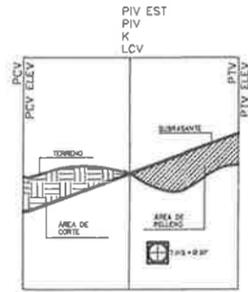
Episita: Roldo Isolas Chavez Carrillo	Carné: 2009-15011	Diseño: Roldo Chávez	Hoja: 5
Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Dibujo: Roldo Chávez	15
		Calculo: Roldo Chávez	
Contenido: Planta - Perfil del tramo 2+080 A 2+840		Escala: Indicada	Fase: Planificación
		Fecha: Octubre 2014	

V.Bo. Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz Colegiado no. 5383  
 Vo.Bo. Encargado DMP



SIMBOLOGÍA DE CURVAS HORIZONTALES (PLANTA)

- SIMBOLOGÍA**
- Δ = ANGLULO DELTA
  - CC = GRADO DE CURVATURA
  - R = RADIO
  - ST = SUBTANGENTE
  - CM = CUERDA MÁXIMA
  - OM = ORDECADA MEDIA
  - EX = EXTERNAL
  - PC = PRINCIPIO DE CURVA
  - PI = PUNTO DE INFLÉXION
  - PT = PRINCIPIO DE TANGENTE



SIMBOLOGÍA DE CURVAS VERTICALES (PERFIL)

- SIMBOLOGÍA**
- LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
  - PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
  - PIV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
  - PCV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV
  - PTV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PTV
  - PIV EST = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
  - PIV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV
  - K = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO
  - T.H.G. = TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIÁMETRO 30".

PLANTA - PERFIL EST. 2+800 A EST. 3+560  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500

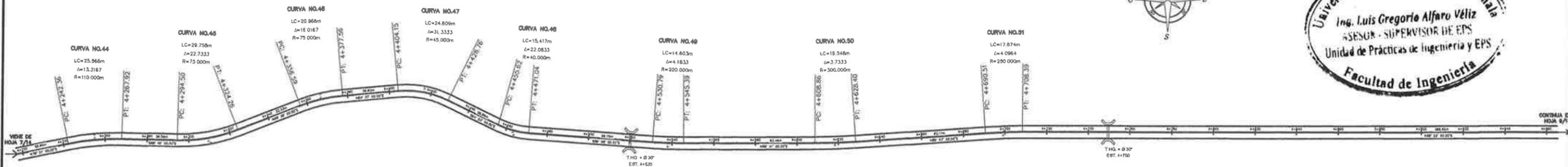
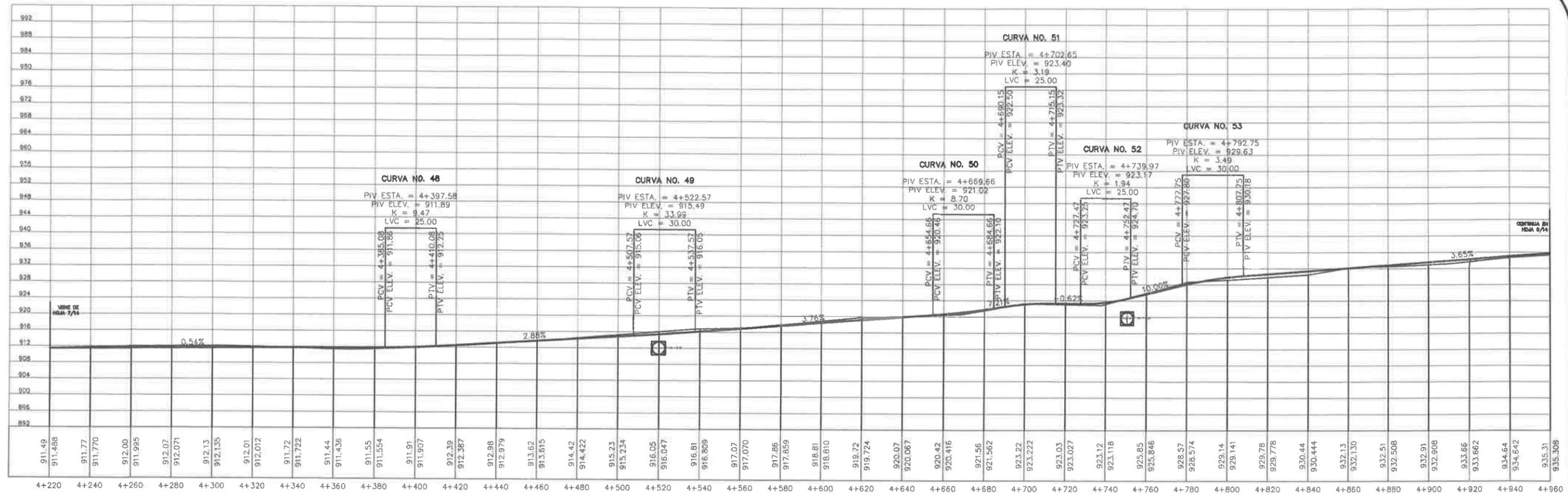


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
Aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			
Comunidad:	Camé:	Diseño:	Hoja:
Rosalba Itz'at Chavéz Carrillo	2009-15011	Rosaldo Chávéz	6
Proyecto:		Calculo:	15
Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Rosaldo Chávéz	
Contenido:	Escala:	Fecha:	Fase:
Planta - Perfil del tramo 2+800 A 3+560	Indicada	Octubre 2014	Planificación

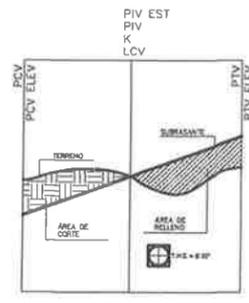
*[Signature]*  
 Vicedirector de Eps  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 Colegiado no. 5383

Va. So.  
 Encargado DMP

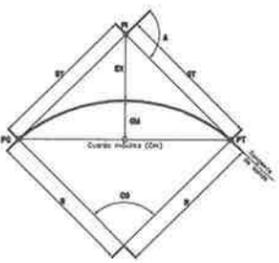




**PLANTA - PERFIL EST. 4+220 A EST. 4+960**  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500



**SIMBOLOGIA**  
 LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL  
 PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 PIV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV  
 PTV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PTV  
 PIV EST = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL  
 PTV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV  
 K = CONSTANTE DE CONCORDANCIA QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO  
 T.H.G. = TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIAMETRO 30".



**SIMBOLOGIA**  
 Δ = ANGULO DELTA  
 CC = GRADO DE CURVATURA  
 R = RADIO  
 ST = SUBTANGENTE  
 CM = CUERDA MAXIMA  
 EX = ORDENADA MEDIA  
 EX = EXTERNAL  
 PC = PRINCIPIO DE CURVA  
 PI = PUNTO DE INFLEXION  
 PT = PRINCIPIO DE TANGENTE

Diseño: T.H.G. + B.S.P.  
 Transversal

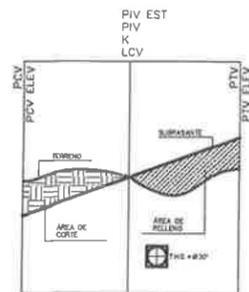
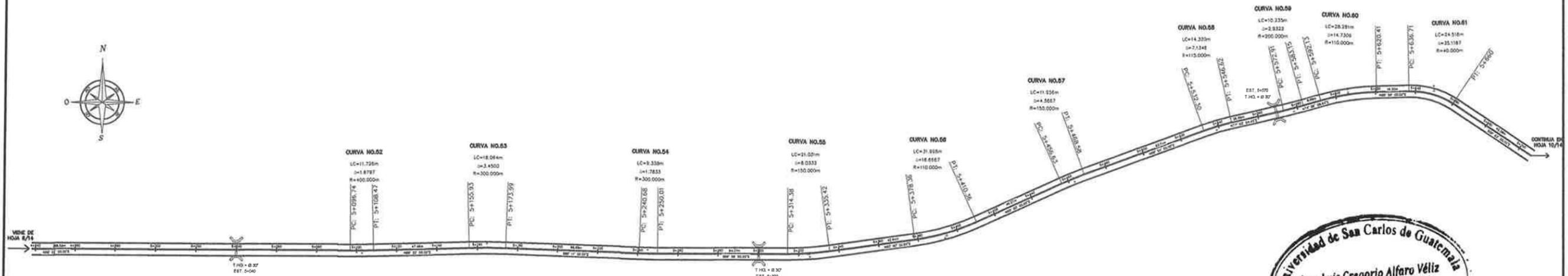
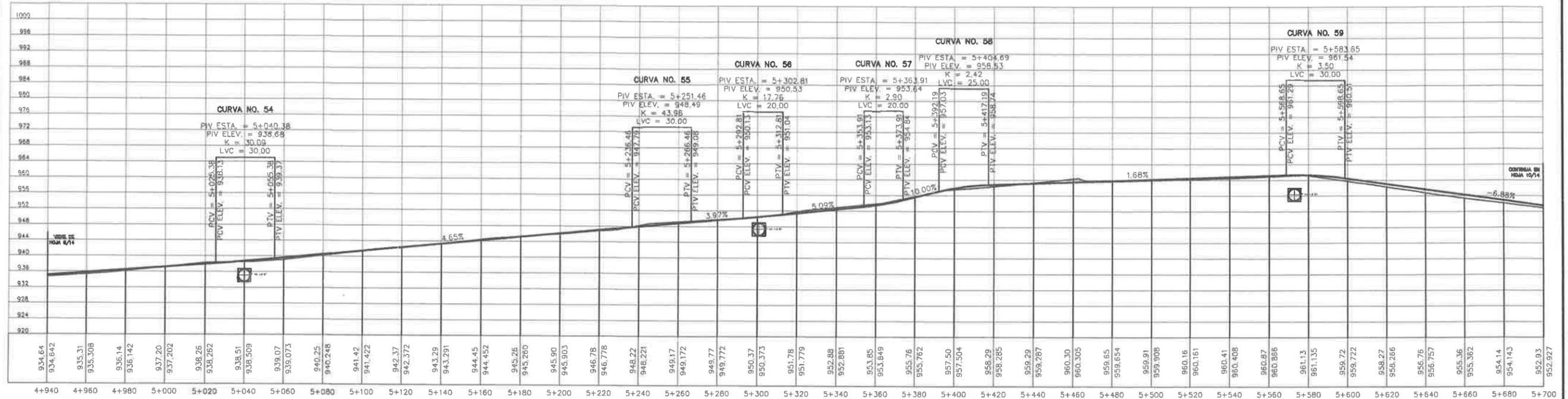
**SIMBOLOGIA DE CURVAS VERTICALES (PERFIL)**

**SIMBOLOGIA DE CURVAS HORIZONTALES (PLANTA)**

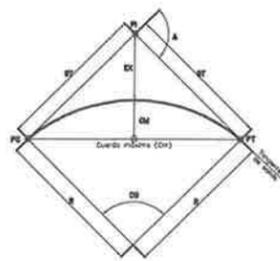


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		Aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos	
Comunidad:	Episista: <b>Rosaldo Chávez Carrillo</b>	Carné: <b>2002-15011</b>	Diseño: <b>Rosaldo Chávez Carrillo</b>
	Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Dibujó: <b>Rosaldo Chávez Carrillo</b>
			Calculó: <b>Rosaldo Chávez Carrillo</b>
Contenido:	Planta - Perfil del tramo 4+220 A 4+960	Escales: <b>Indicada</b>	Fase: <b>Planificación</b>
		Fecha: <b>Octubre 2014</b>	

*[Signature]*  
 Yo, Sr. **Luis Gregorio Alfaro Véliz**, Colegiado No. 5383  
 Vo.Bo. Encargado DMP



**SIMBOLOGÍA**  
 LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL  
 PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 PIV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV  
 PIV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PTV  
 PIV EST = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL  
 PIV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV  
 K = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO  
 T.H.G. = TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIÁMETRO 30".



**SIMBOLOGÍA**  
 Δ = ANGULO DELTA  
 CC = GRADO DE CURVATURA  
 R = RADIO  
 ST = SUBTANGENTE  
 CM = CUERDA MAYOR  
 CM = ORDENADA MEDIA  
 EX = EXTERNAL  
 PC = PRINCIPIO DE CURVA  
 PI = PUNTO DE INFLExIÓN  
 PT = PRINCIPIO DE TANGENTE

Diseño: T.H.G. + B.37  
 Traslado:



**PLANTA - PERFIL EST. 4+940 A EST. 5+700**

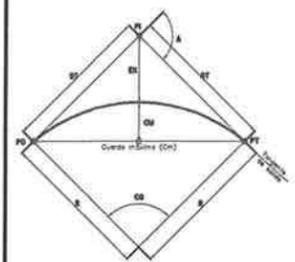
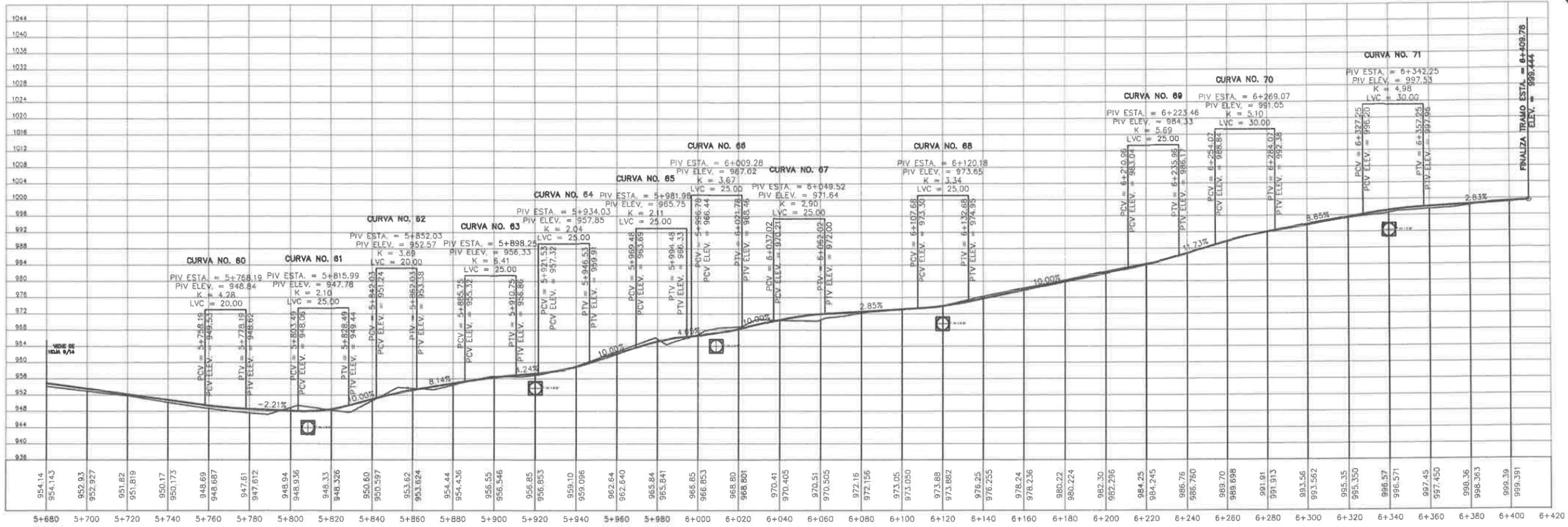
ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
Comunidad: Aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			
Espejista: Roldo Isaias Chavez Carrillo	Carné: 2002-15011	Diseño: Roldo Chávez	Hoja: 9
Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Dibujó: Roldo Chávez	15
Contenido: Planta - Perfil del tramo 4+940 A 5+700		Escala: Indicada	Fase: Planificación
Fecha: Octubre 2014			

*[Signature]*  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 Colegiado no. 5383

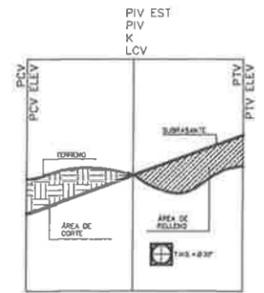
Va.Bo. Encargado DMP



**Simbología**  
 Δ = ANGULO DELTA  
 OC = GRADO DE CURVATURA  
 R = RADIO  
 ST = SUBTANGENTE  
 CM = CUERDA MÁXIMA  
 OM = ORDENADA MEDIA  
 EX = EXTERNAL  
 PC = PRINCIPIO DE CURVA  
 PI = PUNTO DE INFLEXIÓN  
 PT = PRINCIPIO DE TANGENTE

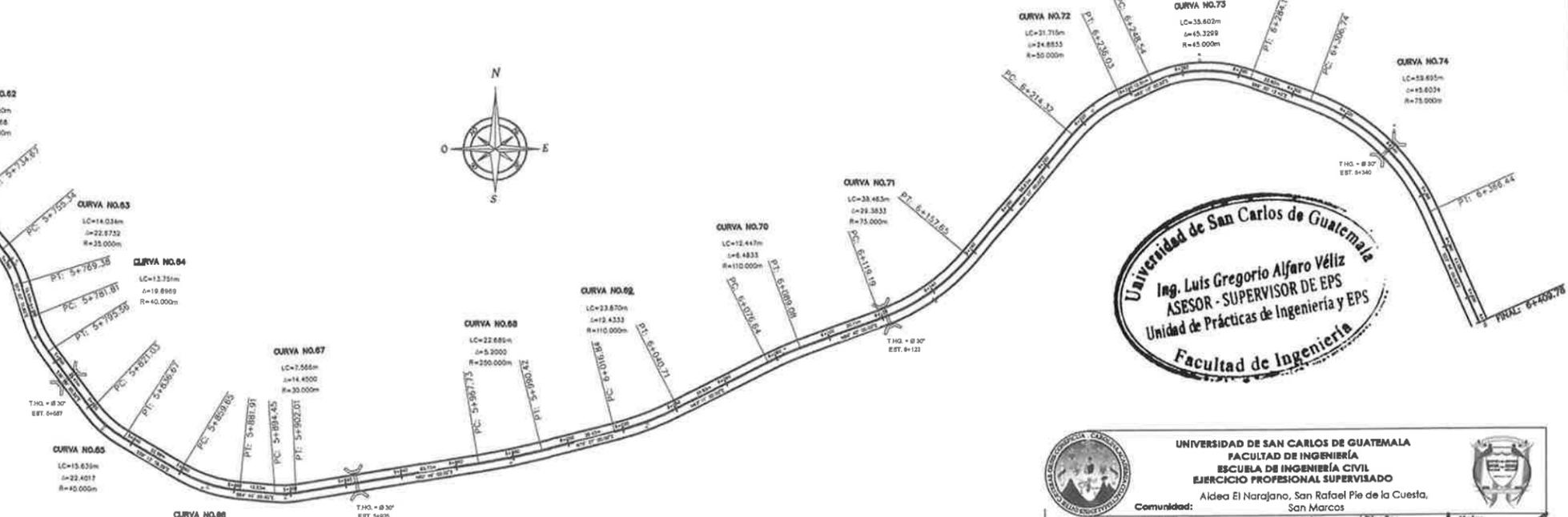
Drenaje  
 Transversal T=1% + 0.30'

**Simbología de curvas horizontales (planta)**



**Simbología**  
 LCV = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 PCV = PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL  
 PTV = PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL  
 PCV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PCV  
 PTV ELEV = COTA DE RASANTE DEL PTV  
 PIV EST = ESTACIONAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL  
 PIV ELEV = COTA RASANTE DEL PIV  
 K = CONSTANTE DE CONCAVIDAD QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO  
 T=1% = TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DE MATERIAL CORRUGADO, DIÁMETRO 30"

**Simbología de curvas verticales (perfil)**



**PLANTA · PERFIL EST. 5+680 A EST. 6+420**

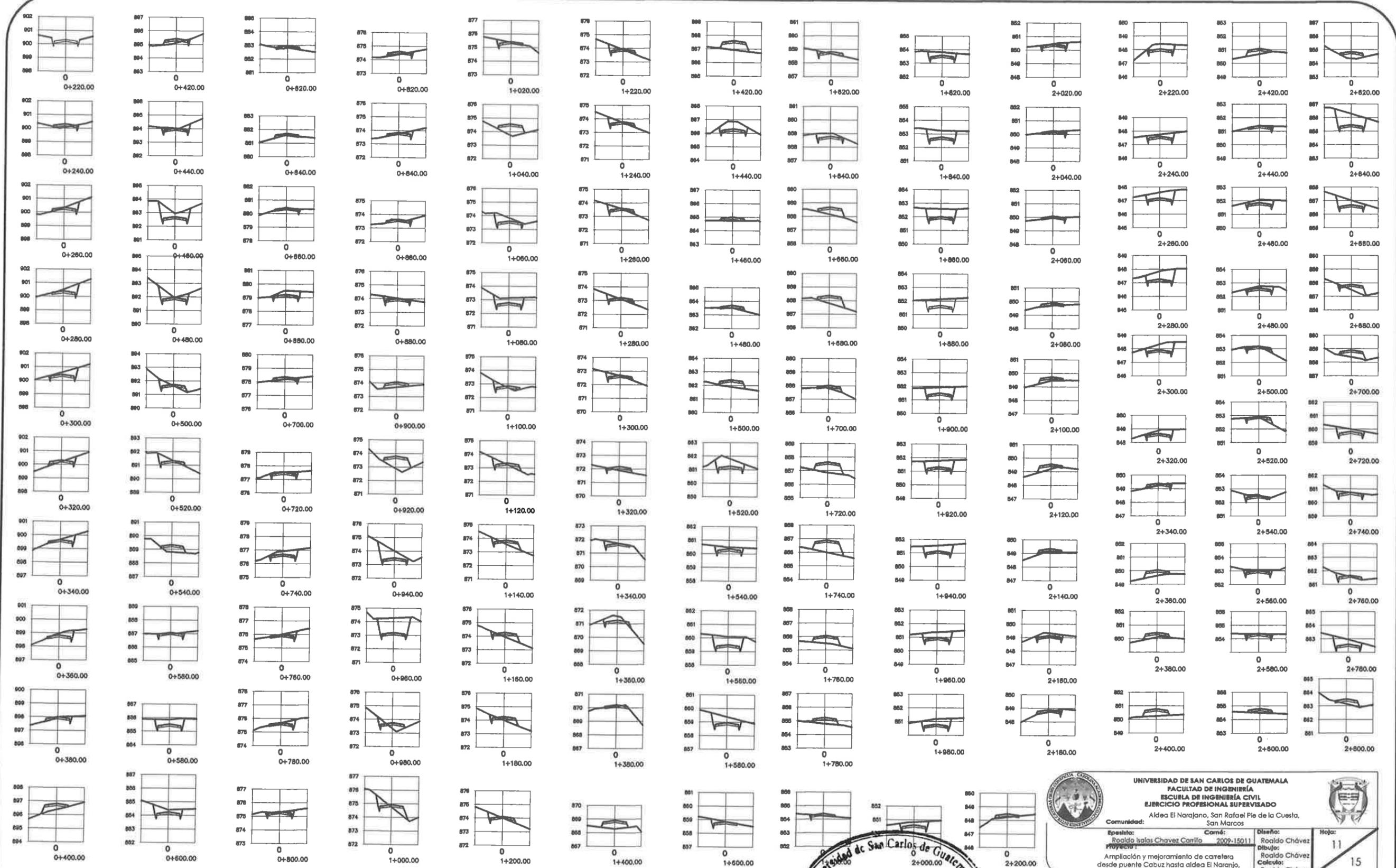
ESCALA HORIZONTAL : 1:1000  
 ESCALA VERTICAL : 1:500

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		Comunidad: Aldea El Narajón, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos	
Apellido: <b>Rosalba</b>	Nombre: <b>Chaves Carrillo</b>	Carné: <b>2009-15011</b>	Diseño: <b>Roidaldo Chávez</b>
Proyecto: <b>Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Narajón, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos</b>		Dibujó: <b>Roidaldo Chávez</b>	Hoja: <b>10</b>
Contenido: <b>Planta - Perfil del tramo 5+680 A 6+420</b>		Calculó: <b>Roidaldo Chávez</b>	15
Fecha: <b>Octubre 2014</b>		Escala: <b>Indicada</b>	Fase: <b>Plantificación</b>

*(Signature)*  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 Colegiado no. 5339

Vc.Bo.  
 Encargado DMP

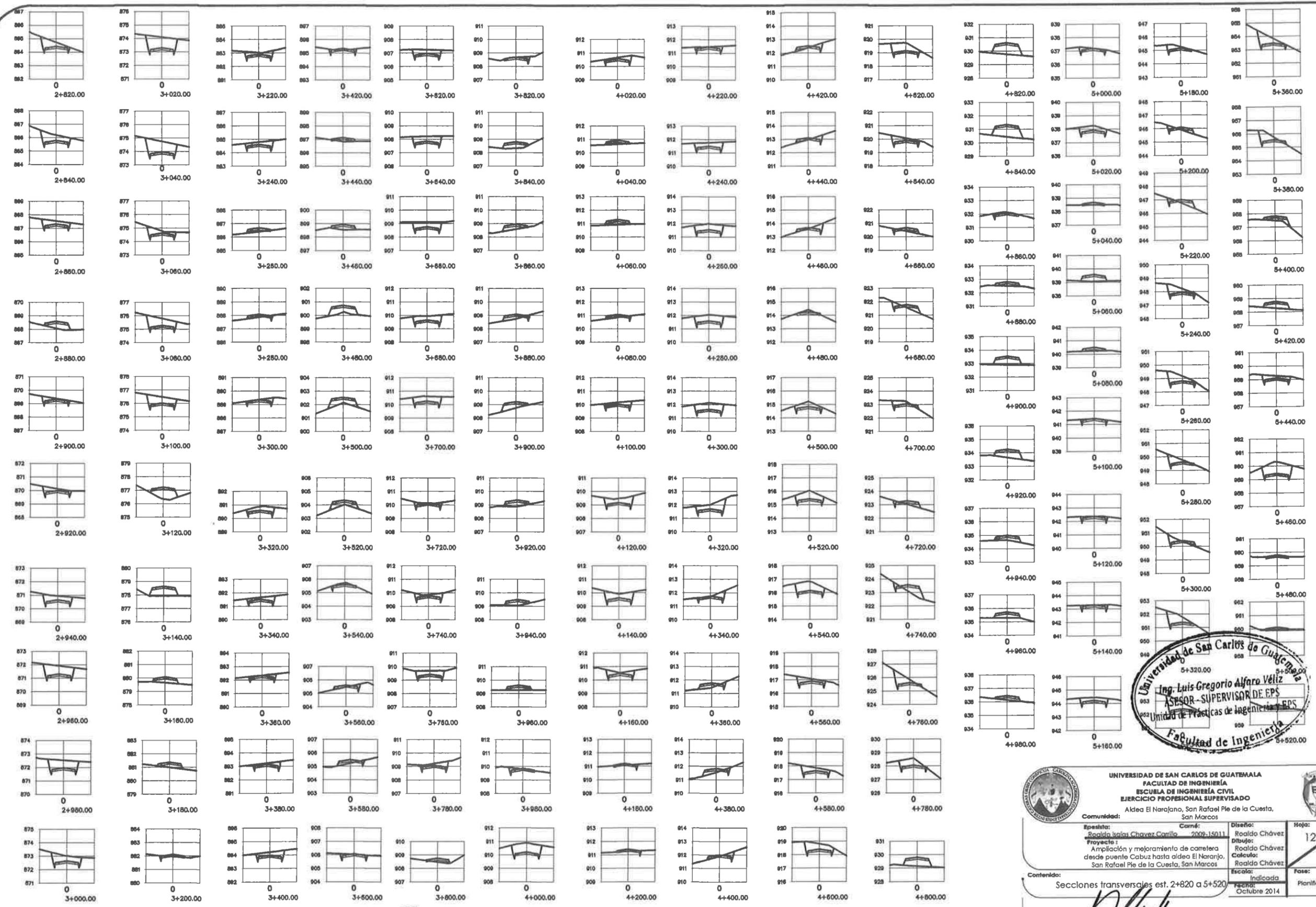


SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:200

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

		<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
Aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos				
Epistola: Roaldo Ibalas Chavez Carrillo	Comis: 2009-15011	Diseña: Roaldo Chávez	Hoja: 11 / 15	
Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cobuz hasta aldea El Narajano, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.				
Contenido: Secciones transversales est. 0+020 a 2+800				Fecha: Octubre 2014
				Fase: Planificación
Vo.Bo. Encargado DMP				



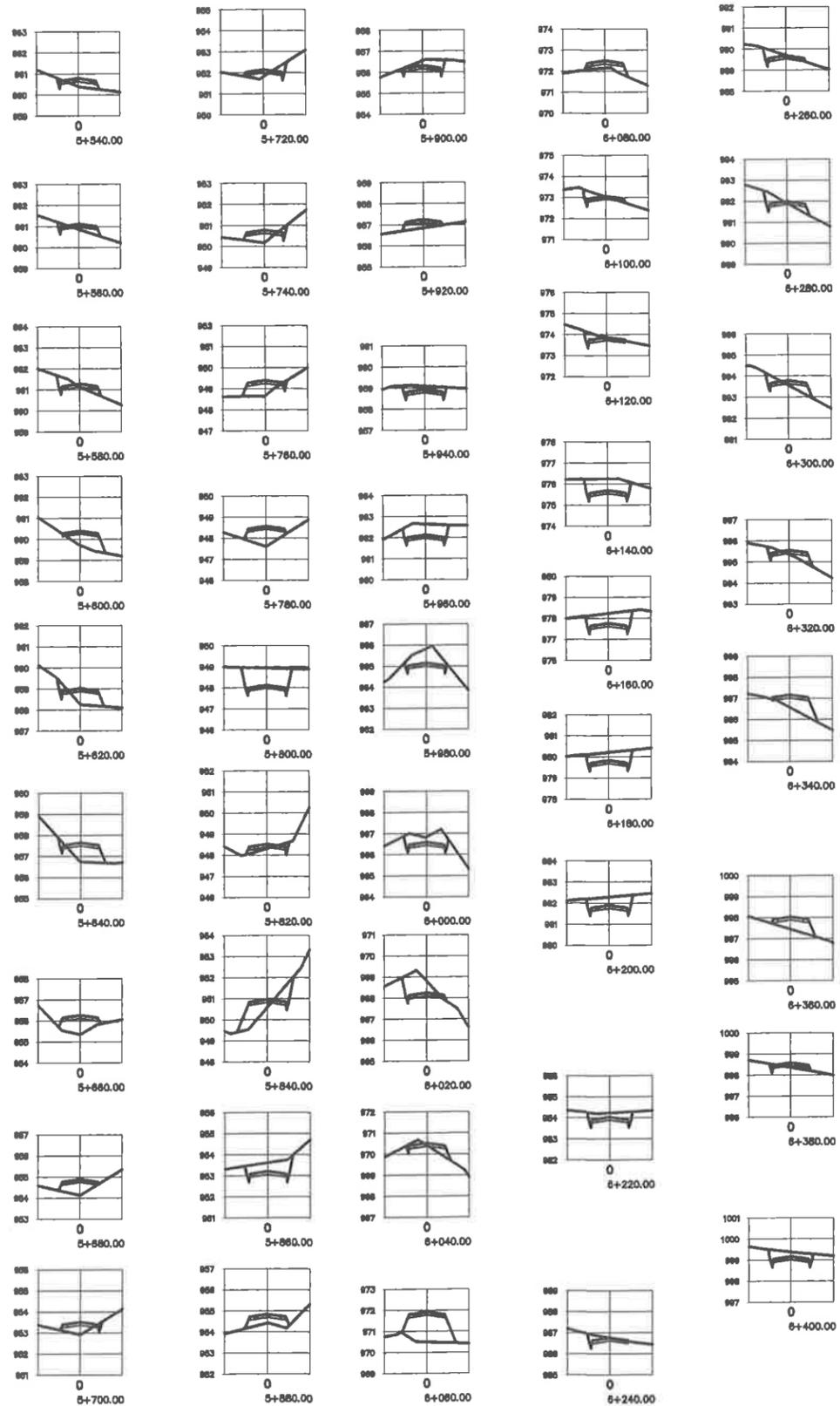
		<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
		Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		
Comunidad:	Camé:	Diseño:	Hoja:	12 15
Episodio:	7009-15011	Roadillo Chávez		
Proyecto: Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Dibujo:	15	Fecha: Octubre 2014
		Calculo:		
		Escala:	Indicada	Planificación
Contenido: Secciones transversales est. 2+820 a 5+520				

**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:200

Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 Colegiado no. 5383

Vo.Bo.  
Encargado DMP



**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:200

**MOMENTO DE TIERRA**

ESTACION	AREA DE TIERRA				
5+340.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+350.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+360.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+370.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+380.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+390.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+400.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+410.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+420.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+430.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+440.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+450.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+460.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+470.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+480.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+490.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+500.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+510.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+520.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+530.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+540.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+550.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+560.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+570.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+580.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+590.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+600.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+610.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+620.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+630.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+640.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+650.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+660.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+670.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+680.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+690.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+700.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00

**MOMENTO DE TIERRA**

ESTACION	AREA DE TIERRA				
5+710.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+720.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+730.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+740.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+750.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+760.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+770.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+780.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+790.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+800.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+810.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+820.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+830.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+840.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+850.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+860.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+870.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+880.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+890.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+900.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+910.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+920.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+930.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+940.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+950.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+960.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+970.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+980.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5+990.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+000.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00

**MOMENTO DE TIERRA**

ESTACION	AREA DE TIERRA				
6+010.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+020.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+030.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+040.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+050.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+060.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+070.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+080.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+090.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+100.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+110.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+120.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+130.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+140.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+150.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+160.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+170.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+180.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+190.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+200.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+210.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+220.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+230.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+240.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+250.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+260.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+270.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+280.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+290.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+300.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+310.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+320.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+330.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+340.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+350.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+360.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+370.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+380.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+390.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+400.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00

**MOMENTO DE TIERRA**

ESTACION	AREA DE TIERRA				
6+410.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+420.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+430.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+440.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+450.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+460.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+470.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+480.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+490.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+500.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+510.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+520.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+530.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+540.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+550.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+560.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+570.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+580.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+590.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+600.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+610.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+620.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+630.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+640.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+650.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+660.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+670.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+680.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+690.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+700.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+710.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+720.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+730.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+740.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+750.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+760.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+770.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+780.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+790.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+800.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+810.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+820.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+830.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+840.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+850.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+860.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+870.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+880.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+890.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+900.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+910.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+920.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+930.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+940.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+950.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+960.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+970.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+980.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
6+990.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00
7+000.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00



**LIBRETA DE CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz**  
**ASESOR - SUPERVISOR DE EPS**  
**Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS**  
**Facultad de Ingeniería**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta,  
 San Marcos

Comunidad: **Camé**  
 Epistola: **Roadto Isolas Chavez Carrillo**  
 Proyecto: **Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos**

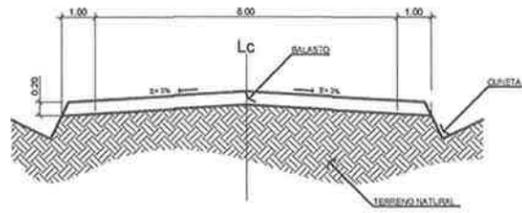
Diseño: **Roadto Chávez**  
 Edición: **Roadto Chávez**  
 Cálculo: **Roadto Chávez**  
 Escala: **Indicada**

Hoja: **13**  
 Total: **15**  
 Fase: **Planificación**

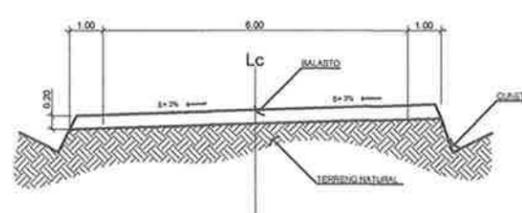
Fecha: **Octubre 2014**

Contenido: **Secciones transversales EST 5+540 A 6+400 y cálculo de movimiento de tierra.**

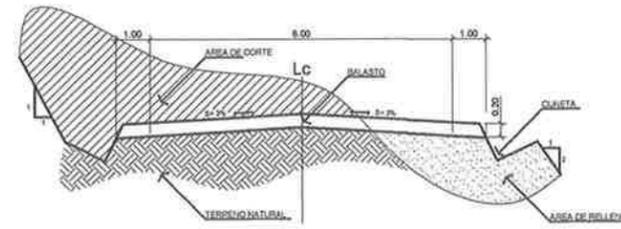
Vo.Bo. Encargado DMP



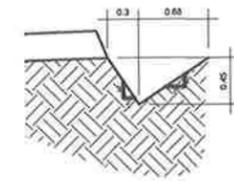
SECCIÓN TÍPICA DE ALINEACIÓN RECTA  
ESCALA: 1:50



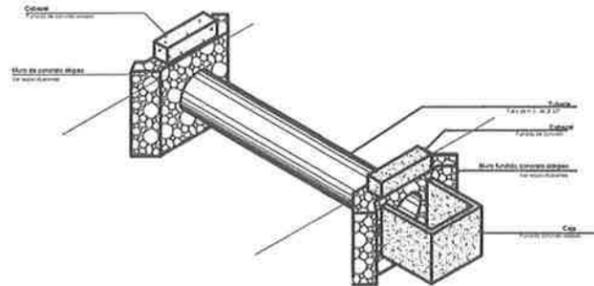
SECCIÓN TÍPICA ALINEACIÓN CURVA  
ESCALA: 1:50



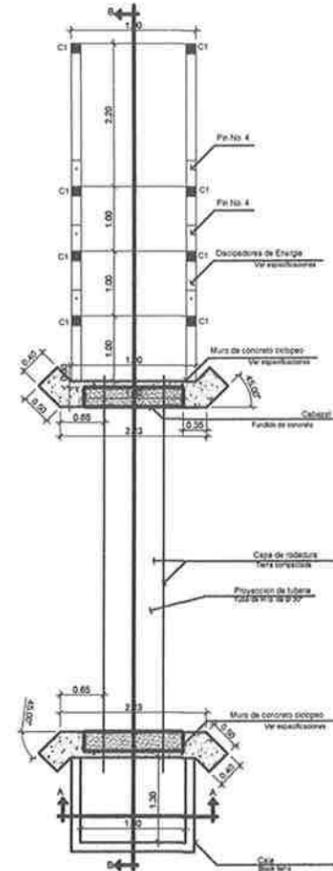
SECCIÓN TÍPICA CORTE Y RELLENO  
ESCALA: 1:50



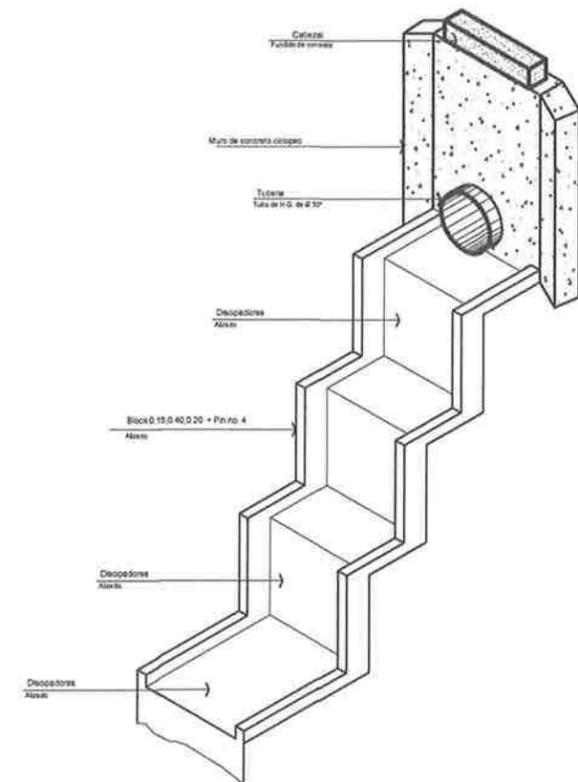
SECCIÓN TÍPICA DE CUNETA TRIANGULAR  
ESCALA: 1:50



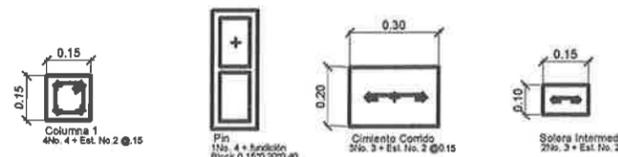
VISTA ISOMETRICA DRENAJE TRANSVERSAL  
ESCALA: 1:50



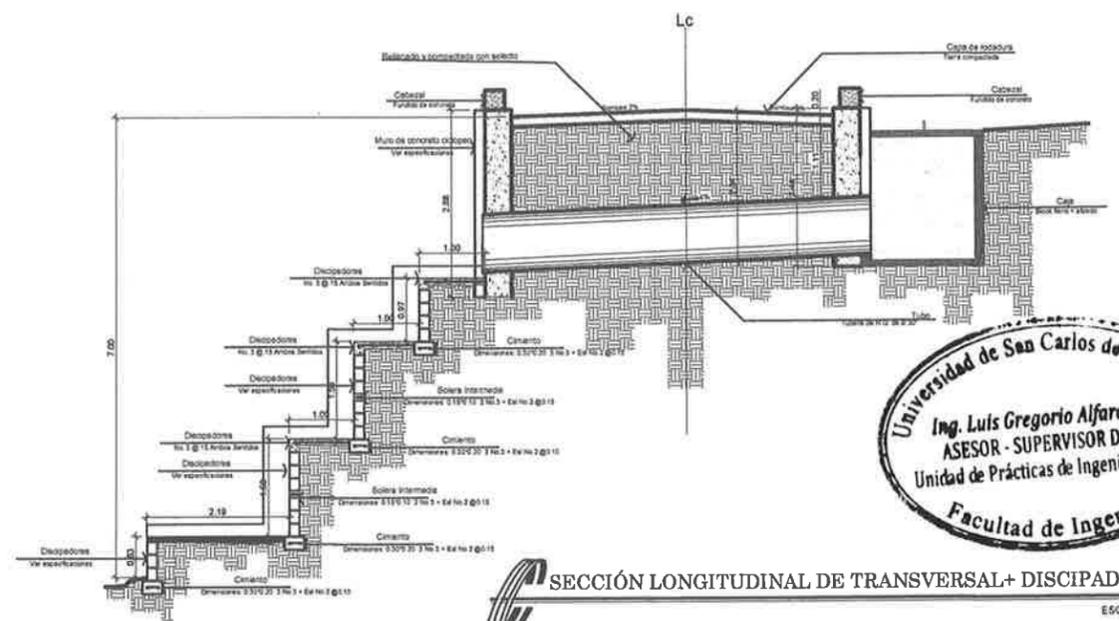
PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL  
ESCALA: 1:50



VISTA ISOMETRICA SALIDA DE DISCIPADOR  
ESCALA: 1:50



DETALLES DE ARMADO DE DISCIPADOR  
ESCALA: 1:20



SECCIÓN LONGITUDINAL DE TRANSVERSAL+ DISCIPADOR  
ESCALA: 1:50



**ESPECIFICACIONES**

**CONCRETO**  
EL CONCRETO A UTILIZAR PARA FUNDIR MUROS Y CABEZALES Y CAJAS TENDRA UNA RESISTENCIA DE 165 Kg/Cm<sup>2</sup> QUE EQUIVALE A LA PROPORCION 1:2:3 (UNA UNIDAD DE CEMENTO, DOS UNIDADES DE ARENA DE RIO Y TRES UNIDADES DE PIEDRIN)

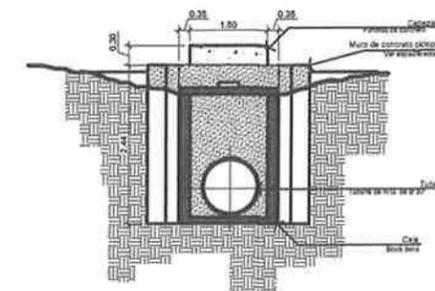
**CONCRETO CICLOPEO**  
SERA DE 70% EN VOLUMEN DE PIEDRA BOLA DE 15 A 20 Cms. Y 30% EN VOLUMEN DE CONCRETO DE 165 Kg/Cm<sup>2</sup> DE RESISTENCIA

**TUBERIA**

TUBERIA DE H.G. DE Ø 30"

**ACABADOS**

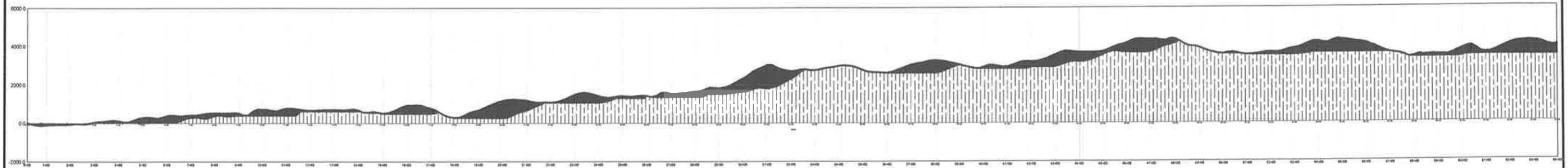
EL MORTERO A UTILIZARSE PARA EL ACABADO FINAL EN LOS MUROS CABEZALES Y CAJAS, SERA PROPORCION 1:3 (UNA UNIDAD DE CEMENTO Y 3 DE ARENA)



SECCIÓN CAJA COLECTORA  
ESCALA: 1:300

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p> <p>Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos</p>			
Comunidad:	Camé:	Diseño:	Hoja:
Roldo Isaias Chavez Cantillo	2009-15011	Roldo Chávez	14
<p>Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos</p>		Calculo:	15
		Roldo Chávez	
Contenido:	Indicada	Fecha:	Planificación
Detalles constructivos	Indicada	Octubre 2014	

Vo.Bo. Encargado DMP



## Diagrama de Curva Masa

ESCALA: 1:7500

### Las propiedades de la curva masa

- La curva crece en el sentido del cadenamamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
- En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentara un máximo y un mínimo respectivamente.
- Cualquier línea horizontal que corte a la curva en dos extremos marcará dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en este tramo por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
- La diferencia de ordenada entre dos puntos indicará la diferencia de volumen entre ellos.
- El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo
- Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			
Comunidad:	Comé:	Diseño:	Hoja:
Rosalia Isolas Chavez Carrillo	2009-15011	Rosaldo Chávez	15
Proyecto:		Dibujó:	
Ampliación y mejoramiento de carretera desde puente Cabuz hasta aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.		Rosaldo Chávez	
		Calculó:	
		Rosaldo Chávez	15
Contenido:	Indicada	Fecha:	Fase:
Diagrama de Curva Masa		Octubre 2014	Planificación

*[Handwritten signature]*

Vo.Bo. Asesor EPS  
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
 Céd. Profesional No. 555

Vo.Bo.  
 Encargado DMP

**APÉNDICE 2:**

**LIBRETA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO NUEVO SAN  
RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.**



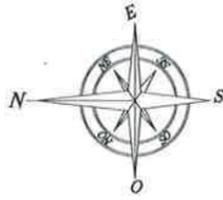
**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**

Tramo de PV a PV	Parámetros de diseño										Caudal de conexiones fijas Q <sub>cf</sub> (L/s)		Caudal de diseño Q <sub>d</sub> (L/s)		Factor de armonización FH		Caudal de diseño Q <sub>d</sub> (L/s)		Parámetros a sección transversal				Relaciones hidráulicas			Velocidad Diseño (m/s)		Cotas Invert (m)		Pozos de visita (m)		Volumen de excavación m <sup>3</sup>									
	Cota		Ch (m)	st	Casas actuales		Población	Actual	Diseño	Actual	Diseño	Actual	Diseño	Actual	Diseño	Actual	Diseño	Actual	Diseño	q/Q	d/D	v/V	Actual	Diseño	Cis	Cie	Hs	He													
	Salida	Entrada			Local	Acum.																							Local	Acum.	Tubería PVC		Velocidad V (m/s)	Caudal Q (L/s)	Actual	Diseño	Actual	Diseño	Actual	Diseño	
<b>SECTOR 1</b>																																									
0	1	918.005	917.344	46.04	1.436	5	10	30	62	0.035	0.073	0.004	0.007	0.002	0.002	0.040	0.082	0.002	0.002	4.355	4.295	0.261	0.531	6	1.436	1.233	22.497	0.012	0.024	0.08	0.10	0.337	0.416	0.415	0.513	916.605	915.944	1.400	1.400	39.506	
1	2	917.344	912.086	70.24	7.486	5	10	21	60	0.071	0.146	0.007	0.015	0.002	0.002	0.079	0.162	0.002	0.002	4.298	4.217	0.516	1.042	6	7.486	2.616	51.373	0.010	0.020	0.1	0.10	0.316	0.391	0.891	1.101	915.914	910.656	1.430	1.430	61.527	
2	3	912.086	904.546	80.60	9.332	10	20	41	120	0.142	0.292	0.014	0.029	0.002	0.002	0.157	0.322	0.002	0.002	4.221	4.113	1.013	2.033	6	9.332	3.144	57.356	0.018	0.035	0.1	0.13	0.383	0.466	1.205	1.466	910.628	903.086	1.460	1.460	72.230	
3	4	904.546	899.145	79.41	6.801	9	29	60	174	0.205	0.423	0.021	0.042	0.002	0.002	0.227	0.467	0.002	0.002	4.169	4.044	1.451	2.899	6	6.801	2.684	48.966	0.030	0.059	0.12	0.16	0.443	0.546	1.189	1.465	903.056	897.655	1.480	1.480	72.425	
4	5	899.145	893.657	40.19	13.654	1	30	62	180	0.213	0.438	0.021	0.044	0.002	0.002	0.235	0.483	0.002	0.002	4.164	4.038	1.499	2.993	6	13.654	3.803	69.379	0.022	0.043	0.10	0.14	0.406	0.497	1.545	1.892	897.625	892.137	1.520	1.520	37.360	
5	6	893.657	888.349	55.24	9.609	2	32	66	192	0.227	0.467	0.023	0.047	0.002	0.002	0.251	0.515	0.002	0.002	4.154	4.025	1.595	3.183	6	9.609	3.191	58.202	0.027	0.055	0.11	0.16	0.431	0.536	1.375	1.709	892.107	886.799	1.550	1.550	52.368	
6	7	888.349	887.682	69.99	1.094	1	33	68	198	0.234	0.481	0.023	0.048	0.002	0.002	0.259	0.531	0.002	0.002	4.150	4.018	1.643	3.277	6	1.094	1.078	19.634	0.084	0.167	0.20	0.28	0.606	0.741	0.652	0.798	886.769	886.102	1.580	1.580	58.921	
7	8	887.682	880.632	66.85	8.117	5	38	78	228	0.269	0.554	0.027	0.055	0.002	0.002	0.298	0.611	0.002	0.002	4.127	3.988	1.882	3.745	6	8.117	2.933	53.490	0.035	0.070	0.13	0.18	0.466	0.576	1.367	1.688	886.072	879.022	1.610	1.610	83.901	
13	12	904.764	897.234	84.82	7.941	11	18	33	96	0.113	0.233	0.011	0.023	0.002	0.002	0.128	0.258	0.002	0.002	4.248	4.150	0.816	1.641	6	7.941	2.901	52.910	0.015	0.031	0.08	0.12	0.382	0.450	1.049	1.305	903.334	895.804	1.400	1.400	73.435	
12	11	897.234	891.66	99.86	5.562	5	21	43	126	0.259	0.549	0.030	0.061	0.002	0.002	0.165	0.338	0.002	0.002	4.215	4.105	1.062	2.130	6	5.562	2.427	44.281	0.024	0.048	0.10	0.15	0.416	0.513	1.010	1.244	895.774	890.220	1.460	1.460	89.272	
11	10	891.66	888.735	68.20	4.318	8	29	60	174	0.205	0.423	0.021	0.042	0.002	0.002	0.227	0.467	0.002	0.002	4.169	4.044	1.451	2.899	6	4.318	2.139	39.015	0.037	0.074	0.13	0.18	0.475	0.583	1.017	1.247	890.190	887.245	1.490	1.490	62.201	
10	9	888.735	882.838	89.86	5.905	11	40	82	240	0.283	0.584	0.028	0.058	0.002	0.002	0.313	0.643	0.002	0.002	4.118	3.977	1.977	3.931	6	5.905	2.501	45.627	0.043	0.086	0.14	0.20	0.497	0.611	1.244	1.529	887.215	881.318	1.520	1.520	92.870	
9	8	882.838	880.632	49.02	4.500	8	46	95	276	0.226	0.471	0.023	0.047	0.002	0.002	0.260	0.531	0.002	0.002	4.094	3.945	2.260	4.485	6	4.500	2.183	39.829	0.027	0.054	0.13	0.18	0.542	0.661	1.183	1.443	881.288	879.082	1.550	1.550	48.852	
8	15	880.632	875.916	18.90	24.950	0	64	173	504	1038	0.595	1.225	0.080	0.123	0.002	0.002	0.657	1.350	0.002	0.002	3.972	3.790	4.004	7.867	6	24.950	0.229	201.869	0.029	0.039	0.10	0.13	0.391	0.482	2.435	3.002	878.971	874.255	1.661	1.661	19.174
15	16	875.916	873.654	9.33	24.244	0	84	173	504	1038	0.595	1.225	0.080	0.123	0.002	0.002	0.657	1.350	0.002	0.002	3.972	3.790	4.004	7.867	6	24.244	6.140	199.103	0.020	0.040	0.10	0.14	0.391	0.496	2.400	2.987	874.225	871.963	1.691	1.691	9.833
16	17	873.654	871.652	10.05	19.920	0	84	173	504	1038	0.595	1.225	0.080	0.123	0.002	0.002	0.657	1.350	0.002	0.002	3.972	3.790	4.004	7.867	6	19.920	5.565	180.477	0.022	0.044	0.10	0.14	0.406	0.500	2.261	2.781	871.933	869.931	1.721	1.721	10.557
17	18	871.652	867.541	19.04	21.591	0	84	173	504	1038	0.595	1.225	0.080	0.123	0.002	0.002	0.657	1.350	0.002	0.002	3.972	3.790	4.004	7.867	6	21.591	5.794	187.894	0.021	0.042	0.10	0.14	0.399	0.493	2.310	2.857	869.901	865.794	1.751	1.751	20.344
18	FINA	867.541	862.254	21.23	24.903	0	84	173	504	1038	0.595	1.225	0.080	0.123	0.002	0.002	0.657	1.350	0.002	0.002	3.972	3.790	4.004	7.867	6	24.903	6.222	201.791	0.020	0.039	0.10	0.13	0.391	0.482	2.432	2.999	865.760	860.473	1.781	1.781	22.684
<b>SECTOR 2</b>																																									
1	0	0.1	906.619	903.405	43.65	7.363	7	14	42	86	0.050	0.102	0.005	0.010	0.002	0.002	0.056	0.114	0.002	0.002	4.329	4.260	0.364	0.737	6	7.363	2.793	50.949	0.007	0.014	0.10	0.10	0.295	0.354	0.825	0.987	905.219	902.005	1.400	1.400	36.696
0.2	0.1	904.434	903.405	28.10	3.536	5	10	30	62	0.035	0.073	0.004	0.007	0.002	0.002	0.040	0.082	0.002	0.002	4.355	4.295	0.261	0.531	6	3.536	1.935	35.305	0.007	0.015	0.10	0.10	0.295	0.362	0.6	0.700	903.034	902.005	1.400	1.400	24.971	
0.1	1	903.405	902.923	23.56	2.046	3	15	31	90	0.185	0.379	0.011	0.022	0.002	0.002	0.116	0.242	0.002	0.002	4.256	4.160	0.766	1.542	6	2.046	1.472	26.856	0.029	0.057	0.11	0.16	0.438	0.542	0.645	0.798	901.975	901.493	1.430	1.430	20.214	
1.1	1	905.533	902.923	44.79	14.758	3	6	18	37	0.021	0.044	0.002	0.004	0.002	0.002	0.025	0.050	0.002	0.002	4.386	4.339	0.158	0.322	6	14.758	3.954	72.129	0.002	0.004	0.10	0.10	0.211	0.254	0.835	1.003	906.133	901.523	1.400	1.400	39.230	
2	1	902.923	900.677	43.00	5.223	4	22	45	132	0.272	0.556	0.021	0.046	0.002	0.002	0.173	0.355	0.002	0.002	4.209	4.096	1.111	2.227	6	5.223	2.352	42.911	0.026	0.052	0.11	0.15	0.428	0.525	1.008	1.235	901.493	899.217	1.460	1.460	38.442	
2.1	2	904.434	900.677	58.07	8.470	12	25	72	148	0.085	0.175	0.009	0.018	0.002	0.002	0.085	0.194	0.002	0.002	4.280	4.193	0.616	1.243	6	8.470	2.618	47.758	0.013	0.026	0.10	0.11	0.345	0.428	0.904	1.122	903.034	899.277	1.400	1.400	51.915	
3	2	900.677	894.423	64.52	9.693	8	42	86	252	0.298	0.613	0.030	0.061	0.002	0.002	0.329	0.675	0.002	0.002	4.110	3.966	2.071	4.116	6	9.693	3.205	58.457	0.035	0.070	0.13	0.18	0.466	0.576	1.494	1.844	899.187	892.933	1.490	1.490	58.842	
4	3	894.423	890.577	67.81	5.672	8	50	103	300	0.354	0.729	0.035	0.073	0.002	0.002	0.391	0.804	0.002	0.002	4.078	3.925	2.447	4.850	6	5.672	2.451	44.716	0.055	0.108	0.16	0.22	0.536	0.652	1.313	1.599	892.903	889.057</				

**APÉNDICE 3:**

**PLANOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO DEL CASERÍO NUEVO SAN RAFAEL, SAN RAFAEL  
PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.**





### ESPECIFICACIONES GENERALES:

EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE NUEVO SAN RAFAEL SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA SAN MARCOS, SE DISEÑO DE TAL FORMA QUE EL SISTEMA FUNCIONE POR MEDIO DE LA ACCIÓN DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD, PARA LO CUAL, DEBIDO A LA TOPOGRAFÍA ACCIDENTADA DEL LUGAR, SE DIVIDIÓ EL CASERÍO EN DOS SECCIONES DENOMINADAS PARA ESTE DISEÑO "SECCIÓN 1" Y "SECCIÓN 2" RESPECTIVAMENTE A CADA UNO DE LOS TRAMOS EN QUE SE TRABAJARÁ.

#### 1. PARÁMETROS DE DISEÑO SECCIÓN 1:

- LONGITUD DEL SISTEMA: 1.096 KM
- PERÍODO DE DISEÑO: 21 AÑOS
- POBLACIÓN ACTUAL: 504 HABITANTES
- POBLACIÓN DISEÑO: 1038 HABITANTES
- HABITANTES POR CASA: 6 HABITANTES
- DOTACIÓN: 120 LITROS/HAB/DÍA
- CONEXIONES DOMICILIARES ACTUAL: 84
- CONEXIONES DOMICILIARES DISEÑO: 173
- FACTOR DE RETORNO: 0.45
- DIÁMETRO DE TUBERÍA: INDICADO
- MATERIAL DE TUBERÍA: PVC (INDICADO)
- ALTURA DE POZO: INDICADA

#### 2. PARÁMETROS DE DISEÑO SECCIÓN 2:

- LONGITUD DEL SISTEMA: 3.535 KM
- PERÍODO DE DISEÑO: 21 AÑOS
- POBLACIÓN ACTUAL: 1212 HABITANTES
- POBLACIÓN DISEÑO: 2485 HABITANTES
- HABITANTES POR CASA: 6 HABITANTES
- DOTACIÓN: 120 LITROS/HAB/DÍA
- CONEXIONES DOMICILIARES ACTUAL: 202
- CONEXIONES DOMICILIARES DISEÑO: 416
- FACTOR DE RETORNO: 0.45
- DIÁMETRO DE TUBERÍA: INDICADO
- MATERIAL DE TUBERÍA: PVC (INDICADO)
- ALTURA DE POZO: INDICADA

#### 3. PROGRAMAS DE COMPUTADOR UTILIZADOS PARA EL DISEÑO Y DIBUJO:

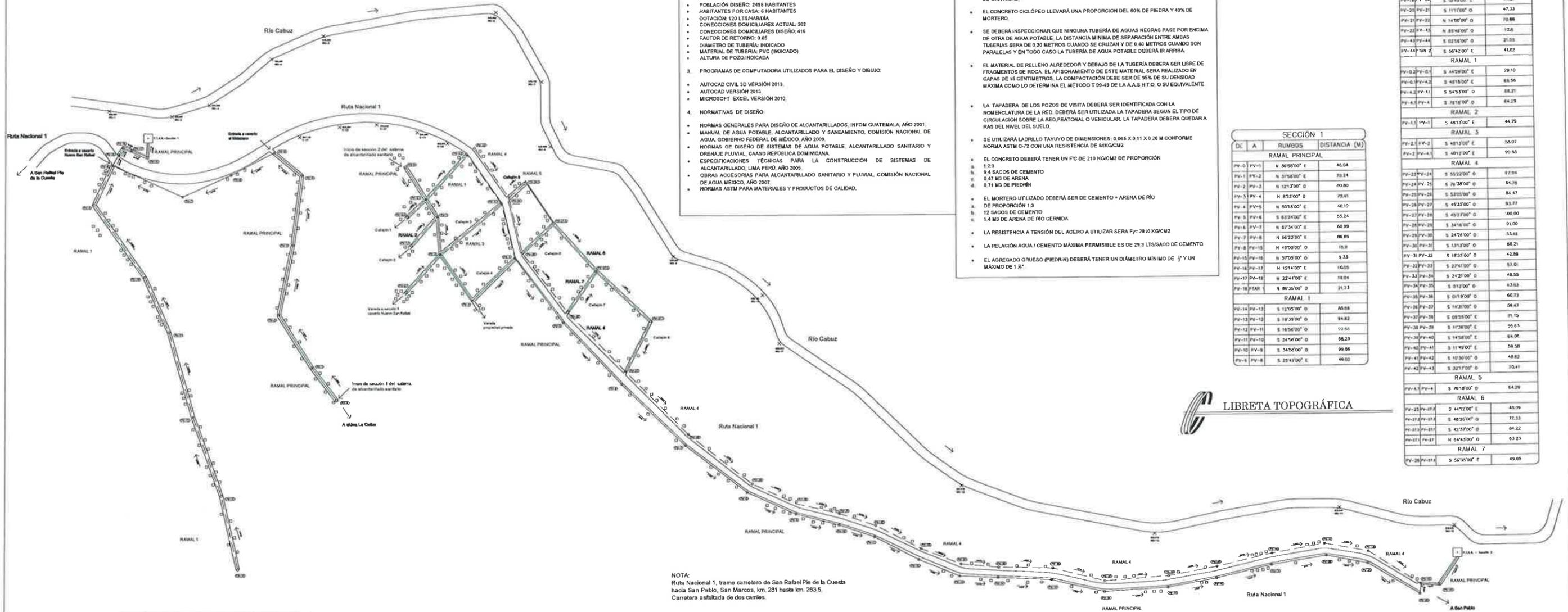
- AUTOCAD CIVIL 3D VERSIÓN 2013
- AUTOCAD VERSIÓN 2013
- MICROSOFT EXCEL VERSIÓN 2010

#### 4. NORMATIVAS DE DISEÑO:

- NORMATIVAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS, INFORME GUATEMALA AÑO 2001
- MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO, COMISIÓN NACIONAL DE AGUA, GOBIERNO FEDERAL DE MÉXICO AÑO 2009
- NORMATIVAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL, CASO REPÚBLICA DOMINICANA
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO, LIMA PERÚ, AÑO 2005
- OBRAS ACCESORIAS PARA ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COMISIÓN NACIONAL DE AGUA MEXICO, AÑO 2007
- NORMATIVAS ASTM PARA MATERIALES Y PRODUCTOS DE CALIDAD.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- LA LIMPIEZA, CHAPEO Y DESMONTE SE REALIZARÁ CON UN ANCHO MÍNIMO DE 2.00 METROS, 1.00 METRO PARA CADA LADO DEL EJE DE LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA.
- LAS TUBERÍAS SE INSTALARÁN SIGUIENDO LOS EJES Y TRAMOS QUE INDICAN LOS PLANOS. EL ANCHO MÍNIMO DE ZANJA SERÁ PARA FINES DE EXCAVACIÓN ES DE 0.60 M CUANDO SE ENCUENTRE ROCA, DEBERÁ SER REMOVIDA DEBAJO DE LA LÍNEA DE PENDIENTE Y SUSTITUIDO POR LO MENOS 1 PULGADA DE ESTE MATERIAL POR RELLENO DE MANERA QUE SE PREVEA UN COCÓN DE TIERRA COMPACTO. LOS VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS ESTÁN ESPECIFICADOS EN LOS PLANOS PLANTA PERFIL DE CADA UNO DE LOS TRAMOS
- NINGÚN MATERIAL DE SUPERFICIE SE PONDRÁ SOBRE CUALQUIER TRAMO DE TUBERÍA HASTA QUE EL RELLENO HAYA SIDO COMPACTADO Y ASENTADO.
- LOS POZOS DE VISITA SE LOCALIZARÁN EN DONDE INDICAN LOS PLANOS. SI EL TRAZO DE LAS CALLES ES IRREGULAR, LA ESTRUCTURA PODRÁ CONSTRUIRSE EN OTRO PUNTO CERCANO QUE PERMITA LA CONCURRENCIA DE LOS OTROS COLECTORES.
- LA TUBERÍA A UTILIZAR SERÁ BAJO NORMA ASTM 3034, NO SE UTILIZARÁ TUBERÍA DE DIÁMETRO MENOR QUE LA INDICADA EN LA PLANIFICACIÓN Y DEBERÁ SER COLOCADA Y ALINEADA CON LA MISMA PENDIENTE INDICADA EN LOS PLANOS.
- LAS CONEXIONES DOMICILIARES ESTÁN CONSTITUIDAS POR DOS PARTES: CANDELA DOMICILIAR Y TUBERÍA DE EMPOTRAMIENTO. LA CANDELA DOMICILIAR SERÁ UN TUBO DE CONCRETO DE 1.00 METRO DE LONGITUD Y 12 PULGADAS DE DIÁMETRO. LA TUBERÍA DE EMPOTRAMIENTO SERÁ DE P.V.C. DE 4 PULGADAS DE DIÁMETRO CON UNA PENDIENTE MÍNIMA DE 2% DE MODO QUE LA CONEXIÓN DOMICILIAR SE UNA AL COLECTOR POR MEDIO DE GRAVEDAD.
- EL CONCRETO CICLOPEO LLEVARÁ UNA PROPORCIÓN DEL 60% DE PIEDRA Y 40% DE MORTERO.
- SE DEBERÁ INSPECCIONAR QUE NINGUNA TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS PASE POR ENCIMA DE OTRA DE AGUA POTABLE. LA DISTANCIA MÍNIMA DE SEPARACIÓN ENTRE AMBAS TUBERÍAS SERÁ DE 0.20 METROS CUANDO SE CRUZAN Y DE 0.40 METROS CUANDO SON PARALELAS Y EN TODO CASO LA TUBERÍA DE AGUA POTABLE DEBERÁ IR ARRIBA.
- EL MATERIAL DE RELLENO ALREDEDOR Y DEBAJO DE LA TUBERÍA DEBERÁ SER LIBRE DE FRAGMENTOS DE ROCA. EL APISONAMIENTO DE ESTE MATERIAL SERÁ REALIZADO EN CAPAS DE 15 CENTÍMETROS. LA COMPACTACIÓN DEBE SER DE 95% DE SU DENSIDAD MÁXIMA COMO LO DETERMINA EL MÉTODO T 99-49 DE LA A.S.H.T.O. O SU EQUIVALENTE.
- LA TAPADERA DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁ SER IDENTIFICADA CON LA NOMENCLATURA DE LA RED, DEBERÁ SER UTILIZADA LA TAPADERA SEGUN EL TIPO DE CIRCULACIÓN SOBRE LA RED PEATONAL O VEHICULAR. LA TAPADERA DEBERÁ QUEDAR A RAS DEL NIVEL DEL SUELO.
- SE UTILIZARÁ LADRILLO TAYUVO DE DIMENSIONES: 0.065 X 0.11 X 0.20 M CONFORME NORMA ASTM C-72 CON UNA RESISTENCIA DE 84KGCM2
- EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN FC DE 210 KGCM2 DE PROPORCIÓN:
  - 1:2:3
  - 9.4 SACOS DE CEMENTO
  - 0.47 M3 DE ARENA
  - 0.71 M3 DE PIEDRÍN
- EL MORTERO UTILIZADO DEBERÁ SER DE CEMENTO + ARENA DE RÍO DE PROPORCIÓN 1:3
- 12 SACOS DE CEMENTO
- 1.4 M3 DE ARENA DE RÍO CERVIDA
- LA RESISTENCIA A TENSIÓN DEL ACERO A UTILIZAR SERÁ  $F_y = 2810 \text{ KGCM}^2$
- LA RELACIÓN AGUA / CEMENTO MÁXIMA PERMISIBLE ES DE 29.3 LITROS/SACO DE CEMENTO
- EL AGREGADO GRUESO (PIEDRÍN) DEBERÁ TENER UN DIÁMETRO MÍNIMO DE  $\frac{1}{2}$ " Y UN MÁXIMO DE  $1\frac{1}{2}$ "



NOTA:  
Ruta Nacional 1, tramo carretero de San Rafael Pie de la Cuesta hacia San Pablo, San Marcos, km 281 hasta km. 283.5  
Carretera asfaltada de dos carriles.

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE RAMAL PRINCIPAL
	RED DE RAMALES DE SEGUNDO ORDEN
	RED DE RAMALES DE TERCER ORDEN
	RED DE RAMALES DE CUARTO ORDEN
	PORCENTAJE DE PENDIENTE
	INDICA POZO DE VISITA
	CON EL TERMINO DE BARRAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
	CON EL TERMINO DE BARRAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	ESTACIONES TEMPORARIAS DE REFERENCIA
	VENEDERA FAMILIAR
	INDICADOR DE RAMAL

SIMBOLOGIA PLANTA

### PLANTA DISTRIBUCIÓN GENERAL

ESCALA: 1:2500



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Comunidad: Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Episista: Roaldo Isaias Chavez Carrillo  
Camé: 2009-15011  
Diseño: Roaldo Chávez  
Dibujo: Roaldo Chávez  
Cálculo: Roaldo Chávez

Contenido: Planta general del sistema de alcantarillado sanitario

Fecha: Septiembre 2014

Hoja: 10

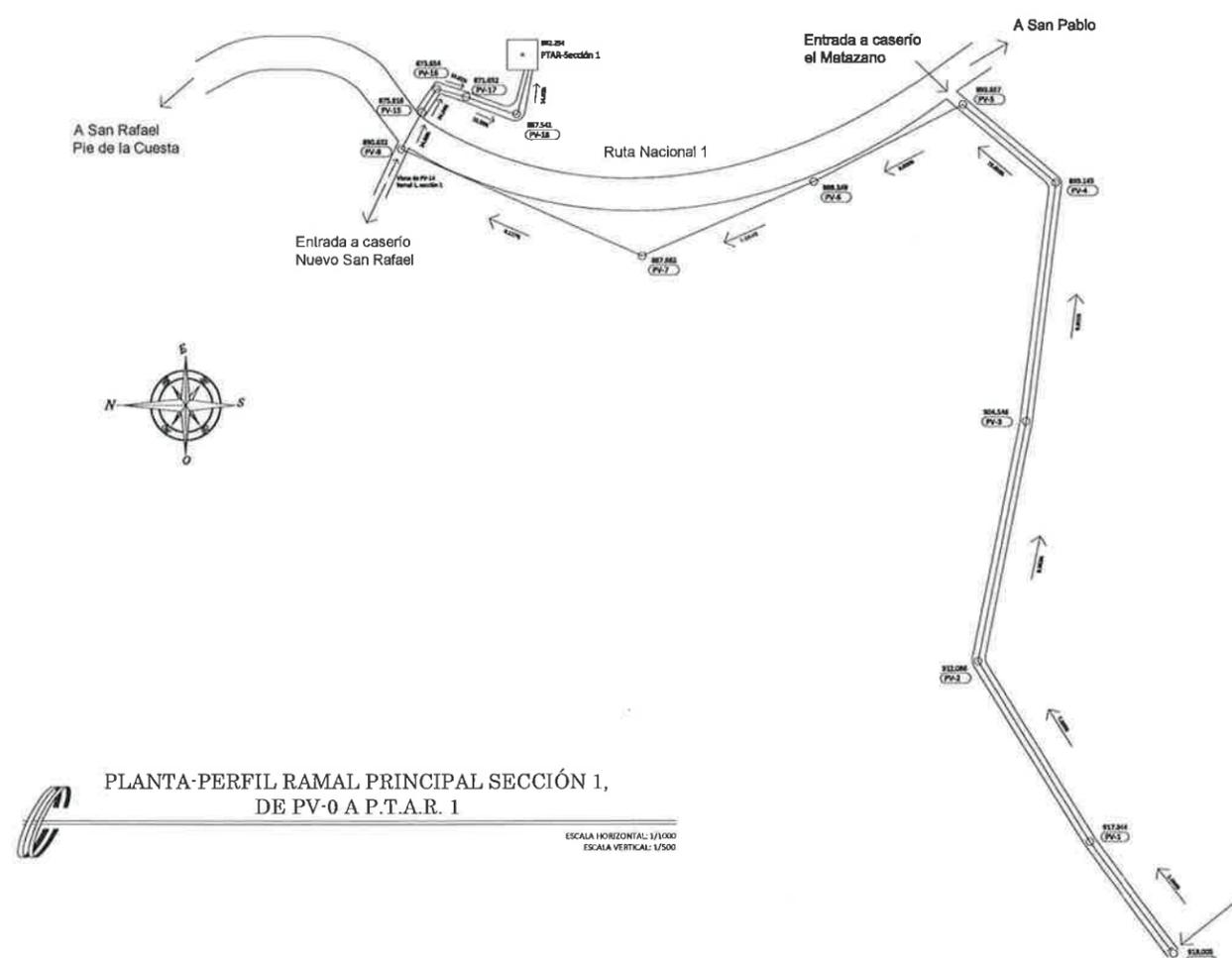
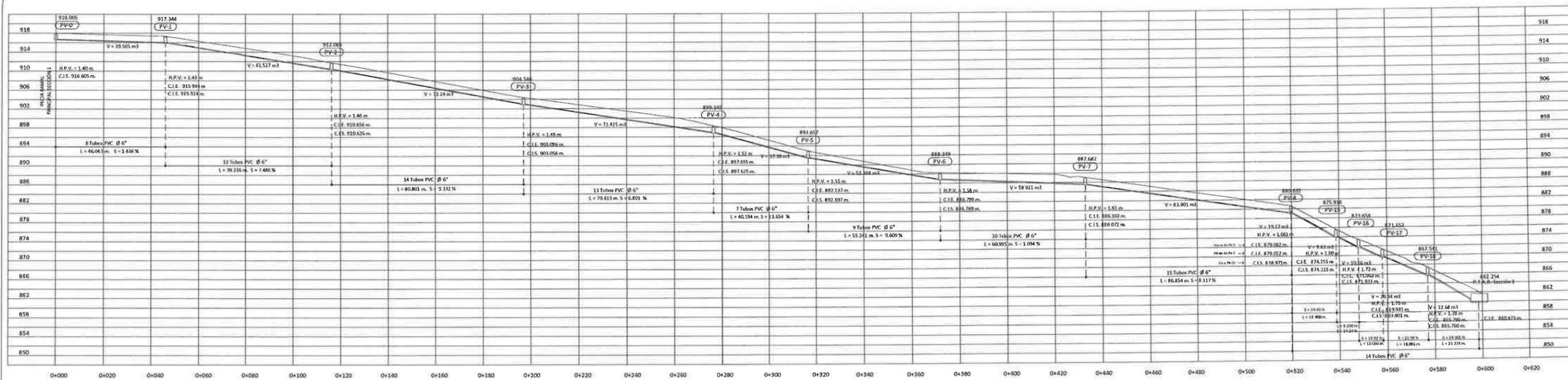
Fase: Planificación

Yo, Ro. Asesor de EPS  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
Colegiado no. 5383

Yo, Ro. Encargado DMP

SECCIÓN 2		
DE	A	RUMBOS DISTANCIA (M)
RAMAL PRINCIPAL		
PV-0	PV-1	S 5814'00" E 43.65
PV-1	PV-2	S 5713'00" E 23.56
PV-2	PV-3	S 6052'00" O 43.00
PV-3	PV-4	S 5510'00" O 64.52
PV-4	PV-5	S 4517'00" O 57.81
PV-5	PV-6	S 3239'00" O 90.63
PV-6	PV-7	S 4828'00" O 10.32
PV-7	PV-8	S 3728'00" O 87.06
PV-8	PV-9	S 2821'00" O 58.81
PV-9	PV-10	S 1428'00" O 49.81
PV-10	PV-11	S 1848'00" O 41.50
PV-11	PV-12	S 3214'00" O 50.51
PV-12	PV-13	S 0220'00" O 43.13
PV-13	PV-14	S 0220'00" O 60.08
PV-14	PV-15	S 1328'00" O 60.26
PV-15	PV-16	S 3351'00" O 71.23
PV-16	PV-17	S 1151'00" E 55.53
PV-17	PV-18	S 1443'00" E 64.63
PV-18	PV-19	S 1043'00" E 60.31
PV-19	PV-20	S 1111'00" O 47.33
PV-20	PV-21	S 8940'00" O 70.88
PV-21	PV-22	S 0354'00" O 21.53
PV-22	PV-23	S 5642'00" E 41.02
RAMAL 1		
PV-23	PV-24	S 4429'00" E 29.10
PV-24	PV-25	S 4818'00" E 68.56
PV-25	PV-26	S 5453'00" O 88.27
PV-26	PV-27	S 7818'00" O 64.29
RAMAL 2		
PV-27	PV-28	S 4813'00" E 44.79
RAMAL 3		
PV-28	PV-29	S 4813'00" E 56.07
PV-29	PV-30	S 4012'00" E 90.63
RAMAL 4		
PV-30	PV-31	S 5522'00" O 67.04
PV-31	PV-32	S 7938'00" O 84.78
PV-32	PV-33	S 5305'00" O 84.47
PV-33	PV-34	S 4535'00" O 83.77
PV-34	PV-35	S 4535'00" O 100.00
PV-35	PV-36	S 3416'00" O 91.00
PV-36	PV-37	S 2428'00" O 53.88
PV-37	PV-38	S 1331'00" O 60.21
PV-38	PV-39	S 1832'00" O 42.88
PV-39	PV-40	S 2741'00" O 53.01
PV-40	PV-41	S 2421'00" O 48.55
PV-41	PV-42	S 0912'00" O 43.03
PV-42	PV-43	S 0919'00" O 60.73
PV-43	PV-44	S 1421'00" O 56.43
PV-44	PV-45	S 0855'00" O 79.15
PV-45	PV-46	S 1128'00" E 55.63
PV-46	PV-47	S 1458'00" E 84.06
PV-47	PV-48	S 1149'00" E 58.58
PV-48	PV-49	S 1030'00" O 49.82
PV-49	PV-50	S 3273'00" O 30.41
RAMAL 5		
PV-50	PV-51	S 7618'00" O 64.29
RAMAL 6		
PV-51	PV-52	S 4472'00" E 48.09
PV-52	PV-53	S 4826'00" O 72.33
PV-53	PV-54	S 4237'00" O 84.22
PV-54	PV-55	S 6445'00" O 63.23
RAMAL 7		
PV-55	PV-56	S 5630'00" E 49.03

LIBRETA TOPOGRÁFICA



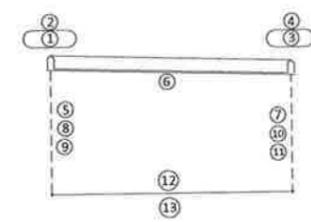
PLANTA-PERFIL RAMAL PRINCIPAL SECCIÓN 1,  
DE PV-0 A P.T.A.R. 1

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500

Inicio de sección 1  
del sistema  
de alcantarillado  
sanitario

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

SIMBOLOGIA PLANTA



NOMENCLATURA	
NO.	DESCRIPCIÓN
1	Red de tubos de ramales de sección de perfil
2	Cota superficial de terreno de punto de vista de perfil de tubo
3	Red de tubos de ramales de sección de perfil de tubo
4	Cota superficial de terreno de punto de vista de perfil de tubo
5	H.P.V. = Altura de punto de vista de perfil de tubo
6	V = Volumen de agua (litros)
7	H.P.V. = Altura de punto de vista de perfil de tubo
8	C.I.E. = Cota de entrada a punto de vista de perfil de tubo
9	C.I.E. = Cota de entrada a punto de vista de perfil de tubo
10	C.I.E. = Cota de entrada a punto de vista de perfil de tubo
11	C.I.E. = Cota de entrada a punto de vista de perfil de tubo
12	Número de tubo, diámetro (pulgadas) y material de la tubería utilizada (EPS)
13	L = Longitud de tubería (metros) y S = pendiente de tubería (%)

SIMBOLOGIA DE PERFIL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Comunidad: Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Episodio: Roldo Irujo Chavez Carrillo 2009-15011  
Proyecto: Sistema de alcantarillado sanitario, Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Diseño: Roldo Chávez  
Dibujo: Roldo Chávez  
Cálculo: Roldo Chávez

Escuela: Indicada  
Fecha: Septiembre 2014

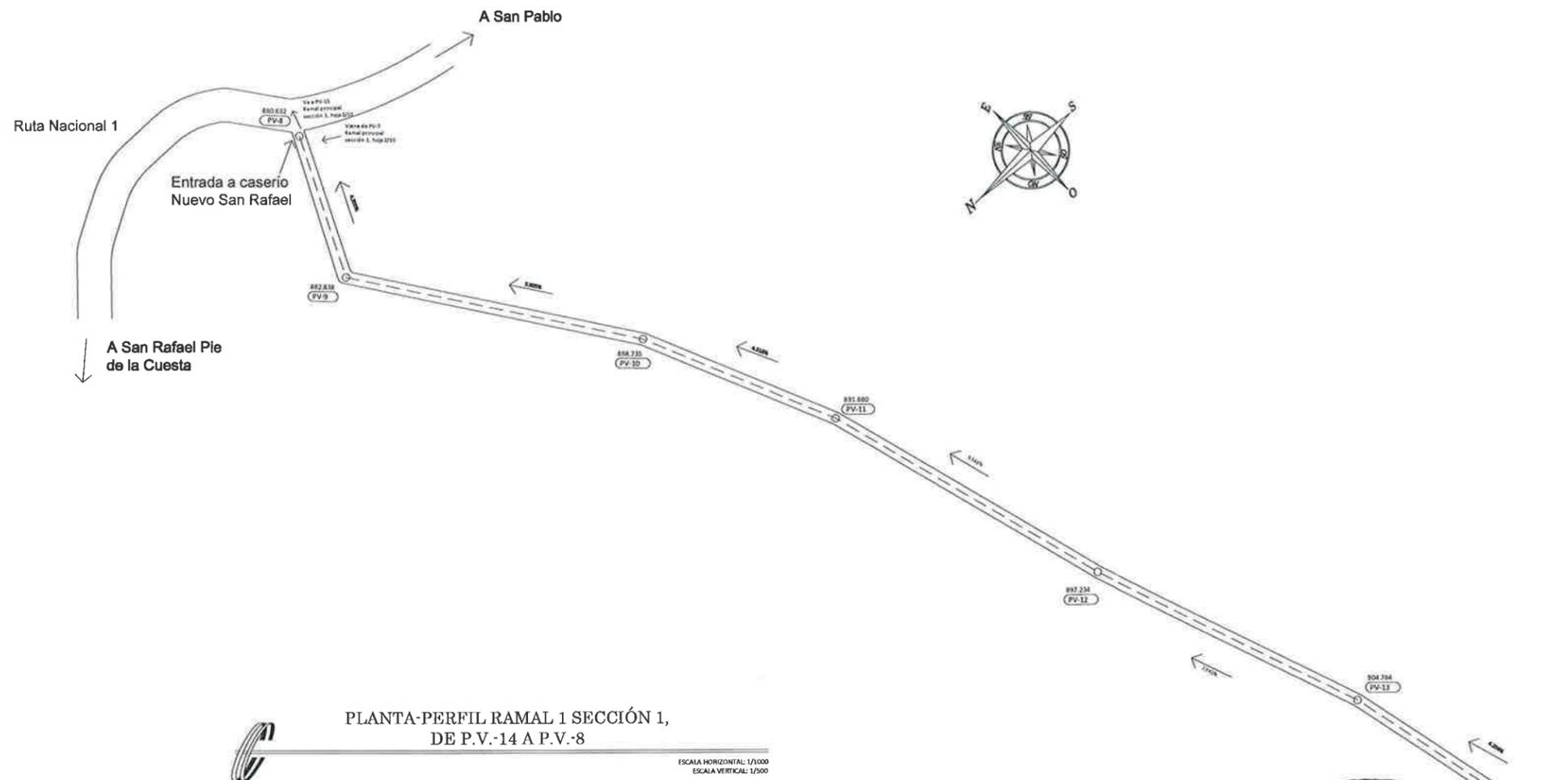
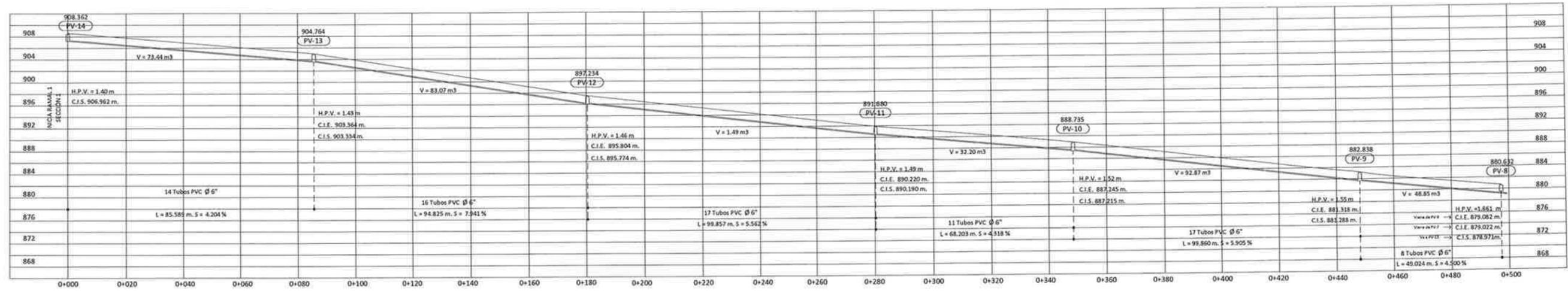
Hoja: 2  
10

Fase: Planta - perfil

Contenido: Planta-perfil según ramales del sistema de alcantarillado sanitario

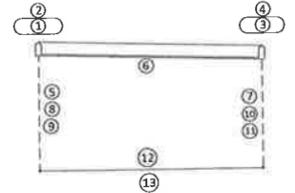
Vo.Bo. Asesor de EPS  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
Colegiado no. 5583

Vo.Bo. Encargado DMP



PLANTA-PERFIL RAMAL 1 SECCIÓN 1,  
DE P.V. -14 A P.V.-8

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	RED DE ALCANTRILLADO
—	SECCIONES EXTERNAS
—	RED DE ALCANTRILLADO DE RECONSTRUCCIÓN
—	SE LINEA ALCANTRILLADO
—	RED DE TUBERÍAS DE UNIFICACIÓN
—	SE LINEA A SEÑALADO DE MEDIDAS EXTERNAS
←	INDICADOR DE DIRECCIÓN
○	INDICADOR PUNTO DE VISTA
○	CPV DE TUBERÍA DE UNIFICACIÓN Y LINEA ALCANTRILLADO DE UNIFICACIÓN
□	SEÑALADO DE RECONSTRUCCIÓN DE SECCIONES EXTERNAS
×	ESTACIONES DE PUNTO DE VISTA DE SECCIONES EXTERNAS
□	VINETA TECNICA
○	SEÑAL DE RAMAL

SIMBOLOGIA PLANTA

NOMENCLATURA	
NO.	DESCRIPCIÓN
1	Red de Alcantarillado
2	Cada sección de tubería de punto de vista de Ramal Externa
3	Perfil - Señal de punto de vista de ramal de Ramal Externa
4	Cada sección de tubería de punto de vista de ramal de Ramal Externa
5	CPV - Señal de punto de vista de ramal de Ramal Externa
6	V - Vértice de tubería (sección externa)
7	CPV - Señal de punto de vista de ramal de Ramal Externa
8	C.I.E. - Cada (Sección de tubería de punto de vista de ramal Externa)
9	C.I.S. - Cada (Sección de tubería de punto de vista de ramal Externa)
10	V.P. - Cada (Sección de tubería de punto de vista de ramal Externa)
11	C.I.S. - Cada (Sección de tubería de punto de vista de ramal Externa)
12	Alcance de tubería, alcantarillado y material de tubería (sección externa)
13	C.I. - Señal de tubería (sección externa) y punto de vista de tubería (sección externa)

SIMBOLOGIA DE PERFIL

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Comunidad: \_\_\_\_\_

Episodio: Roldo Isaias Chavez Camillo 2009-15011  
Proyecto: Sistema de alcantarillado sanitario, Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Diseño: Roldo Chávez  
Dibujo: Roldo Chávez  
Cálculo: Roldo Chávez

Escala: Indicada  
Fecha: Septiembre 2014

Hoja: 3 / 10  
Fase: Planificación

Contenido: Planta-perfil según ejes del sistema de alcantarillado sanitario

Va. Bo. Asesor de EPS  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
Cajón no. 5383

Va. Bo. Encargado DMP

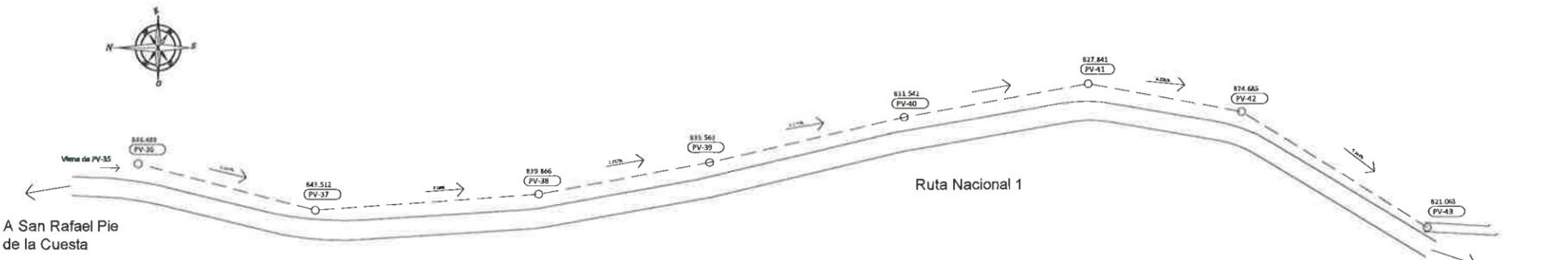
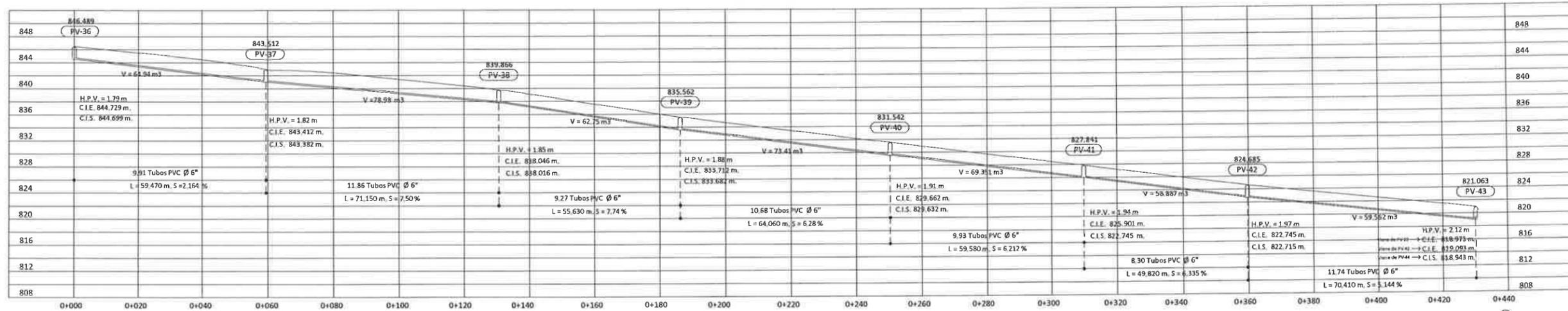








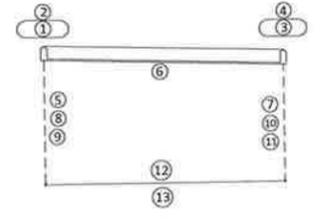




PLANTA-PERFIL RAMAL 4 SECCIÓN 2, DE P.V.-36 A P.V.-43

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500

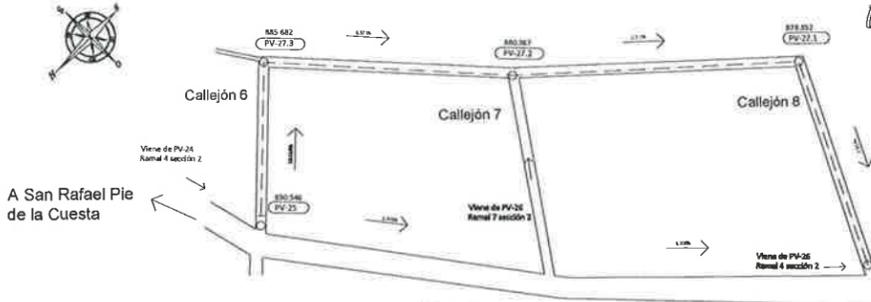
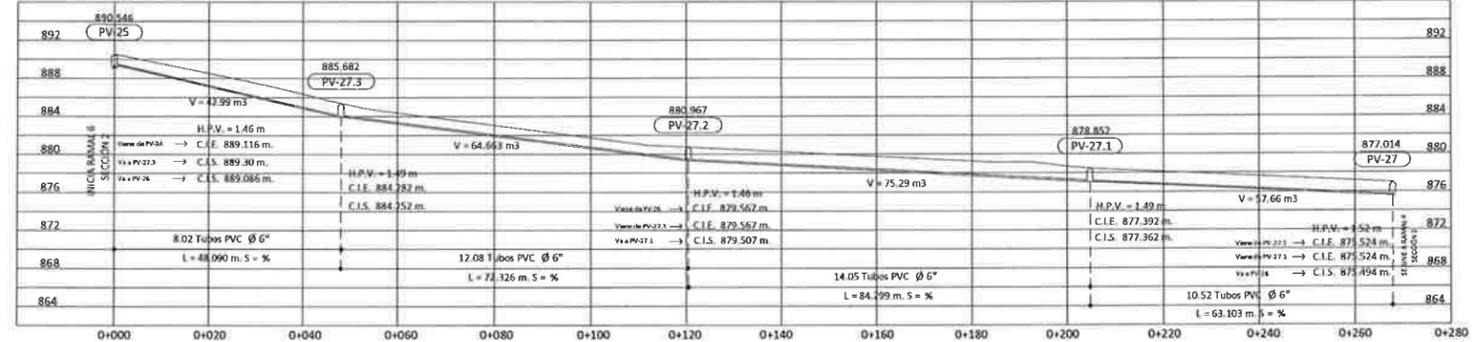
NOMENCLATURA	
NÚM.	DESCRIPCIÓN
1	P.V. = Número de punto de inicio de vertiente de flujo
2	Cota superficial del terreno en punto de inicio de vertiente de flujo (interior)
3	P.V.M. = Número de punto de inicio de vertiente de flujo
4	Cota superficial del terreno en punto de inicio de vertiente de flujo (exterior)
5	M.P.V. = Altura del punto de inicio de vertiente de flujo (interior)
6	V = Volumen de excavación (en metros cúbicos)
7	M.P.V. = Altura del punto de inicio de vertiente de flujo (exterior)
8	C.I.E. = Cota (o elevación) de inicio de vertiente de punto de inicio de vertiente
9	C.I.S. = Cota (o elevación) de inicio de vertiente de punto de inicio de vertiente
10	E.I.E. = Elevación de inicio de vertiente de punto de inicio de vertiente (interior)
11	C.I.S. = Cota (o elevación) de inicio de vertiente de punto de inicio de vertiente
12	Número de tubos distribuidos (longitud y material) de la tubería utilizada (PVC)
13	L = Longitud de tubería (en metros) y S = porcentaje de tubería PVC



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	ALTO DE RAMAL PARA P.V.
2	TIPO DE TUBERÍA
3	TIPO DE TUBERÍA
4	TIPO DE TUBERÍA
5	TIPO DE TUBERÍA
6	TIPO DE TUBERÍA
7	TIPO DE TUBERÍA
8	TIPO DE TUBERÍA
9	TIPO DE TUBERÍA
10	TIPO DE TUBERÍA
11	TIPO DE TUBERÍA
12	TIPO DE TUBERÍA
13	TIPO DE TUBERÍA

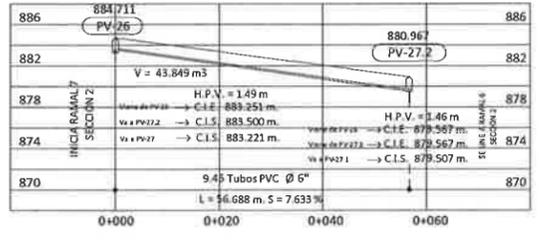
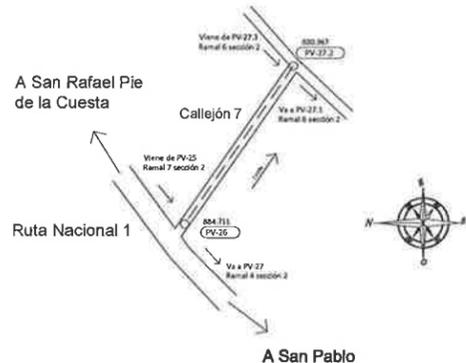
SIMBOLOGIA DE PERFIL

SIMBOLOGIA PLANTA



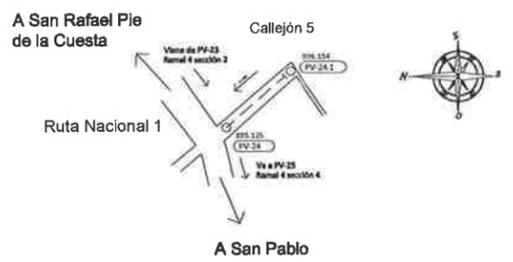
PLANTA-PERFIL RAMAL 6 SECCIÓN 2, DE P.V.-25 A P.V.-27

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500



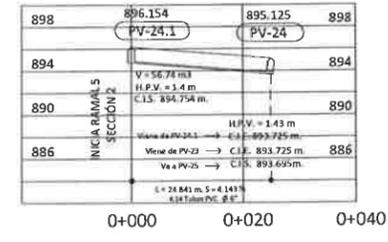
PLANTA-PERFIL RAMAL 7 SECCIÓN 2, DE P.V.-26 A P.V.-27.2

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500



PLANTA-PERFIL RAMAL 5 SECCIÓN 2, DE P.V.-23 A P.V.-28

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Casero Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Comunidad: **Roaldó Isaias Chavez Carrillo** 2009-15011  
Especialista: **Roaldó Chávez**  
Proyecto: Sistema de alcantarillado sanitario.  
Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Diseño: **Roaldó Chávez**  
Dibujo: **Roaldó Chávez**  
Cálculo: **Roaldó Chávez**

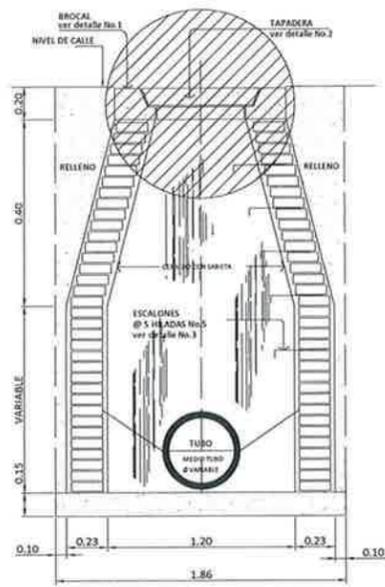
Contenido: Planta-perfil según ejes del sistema de alcantarillado sanitario

Escala: **Indicada**  
Fecha: **Septiembre 2014**

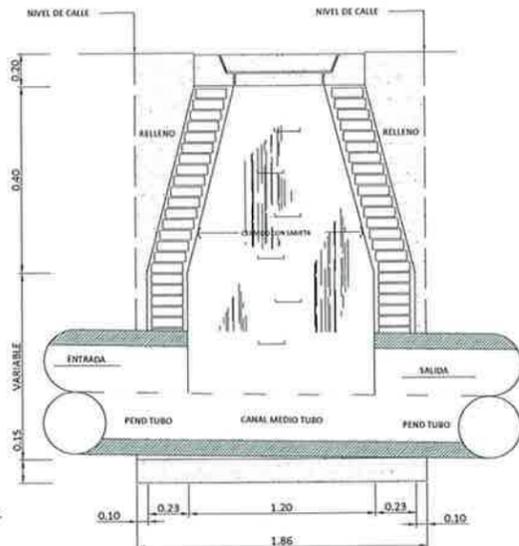
Hoja: **9**  
Fase: **Planificación**

Va.Bo. Asesor de EPS  
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz  
Colegiado no. 5583

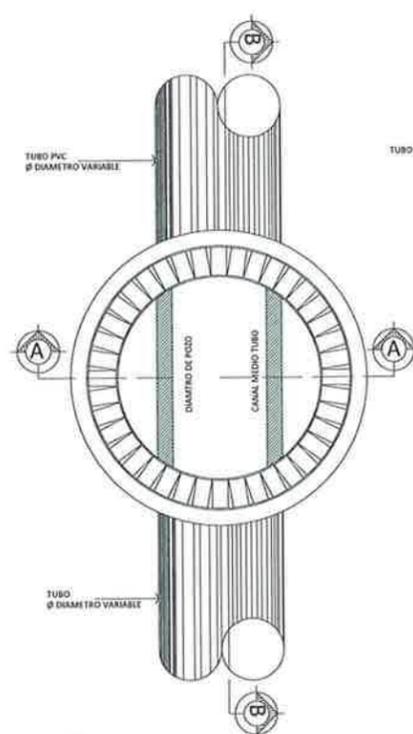
Va.Bo. Encargado DMP



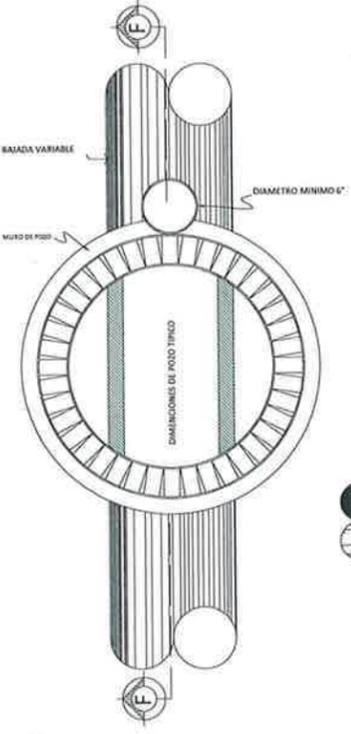
SECCIÓN A-A  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



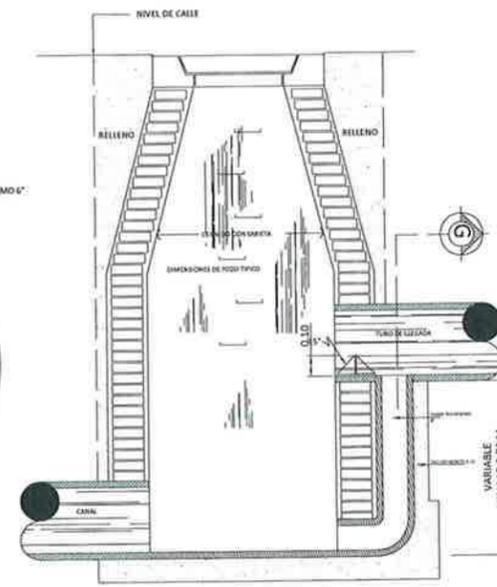
SECCIÓN B-B  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



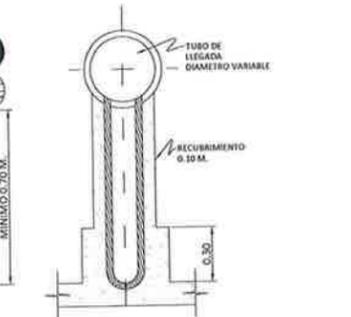
PLANTA  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



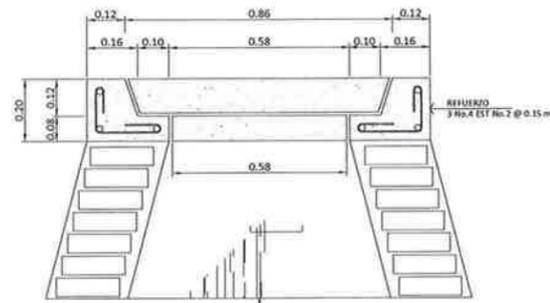
PLANTA  
POZO CON CAÍDA MAYOR DE 0.70M  
ESCALA: EN ESCALA



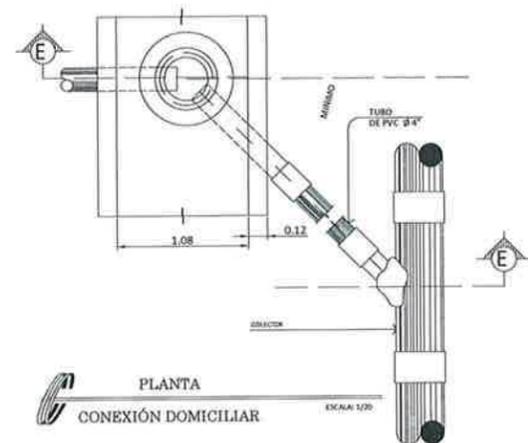
SECCIÓN F-F  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



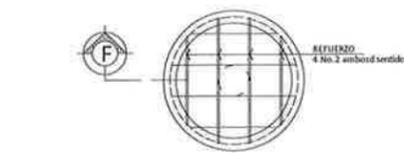
SECCIÓN G-G  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



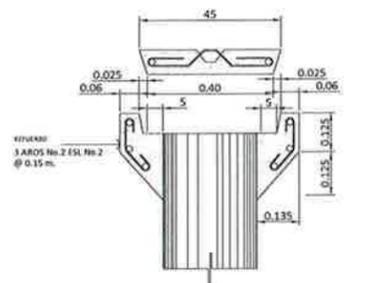
DETALLE No. 1  
BROCAL  
ESCALA: 1/20



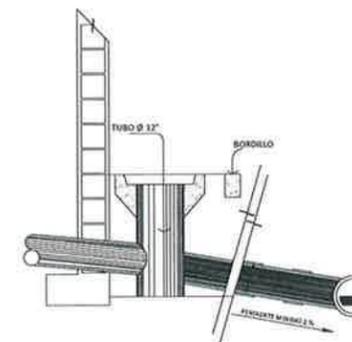
PLANTA  
CONEXIÓN DOMICILIAR  
ESCALA: 1/20



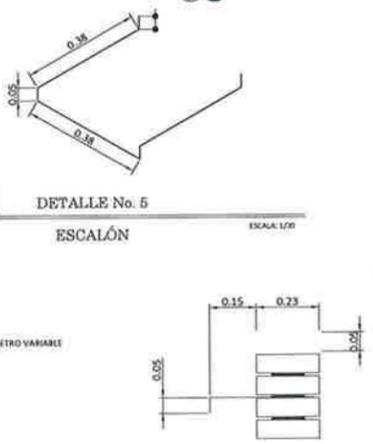
DETALLE No. 4  
ARMADO DE TAPADERA  
ESCALA: 1/20



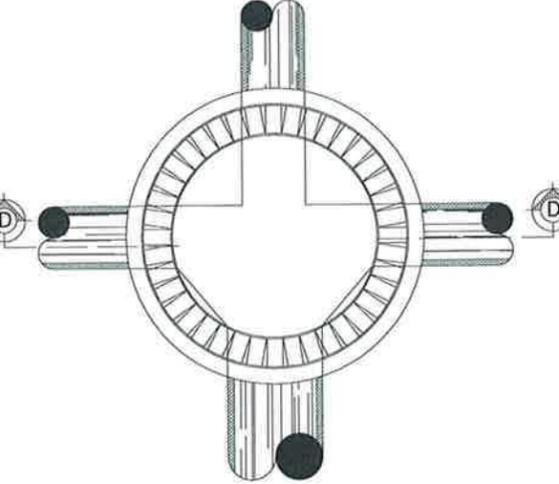
SECCIÓN F-F  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



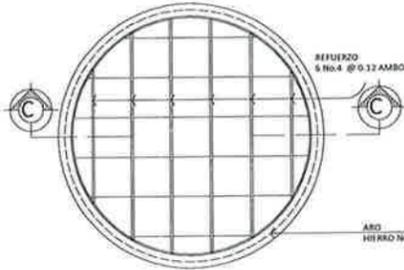
SECCIÓN E-E  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



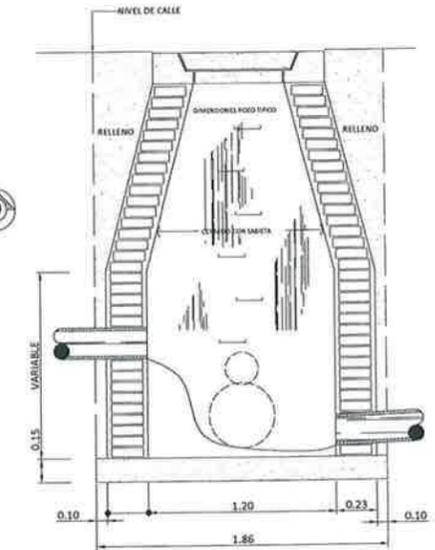
DETALLE No. 3  
ESCALÓN  
ESCALA: 1/20



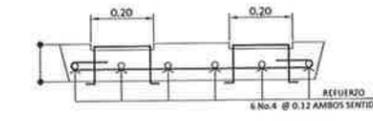
PLANTA  
DET. POZO CON TRES ENTRADAS  
ESCALA: 1/20



DETALLE No. 2  
ARMADO DE TAPADERA  
ESCALA: 1/20



SECCIÓN D-D  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20



SECCIÓN C-C  
POZO DE VISITA TÍPICO  
ESCALA: 1/20

**ESPECIFICACIONES:**

- ACERO:**
- El acero deberá tener un  $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$ .
- CONCRETO:**
- El concreto deberá tener un  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
  - La relación de agua/cemento máxima permisible es de 23.3 lts./jaco de cemento.
  - El agregado grueso (pedrín) deberá tener un diámetro (Ø) mínimo de 1/4" y un máximo de 1 1/2".
  - El proporcionalamiento por metro de concreto = 0.44 metros de arena de río, 0.89 metros de pedrín 8 sacos de cemento Portland tipo 1, y 21.5 litros de agua/jaco de cemento.
  - El recubrimiento mínimo para la base será de 7 cm. en brocal y tapadera será de 3 a 5 cm.

**TUBERÍA DE PVC:**

- La tubería a utilizar es de material PVC, según la norma ASTM 3034.
- No se deberá colocar tubería de diámetro menor que el indicado en la planificación.
- Es necesario colocar la tubería alivada con la pendiente indicada en la planificación, la cual por lo general coincide con la pendiente de la superficie del terreno.
- La tubería sanitaria de PVC deberá cumplir con la norma ICONTEC-382.

**MORTERO:**

- El mortero utilizado deberá ser de cemento + arena de río con las siguientes proporciones:
- Proporción 1:3.
  - 12 sacos de cemento.
  - 1.4 m<sup>3</sup> de arena de río corrita.

**NOTAS:**

- Los brocales y tapaderas de los pozos deberán curarse, según especificaciones del ACI-318 antes de su instalación.
- Los proyectos a ejecutarse en vías vehiculares debe contemplar la reposición de las tapas existentes de concreto por tapas de hierro fundido y núcleo de concreto.
- La tapa vehicular debe incluir una cadena de seguridad por lo menos 25 cms de longitud, uniendo seno y centro.



<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos			
Comunidad:	Casero:	Diseño:	Hoja:
Rosalia Isaias Chavez Camillo	2009-15011	Rosaldo Chávez	10
Proyecto:		Dibujo:	10
Sistema de alcantarillado sanitario, Caserío Nuevo San Rafael, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos		Calculos:	
		Rosaldo Chávez	
Contenido:	Indicada:	Fecha:	Fase:
Detalles constructivos	Indicada	Septiembre 2014	Planificación
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Valtz Colegiado No. 5383			Vo.Bo. Encargado DMP

## **ANEXOS**



**ANEXO1:**

**ESTUDIO DE SUELOS DE LA SUBRASANTE**





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



INFORME No. 031 S.S. O.T. No.: 32,241  
Interesado: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180  
Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo  
Ubicación: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos  
Fecha: 10 de febrero del 2014



Descripción del suelo: Arena limosa pomez color beige  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,491 Kg/m<sup>3</sup> 93.1 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 17.5 %  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.: DIRECCION

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



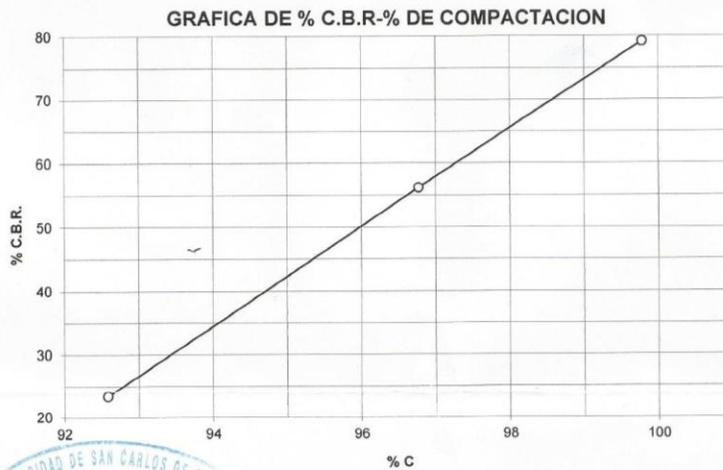


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 030 S.S. O.T. No.: 32,241  
Interesado: Roaldo Isaias Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011  
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo  
Ubicación: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos  
Descripción del suelo: Arena limosa pomez color beige  
Fecha: 10 de febrero del 2014

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma < b/\text{pie}^3$			
1	10	17.50	86.2	92.6	0.00	23.4
2	30	17.50	90.1	96.8	0.00	56.2
3	65	17.50	92.9	99.8	0.00	79.2



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

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. 033 S.S.

O.T.: 32,241

Interesado: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,

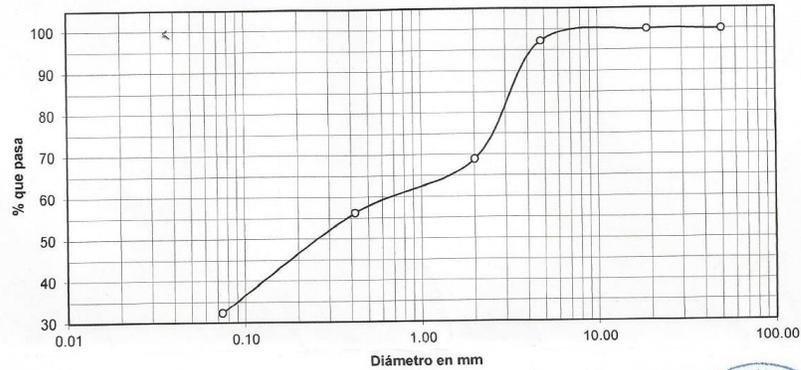
Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

Lugar: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Fecha: 20 de febrero del 2014

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.00	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	97.21
10	2.00	68.93
40	0.42	56.25
200	0.074	32.34

% de Grava: 2.79  
% de Arena: 64.87  
% de Finos: 32.34



Descripción del suelo: Arena limosa con pomez

Clasificación: S.C.U.: SP-SM P.R.A.: A-2-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.:

Atentamente,

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIIUSAC

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. 032 S. S.

O.T.: 32,241

Interesado: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

FECHA: 20 de febrero del 2014

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P	N.P	SM	Arena limosa pomez color beige

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

Observaciones:

Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Mégrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos







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



INFORME No.: 034 S. S.

O.T.: 32,241

INTERESADO: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

PROYECTO: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)

Norma: A.A.S.T.H.O T-19

UBICACIÓN: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limosa pomez color beige

FECHA: jueves, 20 de febrero de 2014

**RESULTADO DEL ENSAYO:**

**P.U.S.= 1,134.20 kg/m<sup>3</sup>**

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





**ANEXO 2:**

**ESTUDIO DE SUELOS DEL BALASTO**

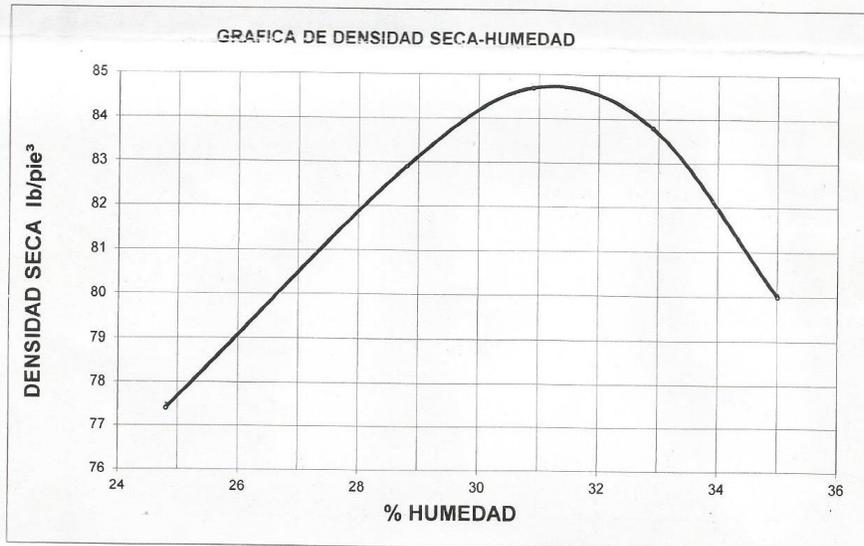




CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 054 S.S. O.T. No.: 32,241  
Interesado: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180  
Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente  
Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo  
Ubicación: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos  
Fecha: 20 de febrero del 2014



Descripción del suelo: Arcilla limo arenosa cojor café  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,357 Kg/m<sup>3</sup> 84.7 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 31.3 %  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

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.: 055 S.S.

O.T. No.: 32,241

Interesado: Roaldo Isaias Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)

Norma: A.A.S.H.T.O.T-193

Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

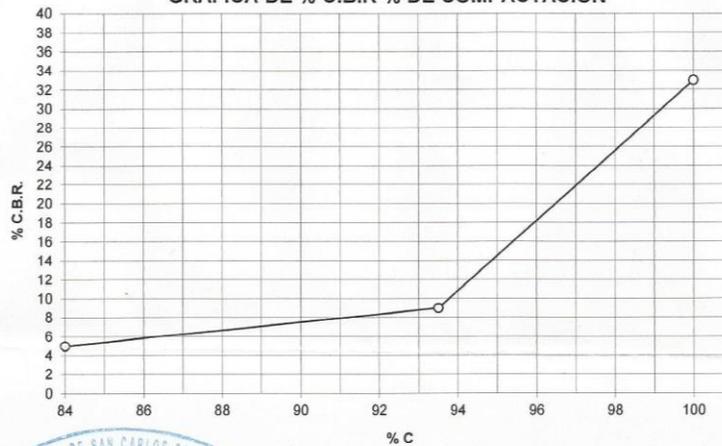
Ubicación: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Descripción del suelo: Arcilla limo arenosa color café

Fecha: 20 de febrero del 2014

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ b/pe <sup>3</sup>			
1	10	31.30	78.3	84.0	1.00	5.0
2	30	31.30	80.0	93.5	1.76	9.0
3	65	31.30	84.6	100.0	1.30	33.0

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



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales.  
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Megrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



INFORME No.: 058 S.S.

O.T.: 32,241

Interesado: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,

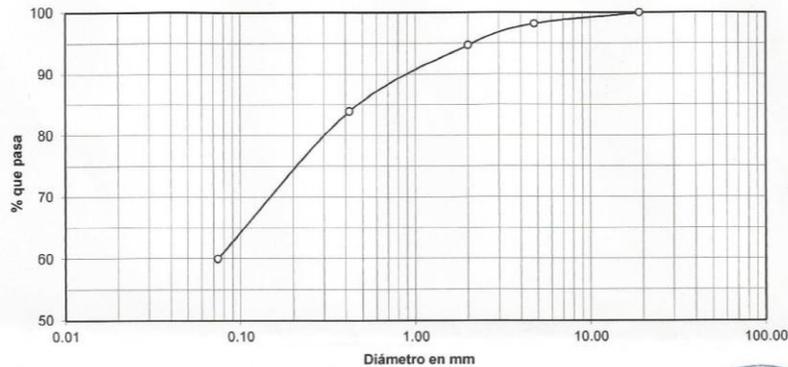
Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

Lugar: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Fecha: 20 de febrero del 2014

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	98.20
10	2.00	94.70
40	0.42	83.90
200	0.074	60.00

% de Grava: 1.80  
% de Arena: 38.20  
% de Finos: 60.00



Descripción del suelo: Arcilla Limo Arenosa Color Café

Clasificación: S.C.U.: CL

P.R.A.: A-7-5

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.:

Atentamente,

Inga. Telma Maricela Cano Morales.

DIRECTORA CIIUSAC



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. 057 S. S. O.T.: 32,241

Interesado: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

Proyecto: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

FECHA: 20 de febrero del 2014

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	44.3	12.6	CL	Arcilla Limo Arenosa Color Café

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

Observaciones:

Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela 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.: 056 S. S.

O.T.: 32,241

INTERESADO: Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

PROYECTO: EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)

Norma: A.A.S.T.H.O T-19

UBICACIÓN: Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla limo arenosa color café

FECHA: lunes, 24 de febrero de 2014

**RESULTADO DEL ENSAYO:**

**P.U.S.= 1,255.60 kg/m<sup>3</sup>**

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos







INFORME No.: 059 S.S.

O.T. No.: 32,241

### EQUIVALENTE DE ARENA

**Interesado:** Roaldo Isaías Chávez Carrillo, Carné No. 2009-15011

**PROYECTO:** EPS-Diseño de la Ampliación y Mejoramiento del Camino Rural desde el Puente Cabuz IV Hacia Aldea El Naranjo

**UBICACIÓN:** Aldea El Naranjo, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

**FECHA:** 20 de febrero del 2014

**DESCRIPCION:** Arcilla limo arenosa color café

**MUEST. TOMADA:** 1

**NORMA:** AASHTO T-176

Lectura Arena	Lectura Arcilla	Lectura Arena	Lectura Arcilla
1.1	3.7	1.0	3.6
	29.5		27.8
E.A.			
28.6			

**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Malicela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medraño Méndez  
JEFE SECCION MECANICA DE SUELOS



