



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA  
AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA  
CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NÉCTA,  
HUEHUETENANGO**

**Ericka Alexandra Castillo de León**  
Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, marzo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA  
AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA  
CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NÉCTA,  
HUEHUETENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN**  
ASESORADA POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NÉCTA, HUEHUETENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 05 de octubre de 2018.

**Ericka Alexandra Castillo de León**



Guatemala, 23 de octubre de 2019  
REF.EPS.DOC.714.10.2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Erica Alexandra Castillo de León, Registro Académico 201124056 y CUI 2460 04665 0901** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
OAH/ra



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 25 de noviembre de 2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NÉCTA, HUEHUETENANGO** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ericka Alexandra Castillo de León Registro académico No. 201124056 y CUI 2460046650901 quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ÁREA**  
**DE TOPOGRAFÍA**  
**Y TRANSPORTES**  
**COORDINACIÓN**

mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 25 de noviembre de 2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NÉCTA, HUEHUETENANGO** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ericka Alexandra Castillo de León con CUI 2460046650901 Registro Académico No. 201124056, quien contó con la asesoría del Ing. Osca Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
**USAC**

/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 16 de enero de 2020  
REF.EPS.D.02.01.2020

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Ericka Alexandra Castillo de León, CUI 2460 04665 0901 y Registro Académico 201124056**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS



OAH/ra



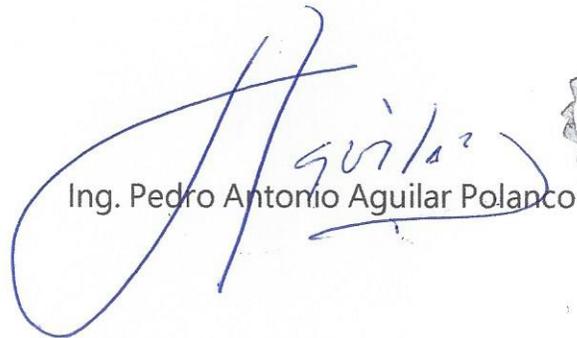
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación de la estudiante Ericka Alexandra Castillo de León titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, marzo 2020

/mrrm.

*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref.DTG.091.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NÉCTA, HUEHUETENANGO**, presentado por la estudiante universitaria: **Ericka Alexandra Castillo de León**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, marzo de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser el centro de mi vida, mi fortaleza, mi guía y mi amor.
<b>Mi madre</b>	Por el apoyo y amor incondicional que me ha proporcionado a lo largo de mi vida, siempre se esforzó y creyó en mí.
<b>Mis hermanos</b>	Por su amor, su paciencia, sus sacrificios y su compañía a lo largo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por haberme escuchado y dado la sabiduría, fe y esperanza para seguir adelante.
<b>Mi madre</b>	Yanet de León por su lucha, amor, paciencia y apoyo durante mi vida.
<b>Mis hermanos</b>	Pablo y Pamela Castillo por su paciencia y amor.
<b>Mis primos</b>	Pedro Ortiz por haberme brindado su apoyo y Andrea de León por su ayuda incondicional en los momentos difíciles.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala y facultad de Ingeniería.</b>	Por abrirme las puertas a la superación personal.
<b>Mis amigos de la facultad.</b>	Eduardo Sam por ser mi compañero de aventuras y estudio, también por todas las alegrías y penas que pasamos juntos. Richar Makcley y Martin de León por su apoyo y amistad incondicional.

**Mi familia**

De León Recinos por su cariño y apoyo en los momentos difíciles.

**Municipalidad  
San Pedro Nécta**

Alcalde Julio Ambrosio, director DMP Pedro Cano, Corporación Municipal y a los ingenieros supervisores Mauro Santos y Edgar Sandoval por la oportunidad y apoyo que me brindaron durante mi práctica profesional supervisada.

**Asesor**

Ing. Oscar Argueta Hernández por su asesoría y profesionalismo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Aspectos físicos .....	1
1.1.1. Localización y extensión.....	1
1.1.2. Hidrografía.....	3
1.1.3. Clima del municipio.....	5
1.1.4. Suelo y topografía.....	6
1.2. Monografía del lugar.....	7
1.2.1. Aspectos históricos.....	7
1.2.1.1. Costumbres y tradiciones .....	8
1.2.2. Población e idiomas.....	9
1.2.3. Actividades económicas .....	10
1.2.4. Servicios .....	10
1.2.4.1. Vías de comunicación.....	10
1.2.4.2. Agua y saneamiento .....	11
1.2.4.3. Energía eléctrica.....	12
1.2.4.4. Salud .....	12
1.2.4.5. Educación.....	12

2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	15
2.1.	Descripción del proyecto .....	15
2.1.1.	Red del sistema de abastecimiento de agua potable.....	15
2.2.	Datos preliminares .....	15
2.2.1.	Fuente de abastecimiento .....	16
2.2.2.	Aforo de la fuente .....	16
2.2.3.	Calidad del agua .....	16
2.2.4.	Levantamiento topográfico .....	17
2.2.4.1.	Altimetría .....	17
2.2.4.2.	Planimetría .....	19
2.3.	Diseño hidráulico.....	20
2.3.1.	Población actual .....	20
2.3.2.	Periodo de diseño .....	20
2.3.3.	Población futura .....	21
2.3.4.	Dotación .....	21
2.3.5.	Caudales del sistema .....	22
2.3.5.1.	Caudal medio diario .....	22
2.3.5.2.	Caudal máximo diario.....	22
2.3.5.3.	Caudal máximo horario .....	23
2.3.5.4.	Caudal instantáneo .....	24
2.3.5.5.	Caudal de vivienda.....	25
2.3.6.	Velocidades del sistema.....	26
2.3.7.	Presiones del sistema .....	26
2.3.7.1.	Presión estática.....	27
2.3.7.2.	Presión dinámica.....	27
2.3.8.	Tanque de distribución .....	27
2.3.9.	Bases de diseño.....	46
2.3.10.	Diseño hidráulico del sistema.....	47

	2.3.10.1.	Línea de conducción .....	47
	2.3.10.2.	Red de distribución .....	53
2.3.11.	Obras hidráulicas .....		59
	2.3.11.1.	Caja rompe presión .....	60
	2.3.11.2.	Caja reunidora de caudal .....	60
	2.3.11.3.	Caja válvula de limpieza .....	61
	2.3.11.4.	Caja de válvula de aire .....	62
	2.3.11.5.	Pasos elevados y de zanjón .....	63
	2.3.11.6.	Anclajes de tubería .....	77
2.3.12.	Tuberías .....		77
2.3.13.	Desinfección .....		78
2.3.14.	Presupuesto del proyecto .....		79
	2.3.14.1.	Precios unitarios .....	80
	2.3.14.2.	Cronograma de actividades e inversión financiera .....	84
		2.3.14.2.1. Especificaciones técnicas .....	84
3.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....		93
3.1.	Preliminar de campo .....		93
	3.1.1.	Selección de ruta .....	93
		3.1.1.1. Reconocimiento de ruta.....	93
		3.1.1.2. Selección de ruta.....	93
	3.1.2.	Levantamiento topográfico preliminar.....	94
		3.1.2.1. Planimetría.....	94
		3.1.2.2. Altimetría.....	95
	3.1.3.	Cálculo y dibujo topográfico preliminar .....	95
		3.1.3.1. Planimetría.....	95
		3.1.3.2. Altimetría.....	96

3.2.	Mecánica de suelos .....	96
3.2.1.	Ensayos de laboratorio.....	96
3.2.1.1.	Ensayo de granulometría .....	96
3.2.1.2.	Límites de Atterberg .....	98
3.2.1.3.	Ensayo de compactación o próctor modificado .....	99
3.2.1.4.	Ensayo de valor soporte CBR .....	100
3.3.	Diseño geométrico .....	101
3.3.1.	Alineamiento horizontal .....	101
3.3.1.1.	Diseño de localización.....	101
3.3.1.2.	Diseño curvas horizontales .....	102
3.3.1.3.	Curvas de transición.....	110
3.3.1.4.	Peralte (e).....	110
3.3.1.5.	Sobre ancho (Sa) .....	110
3.3.1.6.	Corrimiento.....	111
3.3.2.	Alineamiento vertical .....	111
3.3.2.1.	Diseño de subrasante .....	112
3.3.2.2.	Pendientes .....	113
3.3.2.3.	Diseño de curvas verticales.....	113
3.3.2.4.	Correcciones y subrasante corregida.	117
3.4.	Movimiento de tierras .....	119
3.4.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales .....	119
3.4.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras ...	120
3.4.3.	Balance y diagrama de masa .....	123
3.5.	Diseño de pavimento .....	126
3.5.1.	Criterios de pavimentos.....	127
3.5.2.	Análisis de cargas .....	127
3.5.3.	Subbase .....	127
3.5.4.	Base .....	128

3.5.5.	Diseño de capa de rodadura.....	129
3.5.6.	Juntas .....	135
3.5.7.	Diseño de mezcla .....	136
3.6.	Drenajes .....	142
3.6.1.	Estudio hidrológico, método racional para la determinación de caudales de diseño .....	142
3.6.2.	Diseño de cunetas .....	147
3.6.3.	Drenajes transversales .....	150
3.6.4.	Contra cunetas .....	153
3.7.	Presupuesto del proyecto .....	153
3.7.1.	Integración de precios unitarios .....	153
3.7.2.	Resumen presupuesto.....	159
3.8.	Elaboración de planos .....	159
3.9.	Cronograma ejecución física y financiera .....	160
3.10.	Evaluación ambiental .....	170
CONCLUSIONES .....		175
RECOMENDACIONES .....		177
BIBLIOGRAFÍA.....		179
APÉNDICES .....		181
ANEXOS.....		195



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de San Pedro Nécta, Huehuetenango .....	2
2.	Municipio de San Pedro Nécta, departamento de Huehuetenango .....	3
3.	Dimensión social del municipio San Pedro Necta, Huehuetenango.....	5
4.	Proyecciones de población de San Pedro Nécta .....	9
5.	Planta tanque de distribución .....	30
6.	Dimensionamiento previo de muro de tanque.....	36
7.	Distribución de cargas sobre muro de tanque.....	37
8.	Armado final losa de tanque.....	46
9.	Esquema simplificado de los ramales .....	54
10.	Planta caja rompe presión.....	60
11.	Planta caja reunidora de caudales .....	61
12.	Planta caja válvula de limpieza .....	62
13.	Planta caja válvula de aire .....	63
14.	Paso elevado .....	63
15.	Paso de zanjón .....	64
16.	Elementos de una curva horizontal .....	103
17.	Grado de una curva.....	104
18.	Tipos de curvas verticales.....	115
19.	Elementos de curva vertical .....	118
20.	Cálculo del volumen de movimiento de tierras.....	121
21.	Distancia de paso.....	122
22.	Diagrama de masas .....	126

23.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte .....	132
24.	Cuneta tipo L .....	149

## TABLAS

I.	Momentos .....	35
II.	Datos para capacidad soporte, peso específico del suelo y ángulo de fricción interna.....	40
III.	Momentos actuantes en el muro tanque respecto al punto cero .....	41
IV.	Cálculo hidráulico de la red de conducción y distribución .....	58
V.	Altura de péndolas .....	68
VI.	Presupuesto final .....	79
VII.	Desglose costos Indirectos .....	80
VIII.	Días con goce de sueldo .....	82
IX.	Prestaciones extras .....	82
X.	Cuantificación replanteo topográfico.....	83
XI.	Cronograma de actividades e inversiones financieras.....	84
XII.	Clasificación de suelos .....	97
XIII.	Tipología de suelos SUCS .....	99
XIV.	Resistencia del suelo .....	100
XV.	Velocidad de diseño según tipo de sección .....	102
XVI.	Parámetros de diseño.....	102
XVII.	Resumen de los elementos de curva horizontal .....	107
XVIII.	Valores K según velocidad de diseño .....	114
XIX.	Ejemplo determinación de longitud de curvas verticales .....	119
XX.	Área de secciones transversales .....	120
XXI.	Balance inicial según tipo de terreno .....	125
XXII.	Ejemplo de determinación de volumen y ordenadas .....	126

XXIII.	Categoría de cargas por eje.....	130
XXIV.	Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA) .....	133
XXV.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K .....	133
XXVI.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas doveladas.....	134
XXVII.	Espesores estimados de bases según su uso .....	135
XXVIII.	Revenimiento recomendado para algunas estructuras de concreto ..	137
XXIX.	Relación agua-cemento para concreto de diferentes resistencias .....	137
XXX.	Relación asentamiento agua-tamaño de agregado grueso.....	138
XXXI.	Relación tamaño máximo de agregado grueso - % de agua.....	138
XXXII.	Cantidad de materiales utilizados para un metro cúbico de concreto	140
XXXIII.	Cuantificación para un saco de cemento .....	142
XXXIV.	Parámetros A, B Y n de la ecuación de intensidad de lluvia .....	144
XXXV.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía.....	145
XXXVI.	Diseños transversales.....	151
XXXVII.	Diseño longitud de transversales .....	152
XXXVIII.	Desglose de costos indirectos.....	154
XXXIX.	Días con goce de sueldo.....	156
XL.	Prestaciones extras.....	156
XLI.	Integración precio unitario .....	158
XLII.	Resumen de renglones de trabajo .....	159
XLIII.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	160



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Az</b>	Azimut
<b>CBR</b>	California bearing radio
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CU</b>	Carga última
<b>CV</b>	Carga viva
<b>Q</b>	Caudal lts/seg Litros por segundo
<b>cm</b>	Centímetro
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>Cpz</b>	Cota piezométrica
<b>Ø</b>	Diámetro de tubería
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>Est.</b>	Estación
<b>Fcu</b>	Factor de carga última
<b>Fdm</b>	Factor de día máximo
<b>F<sub>F</sub></b>	Fuerza de fricción
<b>HG</b>	Hierro galvanizado
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo por centímetro cuadrado
<b>Kg/cm<sup>3</sup></b>	Kilogramo por centímetro cúbico
<b>km</b>	Kilómetro
<b>Km/h</b>	Kilómetro por hora
<b>Lts/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>Lbs/ft</b>	Libras por pie

<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>mca.</b>	Metros columna de agua
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m</b>	Metro lineal
<b>PC</b>	Pendiente de entrada
<b>n</b>	Período de diseño en años
<b>S</b>	Pendiente del terreno
<b>Pa</b>	Población actual
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>Po</b>	Punto observado
<b>fy</b>	Resistencia última del acero
<b>f'c</b>	Resistencia última del concreto
<b>s</b>	Segundo
<b>S</b>	Separación de péndolas
<b>r</b>	Taza de crecimiento
<b>TPD</b>	Tránsito Promedio Diario

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Official.
<b>Accesorios</b>	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, niples, tees, coplas, entre otros.
<b>Aforo</b>	Medir el caudal que una fuente de agua es capaz de proporcionar.
<b>Cuenca</b>	Área en la cual el agua drena directa o indirectamente hasta un río principal. Puede tener un tamaño variable.
<b>Agregado fino</b>	Agregados finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro.
<b>Agregado grueso</b>	Fragmentos de rocas, cuyas partículas varían desde 7,62 cm hasta 2 mm.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.

<b>Análisis químico</b>	Analizar el agua con los elementos que lo constituyen con propósito de establecer un diagnóstico de pureza.
<b>ASTM</b>	American society of testing materials.
<b>Bordillo</b>	Estructuras de concreto simple que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera. Sirve para el ordenamiento del tránsito y seguridad del usuario.
<b>Carretera</b>	Es toda vía pública abierta a la circulación de vehículos, peatones y demás usuarios, cuyo tránsito es permanente.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua por unidad de tiempo.
<b>Desinfección</b>	Eliminar de un elemento la infección o la propiedad de usarla destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>INFOM</b>	Instituto Nacional de Fomento Municipal.

<b>Pavimento</b>	Se le llama a la estructura que se coloca sobre el suelo de fundación de una carretera o vía urbana. Está destinada a soportar el tránsito de vehículos.
<b>PCA</b>	Pórtland Cement Association.
<b>Péndolas</b>	Tirantes que sostienen la tubería suspendida de un paso elevado.
<b>Período de diseño</b>	Es el tiempo durante el cual un sistema (agua potable, drenajes, pavimentación, entre otros.) dará un servicio satisfactorio a la población, estableciendo su límite en el momento que su uso sobrepase las condiciones de diseño.
<b>Planimetría</b>	Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación. Esta puede ser el norte magnético o astronómico y partiendo de él, conocer la orientación de los puntos que definen el terreno de estudio.
<b>Subbase</b>	Es la capa de la estructura del pavimento destinada, principalmente, a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas de tránsito.
<b>Tanque</b>	Es un recipiente de gran tamaño, normalmente, cerrado para contener líquidos o gases.

## **Topografía**

Parte de la geodesia que tiene por objeto representar el terreno sobre papel de la manera más exacta posible. Los dibujos que representan un terreno se llaman planos topográficos y el conjunto de operaciones que hay que realizar para ejecutarlos levantamientos topográficos o de planos.

## RESUMEN

Guatemala es un país que en la mayoría de sus aldeas no cuentan con infraestructura, saneamiento, vías de comunicación, entre otros. Lo cual afectan a la población y a su desarrollo.

El municipio de San Pedro Nécta, del departamento de Huehuetenango, cuenta con más de cincuenta comunidades; entre ellas el Caserío Ixchigual, de la aldea Ajal, la cual no cuenta actualmente con un servicio de agua potable que cubra las necesidades de todo el caserío y que cubra la demanda del vital líquido. Por otra parte, al norte del municipio de San Pedro Nécta se encuentran las comunidades Huixoc, Isnul y Turbante cuyas poblaciones se conectan a través de un camino de terracería, esto hace que en la actualidad sea transitable únicamente por vehículos de doble tracción.

Sabiendo las necesidades que presentan las comunidades de San Pedro Nécta, se realizó el diseño del sistema de agua potable mediante el método de ramales abiertos, el cual está formado por una serie de tuberías de diferente diámetro, estas permitirán que la población obtenga agua potable en una cantidad suficiente, limpia, constante y con una presión adecuada.

También se presenta el diseño de la pavimentación para el mejoramiento del camino de la aldea El boquerón, el cual actualmente es transitable únicamente por vehículos de doble tracción. Esto se debe a sus caminos de terracería. En época de lluvia para estos vehículos también es difícil transitar. La carretera se diseñó con una sección típica E y una longitud de 11,33 km, su

velocidad de diseño será 30 km/h, el tipo de pavimento es rígido. Para el diseño se tomó en cuenta las especificaciones de la Dirección General de Caminos.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar la red del sistema de agua potable para el caserío Ixchigual, de la aldea Ajal y la pavimentación de la aldea El Boquerón desde la carretera interamericana hacia la garita de la aldea Isnul, del municipio de San Pedro Nécta, Huehuetenango.

### **Específicos**

1. Elaborar la monografía del lugar y priorización de los proyectos.
2. Diseñar la red del sistema de agua potable por gravedad del caserío Ixchigual, de la aldea Ajal, del municipio de San Pedro Nécta, Huehuetenango, con base a los lineamientos propuestos por el Instituto Nacional de Fomento (INFOM).
3. Diseñar el pavimento rígido para el mejoramiento del camino de la aldea El boquerón con base al método simplificado de la PCA, utilizando las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.



## INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación contiene tres fases que se dividen en la fase de investigación y dos fases más de servicio técnico profesional. En la primera se desarrolló una investigación de tipo monográfica y una evaluación de necesidades de servicios básicos e infraestructuras del municipio de San Pedro Nécta, Huehuetenango.

La segunda fase de servicio técnico profesional cuenta con el diseño del sistema de agua potable, el cual se efectuó por medio del método de ramales abiertos debido a las características del lugar. También se muestra el presupuesto general de construcción del proyecto, la población y los datos topográficos. Estos datos sirvieron para efectuar el diseño y cálculo de la red de distribución, así también el de las obras de arte. Esto hará posible que los habitantes cuenten con el servicio de agua potable en sus viviendas.

La tercera fase de servicio técnico profesional radica en el diseño de la pavimentación para el mejoramiento del camino de la aldea El Boquerón que describe la topografía, en la cual se menciona la planimetría y altimetría para la obtención de datos utilizados para el trazo de la planta y el perfil del tramo a analizar. Así mismo, todo lo relacionado con el diseño en sí como el alineamiento horizontal en el que se hace mención de todos los elementos de una curva hasta el presupuesto final del proyecto.

Al final se exponen planos, conclusiones de la investigación, recomendaciones, apéndices y la bibliografía consultada de cada proyecto.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

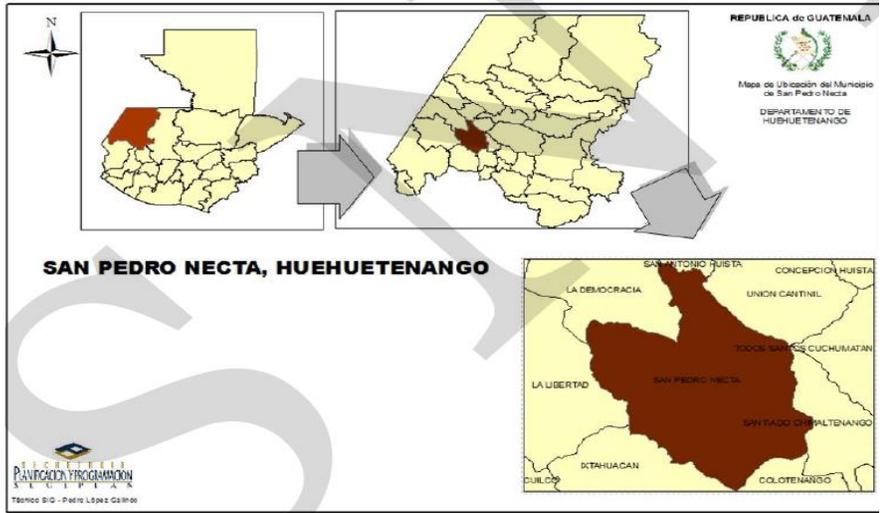
## **1.1. Aspectos físicos**

A continuación, se presentan los aspectos físicos de la fase de la investigación.

### **1.1.1. Localización y extensión**

San Pedro Nécta, municipio del departamento de Huehuetenango, de nombre geográfico oficial: San Pedro Nécta, colinda al norte con Concepción y San Antonio Huista; al este con Santiago, Chimaltenango; al sur con Colotenango y San Idelfonso Ixtahuacán; al oeste con la Democracia, La Libertad y San Antonio Huista. La cabecera municipal se encuentra al este de la afluencia del río Nimá, en el río San Pedro que la atraviesa. Así mismo, se encuentra a 4,5 kilómetros por camino de terracería de la aldea Chimiche que enlaza con la carretera Interamericana CA-1. De allí a 48 kilómetros de distancia de la cabecera departamental.

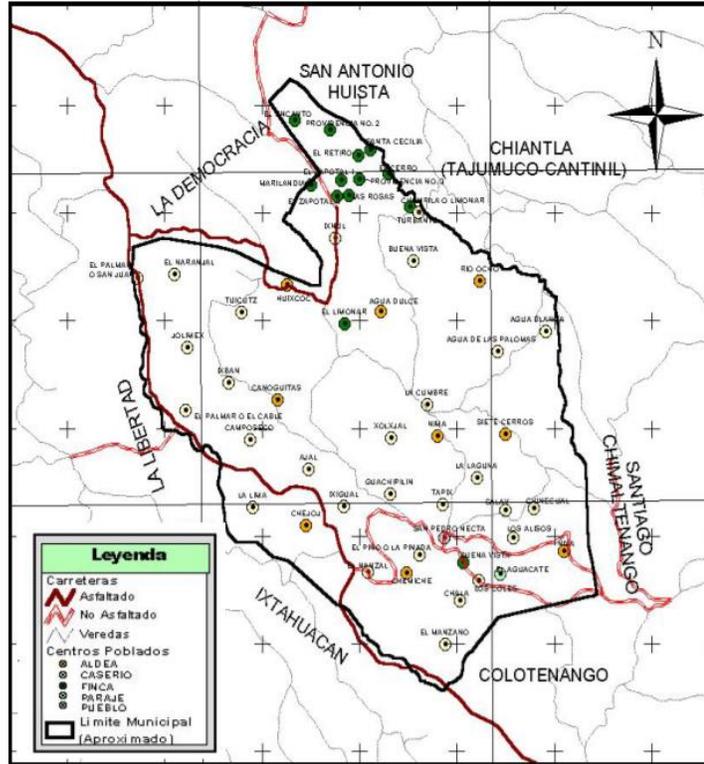
Figura 1. **Ubicación geográfica de San Pedro Nécta, Huehuetenango**



Fuente: Plan de desarrollo San Pedro Nécta 2011-2025.

El municipio de San Pedro Nécta es uno de los 31 municipios del departamento de Huehuetenango. El municipio constituye el 1,6 % de la extensión territorial del departamento con 119 km<sup>2</sup> de los 7 400 km<sup>2</sup> del total del mismo. La cabecera municipal de San Pedro Nécta tiene una altitud de 1 520 metros sobre el nivel del mar; a una latitud de 15<sup>o</sup>29' 24" y longitud de 91<sup>o</sup> 45' 56".

Figura 2. **Municipio de San Pedro Nécta, departamento de Huehuetenango**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. *Unidad de Sistema de Información geográfica de Huehuetenango.*

<https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/yYXFscGDOuzXzAzSVWOzGnaa1WSaqajj.pdf>. Consulta: 11 de octubre de 2019.

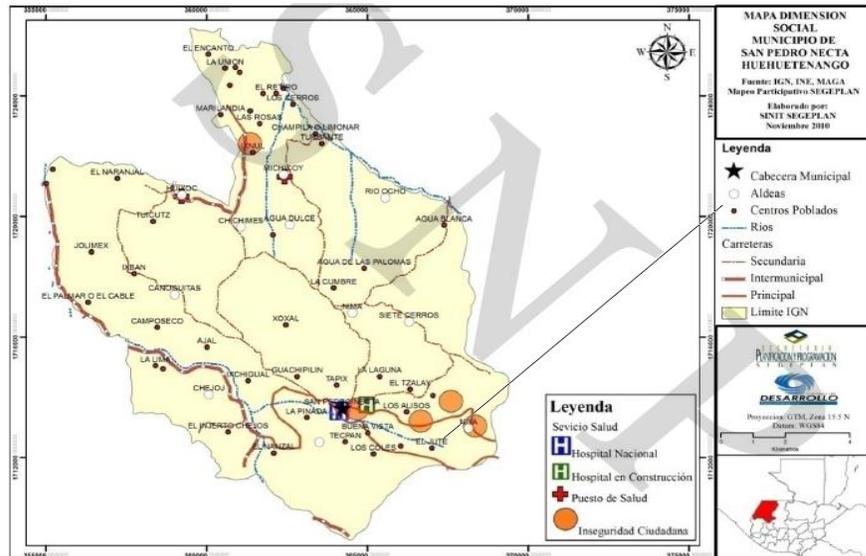
### 1.1.2. **Hidrografía**

Las tierras del municipio están rodeadas por el río San Pedro que atraviesa la cabecera municipal y el río Seleguá que corre de sur a oeste. También recorren, en el municipio, el río Nimá y el río Ocho. También se encuentran los riachuelos de Michicoy y Chimiche.

El municipio, en su totalidad, cuenta con diversidad de fuentes de agua, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Riachuelos: entre los riachuelos de mayor importancia se encuentran el que atraviesa la comunidad de Chimiche, que desemboca directamente en el río Seleguá y otro que atraviesa la comunidad de Chichimes y Agua Dulce, que se une al río Michicoy. Además, existen otros que son temporales especialmente en la época de invierno.
- Nacimientos: se encuentran nacimientos de ríos ubicados en comunidades rurales como en la aldea Nimá, aldea Nillá, aldea Michicoy y aldea Río Ocho. Las áreas con nacimiento se encuentran localizadas en aldea Agua de las palomas, aldea Siete Cerros y aldea Canoguitas. También existen en otras comunidades rurales del municipio fuentes o nacimientos de agua que son aprovechados principalmente para consumo doméstico.

Figura 3. **Dimensión social del municipio San Pedro Necta, Huehuetenango**



Fuente: Plan de desarrollo San Pedro Necta 2011-2025.

### 1.1.3. **Clima del municipio**

El clima varía con las diferencias de altura. Se encuentra el frío de las cumbres, el templado y cálido que disfruta el pueblo de San Pedro Nécta y los demás lugares bajos. De acuerdo a las características del municipio, las unidades bioclimáticas son:

- Bosque húmedo subtropical templado (BHST)
- Altitud: 1 000 a 2 000 metros sobre el nivel del mar
- Precipitación pluvial anual: 1 000 a 2 000 milímetros
- Temperatura media anual: de 18 a 24 grados centígrados
- Bosque húmedo montano bajo subtropical (BHMBS)
- Altitud: 2 000 a 2 500 metros sobre el nivel del mar

- Precipitación pluvial anual: de 1 000 a 2 000 milímetros
- Temperatura media anual: de 12 a 18 grados centígrados

Tales cambios, se han producido según la percepción de los habitantes del municipio de San Pedro Nécta. Se observa con mayor intensidad durante los últimos 10 años; los parámetros con los cuales podría medirse son: temperatura y precipitación pluvial, principalmente.

Existe cierta conciencia en que estos cambios climáticos son debidos tanto a causas naturales como antropogénicas, esta última se refiere a las actividades que el hombre realiza, entre las cuales están: contaminación por desechos sólidos y líquidos, deforestación, cambio de uso de suelo, contaminación por productos químicos, erosión del suelo y muchas otras actividades que se realizan a nivel municipal y comunitario que deterioran los recursos naturales.

Como resultado de estos cambios climáticos se puede indicar que el municipio en años recientes ha sufrido sequias y tormentas, lo cual ha generado pérdidas económicas, principalmente en la agricultura e infraestructura social y productiva, asimismo, otras amenazas que, en interacción con los niveles de vulnerabilidad, hacen que el municipio se encuentre en alto riesgo.

#### **1.1.4. Suelo y topografía**

El tipo de suelo del municipio se caracteriza por ser de una textura arenosa, arcillosa, bien drenada y una estructura pedregosa. El suelo del municipio ha probado ser apto para el cultivo de café de alta calidad debido a su clima y altura, también es apto para cultivos de papa, hortalizas y maíz. Este último se cultiva en mayor proporción por la familia y se destina especialmente

para el autoconsumo. Adicionalmente, por la inclinación del terreno, los suelos son aptos para el cultivo de árboles frutales.

El municipio se encuentra en una región de pendientes inclinadas, colinas escarpadas y altiplanicies casi planas. Sus pendientes están entre los rangos del 12 % a 32 % y de 32 % a 45 % el potencial es forestal para cultivo permanente, semipermanente, temporal y, en mínima parte, para el pastoreo.

## **1.2. Monografía del lugar**

A continuación, se describe la monografía del municipio de San Pedro Nécta, Huehuetenango.

### **1.2.1. Aspectos históricos**

El nombre de San Pedro Nécta se deriva de la voz Nécta, que proviene del Mam *neo o nect*, que significa donde pasa y *á* que significa agua o río; por lo que, en conjunto, el nombre significa “por donde pasa el río”, debido a que el río San Pedro atraviesa la cabecera. El río San Pedro, conocido en otras partes como Nillá, separa el barrio de ese nombre que está al lado oeste de la cabecera del barrio Santo Domingo que está al este.

El origen del municipio de San Pedro Nécta es precolombino. Según el cronista Francisco Antonio de Fuentes y Guzmán, en su obra Recordación florida, escrita en 1690, menciona que los pueblos de Usumacinta y San Pedro Nécta, estaban separados por un pequeño río y tenían una iglesia en común. Indica que, por el clima cálido, el área era abundante en cultivos de frutas y caña de azúcar de buena calidad, y la población en ambas comunidades ascendía a 400 habitantes. Por Acuerdo Gubernativo del 28 de marzo de 1884,

se suprimió el municipio de Santo Domingo Usumacintla y se anexó como aldea a San Pedro Nécta. El Acuerdo Gubernativo del 7 de noviembre de 1896, se refirió a la separación entre San Pedro Necta y Santiago Chimaltenango. El 11 de diciembre de 1935, se suprimió el municipio de Santiago Chimaltenango, se anexó como aldea de San Pedro Necta y fue restablecido por Acuerdo Gubernativo del 2 de febrero de 1948.

#### **1.2.1.1. Costumbres y tradiciones**

Dentro las actividades que se realizan e identifican al municipio de San Pedro Nécta, está la feria titular que se celebra el quinto viernes de Cuaresma. También está la feria de San Pedro, cuyo día principal es el 29 de junio, en que la iglesia conmemora al apóstol San Pedro.

El traje típico usado por los hombres se le denomina capishay, en especial el negro de lana, ceñidor rojo en la cintura, anudado por detrás con barba larga y en la cabeza cinta azul, igualmente anudado por detrás con las puntas sueltas. Las cintas color rojo han sido distintivas de los indígenas denominados principales y acaudalados. Las mujeres han tenido tradicionalmente güipil y enagua o corte negro que ellas mismas han tejido, con lo que se envuelven el cuerpo usando en la cintura una faja de color para sujetar el corte.

Otras tradiciones que se han conservado hasta la fecha son las siguientes celebraciones: uno de noviembre, día de los santos, en la cual todos los habitantes de los diferentes centros poblados llegan al cementerio a dejar a sus difuntos comida, candelas y flores con la creencia de que ellos comerán lo que se les llevan. Para los días de semana santa se dramatiza la vida y pasión de Jesucristo dándoles vida a los personajes que intervinieron en esa época con la colaboración de los habitantes del municipio.

### 1.2.2. Población e idiomas

De acuerdo con datos proporcionados por la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y los resultados obtenidos en el taller de análisis de lugares poblados, el municipio se encuentra organizado en 5 microregiones, para un total de 76 lugares poblados que incluyen la cabecera municipal, 22 aldeas, 39 caseríos y 14 cantones.

Según las proyecciones de población calculadas por el Instituto Nacional de Estadística INE, para el año 2010 en San Pedro Nécta existe una población de 32 430 personas, de las cuales el 51,717 % son mujeres (16 770) y el 48,29 % son hombres (15 660).

Figura 4. **Proyecciones de población de San Pedro Nécta**

Sexo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Femenino	13116	14367	14762	15017	15494	15841	16165	16486	16770
Masculino	12909	13529	13764	14140	14301	14615	14943	15295	15660
<b>TOTAL</b>	<b>26025</b>	<b>27896</b>	<b>28526</b>	<b>29157</b>	<b>29795</b>	<b>30456</b>	<b>31108</b>	<b>31781</b>	<b>32430</b>

Fuente: INE. Proyecciones de Población 202-2010.

Solamente el 11,72 % de la población vive en el área urbana y el 88,28 % en el área rural, en este sentido los lugares con mayor número de población son los siguientes: San Pedro Necta (Cabecera) 11,72 %, Chichimes 5,47 %, Ixnul 4,61 %, Canoguitas 3,73 %, Los Alisos 3,73 %, Chejoj 3,46 %, Guachipilin 3,35 %, Michicoy 3,22 %, El Palmar 3,08 % y la Pinada 2,75 %.

El idioma predominante en el municipio es el mam, pues, es el idioma materno de la población seguido del castellano.

### **1.2.3. Actividades económicas**

San Pedro Nécta es un municipio eminentemente agrícola, pues el 87,87 % del total de la población económicamente activa se dedica a estas actividades. Siendo los cultivos de maíz y frijol los que más absorben mano de obra en todas las comunidades. El cultivo de café también es importante, ya que este se produce en las zonas más templadas del municipio y de menor importancia la producción de tomate y frutales.

Una característica importante de la población económicamente activa del municipio es que una porción representativa migra de forma temporal o permanente, lo que merma el potencial de mano de obra dentro del municipio.

Por las condiciones de pobreza del municipio, la demanda de productos pecuarios es escasa. Se dedica exclusivamente para el autoconsumo. Existen muy pocas unidades económicas que se dediquen a una actividad diferente a la agrícola, aunque se tenga otro tipo de ingresos (tiendas, carpinterías, crianza de aves corral), la fuente principal de recursos siempre es la agricultura.

### **1.2.4. Servicios**

Los servicios con los que cuenta el municipio de San Pedro Nécta se describen a continuación.

#### **1.2.4.1. Vías de comunicación**

Las vías de acceso se componen por los caminos que llevan hacia las comunidades del municipio, así como los medios con que cuenta la población

para comunicarse. Representa un indicador del nivel de desarrollo de una comunidad.

A la cabecera municipal se puede llegar desde la ciudad de Huehuetenango por carretera asfaltada, que es transitable todo el tiempo. San Pedro Nécta dista de la cabecera departamental 55 kilómetros sobre la ruta interamericana CA-1 que conduce a la Mesilla, del municipio de la Democracia, frontera con México. El único municipio de Huehuetenango con el que puede interconectarse es con Santiago Chimaltenango, a través de terracería en el camino que lleva a Chimiche, a 500 metros del casco urbano del municipio de San Pedro Nécta.

#### **1.2.4.2. Agua y saneamiento**

Respecto al agua, este servicio llega en un 90 % a los hogares del municipio. La amplia cobertura en este servicio, se debe a la existencia de varios nacimientos de agua que proporcionan suficiente caudal en las diferentes regiones del municipio, así como a los esfuerzos organizados de las comunidades para llevar agua en forma entubada, a través de proyectos en los que han participado la municipalidad, instituciones del gobierno y entidades no gubernamentales.

El sistema de drenajes se encuentra, en su mayoría, solo en el casco urbano, los cuales debido a que, en un momento determinado, no soportan la cantidad de agua que circula por ellos en tiempo de lluvia. De acuerdo a la información existente el 80 % de hogares en el área rural, posee letrinas, ya que ha existido la colaboración de organizaciones no gubernamentales para el desarrollo de proyectos de este tipo.

La crisis de agua y saneamiento es, sobre todo, una crisis de la población pobre y del área rural, casi dos de cada tres personas carecen de acceso al agua limpia y sobreviven con menos de un dólar al día. En muchos países, la distribución del acceso adecuado a agua y saneamiento va a la par de la distribución de la riqueza.

#### **1.2.4.3. Energía eléctrica**

Referente a energía eléctrica, el 76 % de hogares, en las áreas rurales cuentan con el servicio de fluido eléctrico. Mientras que en el área urbana el 100 % de hogares cuenta con el servicio. De igual forma, a través de comités de vecinos se ha logrado conseguir el apoyo financiero para esta causa.

#### **1.2.4.4. Salud**

Los servicios de salud en el municipio, se realizan a través de la siguiente infraestructura: hospital Regional Nacional ubicado en la cabecera municipal y dos puestos de salud; en las aldeas de Huixoc y Michicoy.

En cuanto al hospital Regional Nacional, actualmente existe el proyecto de construcción de un nuevo edificio del hospital Regional que contará con mayor capacidad que el actual y un puesto de salud en la aldea los Alisos.

#### **1.2.4.5. Educación**

Existe gran cobertura de centros educativos tanto en el área urbana como en el área rural. Sin embargo, sigue existiendo mayor analfabetismo en el área rural. Respecto al área urbana, lo que se explica por la situación de subsistencia que existe en áreas rurales en donde hay necesidad de trabajar a

temprana edad, así como el factor migratorio del núcleo familiar por motivos laborales en búsqueda de trabajo en fincas del sur de Guatemala y México.



## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Descripción del proyecto**

En la actualidad el caserío de Ixchigual del municipio de San Pedro Nécta, no cuenta con un servicio de agua potable que cubra con las necesidades de toda la comunidad. El proyecto consistirá en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para solventar el problema de agua que presenta el caserío.

#### **2.1.1. Red del sistema de abastecimiento de agua potable**

La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería conectadas que permitirán llevar el agua potable hasta las viviendas de los habitantes del cantón Ixchigual.

La red de distribución será comprendida por ramales abiertos y la tubería a utilizar en la red será de PVC, con diámetros comprendidos entre  $\frac{3}{4}$  y 2 pulgadas.

### **2.2. Datos preliminares**

A continuación, se describen los datos preliminares del servicio técnico profesional.

### **2.2.1. Fuente de abastecimiento**

La fuente a utilizar serán tres nacimientos de agua con los que cuenta la comunidad, los cuales serán aprovechados para la distribución de agua potable de la población.

Este tipo de fuente es de origen subterráneo que emerge espontáneamente en la superficie de la tierra, conservando todas las características naturales de su pureza y que permite su consumo sin necesidad de ningún tipo de tratamiento para potabilizarla.

### **2.2.2. Aforo de la fuente**

Es necesario medir la cantidad de agua (caudal) de las fuentes, para saber si será suficiente para abastecer a toda la comunidad. El aforo es la operación de medición de volumen de agua en un tiempo determinado. El método utilizado para conocer el caudal fue el aforo volumétrico, en el cual se utilizó una cubeta de 5 galones, tomando así cuatro veces el tiempo de llenado de la cubeta. Este procedimiento se llevó a cabo 4 veces por cada una de las fuentes y se llegó al resultado de fuente 1: 1,26 lts/seg, fuente 2: 1,45 lts/s, fuente 3: 0,32 lts/ seg. Para un caudal total de 3,03 lts/seg.

### **2.2.3. Calidad del agua**

Se sabe que el agua proveniente de nacimientos, conserva todas las características naturales de su pureza y que permite su consumo sin necesidad de ningún tipo de tratamiento para potabilizarla, sin embargo, a pesar de esto, es necesario comprobar la calidad del agua basándose en las normas. En Guatemala se utiliza la norma COGUANOR NGO 29001, esta norma tiene

como objetivo fijar los valores de las características físicas, químicas y bacteriológicas que definen la calidad del agua potable. Estos valores se obtienen mediante exámenes de laboratorio, tales como el examen bacteriológico, mediante el cual es posible determinar la presencia del grupo coliforme total, dado que es una bacteria que indica la contaminación del agua. De igual forma, es importante el examen físico químico que brinda ambas propiedades del agua, por ejemplo, sabor, olor, color, pH, entre otros. Los estudios correspondientes se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos para tener una mayor certeza de que el agua de las fuentes a utilizar es apta para el consumo humano.

Según el estudio bacteriológico nos indica que el agua es apta para el consumo humano y no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Así mismo, desde el punto de vista fisicoquímico, el agua también es apta para el consumo humano, (ver apéndice 2).

#### **2.2.4. Levantamiento topográfico**

Se efectuó el levantamiento topográfico con la ayuda y colaboración de trabajadores de la municipalidad y una cuadrilla de topografía. Las líneas que unían las fuentes de abastecimiento de agua potable con la población beneficiada fueron utilizadas en una red de ramales abiertos; Para realizar el levantamiento se utilizó un teodolito marca SOKKIA, una cinta métrica de 50 m, dos plomadas de 1 libra y un estadal, (ver apéndice 1).

##### **2.2.4.1. Altimetría**

La altimetría es la parte de la topografía que se dedica a medir las alturas y estudiar los métodos y técnicas para representar el relieve de un terreno.

También es utilizada para determinar y representar la altura o cota, de cada uno de los puntos con respecto al plano de referencia. En el proyecto se requirió de la altimetría para conocer el perfil del terreno, así mismo, para determinar las diferentes pendientes y elevaciones, así también calcular las distancias y las cotas del terreno.

Para el cálculo de las diferencias de nivel, distancia horizontal y cotas de los puntos topográficos se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\Delta N = \Delta_{HI} * 100 \left( \frac{1}{2} * \text{sen } 2\beta \right)$$

$$DH = 100 * \Delta_{HI} * \text{Sen}^2 \beta$$

$$Cota_B = Cota_A + Ai_A \pm \Delta N_{(A-B)} - H_m$$

Donde:

DH = distancia horizontal

$\Delta_{HI}$  = hilo superior – hilo inferior

$\beta$  = ángulo cenital (vertical)

$\Delta N$  = diferencia de nivel

$Cota_B$  = cota del punto B

$A_i$  = altura del instrumento en A

$H_m$  = hilo medio

.

### 2.2.4.2. Planimetría

La planimetría tiene el objeto de determinar la longitud del proyecto, localizar los accidentes geográficos y todas aquellas características tanto naturales como no naturales que puedan influir en el diseño del sistema. Se requirió de la planimetría para tomar las radiaciones de todas las viviendas que se conectarán en la red de distribución, así mismo, la elevación de las mismas.

Para el cálculo de las coordenadas parciales (y) y totales (Y) de los puntos topográficos se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$y = DH * \cos(Az) \qquad Y = Y_{est} \pm y_{(est-po)}$$

$$x = DH * \sin(Az) \qquad X = X_{est} \pm x_{(est-po)}$$

Donde:

DH = distancia horizontal

Az = azimut

$Y_{est}$  = coordenada total de la estación

$y_{(est-po)}$  = coordenada parcial de la estación al punto observado

Ejemplo:

E0 – E1

$$y = 20 * \cos (165,66) = -19,3768$$

$$x = 20 * \sin (165,66) = 4,9535$$

$$Y = -19,3768 + 0 = -19,3768$$

$$X = 4,9535 + 0 = 4,9535$$

## **2.3. Diseño hidráulico**

A continuación, se describe el diseño hidráulico de la población.

### **2.3.1. Población actual**

El presidente de comités comunitarios de desarrollo (COCODE) de la comunidad proporcionó la información de que el cantón Ixchigual está conformado por 135 viviendas, en las cuales se cuantifica 7 personas por vivienda; realizando la multiplicación del número de viviendas por el número de personas que habita en cada una de ellas se tiene como resultado el total de la población actual.

$$P_{actual} = 135 \text{ viviendas} * 7 \text{ habitantes/vivienda}$$

$$P_{actual} = 945 \text{ habitantes}$$

### **2.3.2. Periodo de diseño**

El periodo de diseño es el tiempo durante el cual una obra va a prestar un servicio satisfactorio. En este caso, el periodo de diseño será de 22 años tomando en cuenta que 20 años son considerados por factores como la población de diseño, la calidad de los materiales a utilizar, costos, facilidad de ampliación, entre otros. Los 2 años restantes son tomados en cuenta por el tiempo en que dura la gestión de diseño y ejecución del proyecto.

### 2.3.3. Población futura

El método utilizado para calcular la población futura es el geométrico, utilizando una tasa de crecimiento poblacional del 2,42 % generado por el INE en el municipio.

$$P_f = P_a(1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura “n” años

$P_a$  = población actual (945 habitantes)

$r$  = tasa de crecimiento poblacional (2,42 %)

$n$  = periodo de diseño (20 años)

Sustituyendo:

$$P_{(n=22)} = 945(1 + 0,0242)^{22}$$

$$P_{(n=22)} = 1\ 600 \text{ habitantes}$$

### 2.3.4. Dotación

Dotación es una cantidad en volumen por unidad de tiempo asignada a la unidad consumidora (habitante), que está expresada en litros por habitante por día (lt/hab/día). La cantidad de agua asignada a una persona depende del clima, capacidad de la fuente, de la ubicación de la población y si es en el área urbana o rural. Dado el caso que el sistema de agua potable es para un área

rural, la dotación en las viviendas estará comprendida entre 60 y 110 lts/hab/día. Tomando en cuenta lo mencionado se considerará una dotación de 90 lt/hab/día.

### **2.3.5. Caudales del sistema**

A continuación, se describen los caudales del sistema.

#### **2.3.5.1. Caudal medio diario**

Se le considera como la cantidad promedio de agua que será necesaria al día para cubrir la demanda de la población. El caudal medio diario es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de habitantes que se haya estimado para el final del periodo de diseño dividido entre el número de segundos que tiene un día.

$$Q_{md} = \frac{\text{dotacion} * \text{poblacion}}{86\ 400}$$

Sustituyendo:

$$Q_{md} = \frac{90(\text{lts/hab/dia}) * 1600 \text{ Habitantes}}{86\ 400 \text{ seg/día}}$$

$$Q_{md} = 1,66 \text{ lts/seg}$$

#### **2.3.5.2. Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario es el máximo caudal producido en un día durante un periodo de observación de un año. Es el resultado de multiplicar el consumo

medio diario por el factor de día máximo. El factor de día máximo oscila entre 1,2 y 1,5. Su valor está en función del tamaño de la población teniendo que para poblaciones menores a 1 000 habitantes se usa 1,5 y para poblaciones mayores a 1 000 habitantes se usa 1,2, en este caso la población es de 1 600, por lo tanto, se toma 1,2.

$$Q_{max\ diario} = f_{dm} * Q_m$$

Donde:

$Q_{md}$  = caudal máximo diario (lts/seg)

$Q_m$  = caudal medio (lts/seg)

$FMD$  = factor máximo diario (varia de 1,2 a 1,5)

Sustituyendo:

$$Q_{max\ diario} = 1,2 * 1,66\ lts/seg$$

$$Q_{max\ diario} = 1,99\ lts/seg$$

### **2.3.5.3. Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario es el máximo caudal producido durante una hora en un periodo de observación de un año y este se calcula multiplicando el caudal medio por el factor de hora máxima. El factor de hora máxima se encuentra entre 2 y 2,5. Su valor está en función del tamaño de la población teniendo que para poblaciones menores de 1 000 habitantes se utiliza un factor de 2,5 y para mayores de 1 000 se usa 2. En este caso la población es de 1 600, por lo tanto, se utilizará 2.

$$Q_{max.horario} = fhm * Q_{md}$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario (lts/seg)

$Q_m$  = caudal medio (lts/ seg)

$Fhm$  = factor de hora máximo

Sustituyendo:

$$Q_{max.horario} = 2 * 1,66 Q_{md}$$

$$Q_{max.horario} = 3,32 \text{ lts/seg}$$

#### **2.3.5.4. Caudal instantáneo**

El caudal se basa en la probabilidad de que se utilice al mismo tiempo solamente un porcentaje del número de viviendas de un ramal.

El caudal está dado por la ecuación:

$$Q_i = \frac{k}{n - 1}$$

Donde:

$Q_i$  = caudal instantáneo

$n$  = número de viviendas

$k = 0,15$  (0 - 55 viviendas)

$k = 0,20$  (> 55 viviendas)

Ejemplo del tramo E124-E129:

$$Q_{ins} = k\sqrt{(N - 1)}$$

$$Q_{ins} = 0,15\sqrt{(20 - 1)}$$

$$Q_{ins} = 0,65 \text{ lts/seg}$$

### 2.3.5.5. Caudal de vivienda

Para el diseño de cada uno de los ramales se utiliza el caudal de vivienda. Es un valor considerado que le corresponde a cada vivienda.

El caudal está dado por:

$$Q_{viv} = \frac{Q_{mh}}{No_{viv}}$$

Donde:

$Q_{viv}$  = caudal de vivienda

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario

$No_{viv}$  = número de viviendas actuales

Ejemplo del tramo E124-E129:

$$Q_v = Q_v * No_{vi}$$

$$Q_v = 0,0245 \text{ lts/seg/viv} * 20viv$$

$$Q_v = 0,491 \text{ lts/seg}$$

### 2.3.6. Velocidades del sistema

Las velocidades para una línea de conducción libre deberán estar comprendidas entre un mínimo de 0,6 mts/seg, y un máximo de 3,0 mts/ seg.

Para encontrar la velocidad del agua dentro de una tubería utilizamos la ecuación de continuidad dada por:

$$V = \frac{Q}{0,50670866 * \phi^2}$$

Donde:

$v$  = velocidad [mts/seg]

$Q$  = caudal [lts/seg]

$\phi^2$  = diámetro [plg]

Ejemplo: cálculo del tramo E-0 a la estación E-1

$$V = \frac{1,45}{0,50670866 * 2,193^2} = 0,60 \frac{m}{s}, \quad \text{ok cumple con el límite}$$

### 2.3.7. Presiones del sistema

A continuación, se describen las presiones del sistema hidráulico.

### **2.3.7.1. Presión estática**

Representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería al agua cuando se interrumpe bruscamente el flujo. Es decir, es la presión que ejerce un fluido cuando no existe consumo en la red, generalmente en la noche. Dicha presión en una red de distribución debe ser siempre menor a 80 mts para evitar fugas en los accesorios utilizados.

Ejemplo: cálculo del tramo E-0 a la estación E-1

$$H_f = cota_{E-00} - Cota_{E-01}$$

$$H_f = 1\,000 - 994,60 = 5,4$$

### **2.3.7.2. Presión dinámica**

En cualquier punto de la línea representa la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería. Esto significa que es la presión que ejerce un flujo cuando existe consumo en la red.

Ejemplo: cálculo del tramo E-0 a la estación E-1

$$PD = cota\ piezométrica\ en\ (E - 01) - cota\ de\ terreno\ en\ (E - 01)$$

$$PD = 999,853 - 994,6 = 5,253$$

### **2.3.8. Tanque de distribución**

El tanque de distribución tiene como objetivo mantener el buen funcionamiento hidráulico y un servicio eficiente.

Para el diseño del tanque de distribución debe considerarse su capacidad, estar en función del caudal y de las variaciones horarias. Su ubicación debe ser apta para que el agua pueda llegar a todos los puntos de la red. El tanque puede ser enterrado o semienterrado, puede construirse de concreto armado, mampostería y de metal. Los tanques enterrados deben estar a menos de 50 % de la altura sobre la rasante, el área donde se localicen deberá aislarse mediante cerco para evitar la entrada de personas o animales, o ser usada para disposición de desechos. El fondo del tanque debe estar siempre por encima del nivel freático, en caso de ser necesario debe instalarse un sistema de drenaje adecuado para las aguas de infiltración.

Los tanques semienterrados son los más usados, ya que estos permiten que las estructuras sean más livianas y el terreno alrededor del tanque absorba parte del empuje de la tierra; además, debe localizarse a una distancia mínima horizontal de 30 metros respecto a cualquier posible fuente de contaminación.

Se toma en cuenta que, si no es posible realizar algún estudio de demanda, hay que recurrir a las normas que utiliza UNEPAR. El volumen de diseño en sistemas por gravedad estará entre 25 % y 40 % del caudal medio. Dicho lo anterior, se tomará un valor de 40 % para calcular el volumen del tanque de distribución.

$$V_{tanque} = \frac{P_f * Dotación * FDM * FV}{1\ 000} =$$

Donde:

$V_{tanque}$  = volumen del tanque [ $m^3$ ]

$P_f$  = población futura

FDM = facto día máximo

FV = factor de volumen del tanque

Sustituyendo:

$$V_{tanque} = \frac{1\,600 * 90 * 1,2 * 40\%}{1\,000} =$$

$$V_t = 70\, mts^3$$

El volumen del tanque será de  $70\, mts^3$ , entonces, se tiene que el tanque sí cubrirá la demanda de la población.

Altura = 1,95 (metros)

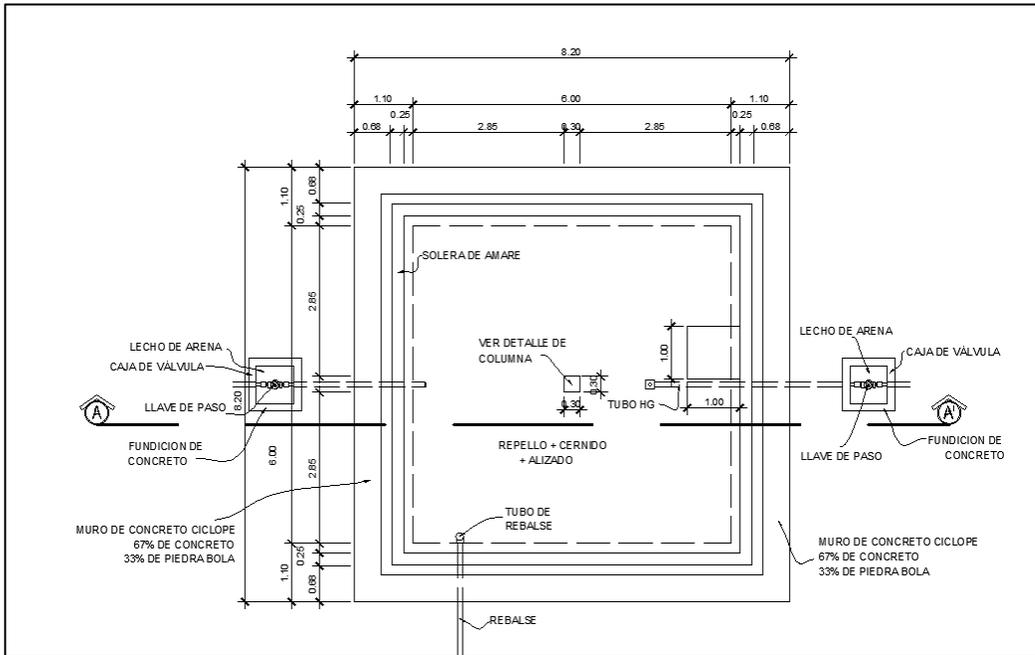
Ancho = 6 (metros)

Largo = 6 (metros)

Diseño de losa

Haciendo uso del código ACI (American Concrete Institute) y el método 3, se procede a diseñar.

Figura 5. Planta tanque de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Coeficiente de momentos ( $m$ )

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

$a$  = ancho

$b$  = largo

Sustituyendo

$$m = \frac{4,10}{4,10}$$

$$m = 1$$

Debido a que  $m$  es mayor que 0,5 se diseña una losa en dos sentidos.

- Espesor de losa ( $t$ )

$$t = \frac{\text{perimetro}}{180}$$

$$t = \frac{4,10 + 4,10 + 4,10 + 4,10}{180}$$

$$t = 0,091\text{m} = 10 \text{ cms}$$

- Integración de cargas

Carga muerta se refiere al peso propio de la estructura.

$$CM = P_pLosa + \text{sobre peso}$$

$$P_pLosa = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,10 \text{ m} * 1,0 \text{ m}$$

$$P_pLosa = 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Sobre peso} = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$CM = 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Carga viva son las fuerzas externas que actúan en la estructura.

$$CV = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cargas últimas se refiere a la sumatoria de cargas vivas y muertas afectadas por un factor de seguridad. El factor para carga muerta es de 40 % más y el factor de carga viva es del 70 %.

$$CU = CM_U + CV_U$$

Donde:

$$CU = \text{carga última} \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

$$CM_U = \text{carga muerta última} \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

$$CV_U = \text{carga viva última} \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

Sustituyendo:

$$CU = 1,4 \left( 300 \frac{kg}{m} \right) + 1,7 \left( 100 \frac{kg}{m} \right) = 590 \frac{kg}{m}$$

- Momentos que actúan en la losa

Se calcula los momentos positivos y negativos determinando el acero para los momentos más fuertes en ambos sentidos.

- Momentos positivos

$$MA (+) = MA (+) CM + MA (+) CV$$

$$MA (+) = (A^2 * Ca * CM_U) + (A^2 * Ca * CV_U)$$

$$MA (+) = (4,10^2 * 0,027 * 420 \text{ kg/m}) + (4,10^2 * 0,032 * 170 \text{ kg/m})$$

$$MA (+) = 282,07 = 283 \text{ kg-m}$$

$$MB (+) = MB (+) CM + MB (+) CV$$

$$MB (+) = (B^2 * Ca * CMU) + (B^2 * Ca * CVU)$$

$$MB (+) = (4,10 * 0,027 * 420 \text{ kg/m}) + (4,10^2 * 0,032 * 170 \text{ kg/m})$$

$$MB (+) = 282,07 = 283 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos

$$MA (-) = A^2 * Ca * CU$$

$$MA (-) = 4,10^2 * 0,050 * 590 \text{ kg/m}$$

$$MA (-) = 495,89 \text{ kg-m} = 496 \text{ kg-m}$$

$$MB (-) = B^2 * Ca * CU$$

$$MB (-) = 4,10^2 * 0,050 * 590 \text{ kg/m}$$

$$MB (-) = 495,89 \text{ kg-m} = 496 \text{ kg-m}$$

En bordes discontinuos los momentos negativos serán igual a 1/3 del momento positivo.

$$MA (-) = \frac{1}{3} MA (+)$$

$$MA (-) = 95 \text{ kg-m}$$

$$MB (-) = \frac{1}{3} MB (+)$$

$$MB (-) = 166 \text{ kg-m}$$

- Cálculo peralte (d)

$$d = t - r$$

$$d = 10 - 2,5 = 7,5$$

$$d = 7,5 \text{ cm}$$

- Cálculo área de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = (40\%) \left( \frac{14,1}{f_y} \right) (b)(d)$$

$$A_{s_{min}} = (0,40) \left( \frac{14,1}{2810} \right) (100\text{ cm})(7,50\text{ cm})$$

$$A_{s_{min}} = 1,50\text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$1,50 \text{ ----- } 100\text{ cm}$$

$$0,71\text{ cm}^2 \text{ (No,3) --- S}$$

$$x = 47,33$$

$$S_{m\acute{a}x} = 3t \rightarrow S_{m\acute{a}x} = 3(10) = 30$$

$S > S_{m\acute{a}x}$  Se procede a calcular el área de acero para  $S_{m\acute{a}x}$

$$AS \text{ ----- } 100\text{ cm}$$

$$0,71 \text{ ----- } 30$$

$$AS = 2,37\text{ cm}^2$$

- Momento último que resiste el área de acero ( $AS = 2,37\text{ cm}^2$ ):

$$M_u = \phi [AS * f_y \left( d - \frac{AS * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right)]$$

$$Mu = 0,90[2,37 * 2,810 \left( 7,5 - \frac{2,37 * 2,810}{1,7 * 210 * 100} \right)]$$

$$Mu = 43834,87 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$Mu = 438,35 \text{ kg} - \text{m} \text{ No cumple}$$

Tabla I. **Momentos**

<b>M (kg-m)</b>	<b>As (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>S (cm)</b>
283	1,59	43,03
496	2,82	20
439	2,37	30

Fuente: elaboración propia.

Se toma el dato más crítico

$$AS = \left( b d - \sqrt{(b d)^2 - \frac{Mb}{0,003825 f'c}} \right) \frac{0,90 f'c}{fy}$$

$$AS = \left( (100)(7,5) - \sqrt{(100 * 7,5)^2 - \frac{496 * 100}{0,003825 (281)}} \right) \frac{0,90 (281)}{2810}$$

$$AS = 2,82$$

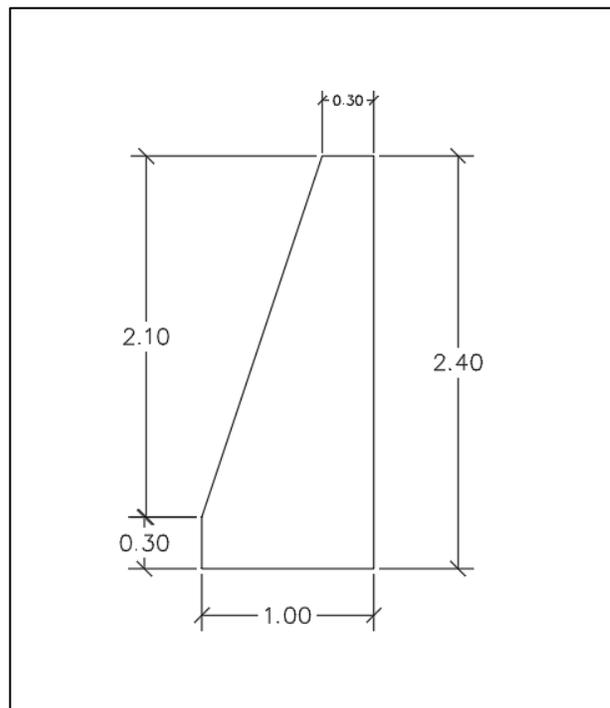
$$2,82 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ - - - - - } x$$

$$X = 25,14 = 20 \text{ cm}$$

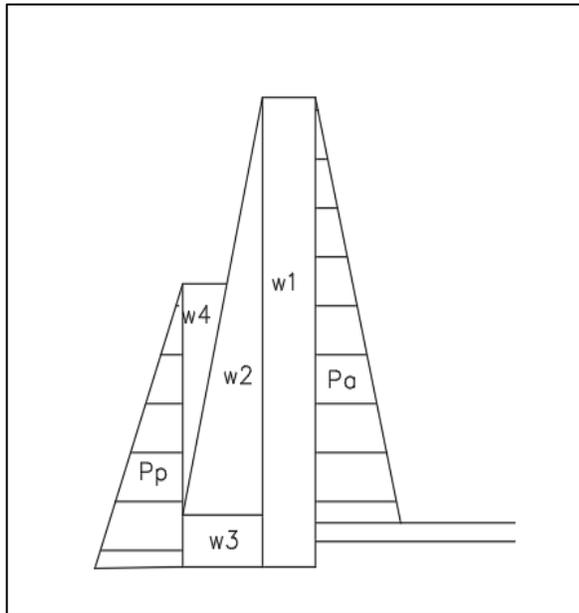
- Colocar varillas núm. 3 @ 0,20 cm en ambos sentidos.
- Diseño de muro de tanque

Figura 6. **Dimensionamiento previo de muro de tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 7. **Distribución de cargas sobre muro de tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Cargas sobre el muro:

$$\text{Peso propio} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,10 = 240 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sobre peso de losa} = 60 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga muerta total} = 300 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga Viva} = 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{CU} = \text{CMU} + \text{CVU}$$

$$\text{CMU} = 1,4 * \text{CM}$$

$$\text{CMU} = 1,4 * 300 \text{ kg/m} = 420 \text{ kg/m}$$

$$CVU = 1,7 * CV$$

$$CVU = 1,7 * 100 \text{ kg/m} = 170 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga última (CU)} = 400,20 \text{ kg/m} + 170 \text{ kg/m} = 570,20 \text{ kg/m}$$

Wlosa

Área tributaria:

$$A = \frac{1}{2} * 4,10 * 4,10 = 8,40$$

$$B = \frac{1}{2} * 4,10 * 4,10 = 8,40$$

Peso sobre el muro = peso área tributaria de losa + peso propio de la viga

$$W_A = (570,20 * 8,40) / 4,10 + (2400 * 0,30 * 0,20) * 2 = 1454,21$$

$$W_B = (570,20 * 8,40) / 4,10 + (2400 * 0,30 * 0,20) * 2 = 1454,21$$

- Franja unitaria que actuará sobre el muro

$$L = W_{\text{losa}} * 1 \text{ m}$$

$$L = 1454,21 \text{ (se toma el más crítico)} \text{ kg/m} * 1 \text{ m}$$

$$L = 1454,21 \text{ kg}$$

La presión a una altura (H) está dada por la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\gamma_{H_2O} * H^2 * K_p}{2}$$

Los factores del suelo tomados en cuenta dependen del método a usar, los siguientes son los más usuales en la actualidad:

- Rankine
- Coulomb
- Método gráfico de Engesser
- Método gráfico de Cullman

Se tomará en cuenta el método que más se utiliza, por su simplicidad, el cual es el método de Rankine

Cálculo de presiones activa ( $P_a$ ) y pasiva ( $P_p$ ).

$$P_a = \frac{\gamma_{H_2O} * H^2 * K_a}{2} \qquad P_p = \frac{\gamma_s * H^2 * K_p}{2}$$

Donde:

$\gamma_s$  = peso específico del suelo

$\gamma_{H_2O}$  = peso específico de agua

$H$  = altura del material considerado

$K_a$  = coeficiente de fricción activa (a) y pasiva (p)

$$K_a = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} \qquad K_p = \frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi}$$

A continuación, se adjunta la tabla II que da los valores del ángulo de fricción interna. El valor soporte (V.S.) y el peso específico para cada tipo de suelo.

Tabla II. **Datos para capacidad soporte, peso específico del suelo y ángulo de fricción interna**

Tipo de Suelo	Peso en $kg/m^2$	$\phi$	V.S. $Ton/m^2$
Arcilla Suave	1 500 – 1 600	20 – 25	10
Arena fina	1 900 – 2 100	25 - 35	30
Arcilla dura	1 600 – 1 900	25 - 35	40
Arena y arcilla mezcladas	1 500 – 1 900	23 - 30	20
Arena gruesa	1 500 – 1 900	33 - 40	40
Grava	1 900 – 2 100	33 - 40	60

Fuente: elaboración propia.

Datos:

$$\begin{aligned} \gamma_s &= 1\,800\text{ kg/m}^3 \\ \gamma_{H_2O} &= 1\,000\text{ kg/m}^3 \\ \gamma_{\text{concreto ciclopedo}} &= 2\,250\text{ kg/m}^3 \\ V_s &= 20\text{ ton/m}^3 \\ \phi &= 26^\circ \end{aligned}$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen } 26^\circ}{1 + \text{sen } 26^\circ}$$

$$K_p = \frac{1 + \text{sen } 26^\circ}{1 - \text{sen } 26^\circ}$$

$$K_a = 0,39$$

$$K_p = 2,56$$

$$P_a = \frac{1\,000 * 2,5^2 * 0,39}{2}$$

$$P_p = \frac{1\,800 * 1,60^2 * 2,56}{2}$$

$$P_a = 12\,180,75\text{ kg}$$

$$P_p = 5\,898,24\text{ kg}$$

Tabla III. **Momentos actuantes en el muro tanque respecto al punto  
cero**

Figura	$\gamma \left( \frac{kg}{m^3} \right) * A (m^2)$	W (kg)	Brazo (m)	Momento (F-m)
1	$2\,250 * 2,40 * 0,30$	1 620	0,85	1 377
2	$2\,250 * \frac{1}{2} * 0,70 * 2,10$	1 653	0,23	380,19
3	$2\,250 * 0,50 * 0,30$	337,50	0,35	117,95
4	$2\,250 * \frac{1}{2} * 1,30 * 0,25$	365,63	0,08	29,25
L		1 454,21	0,85	1 236,07
Pp		5 898,24	0,53	3 126,07
		$\Sigma = 11\,328,58$		$\Sigma = 6\,266,53$

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo contra volteo
  - Momento de volteo

$$M_V = P_a * \frac{H}{3}$$

Donde:

$M_V$  = momento de volteo

$P_a$  = presión activa

$H$  = altura del muro

Sustituyendo

$$M_v = 1\,218,75 * \frac{2,40}{3}$$

$$M_v = 975 \text{ kg} - m$$

- Factor de seguridad

$$FS = \frac{Mr}{Mv}$$

Donde:

Mr = momento resultante (total)

Mv= momento de volteo

Sustituyendo:

$$FS = \frac{6\,266,53}{975}$$

$$FS = 6,42 > 1,5$$

El muro resistirá el volteo, ya que el factor de seguridad es mayor a 1,5.

- Chequeo contra deslizamiento

De acuerdo a las características que presenta el suelo (grava con arena) se utiliza un coeficiente de fricción CF.

$$CF = 0,9 \tan \phi$$

$$CF = 0,9 * \tan * 26^\circ$$

$$CF = 0,44$$

- Fuerza de fricción (Ff)

$$Ff = W * CF$$

Donde:

Ff = coeficiente de fricción

W = carga total

Sustituyendo:

$$Ff = 11328,58 * 0,44$$

$$Ff = 4984,57$$

- Factor de seguridad

$$FS = \frac{P_p + Ff}{P_a}$$

Donde:

FS = factor de seguridad

$P_p$  = presión pasiva

$Ff$  = fuerza de fricción

$P_a$  = presión activa

Sustituyendo:

$$FS = \frac{5\,898,24 + 4\,984,57 \text{ kg}}{1\,218,75 \text{ kg}}$$

$$FS = 8,93 > 1,5$$

El muro soportará el deslizamiento, ya que el factor de seguridad es mayor a 1,5.

- Chequeo de presiones

$$e = X - \frac{L}{2}$$

$$X = \frac{Mr - Mv}{W}$$

Donde:

$e$  = excentricidad

$L$  = longitud de muro

$X$  = distancia aplicada

Sustituyendo:

$$X = \frac{6\,266,53 - 975}{11\,328,58}$$

$$X = 0,46 \text{ m}$$

$$e = 0,46 - \frac{1}{2}$$

$$e = 0,04$$

Entonces:

$$q = \frac{W}{L} \pm \frac{6 e W}{L^2}$$

Donde:

$q$  = presión sobre el suelo

$W$  = carga total

$e$  = excentricidad

$q_{m\acute{a}x}$  = presión máxima

$q_{m\acute{i}n}$  = presión mínima

$q_{uh}$  = capacidad soporte (la capacidad de soporte del suelo  $q_{uh}$  es de 20 ton/m<sup>2</sup>)

$L$  = longitud base de muro

Sustituyendo:

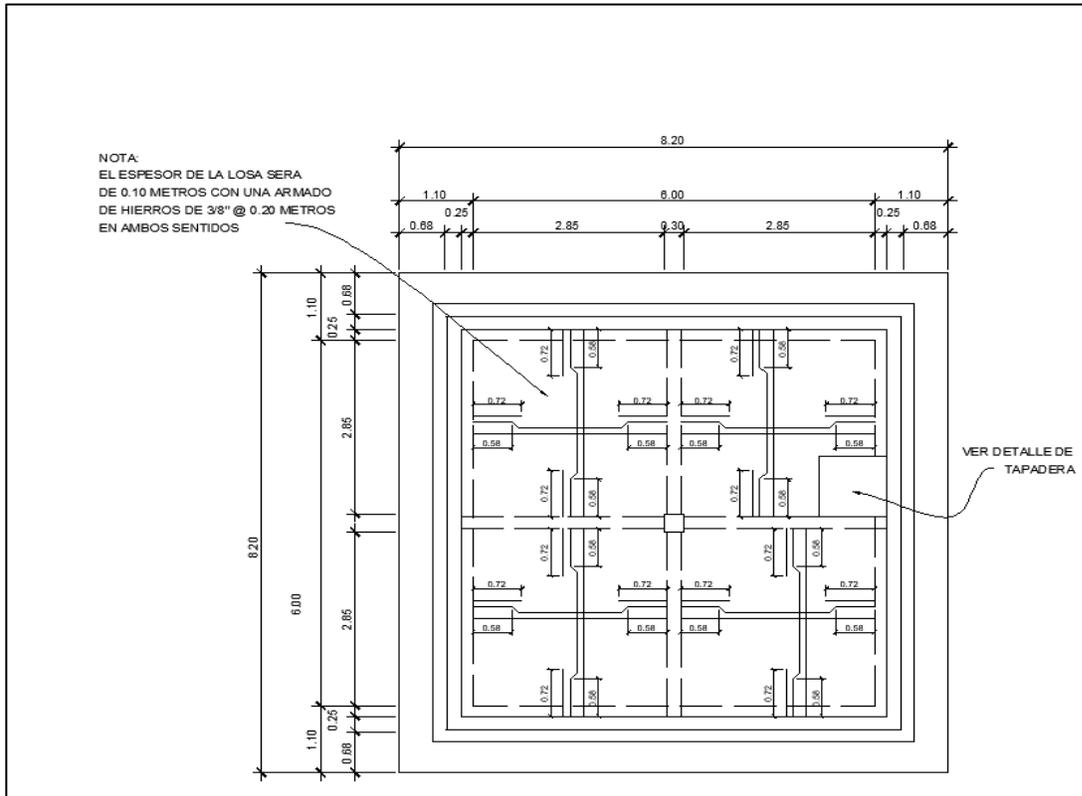
$$q = \frac{11\,328,58}{1,00} \pm \frac{6 * 0,04 * 11\,328,58}{1,00^2}$$

$$q_{m\acute{a}x} = 14\,047,43 < q_{uh} \text{ ok}$$

$$q_{m\acute{i}n} = 8\,609,72 > 0 \text{ ok}$$

Las dimensiones propuestas del muro resisten las cargas a las que estarán sujetas.

Figura 8. Armado final losa de tanque



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.3.9. Bases de diseño

Tipo de fuente:	Nacimiento
Periodo de diseño:	20 años
Tipo de sistema:	Por gravedad
Red de distribución:	Ramales abiertos
Clima:	Templado
Aforo de nacimientos (3 nacimientos):	3,53 lts/seg.
Núm. de viviendas actuales:	135 viviendas

Habitantes por vivienda:	7 personas
Tasa de crecimiento poblacional:	2,45 % (según INE)
Población actual:	45 personas
Población futura:	1 600 personas
Núm. Viviendas futuras:	229 viviendas
Dotación:	90 lts/hab./día
Factor de día máximo:	1,2
Factor de hora máximo:	2
Caudal medio horario:	1,66 lts/ seg
Caudal máximo diario:	1,99 lts/ seg
Caudal máximo horario:	3,32 lts/ seg
Volumen del tanque:	70 m <sup>3</sup>
Tubería a utilizar:	PVC
Constante de fricción del PVC:	150
Constante k del caudal instantáneo:	0,15 y 0,20
Caudal unitario de vivienda:	0,02 lts/ seg/viv

### **2.3.10. Diseño hidráulico del sistema**

A continuación, se describe el sistema hidráulico del sistema.

#### **2.3.10.1. Línea de conducción**

La línea de conducción es un conjunto de tuberías libres o forzadas que parten de las obras de captación al tanque de distribución. En este caso, de acuerdo a la topografía del lugar, se diseñará una línea de conducción por gravedad en la cual se deben considerar los siguientes aspectos fundamentales:

- Capacidad suficiente para transportar el caudal día máximo.
- La selección del diámetro y clase de la tubería que se empleará deberá ajustarse a la máxima economía.

A continuación, se muestra el cálculo del tramo E-0 a la estación E-1.

Datos:

Longitud (L) = 20,06m

Caudal (Q) = 1,45l/s

CHW = 150

Cota E-00= 1 000 m

Cota E-01= 994,60 m

Primero, se calcula la carga disponible o diferencia de nivel entre las estaciones, es decir, presión estática.

$$H_f = cota_{E-00} - Cota_{E-01}$$

$$H_f = 1\ 000 - 994,60 = 5,4$$

Para la determinación de las pérdidas de carga en las tuberías se utiliza la fórmula de Hazen-Williams, la cual está dada por:

$$H_f = \frac{1743,81141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga en metros

$C$  = coeficiente de fricción interna que depende del material de la tubería  
(para PVC = 150 Y para HG = 100)

$D$  = diámetro interno en pulgadas

$L$  = longitud del tramo en metros

$Q$  = caudal en litros por segundo

Para esta carga se obtendrá un diámetro teórico despejando de la ecuación Hazen-Williams. El diámetro se obtiene de la siguiente manera:

$$\phi_{teórico} = \left\{ \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H} \right\}^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi_{teórico} = \left\{ \frac{1\,743,811 * 20,06 * 1,45^{1,85}}{150^{1,85} * 5,4} \right\}^{\frac{1}{4,87}} = 1,04 \approx 2'' \approx \phi_{int.} = 2,193$$

Se elige colocar diámetro interno de 2''

Pérdida de carga:

$$Hf = \frac{1\,743,81141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1\,743,81141 * 20,06 * 1,45^{1,85}}{150^{1,85} * 2,193^{4,87}} = 0,14698 \text{ m}$$

Cota piezométrica en E-01

Es la diferencia entre la altura de un punto y la pérdida de carga de la tubería.

$$C_p = \text{cota de salida} - \text{pérdida de carga}$$

$$C_p = 1\,000\text{ m} - 0,14698\text{ m} = 999,853\text{ m}$$

Presión dinámica

$$PD = \text{cota piezométrica en (E - 01)} - \text{cota de terreno en (E - 01)}$$

$$PD = 999,853 - 994,6 = 5,25\text{ m}$$

Velocidad:

$$V = \frac{Q}{0,50670866 * \phi^2}$$

$$V = \frac{1,45}{0,50670866 * 2,193^2} = 0,60 \frac{m}{s}, \quad \text{ok cumple con el límite}$$

Cantidad de tubos:

$$\#_{tubos} = \frac{L_{total}}{L_{tubo}}$$

$$\#_{tubos} = \frac{20,06\text{ m}}{6\text{ m}} = 4 = 4\text{ tubos}$$

Tramo E- R1 a la estación E-1.

Datos:

Longitud (L) = 6,18 m

Caudal (Q) = 1,26l/s

CHW = 150

Cota E-00= 998 m

Cota E-01= 994,60 m

Primero se calcula la carga disponible o diferencia de nivel entre las estaciones, es decir, presión estática.

$$H_f = cota_{E-00} - Cota_{E-01}$$

$$H_f = 998 - 994,60 = 3,40$$

Para la determinación de las pérdidas de carga en las tuberías se utiliza la fórmula de Hazen-Williams, la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga en metros

$C$  = coeficiente de fricción interna que depende del material de la tubería  
(para PVC = 150 Y para HG = 100)

$D$  = diámetro interno en pulgadas

$L$  = longitud del tramo en metros

$Q$  = caudal en litros por segundo

Para esta carga se obtendrá un diámetro teórico, despejando de la ecuación Hazen-Williams, el diámetro se obtiene:

$$\phi_{teórico} = \left\{ \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H} \right\}^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi_{teórico} = \left\{ \frac{1\,743,811 * 6 * 1,26^{1,85}}{150^{1,85} * 3,40} \right\}^{\frac{1}{4,87}} = 0,85 \approx 1 \frac{1}{2} \approx \phi_{Int.} = 1,754$$

Pérdida de carga

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * 6,18 * 1,26^{1,85}}{150^{1,85} * 1,754^{4,87}} = 0,10092 \text{ m}$$

Cota piezométrica en E-01

Es la diferencia entre la altura de un punto y la pérdida de carga de la tubería.

$$C_p = \text{cota de salida} - \text{pérdida de carga}$$

$$C_p = 998\text{m} - 0,10092\text{m} = 997,899 \text{ m}$$

Presión dinámica:

$$PD = \text{cota piezométrica en (E - 01)} - \text{cota de terreno en (E - 01)}$$

$$PD = 997,899 - 994,6 = 3,30\text{m}$$

Velocidad

$$V = \frac{Q}{0,50670866 * \phi^2}$$

$$V = \frac{1,26}{0,50670866 * 1,754^2} = 0,8082 \frac{m}{s}, \quad \text{ok cumple con el límite}$$

Cantidad de tubos

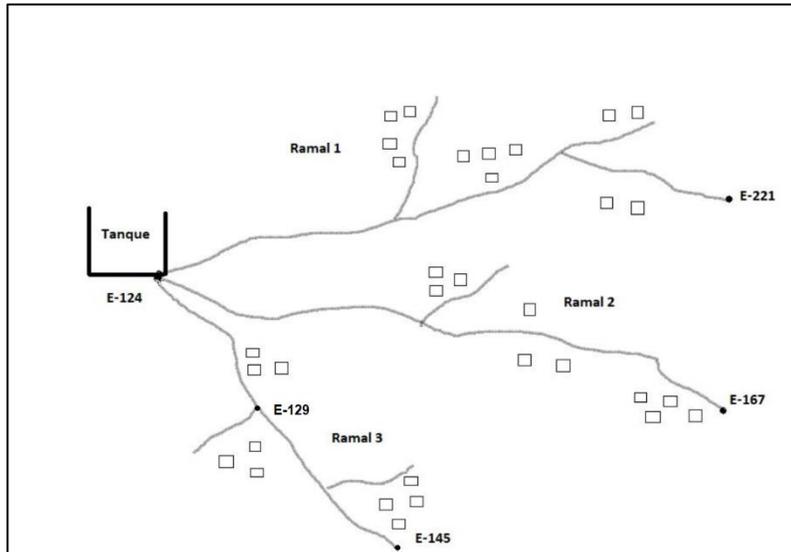
$$\#_{tubos} = \frac{L_{total}}{L_{tubo}}$$

$$\#_{tubos} = \frac{6m}{6m} = 1 + 5\% \text{ por pendiente} = 2 \text{ tubos}$$

### 2.3.10.2. Red de distribución

Para el cálculo de la red de distribución se utilizó el método de ramales abiertos y como ejemplo se presenta el diseño del tramo E-124 que va desde el tanque de distribución hacia la estación E-129. Pertenece al ramal 3.

Figura 9. Esquema simplificado de los ramales



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En este ramal se tienen 20 viviendas actuales, teniendo 7 habitantes por vivienda, un periodo de diseño de 20 años, una tasa de crecimiento del 2,42 % se obtiene una población futura:

$$Q_m = \frac{90 \text{ lts/hab/dia} * 238 \text{ habitantes}}{86\,400 \text{ seg/dia}}$$

$$Q_m = 0,2468 \text{ lts/seg}$$

Caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = Fhm * Q_m$$

$$Q_{mh} = 2 * 0,2468 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{mh} = 0,491 \text{ lts/seg}$$

Caudal unitario de vivienda:

$$Q_{vu} = \frac{Q_{mh}}{No_{vi}}$$
$$Q_{vu} = \frac{0,491}{20} = 0,0245 \text{ lts/seg}$$

Para calcular el caudal de diseño del tramo se tomará una comparación entre el caudal de vivienda y la cauda instantánea, que se calculan usando el caudal actual del tramo más los caudales acumulados de los ramales que salen del tramo. Por ser el primer tramo se toma el caudal de entrada.

Caudal de vivienda:

$$Q_v = Q_v * No_{vi}$$
$$Q_v = 0,0245 \text{ lts/seg/viv} * 20 \text{ viv}$$
$$Q_v = 0,491 \text{ lts/seg}$$

Entonces, se utilizará el caudal de vivienda de 0,491 lts/seg para calcular el diámetro de la tubería.

Datos:

- Caudal = 0,491 lts/seg
- L= 140,08 m
- Cota tanque = 548,27 m
- Cota E-129 = 523,6 m
- CHW PVC = 150

Primero, se calcula la carga disponible o diferencia de nivel entre las estaciones, es decir, presión estática.

$$H_f = cota_{E-00} - Cota_{E-01}$$

$$H_f = 548,27 - 523,6 = 24,67m$$

La presión estática del tramo tomará el valor de 24,67 mca (metros columna de agua), que es el mismo valor de la carga de presión disponible. Dicho valor cumple con que la presión estática en una tubería será siempre menor a 80 mca.

Para esta carga se obtendrá un diámetro teórico despejando de la ecuación Hazen-Williams. El diámetro se obtiene:

$$\phi_{teórico} = \left\{ \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H} \right\}^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi_{teórico} = \left\{ \frac{1\,743,811 * 140,08 * 0,491^{1,85}}{150^{1,85} * 24,67} \right\}^{\frac{1}{4,87}} = 0,75 \approx 1" \approx \phi_{int.} = 1,195$$

Pérdida de carga

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{1\,743,81141 * 140,08 * 0,491^{1,85}}{150^{1,85} * 1,195^{4,87}} = 2,5931 m$$

### Cota piezométrica

Es la diferencia entre la altura de un punto y la pérdida de carga de la tubería.

$$C_p = \text{cota de salida} - \text{pérdida de carga}$$

$$C_p = 548,27m - 2,5931m = 545,67 m$$

### Presión dinámica

$$PD = \text{cota piezométrica en (E - 01)} - \text{cota de terreno en (E - 01)}$$

$$PD = 545,67 - 523,6 = 22,07m$$

### Velocidad

$$V = \frac{Q}{0,50670866 * \phi^2}$$

$$V = \frac{0,491}{0,50670866 * 1,195^2} = 0,67 \frac{m}{s}, \quad \text{ok cumple con el límite}$$

### Cantidad de tubos

$$\#_{tubos} = \frac{L_{total}}{L_{tubo}}$$

$$\#_{tubos} = \frac{140,08m}{6m} = 23,34 = 24 \text{ tubos}$$

Tabla IV. Cálculo hidráulico de la red de conducción y distribución

DISEÑO HIDRAULICO																					
Tramo de	a	*L (m)	**Tub. U	Diá. equi. (in)	Diá. nom. (in)	Dia Int. (in)	Clase (PSI)	Q (l/s)	Vel. (m/s)	H.F. (M)	Cota piezométrica		Cota terreno		Presión disponible		Presión estática		Cam. m	Obs.	
											Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			
<b>LÍNEA DE CONDUCCION</b>																					
<b>C.C.1 A.C.R.Q. No.1</b>																					
0	1	20,6	4	1,046304	2"	2,193	160	1,45	0,595023	0,146984	1000	999,853	1000	994,6	0	5,253016	0	5,4	0	0	0 C.C. No. 1 20 C.R.P No. 1
<b>C.C.2 A.C.R.Q. No.1</b>																					
ER1	1	6,18	2	0,851873	1 1/2"	1,754	160	1,26	0,808266	0,100921	998	997,8991	998	994,6	0	3,299079	0	3,4	0	0	0 C.C. No. 2 6 C.R.Q. No. 1
<b>C.R.Q. No. 1 A.C.R.Q. No.2</b>																					
1	3	38,11	7	1,268032	2 1/2"	2,655	160	2,71	0,758722	0,340854	994,6	994,2591	994,6	982,14	0	12,11915	0	12,46	0	0	0 C.C. No. 1 37 C.R.Q. No. 2
<b>C.C. No. 3 A.C.R.Q. No.2</b>																					
ER2	3	6,695 71,585	2	0,424144	1"	1,195	160	0,32	0,442239	0,056134	985,18	985,1239	985,18	985,18	0	8,653866	0	8,71	0	0	0 C.C. No. 3 6,5 C.R.Q. No. 2
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN</b>																					
<b>C.R.Q. No.2 a T.D.</b>																					
3	14	339,9	57	1,26877	2 1/2"	2,655	160	2	0,559943	1,732978	982,14	980,407	965,96	918,96	0	61,44702	0	63,18	0	0	0 C.R.Q. No. 2 330
14	27	366,68	62	1,269729	2"	2,193	160	2	0,820721	4,743132	980,407	975,6639	918,96	912,51	61,44702	63,15389	63,18	69,63	0	0	686
27	30	217,33	37	1,120584	1.5"	1,754	160	2	1,282961	8,343182	975,6639	967,3207	912,51	901,71	63,15389	65,61071	69,63	80,43	0	0	897 C.R.P No. 1
30	35	250,29	42	1,250093	2"	2,193	160	2	0,820721	3,237587	901,71	898,4724	901,71	851,71	0	46,76241	0	50	0	0	140
35	36	55,62	10	0,839	1 1/2"	1,754	160	2	1,282961	2,135222	898,4724	896,3372	851,71	821	46,76241	75,33719	50	80,71	0	0	1194 C.R.P No.2
36	55	694,22	116	1,476523	2 1/2"	2,655	160	2	0,559943	3,539476	821	817,4605	821	759,35	0	58,11052	0	61,65	0	0	1868
55	61	200,85	34	1,121815	1 1/2"	1,754	160	2	1,282961	7,710523	817,4605	809,75	759,35	749,48	58,11052	60,27	61,65	71,52	0	0	2063 C.R.P No.3
61	94	1081,5	181	1,771395	2 1/2"	2,655	160	2	0,559943	5,514021	749,48	743,966	749,48	709,91	0	34,05598	0	39,57	0	0	3113
94	105	354,32	60	1,261588	2"	2,193	160	2	0,820721	4,583251	743,966	739,3827	709,91	676,27	34,05598	63,11273	39,57	73,21	0	0	3457 C.R.P No.4
105	118	603,58	101	1,519239	2 1/2"	2,655	160	2	0,559943	3,077349	676,27	673,1927	676,27	629,62	0	43,57265	0	46,65	0	0	4043
118	121	156,56	27	1,054908	1 1/2"	1,754	160	2	1,282961	6,010254	673,1927	667,1824	629,62	601,7	43,57265	65,4824	46,65	74,57	0	0	4195 C.R.P No. 5
121	124	168,92	29	1,137526	2"	2,193	160	2	0,820721	2,185038	601,7	599,515	601,7	548,27	0	51,24496	0	53,43	0	0	4359 T.D
		4489,77	749																		
<b>RAMAL 1</b>																					
124	171	176,13	30	1,264802	2 1/2"	2,655	160	1,99	0,557143	0,889709	548,27	547,3803	548,27	515,34	0	32,04029	0	32,93	0	0	4359 T.D 4530
171	173	94,76	16	0,320302	3/4"	0,926	250	0,1	0,230155	0,31986	547,3803	547,0604	515,34	491,11	32,04029	55,95043	32,93	57,16	0	0	4622
<b>RAMAL 1</b>																					
171	175	66,95	12	0,944746	2"	2,193	160	1,869	0,766964	0,764012	547,3803	546,6163	515,34	501,23	32,04029	45,38628	32,93	47,04	0	0	4595 C.R.P + V.F No.1
175	179	203,94	34	1,194638	2"	2,193	160	1,869	0,766964	2,327299	501,23	498,9027	501,23	456,4	0	42,5027	0	44,83	0	0	4793
179	179A	51,603	9	0,573866	1"	1,195	160	0,639	0,883096	1,555251	498,9027	497,3475	456,4	443,31	42,5027	54,03745	44,83	57,92	0	0	4843,10 C.R.P + V.F No. 2
179A	191	153,367	26	0,792689	1"	1,195	160	0,639	0,883096	4,622293	443,31	438,6877	443,31	409,19	0	29,49771	0	34,12	0	0	4992
191	201	218,36	37	0,664425	3/4"	0,926	250	0,335	0,77102	6,899873	438,6877	431,7878	409,19	403,94	29,49771	27,84783	34,12	39,37	0	0	5204
<b>RAMAL 1</b>																					
191	192A	103,6798	18	0,402985	3/4"	0,926	250	0,172	0,395867	0,954458	438,6877	437,7332	409,19	383,81	29,49771	53,92325	34,12	25,38	0	0	5092,66 C.R.P + V.F No. 3
192A	195	183,6902	31	0,449587	3/4"	0,926	250	0,1675	0,38551	1,610084	383,81	382,1999	383,81	329,48	0	52,71992	0	79,71	0	0	5271
<b>RAMAL 1</b>																					
179	180	71,07	12	0,741931	1"	1,195	160	1,01	1,395816	4,996085	498,9027	493,9066	456,4	448	42,5027	45,90662	44,83	53,23	0	0	4862 C.R.P + V.F No. 4
180	186	221,45	37	0,596834	1"	1,195	160	0,335	0,462969	2,020959	448	445,979	448	388,58	0	57,39904	0	59,42	0	0	5077
<b>RAMAL 1</b>																					
180	203	146,26	25	0,813005	1"	1,195	160	0,762	1,053081	6,105078	448	441,8949	448	408,16	0	33,73492	0	39,84	0	0	4864
203	204	25,75	5	0,540294	1"	1,195	160	0,664	0,917646	0,833177	441,8949	441,0617	408,16	402,12	33,73492	38,94175	39,84	45,88	0	0	5029 C.R.P + V.F No. 5
204	209	348,14	59	0,909967	1"	1,195	160	0,64	0,884478	10,52291	402,12	391,5971	402,12	362,45	0	29,14709	0	39,67	0	0	5367
209	211	136,99	23	0,639364	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	2,864662	391,5971	388,7324	362,45	374,2	29,14709	14,53243	39,67	27,92	0	0	5500
<b>RAMAL 1</b>																					
209	212	77,25	13	0,455376	1"	1,195	160	0,268	0,370375	0,466548	391,5971	391,1305	362,45	340,38	29,14709	50,75054	39,67	61,74	0	0	5442 C.R.P + V.F No. 6
212	214	110,21	19	0,569783	1"	1,195	160	0,268	0,370375	0,865609	340,38	339,7144	340,38	315,85	0	23,86439	0	24,53	0	0	5549
214	214A	81,8953	14	0,447155	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	1,712551	339,7144	338,0018	315,85	280,38	23,86439	57,62184	24,53	60	0	0	5628,51 C.R.P + V.F No. 7
214A	221	488,7247	82	0,652746	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	10,21995	280,38	270,16	280,38	224,27	0	45,89005	0	56,11	0	0	6103
		2960,22																			

Continuación de la tabla IV.

RAMAL 2																				
124										548,27		548,27	0	0	4 359	T.D				
124	147	113,3	19	0,880597	1 1/2"	1,754	160	0,836	0,536278	0,8662	548,27	547,4038	548,27	523,44	0	23,9638	0	24,83	4 469	
147	148	57,68	10	0,676791	1 1/2"	1,754	160	0,836	0,536278	0,440974	547,4038	546,9628	523,44	501,85	23,9638	45,11283	24,83	46,42	4 525	C.R.P + V.F No. 8
148	151	152,44	26	0,432957	3/4"	0,926	250	0,134	0,308408	0,884256	501,85	500,9657	501,85	466	0	34,96574	0	35,85	4 673	
148	152	70,04	12	0,730995	1"	1,195	160	0,738	1,019913	2,755493	501,85	499,0945	501,85	471,67	0	27,42451	0	30,18	4 592	
152	156	173,04	29	0,514062	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	3,61852	499,0945	495,476	471,67	435,52	27,42451	59,95599	30,18	66,33	4 761	
152	158	59,74	10	0,552349	1"	1,195	160	0,442	0,610842	0,910427	499,0945	498,1841	471,67	460,06	27,42451	38,12408	30,18	41,79	4 651	
158	159	44,29	8	0,451019	1"	1,195	160	0,369	0,509957	0,483341	498,1841	497,7007	460,06	442,58	38,12408	55,12074	41,79	59,27	4 694	C.R.P + V.F No. 9
159	162	165,83	28	0,614239	1"	1,195	160	0,32	0,442239	1,390399	442,58	441,1896	442,58	407,04	0	34,1496	0	35,54	4 855	
162	163	57,68	10	0,430072	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	1,206173	441,1896	439,9834	407,04	390,67	34,1496	49,31343	35,54	51,91	4 911	C.R.P + V.F No. 10
163	165	130,81	22	0,511187	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	2,735429	390,67	387,9346	390,67	341,28	0	46,65457	0	49,39	5 038	
165	166	30,9	6	0,371208	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	0,646164	387,9346	387,2884	341,28	332,51	46,65457	54,77841	49,39	58,16	5 068	C.R.P + V.F No. 11
166	167	55,62	10	0,498477	3/4"	0,926	250	0,268	0,616816	1,163096	332,51	331,3469	332,51	308,77	0	22,5769	0	23,74	5 122	
		1111,37																		
RAMAL 3																				
124											548,27		548,27	0	0	4 359	T.D			
124	129	140,08	24	0,752447	1"	1,195	160	0,491	0,67856	2,593139	548,27	545,6769	548,27	523,6	0	22,07686	0	24,67	4 495	
129	131	151,41	26	0,370501	1/2"	0,716	315	0,1	0,384961	1,788376	545,6769	543,8885	523,6	501,43	22,07686	42,45849	24,67	46,84	4 642	
129	133	189,52	32	0,669086	1"	1,195	160	0,369	0,509957	2,068249	545,6769	543,6086	523,6	510,82	22,07686	32,78861	24,67	37,45	4 679	
133	135	32,96	6	0,448317	1"	1,195	160	0,369	0,509957	0,359695	543,6086	543,2489	510,82	501	32,78861	42,24892	37,45	47,27	4 711	C.R.P + V.F No. 12
135	136	30,9	6	0,563209	1/2"	0,716	315	0,369	1,420506	4,085653	501	496,9143	501	487,85	0	9,064347	0	13,15	4 741	
136	137	31,93	6	0,297671	1/2"	0,716	315	0,067	0,257924	0,17978	496,9143	496,7346	487,85	484	9,064347	12,73457	13,15	17	4 772	
136	139	110,21	19	0,547926	1"	1,195	160	0,295	0,407689	0,794952	496,9143	496,1194	487,85	461,47	9,064347	34,6494	13,15	39,53	4 848	
139	140	30,9	6	0,237861	1/2"	0,716	315	0,067	0,257924	0,173981	496,1194	495,9454	461,47	458,86	34,6494	37,08541	39,53	42,14	4 878	
139	142	70,04	12	0,432371	3/4"	0,926	250	0,2345	0,539714	1,144051	496,1194	494,9753	461,47	449,43	45,54534	39,53	51,57	4 916		
142	145	64,89	11	0,420399	1/2"	0,716	315	0,2345	0,902733	3,70891	494,9753	491,2664	449,43	445,38	45,54534	45,88643	51,57	55,62	4 979	
142	143	11,33	2	0,213419	1/2"	0,716	315	0,1	0,384961	0,133824	494,9753	494,8415	449,43	446,38	45,54534	48,46152	51,57	54,62	4 927	
		864,17																		
			76,22																	

\*NOTA 1: la longitud L esta incrementada en un 3% por factor de ondulacion  
\*\*NOTA 2: la tubería esta redondeada a un multiplo superior

Fuente: elaboración propia.

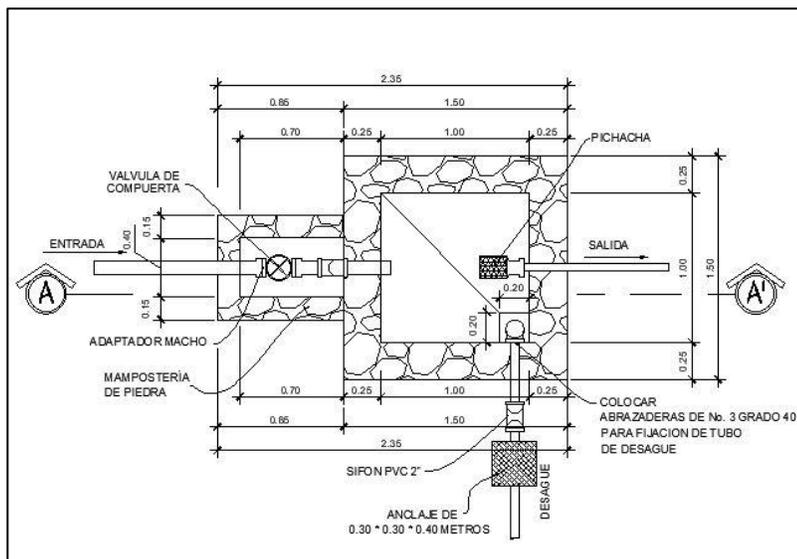
### 2.3.11. Obras hidráulicas

También son llamadas obras de arte. Se utilizan en el recorrido de la tubería, según la necesidad que se presente en cualquier punto que pueda afectar al sistema hidráulico, entre las obras hidráulicas se utilizaron las siguientes.

### 2.3.11.1. Caja rompe presión

Su función fue la de bajar la presión de la tubería en donde se tenían presiones y velocidades muy altas debido a las pendientes que se presentaban. Las dimensiones mínimas serán las que permitan la maniobra de flotador y demás accesorios.

Figura 10. Planta caja rompe presión

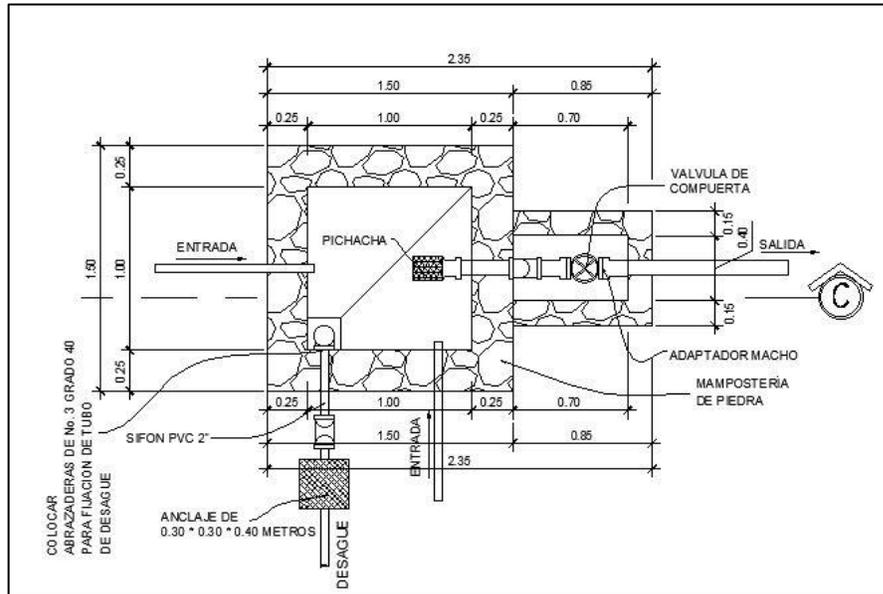


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.3.11.2. Caja reunidora de caudal

Es la caja que se utilizan, para reunir, dos o más caudales previamente captados. Su capacidad será de acuerdo al número de fuentes a reunir. En este caso será para reunir 3 fuentes y al caudal de cada uno de ellas.

Figura 11. **Planta caja reunidora de caudales**

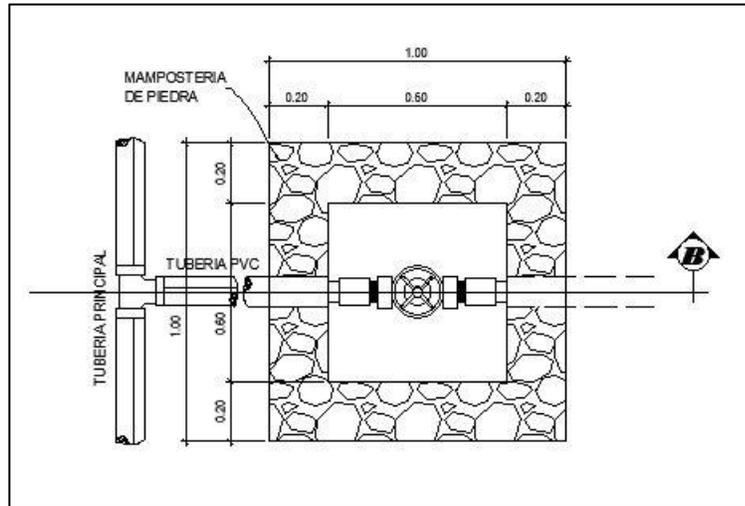


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.3.11.3. **Caja válvula de limpieza**

Estructura que se colocó en las partes con grandes depresiones y servirá para la protección de la válvula de limpieza. Se hará de mampostería de piedra, sus muros tendrán un espesor de 0,20 m y la losa y tapadera de concreto reforzado. La válvula será de bronce y adaptada para tubería y accesorios de PVC. Servirá para eliminar el aire que pueda acumular la línea de conducción.

Figura 12. **Planta caja válvula de limpieza**

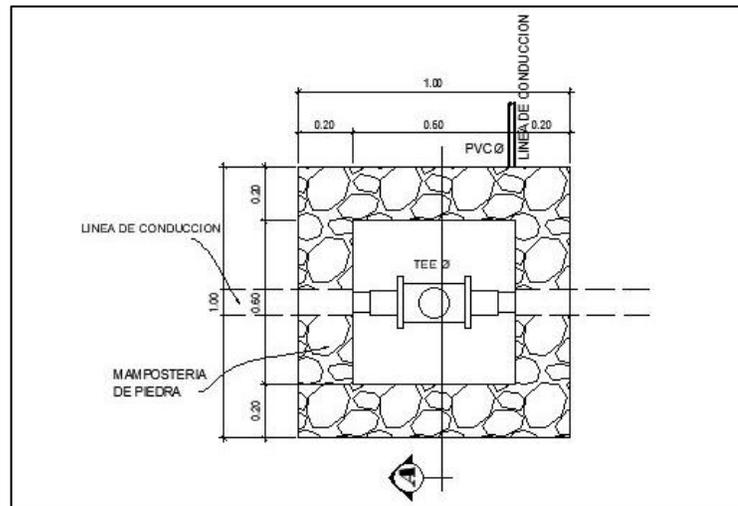


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

#### **2.3.11.4. Caja de válvula de aire**

Estructura que se colocó en la línea de conducción después de una depresión y, en la parte más alta o donde el diseño hidráulico lo indicó, servirá para la protección de la válvula de aire tipo ventosa. Esta se hará de mampostería de piedra, los muros con un espesor de 0,20 m y la losa y tapadera de concreto reforzado. La válvula será de bronce y adaptada para tubería y accesorios de PVC y servirá para eliminar el aire que pueda acumular la línea de conducción.

Figura 13. **Planta caja válvula de aire**

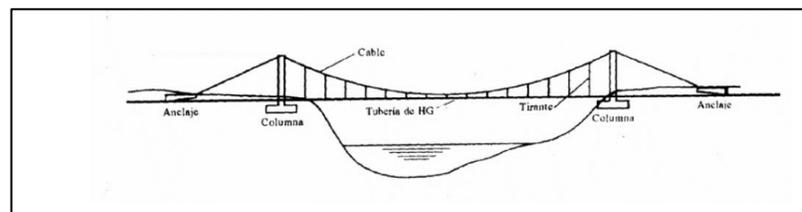


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.3.11.5. **Pasos elevados y de zanjón**

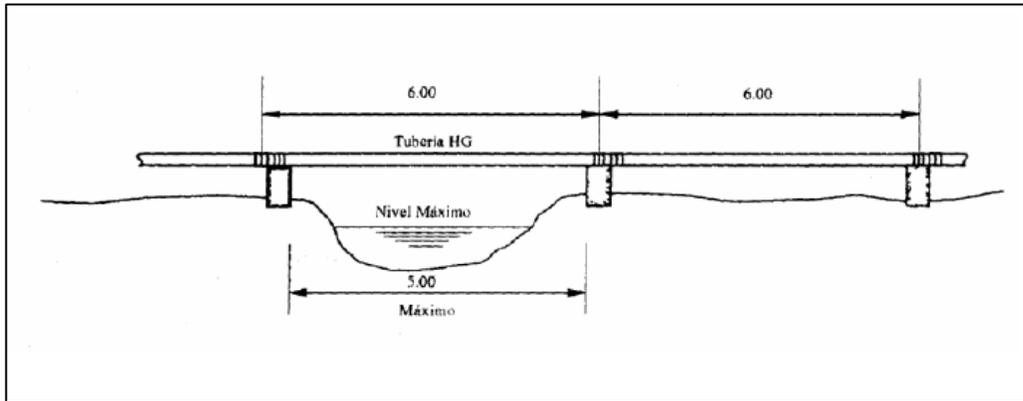
Estas obras tienen como función librar el paso de los diferentes riachuelos y pasos de agua temporales. En este proyecto se utilizaron para los riachuelos y pasos de agua de menor caudal, pasos de zanjón y para los de mayor caudal se colocaron pasos aéreos.

Figura 14. **Paso elevado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 15. Paso de zanjón



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Se presenta el diseño de un paso elevado de 30 metros de longitud ubicado en E-34 a E-35, utilizando los siguientes datos: 2,5 m alto.

Longitud de claro: 30 mts

Tubería: 1 1/2 pulgada de HG tipo liviano

Peso de tubo: 2,72 lb/ft

Peso específico del agua: 62,40 lb/ft<sup>3</sup>

- Cargas verticales

- Carga muerta:  $C_m = \text{eso}_{\text{tubo}} + \text{Peso}_{\text{agua}}$

$$C_m = \frac{\pi}{4} * \left(2 * \frac{1}{12}\right)^2 * 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_m = 1,36 \text{ lb/ft}$$

- Carga viva. Se asumirá que una persona podría cruzar apoyándose en la tubería:

$$cv = \frac{175 \text{ lb}}{20 \text{ ft}} = 8,75 \text{ lb/ft}$$

- Cargas horizontales

Se toma en cuenta únicamente la acción del viento. Se asumirá una velocidad del viento de 70 km/h con una presión de 20 lb/ft<sup>2</sup>.

$$W = \phi_{tub} * Presión_{viento} = \left(\frac{2}{12}\right) * 20 \text{ lb/ft}^2$$

$$W = 3,33 \text{ lb/ft}$$

- Integración de cargas:

Para la integración de cargas se utilizará la formula dada según ACI 318-99.

$$U = 0,75 (1,4 Cm + 1,7 Cv + 1,7 W)$$

$$U = 0,75 (1,4 (1,36) + 1,7 (8,75) + 1,7 (3,33))$$

$$U = 16,83 \text{ lb /ft}$$

$$1,4 Cm + 1,7 Cv$$

$$1,4 (1,36) + 1,7 (8,75) = 16,78 \text{ lb/ft}$$

Se tomará como carga última el mayor

$$CU = 16,78 \text{ lb/ft}$$

- Tensión del cable

La tensión del cable se calculará de la siguiente manera:

$$T_H = \frac{U * l^2}{8 * d}$$

$$T = T_H * \left(1 + \frac{16 * d^2}{l^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$T_v = (T^2 - T_H^2)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

U = carga última

$T_H$  = tensión horizontal

T = tensión máxima

$T_v$  = tensión vertical

l = luz (pie)

d = flecha

Se utilizará cable de 3/8" de diámetro con un esfuerzo de ruptura de 12 620 lbs y un peso de 0,22 lb/ft.

$$Cm = Cm_{inicial} + Peso_{cable} = 1,36 + 0,22 = 1,58 \text{ lb/ft}$$

Tensiones del cable:

Para la flecha se utilizará la relación  $l/12$

$$d = l/12$$

Donde:

$d$  = flecha

$l$  = luz del paso aéreo

$$d = 2,5 \text{ mts}$$

$$T_H = \frac{16,83 * 98,4^2}{8 * 2,5} = 8\ 147,87 \text{ lb}$$

$$T = 8\ 147,87 * \left( 1 + \frac{16 * 2,5^2}{98,4^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 8\ 189,84 \text{ lb}$$

$$T_v = (8\ 189,84^2 - 8\ 147,87^2)^{\frac{1}{2}} = 828,06 \text{ lb}$$

El cable de  $\varnothing 3/8$ " con un esfuerzo de ruptura de 12 620 lbs. Sí soportará la tensión máxima de 8 189,84 lbs.

- Péndolas o tirantes:

Las péndolas o tirantes tendrán una separación de 2,5 mts entre sí, los cuales soportarán una carga igual a los siguientes:

$$Q_p = U * Separación_{péndolas}$$

$$Q_p = 16,83 * 8,20 = 138,00 \text{ lb}$$

Las péndolas se construirán con cable Ø 1/4" con una resistencia de ruptura de 3 600 lbs.

Para calcular la longitud de cada péndola se utiliza la ecuación de Wire Rope Hand Book, que se muestra a continuación:

$$Y = \frac{UX(L - X)}{2 TH}$$

Donde:

U = carga última = 25,04 kg/m

X = separación de péndolas = 2,5 m

L = luz = 30 m

Y = variación de flecha

TH = tensión horizontal = 3 695,81 kg

Tabla V. **Altura de péndolas**

X (m)	L-X (m)	Y (m)	Cantidad de péndolas	Alturas péndola (m)	Longitud de Péndola (m)
3,50	26,50	0,31	2	2,29	4,57
6,00	24,00	0,49	2	2,11	4,22
8,50	21,50	0,62	2	1,98	3,96
11,00	19,00	0,71	2	1,89	3,78
13,50	16,50	0,75	2	1,85	3,69
16,00	14,00	0,76	2	1,84	3,68
				Σ	23,91

Fuente: elaboración propia.

La longitud de las péndolas debe incrementarse un 15 % a la longitud total, ya que van sujetas al cable principal por medio de accesorios. Longitud total de cable para péndolas = 23,91 m + 3,58 = 27,49 m.

- Columnas de soporte

La esbeltez en una columna está en función de la luz libre y su dimensión transversal, llamada radio de giro, que están en función de la inercia y del área. Por lo tanto, un parámetro que determina la esbeltez de una columna es  $(L/r)$ , sin embargo esta relación es válida si  $L$  es igual a la distancia de dos puntos de inflexión, que en caso general no será igual a la luz libre, por lo que se considera una longitud efectiva  $(L_e) = KLu$ , que es proporcional a la luz libre en donde  $K$  es un factor que depende de lo siguiente:

- El tipo de apoyo que tiene la columna, que no será simplemente apoyada ni un empotramiento perfecto, para el caso general.
- Si la columna tiene posibilidades de ladeo, es decir una columna no contra venteadada. Por lo contrario, la columna puede tener elementos que le impidan el ladeo, siendo este caso una columna contra desplazamiento lateral.
- Por lo tanto, si  $E < 21$ , se diseña como columna corta y se utilizan los datos originales del análisis estructural. Si  $21 \leq E \leq 100$ , se diseña como columna intermedia y se deberá magnificar los momentos actuantes. Si  $E > 100$  será una columna larga y, por lo tanto, no se construye.

$$E = \frac{2 * lu}{r}$$

$$r = \left(\frac{I}{A}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

E = esbeltez

lu = longitud libre de columna

r = radio de giro

I = inercia

A = área

Datos:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = bh^3/12$$

$$\text{Longitud libre} = 2,60 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total} = 2,60 \text{ m} + 1 \text{ m} = 3,60 \text{ mts}$$

Sustituyendo:

$$r = \left(\frac{0,4^4/12}{0,4^2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,12$$

$$E = \frac{2 * 2,60}{0,115} = 45,02$$

Dado que  $E > 21$  se tiene una columna intermedia y se clasifica como una columna esbelta.

Se hallará la carga crítica (Pcr) y se tiene un extremo libre y otro empotrado. Se utilizará la ecuación de Euler con un factor de pandeo a 2.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(k * lu)^2}$$

Donde:

Pcr = carga crítica

E = módulo de Young (15 100 f'c<sup>2</sup>)

I = inercia

k = factor de pandeo (2)

lu = longitud libre de la columna

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 15\ 100 * \sqrt{210} * 40^4 / 12}{(2 * 260)^2} * \left(\frac{1}{1\ 000}\right)$$

$$P_{cr} = 1\ 703,88 \text{ Toneladas}$$

- Refuerzo de la columna:

La columna únicamente trabajará una carga axial de 828,06 lbs. (Tv), la cual es mucho menor de la que realmente puede soportar (Pcr). Por lo que, el diseño estará conforme al código ACI 318-99 sección 10.8.4, donde dice que, para la condición de carga requerida de un elemento a compresión, si se tiene una sección transversal mayor de la requerida se podrá utilizar el área efectiva reducida, Ag, no menor que el 1 % de la mitad del área total para determinar el refuerzo mínimo y la resistencia de diseño.

Entonces:

$$AS_{min} = 0,01 * \frac{40^2}{2}$$

$$AS_{min} = 8 \text{ cm}^2$$

4 varillas de acero número 4 y 4 varillas de acero número 3 con estribos número 3 espaciados, según ACI 318S-05, se tendrá un área de acero como la siguiente::

$$4 \text{ núm. 4} + 4 \text{ núm. 3} = 4 * 1,27 + 4 * 0,71 = 8 \text{ cm}^2$$

Una carga última de esta manera:

$$Pu = \phi (0,85 f'c (Ag - As) + As * Fy)$$

$$Pu = 0,70 (0,85 * 210 (1\ 600 - 8) + 8 * 2\ 810) = 214,65 \text{ Toneladas}$$

$Pu < Pcr$  es suficiente para que soporte la carga axial a la cual estará sometida la columna.

Para los estribos se usará acero núm. 3 @ 20 cm.

Zapatatas:

Se asumirá un peralte de 20 cms y un recubrimiento de 7,5 cm con una dimensión de 1,00 \* 1,00 \* 1,00 mts.

Factor de carga última (Fcu):

$$Fcu = \frac{U}{Cm + Cv}$$

$$Fcu = \frac{16,83 \text{ lb/ft}}{1,58 + 8,75}$$

$$Fcu = 1,63$$

Integración de cargas:

$$\text{Tensión vertical} = 1,03/2 = 0,52 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de la columna} = 2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 2,60\text{m} * 0,16 \text{ m}^2 = 0,10 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso del suelo} = 1,8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 1\text{m} * 1\text{m}^2 = 1,8 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso propio} = 2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 1\text{m} * 1\text{m}^2 = 2,4 \text{ ton}$$

$$\text{Total de cargas que actúan bajo la zapata (Pz)} = 4,82 \text{ ton}$$

Se deberá cumplir que el  $PZ/Az^2 < \text{Valor soporte del suelo (8 ton/m}^2\text{)}$

$$\frac{Pz}{Az^2} = \frac{4,82}{1^2} = 4,82 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 8 \text{ ton/m}^2$$

La carga última soportada por la zapata será:

$$Cu = 3,90 \text{ ton/m}^2 * Fcu$$

$$Cu = 3,90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 1,63 = 6,35 \text{ ton/m}^2$$

Verificación corte simple:

$$\text{Peralte (d)} = 20 - 7,5 = 12,5 \text{ cm,}$$

$$e = 100 - 12,50 = 87,50 \text{ cm}$$

Corte actuante:

$$V_a = C_u * \text{ancho zapata} * e$$

$$V_a = 6,35 * 1 * 0,87 = 5,52 \text{ ton}$$

Corte resistente:

$$V_c = 0,85 * 0,53 f'c^{\frac{1}{2}} b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} * 100 * 12,5 * \frac{1}{1000} = 8,16$$

Si cumple que  $V_a < V_c$

Verificación del corte punzonante:

Corte punzonante actuante:

$$V_a = C_u (A_z - A_{pz})$$

$$V_a = 6,35(100^2 - (0,30 + 0,1250)^2) = 6,35 \text{ Ton}$$

Corte punzonante resistente:

$$V_c = 0,85 * Per_{punz} * d * 1,07 * \sqrt{f'c}$$

$$V_c = 0,85 * (4 * (30 + 12,50)) * 12,5 * 1,07 * \sqrt{210} * \frac{1}{1\,000} = 28 \text{ Ton}$$

Si cumple  $V_a < V_c$

Cálculo acero:

$$M_u = \frac{C_u * l}{2} = \frac{6,35((1,00 - 0,40)/2)^2}{2} * 1\,000 = 285,75 \text{ kg} - m$$

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 f'c}} \right] * \frac{0,85 f'c}{f_y}$$

$$A_s = \left[ 100 * 12,5 - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{285,75 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

$$A_s = 0,91 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 bd = 0,002 * 100 * 12,5 = 2,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * d$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \left[ 0,85 * 0,85 * \left( \frac{f'c}{f_y} \right) * \left( \frac{6\,090}{6\,090 + f_y} \right) * b * d \right]$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \left[ 0,85 * 0,85 * \left( \frac{210}{2\,810} \right) * \left( \frac{6\,090}{6\,090 + 2\,810} \right) * 100 * 12,5 \right]$$

$$A_{s_{max}} = 23,09$$

El acero mínimo es mayor que el acero requerido. Se procede a reforzar con acero mínimo.

Varillas 7 núm. 4 @ 0,15 en ambos sentidos

- Anclajes:

Estos tendrán unas dimensiones de 1,5\*1,5\*0,75 mts.

Tensiones del cable principal:

$$T_H = 8\,147,87\,lb = 3\,695,81\,kg$$

$$T = 8\,189,84\,lb = 3\,714,40\,kg$$

$$T_v = 828,06\,lb = 375,60\,kg$$

Chequeo de empuje:

$$E = \frac{1}{2} * Wh^2 * \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi} * a$$
$$E = \frac{1}{2} * 1\,600 * 1,5^2 * \frac{1 + \text{sen}30}{1 - \text{sen}30} * 1,5 = 8\,100\,kg$$

Fuerza que mantendrá fijo el anclaje:

$$F = 0,5 * (W_{ciclopeo} - Tv)$$

$$W_{ciclopeo} = \text{Volúmen} * \text{peso esp. Cc.}$$

Donde:

Wc = peso concreto ciclópeo

Tv = tensión vertical

$$W_{Ciclopeo} = 1,5^3 * 2\,500 \frac{kg}{m} = 8\,437,50kg$$

$$F = 0,5 * (8\,437,50 - 375,60) = 4\,030,95 kg$$

Chequeo por deslizamiento:

$$\frac{E + F}{F_H} \geq 1,5$$

$$\frac{8\,100 + 4\,030,95}{3\,695,81} = 3,28 > 1,5 \rightarrow ok$$

Chequeo por volteo:

$$\frac{\Sigma \text{ Momentos Resistentes}}{\Sigma \text{ Momentos Actuantes}} \geq 1,5$$

$$\frac{E(h/3) + W(h/2)}{Tv * (\frac{h}{2}) + T_H * h} = \frac{(8\,100 * \frac{1,5}{3}) + 8\,437,50(\frac{1,5}{2})}{375,60 * (\frac{1,5}{2}) + 3\,695,81 * 1,5} = 1,78 > 1,5 \rightarrow ok$$

### 2.3.11.6. Anclajes de tubería

Son obras de mampostería de piedra que se utilizan para sujetar la tubería de conducción en pendientes pronunciadas, curvas con ángulos cerrados y en descargas de los desagües.

### 2.3.12. Tuberías

La mayoría de las tuberías serán de PVC y estarán a una profundidad de 0,8 m y con excavación de zanjas de 0,4 m de ancho para la instalación.

Después de que se hagan las pruebas respectivas de la tubería se tendrá que rellenar con el material extraído.

### 2.3.13. Desinfección

Para este proyecto se utilizará equipo especial para desinfectar el agua, con pastillas de hipoclorito de calcio. Dichas tabletas existen de 200 gramos con una solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador. Estas tabletas se disuelven en agua en reposo.

Para determinar la cantidad de litros a mezclar se utilizará el caudal de conducción durante un día en la siguiente ecuación:

$$G_t = \frac{C * M * D}{\%CL}$$

Donde:

$G_t$  = gramos tricloro

C = miligramos por litro (0,07-0,15)

M = litros de agua por día

D = número de días

%CL = concentración de cloro

$$G_t = \frac{0,0012 * 171,617 * 30 \text{ días}}{0,90} = 6\ 864,68 \text{ gramos de tricloro} \approx 35 \text{ pastillas}$$

### 2.3.14. Presupuesto del proyecto

Se realizó un presupuesto con los precios unitarios. Los precios de materiales se cotizaron en el área del municipio de San Pedro Nécta. Los costos indirectos son los que manejan en la municipalidad.

Tabla VI. Presupuesto final

DOTACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
UBICACIÓN: CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL, SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

RENGLONES DE TRBAJO

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1	Reolanteo Topográfico	9547,00	ml	Q1,97	Q18 779,81
2	Zanjeo en línea de conducción y distribución	9547,00	ml	Q65,93	Q629 470,03
3	Relleno de zanja en línea de conducción y distribución	9547,00	ml	Q40,67	Q388 240,28
<b>Total trabajos preliminares =</b>					Q1 036 490,13
<b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN</b>					
4	Captación típica	3	Unidad	Q 20 954,20	Q 62 862,60
5	Caja reunidora de caudales	3	Unidad	Q 21 486,10	Q 64 458,29
6	Caja rompe presión sin valvula de flote	12	Unidad	Q 27 722,15	Q 332 665,77
7	Caja y válvulas de aire	9	Unidad	Q 9 208,19	Q 82 873,74
8	Caja y válvulas de limpieza	9	Unidad	Q 5 795,81	Q 52 162,31
9	Construcción paso aéreo de 30 mts	3	Unidad	Q 23 029,62	Q 69 088,86
10	Construcción paso aéreo de 18 mts	4	Unidad	Q 30 856,84	Q 123 427,37
11	Paso de zanjón	1	Unidad	Q 8 931,12	Q 8 931,12
12	Construcción Tanque de distribución de concreto ciclopeo de 70r	1	Unidad	Q 262 696,83	Q 262 696,83
13	Instalación tubería 2 1/2" PVC 160 PSI	2933,44	ml	Q 33,77	Q 99 048,67
14	Instalación tubería 2 " PVC 160 PSI	1431,7	ml	Q 41,81	Q 59 860,22
15	Instalación de tubería 1 1/2 " PVC 160 PSI	590,19	ml	Q 32,14	Q 18 971,16
16	Instalación de tubería 1 " PVC 160 PSI	2024,47	ml	Q 20,46	Q 41 422,51
17	Instalación de tubería 3/4 " PVC 250 PSI	1978,63	ml	Q 16,20	Q 32 046,22
18	Instalación de tubería 1/2 " PVC 315 PSI	538,69	ml	Q 13,61	Q 7 333,89
19	Hipoclorador de tabletas	1	Unidad	Q 8 840,00	Q 8 840,00
20	Caja rompe presión con válvula de flote	6	Unidad	Q 14 192,96	Q 85 157,75
<b>Total de línea de conducción y distribución =</b>					Q 1 411 847,32
<b>SISTEMA DOMICILIAR</b>					
24	Conexión domiciliar	137	Unidad	Q 1 926,00	Q 263 861,33
<b>Total de sistema domiciliar =</b>					Q 263 861,33
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO =</b>					Q2 712 198,78

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.14.1. Precios unitarios

A continuación, se presenta un ejemplo del factor de ayudante, prestaciones y desglose de la integración del precio unitario trabajado para el sistema de agua potable.

Tabla VII. **Desglose costos Indirectos**

COSTOS INDIRECTOS	
Administración	4 %
Gastos Generales	4 %
Fianzas	2 %
Imprevistos	4 %
Unidad	16 %
Total	30 %

Fuente: elaboración propia.

- **Factor ayudante**

Es un factor que dependerá de la tarea a realizar. Este es directamente proporcional al número de ayudantes que acompañan la mano de obra calificada.

En muchas de las actividades en la construcción se usa un ayudante para dos albañiles. También si la tarea requiere de mayor cuidado se recomienda un ayudante para cada albañil, con base en esto se calcula el factor ayudante. Se debe saber el salario diario de cada uno. Para este proyecto se utilizará el salario mínimo según lo establece el Ministerio de Trabajo.

- Salario mensual + bonificaciones incentivo:

$$\blacksquare \quad Q 2\,742,37 + Q 250,00 = Q \quad 2\,992,37$$

- Salario diario:  $Q 2\,992,37 / 30 \text{ días} = Q 99,75$
- Dos albañiles-un ayudante

Se obtiene el total de dinero pagado a los ayudantes y se divide en el total de dinero pagado a los albañiles.

$$2 \text{ albañiles} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 175,00 = Q 350,00$$

$$1 \text{ ayudante} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 99,75 = Q 99,75$$

$$\text{Ahora se divide } Q 99,75 / Q 350,00 = 0,28$$

Tres albañiles-un ayudante

Se obtiene el total de dinero pagado a los ayudantes y se divide en el total de dinero pagado a los albañiles.

$$3 \text{ albañiles} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 175,00 = Q 525,00$$

$$1 \text{ ayudante} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 99,75 = Q 99,75$$

$$\text{Ahora se divide } Q 99,75 / Q 375,00 = Q 0,19$$

Se tienen dos factores. Para este proyecto se utiliza el promedio de estos dos factores, es decir  $(0,28 + 0,19) = 0,47$ . Este factor se utilizará para el cálculo de mano de obra.

- Prestaciones

Tabla VIII. **Días con goce de sueldo**

<b>Días con goce de sueldo</b>		
1	Días de goce de sueldo	
2	domingos	52
3	sábados	26
4	1° de enero	1
5	jueves santo	1
6	viernes santo	1
7	sabado santo	1
8	1° de mayo	1
9	30 de junio	1
10	15 de septiembre	1
11	20 de octubre	1
12	1° de noviembre	1
13	24 de diciembre	0,5
14	31 de diciembre	0,5
15	de fiesta (feriado)	1
16	vacaciones	15
	total de días no trabajado	104

Fuente: elaboración propia.

- Días de trabajos realizados

$$365 - 104 = 261 \text{ días}$$

Tabla IX. **Prestaciones extras**

<b>prestaciones extras</b>	
aguinaldo	30
bono 14	30
indemnización	30
Total días extras	90

Fuente: elaboración propia.

- Total de días a pagar como prestaciones
  - $104 + 90 = 194$  días
  
- Porcentaje de prestaciones laborales
  - $(194/261)*100 = 74 \%$
  
- Total de prestaciones a pagar =  $74 \% + 10,67 \% = 84,67 \%$

Tabla X. **Cuantificación replanteo topográfico**

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>Replanteo topografico</b>	m.l.	1	Q 1,97	<b>Q 1,97</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Estacas	libra	0,029	Q 10,00	Q 0,29000
pintura	galon	0,0001	Q 90,00	Q 0,01
Clavos de lamina	UNIDAD	0,008	Q 7,00	Q 0,06
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -
Total de materiales con IVA				<b>Q 0,36</b>
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				<b>Q 0,32</b>
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Equipo topográfico	0,001	día	Q 250,00	Q 0,25
				Q -
Total de Equipo y maquinaria con IVA				<b>Q 0,25</b>
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA				<b>Q 0,22</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Topógrafo	día	0,001	Q 150,00	Q 0,15
cadenero (2)	día	0,001	Q 100,00	Q 0,20
				Q -
				Q -
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 0,35</b>
		AYUDANTE	47%	Q 0,16
		PRESTACIONES	84,67%	Q 0,30
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 0,81</b>
Herramienta (3% M.O)			3%	Q 0,02
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles)				<b>Q 1,35</b>
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas +			30%	Q 0,41
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 1,76</b>
IVA			12%	Q 0,21
<b>TOTAL</b>				<b>Q 1,97</b>

Fuente elaboración propia.

### 2.3.14.2. Cronograma de actividades e inversión financiera

En la siguiente tabla se encuentra el tiempo estimado de ejecución del proyecto y el costo estimado por cada mes.

Tabla XI. Cronograma de actividades e inversiones financieras

DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN CONTRACTUAL (meses)																								COSTO POR RENGLÓN	% POR RENGLÓN	
	1er. Mes				2do. Mes				3er. Mes				4to. Mes				5to. Mes				6to. Mes						
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV			
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>																											
1 Replanteo Topográfico	■																								Q	16 544,41	0,61%
2 Zanjeo en línea de conducción y distribución																									Q	236 503,73	8,72%
3 Relleno de zanja en línea de conducción y distribución																									Q	162 189,49	5,98%
<b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN</b>																											
5 Captación típica	■																								Q	115 539,67	4,26%
6 Caja reunidora de Caudales																									Q	61 295,69	2,26%
7 Caja rompe presión si válvula de flote																									Q	95 198,18	3,51%
8 Caja y válvula de aire																									Q	95 198,18	3,51%
9 Caja y válvula de limpieza																									Q	68 889,85	2,54%
10 Construcción paso Aéreo de 30 mts.																									Q	59 125,93	2,18%
11 Construcción paso Aéreo de 18 mts.																									Q	106 589,41	3,93%
12 Paso de Zanjón																									Q	58 312,27	2,15%
13 Construcción tanque de distribución de concreto ciclopeo de 70 m3																									Q	459 175,25	16,93%
14 Instalación de tubería Ø 2 1/2" PVC 160 PSI																									Q	221 044,20	8,15%
15 Instalación de tubería Ø 2" PVC 160 PSI																									Q	84 078,16	3,10%
16 Instalación de tubería Ø 1 1/2" PVC 160 PSI																									Q	49 633,24	1,83%
17 Instalación de tubería Ø 1" PVC 160 PSI																									Q	58 854,71	2,17%
18 Instalación de tubería Ø 3/4" PVC 250 PSI																									Q	62 109,35	2,29%
19 Instalación de tubería Ø 1/2" PVC 315 PSI																									Q	27 393,21	1,01%
20 Caja rompe presión con válvula de flote																									Q	249 522,29	9,20%
21 Construcción de sistema de cloración																									Q	21 697,59	0,80%
<b>SISTEMA DOMICILIAR</b>																											
23 Conexión Domiciliar																									Q	403 303,96	14,87%
<b>24 INVERSIÓN MENSUAL APROXIMADA</b>	Q	311 902,86	Q	535 930,48	Q	840 781,62	Q	515 317,77	Q	325 463,85	Q	182 802,20	Q	403 303,96	Q	2 712 198,78	100,00%										
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>																									Q	2 712 198,78	

Fuente: elaboración propia.

#### 2.3.14.2.1. Especificaciones técnicas

- Trabajos preliminares

Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos en la obra con el objeto de eliminar toda clase de vegetación y material indeseable.

El chapeo consiste en la remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que estén dentro de los límites de la obra con el fin de

realizar y facilitar los trabajos de obra civil. Este trabajo también incluye la debida preservación de la vegetación que deba conservarse, a efecto de evitar daño en la obra y la propiedad privada.

Previamente, se designarán los límites del área de limpieza y chapeo, si no se indica en algún documento con el objeto de evitar daños a la propiedad privada. Así también evitar degradación ecológica. Se deberá indicar qué vegetación se tendrá que respetar, lo mismo que preservación de árboles aun estando dentro del área de los trabajos, para que no sea obstáculo para llevarlas a cabo.

Cuando la limpieza y chapeo se produzca material indeseable, se dispondrá de este en sitios adecuados, procediendo a su incineración o entierro. Cuando la alternativa sea incinerar los desechos, se deberá velar porque esta operación se efectúe en forma apropiada para evitar la propagación del fuego. Los sitios de disposición serán consultados a los propietarios de los terrenos donde se localicen las zonas de disposición, así también obtener la autorización respectiva de manera escrita. Se deberá tener especial cuidado con la disposición de estos desechos para que se haga en zonas donde no ocasionen posteriormente contaminación.

- Replanteo topográfico

Para el trazo y nivelación es imprescindible tener un control topográfico de primer orden para la alineación y nivelación durante el caminamiento, al mismo tiempo, dejar establecidas estacas en donde pasará la red. El punteado deberá realizarse con madera de primera calidad o según condiciones. Para tener una mejor perspectiva de la alineación de zanja se deberá rayar con cal de segunda calidad el ancho de zanja y rectificar con teodolito la alineación de la misma. En

campo se deberá exponer al supervisor de la obra quien podrá reubicar de forma técnica toda obra de arte. De existir un cambio con lo indicado en planos por circunstancias ajenas al contratista.

- Zanjeo en línea de conducción y distribución

Comprende la limpia, chapeo y destronque, así como la operación de remover o extraer cualquier clase de material dentro de los límites de trabajo de la zanja en la que se instalará la tubería. Así mismo, la operación de colocación de material conveniente sobre la tubería hasta el nivel situado 10 centímetros arriba de la cota original del terreno, debidamente compactado o hasta donde indiquen los planos.

Las zanjas deberán tener, como mínimo, un ancho de 40 centímetros y la profundidad mínima será de 80 cm. En sitios que no estén expuestos al tránsito de vehículos automotores, si la naturaleza del terreno u otra circunstancia no la permitieran, podrá reducirse, teniendo que proteger la tubería con una mezcla de concreto pobre. En cruces de caminos, a lo largo de los mismos o en terrenos destinados a cultivos en donde pueda hacerse uso de maquinaria agrícola, la profundidad de la zanja debe ser de 1,00 metro, como mínimo. El zanjeo deberá conservar alineación adecuada.

Si los materiales que se encuentran en la profundidad indicada pueden ser causas de asentamiento desigual o ser dañados a la tubería, se deberán remover a una profundidad de 10 cm o más, reponiendo con material selecto debidamente compactado.

La instalación de la tubería no deberá hacerse si la zanja no ha sido trabajada satisfactoriamente.

- Relleno de zanja de conducción y distribución

Este renglón contempla el llenado controlado de zanja que haya sido excavada. Seguidamente de realizar la instalación de tubería PVC de diámetro, según planos. Todos los rellenos de zanjas se efectuarán en capas no menores a 15 centímetros y no mayores de 30 centímetros, debidamente compactadas.

La compactación puede hacerse por medio de apisonadoras mecánicas o a mano. El material de relleno deberá estar libre de piedras, basura y otro material que pudiera dañar la tubería. El procedimiento no podrá llevarse a cabo mientras no se tenga la autorización por el supervisor o residente del proyecto. Si existen fugas no podrán realizarse los rellenos respectivos hasta que se tenga una reparación perfecta. Se utilizará el material excavado, salvo que esté totalmente contaminado el supervisor puede ordenar el cambio parcial o total de un tramo y la comunidad tendrá que proporcionar el banco de material.

- Captación típica

Obra que recolecta el agua proveniente de uno o varios manantiales (nacimientos) de brotes definidos o difusos. Esta obra es la más crítica y de ella depende el éxito del proyecto.

Los componentes más importantes de una captación son los siguientes:

Filtro de piedra y sello sanitario para captación de brote. Si el brote es definido se hará de un m<sup>3</sup>. Cuando existan varios brotes y, en el caso de manantiales difusos, se tendrán que tener las curvas de nivel, del sitio donde se encuentra el nacimiento para poder determinar el tamaño de la captación.

El filtro se hará de piedra bola, grava y arena de río. Los muros de concreto ciclópea relación 70:30 esto entendiéndose que el 30 % del volumen será de concreto normal proporción 1:2:3 y el 70 % de piedra bola de color gris o azul. La losa o sello sanitario será de concreto reforzado con tapadera para inspección y limpieza. Esta obra llevará una tubería de salida que va hacia la caja de captación y una de rebalse, ambas serán de PVC.

Muro de protección. Esta obra se colocará entre el brote de la captación y la contra cuneta, se construirá cuando las laderas tengan bastante pendiente y exista material suelto, esto para evitar derrumbes. Este muro se construirá de mampostería de piedra.

- Caja reunidora de caudales

Esta obra sirve para reunir los caudales de captaciones independientes y lejanas unas de otras en sistemas que utilizan varias fuentes de abastecimiento. Debe construirse de acuerdo a los planos típicos y contar con una tapadera hermética que impida el ingreso del agua exterior al interior de la misma. Debe contar con un batiente, la tapadera y con un sistema que proteja los candados de la intemperie, o sea, un sistema de candado escondido. Se debe tener sumo cuidado que el nivel de la tubería que ingresa a la caja reunidora de caudales este por debajo del nivel de brote del o los nacimientos. Los muros de concreto ciclópeo relación 70:30, entendiéndose que el 30 % del volumen será de concreto normal proporción 1:2:3 y el 70 % de piedra bola de color gris o azul. La losa o sello sanitario será de concreto reforzado con tapadera para inspección y limpieza.

- Caja rompe presión

Estructura destinada a reducir la presión del agua en la tubería a la presión atmosférica. Se hará para romper la presión estática a los 90 m.c.a, en la línea de conducción y de 90 m.c.a como máximo de presión dinámica; en ambos casos se seguirá lo que indiquen los planos en la red de distribución.

- Caja y válvula de aire

Son válvulas cuya función es permitir el escape de aire que se acumula en las tuberías, generalmente constan de válvula de cuerpo, tapadera y flotador. Estas deberán ser de bronce de buena calidad.

Para su instalación deberá observarse lo indicado en los manuales de los fabricantes y su ubicación conforme los planos o donde lo indique el supervisor, por lo regular se instalan en las partes altas de las líneas de conducción de los sistemas de agua potable. La válvula de aire deberá ser de buena calidad reducida a  $\frac{3}{4}$ " no importando el diámetro de la línea central.

- Caja y válvulas de limpieza

La válvula de limpieza deberá ser de buena calidad reducida a 1".

- Paso aéreo

Se evitarán los cordones de soldadura en las uniones de tubo HG, se deberán dejar copias para el respectivo mantenimiento. Los tubos serán sujetos a las columnas con cable galvanizado y tensores sujetos por medio de abrazaderas según planos.

- Instalación de tubería PVC 160 PSI

Los tubos de cloruro de polivinilo rígido de 160 libras por pulgada cuadrada igualmente estarán incluidos los accesorios que sean necesarios y que deben satisfacer las normas ASTM D-2466-76; cédula 40. Los tubos de PBC deberán ser de tipo I, grupo I PVC 1120, de resistencia a la presión requerida, fabricada de manera que satisfagan como mínimo las normas ASTM D-2241-74; cédula 40 y las normas ASTM D-1785. Los solventes a utilizarse deberán satisfacer las normas ASTM D-2564-76.

- Instalación de tubería PVC 250 PSI

Los tubos de cloruro de polivinilo rígido de 250 libras por pulgada cuadrada igualmente estarán incluidos los accesorios que sean necesarios y que deben satisfacer las normas ASTM D-2466-76; cédula 40. Los tubos de PBC deberán ser de tipo I, grupo I PVC 1120, de resistencia a la presión requerida, fabricada de manera que satisfagan como mínimo las normas ASTM D-2241-74; cédula 40, y las normas ASTM D-1785. Los solventes a utilizarse deberán satisfacer las normas ASTM D-2564-76.

- Caja rompe presión con válvula de flote

En la línea de distribución deberá llevar una válvula de flote que evite el ingreso del agua a la misma cuando esta se encuentre llena. Dado que los empaques de las válvulas de flotador tienden a deteriorarse rápidamente con el incremento de la presión de trabajo deben de someterse a presiones estáticas comprendidas entre 40 y 50 metros, como máximo, y 20 metros de agua como mínimo o lo que indiquen los planos. Estas válvulas de flote deberán de ser de alta calidad, que un flote en malas condiciones genera grandes desperdicios de

agua, tanto que no permiten que los tanques de distribución se llenen y puedan realizar su función.

- Construcción sistema de cloración

Todo sistema de agua potable deberá contar con un sistema de cloración, el cual será por pastillas. El proyecto de agua debe tener un proceso de desinfección previo a dosificar la cantidad de cloro normal para consumo humano. Se debe realizar un chequeo de cloro residual en el chorro más lejano de la red de distribución para verificar la cantidad de cloro mínimo requerido permitiendo calibrar el clorinador.

- Conexión domiciliar

La acometida debe hacerse con tees reductoras o tee y reductor. En función al diámetro de línea de distribución a un diámetro estándar de 1/2" para toda vivienda existente los componentes serán los siguientes:

Chorros de bronce o fundición gris, boca con rosca, de empaque asentado sobre una cuna del mismo material que el resto del cuerpo de la válvula, accionados por movimiento circulas del volante.

La válvula de paso debe ser de bronce, que ajusta a la norma ASTM B-62 relativa a los metales 85-5-5-5. El cono exterior debe terminar en un tornillo de cabeza cuadrada que permita el uso del vástago de operación. Las roscas deben estar hechas a la perfección, los hilos deben ser perfectos sin orillas irregulares y de acuerdo con normas ASPT o similares. Deberá funcionar satisfactoriamente a presión de trabajo de 150 PSI.



### **3. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

#### **3.1. Preliminar de campo**

A continuación, se describen los preliminares de campo.

##### **3.1.1. Selección de ruta**

A continuación, se presenta la selección y reconocimiento de ruta.

###### **3.1.1.1. Reconocimiento de ruta**

Se considera importante realizar una visita de campo a la carretera existente, ya que se determinan los proyectos de rehabilitación que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Estas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.

La idea de un reconocimiento de ruta es describir y conocer el lugar donde se realizará dicho proyecto. Determinar si la ruta es la adecuada y fijar los principales puntos a trazar.

###### **3.1.1.2. Selección de ruta**

La selección de ruta es muy importante, ya que los datos se tomarán y trasladarán en gabinete para realizar el diseño, el cual se debe ajustar a las

necesidades y condiciones de terreno existentes en las diferentes áreas por las cuales pasará el camino.

En este caso no se aplicó el método de selección de ruta ya que se cuenta con un trazo existente.

### **3.1.2. Levantamiento topográfico preliminar**

A continuación, se describe el levantamiento topográfico preliminar.

#### **3.1.2.1. Planimetría**

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra y así proyectar una figura en un plano horizontal. Para el levantamiento planimétrico se utilizó el siguiente equipo:

- Prisma
- Cinta métrica de 50m
- Plomada
- Estacas
- Estación total

El levantamiento debe ser considerado de primer orden. En este caso para el trazo se efectuó con una poligonal abierta y con estacionamientos a cada 20 metros en otros puntos donde se consideraban necesarios como, por ejemplo, el cruce de algún río.

### **3.1.2.2. Altimetría**

Es la parte de la topografía que se dedica a medir las alturas y estudiar los métodos y técnicas para representar el relieve de un terreno (perfil del terreno), para el levantamiento altimétrico se utilizó el siguiente equipo:

- Prisma
- Plomada
- Estacas
- Cinta métrica 50 m
- Estación total

Para el levantamiento altimétrico de este proyecto se utilizó el método trigonométrico con estaciones a cada 20 m, medidos totalmente horizontales. Se tomó en cuenta toda aquella nivelación a considerarse importante, como niveles de piso, banquetas, entre otros.

### **3.1.3. Cálculo y dibujo topográfico preliminar**

A continuación, se presenta el cálculo y dibujo topográfico preliminar.

#### **3.1.3.1. Planimetría**

Debido a que el levantamiento topográfico se realizó con estación total, es considerado un levantamiento de primer orden debido a su mayor precisión. Las coordenadas totales se obtuvieron directamente de la memoria del aparato. Para plasmar la planta de la carretera, esta se dibuja a partir las coordenadas totales que se importaron de la memoria hacia el programa Civil 3D.

### **3.1.3.2. Altimetría**

Las cotas también se obtuvieron directamente de la memoria de la estación total. Se colocaron los niveles de cada estación a lo largo de la línea central del trazo existente en la planta, con las cuales se dibujaron las curvas de nivel y los perfiles de diseño.

En el apéndice 1 se presenta un resumen de la libreta topográfica, el resto se adjunta a la memoria de cálculo digital. Así mismo, los planos donde se puede observar la planimetría y altimetría del proyecto, se encuentran en el apéndice.

## **3.2. Mecánica de suelos**

A continuación, se describe la mecánica de suelos.

### **3.2.1. Ensayos de laboratorio**

En todo proyecto a realizar se debe tener conocimiento del tipo de suelo que presenta. El diseño de pavimentación se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto. La muestra fue ensayada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), específicamente en el laboratorio de suelos, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### **3.2.1.1. Ensayo de granulometría**

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales para demostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en

clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos, luego, en forma gráfica. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El sistema de clasificación SUCS, que es uno de los más utilizados en carreteras, en una forma que existe para clasificar los suelos. En este sistema se clasifica el suelo en siete diferentes grupos adjuntados en una tabla XII.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 49,58 % de arena, 2,05 % de grava y 48,37 % de finos. El suelo se clasifica como arena arcillosa color marrón, con estos resultados y la tabla mostrada se clasificó el suelo, según el sistema SUCS como S.C. (Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla) y A6. Se describe como suelos arcillosos, (ver apéndice 2).

Tabla XII. **Clasificación de suelos**

Clasificación general de grupo	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 <sup>A</sup>	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. <sup>B</sup>
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

<sup>A</sup> La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

<sup>B</sup> El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Fuente: BRAJA M. Das. *Principles of Geotechnical Engineering*. p. 152.

### **3.2.1.2. Límites de Atterberg**

Sirven para determinar las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos están representados por su contenido de humedad y se conocen como límite líquido y límite plástico.

Un 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. El procedimiento analítico para la determinación de este límite, se basa en la norma AASHTO T-89, teniendo como obligación hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo.

El límite plástico es el estado límite de suelo un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido húmedo el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso.

El material debe tener un límite líquido no mayor al 35 %, determinado por el método AASHTO T-89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11. El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. El índice de plasticidad es igual a 10,80, (ver apéndice 2).

Tabla XIII. Tipología de suelos SUCS

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS ( >50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS ( <50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
		Alta plasticidad (LL > 50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL < 50)	
		Alta plasticidad (LL > 50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
		Alta plasticidad (LL > 50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: CRUZ, Carlos. *Manual de carreteras*. p. 15 – 21.

### 3.2.1.3. Ensayo de compactación o próctor modificado

Para determinar la densidad máxima, se hace por el método próctor. Este método consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad. Tiene dos formas de ensayo, la primera de ellas, próctor estándar y, la segunda, próctor modificado. La diferencia entre estos dos ensayos es la energía de compactación utilizada en cada ensayo, ya que el modificado es 5 veces mayor que el estándar.

Para carreteras en Guatemala se utiliza, generalmente, el próctor modificado, según AASHTO T- 180. Este sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación. Los resultados de los ensayos indican que con una humedad óptima de 13 %, el

suelo llega a su densidad seca máxima, que es de 1 862,33 kg/m<sup>3</sup>, al compactarse, (ver apéndice 2).

### 3.2.1.4. Ensayo de valor soporte CBR

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR), normado por la A.A.S.H.T.O. T-193, es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. Se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

Según los resultados, el suelo posee un índice de C.B.R. de 8 %, al 95 % de compactación, este resultado es usado para determinar las propiedades mecánicas del suelo, (ver apéndice 2).

Tabla XIV. Resistencia del suelo

No. CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			UNIFICADO	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	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*. p. 191.

### **3.3. Diseño geométrico**

A continuación, se describe el diseño geométrico.

#### **3.3.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal es el diseño geométrico en planta de una carretera, siendo esta la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Siendo este importante por el hecho que a partir de él se dibujará el perfil que tiene la carretera en la actualidad. En el alineamiento horizontal se deberá de indicar tanto el azimut, curvas horizontales, distancias, principios de curvas y tangentes, y longitudes de curva, entre otros, para definir la carretera.

##### **3.3.1.1. Diseño de localización**

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización en planta, la cual será la definitiva para el proyecto que se trate. Deberá contener todos los datos necesarios para que la cuadrilla topográfica proceda a marcar en el campo la ruta seleccionada, tanto planimétricamente como altimétricamente.

Teniendo definidas la poligonal de localización, se procede a determinar la ubicación de los elementos geométricos que las integran. Se calcula la dirección, el caminamiento y la elevación de cada uno de ellos. Para el cálculo de los elementos geométricos del camino se utilizaron las especificaciones técnicas de diseño que la Dirección General de Caminos establece para cada tipo de carretera. Para la cual se clasificó este camino como carretera tipo E. Esto se observa en la tabla XIV.

Tabla XV. **Velocidad de diseño según tipo de sección**

T.P.D.A. De	Carretera	Velocidad de diseño (km)	Radio mínimo (m)	Pendiente máxima (%)	Ancho de calzada
	<b>Tipo "A"</b>				<b>2 x 7,20</b>
3 000	Llanas	100	375	3	
A	Onduladas	80	225	4	
5 000	Montañosas	60	110	5	
	<b>Tipo "B"</b>				<b>7,20</b>
1 500	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
3 000	Montañosas	40	47	8	
	<b>Tipo "C"</b>				<b>6,50</b>
900	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
1 500	Montañosas	40	47	8	
	<b>Tipo "D"</b>				<b>6</b>
500	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
900	Montañosas	40	47	8	
	<b>Tipo "E"</b>				<b>5,50</b>
100	Llanas	50	75	8	
A	Onduladas	40	47	9	
500	Montañosas	30	30	10	
	<b>Tipo "F"</b>				<b>5,50</b>
10	Llanas	40	47	10	
A	Onduladas	30	30	12	
100	Montañosas	20	18	14	

Fuente: Especificaciones DGC.

Tabla XVI. **Parámetros de diseño**

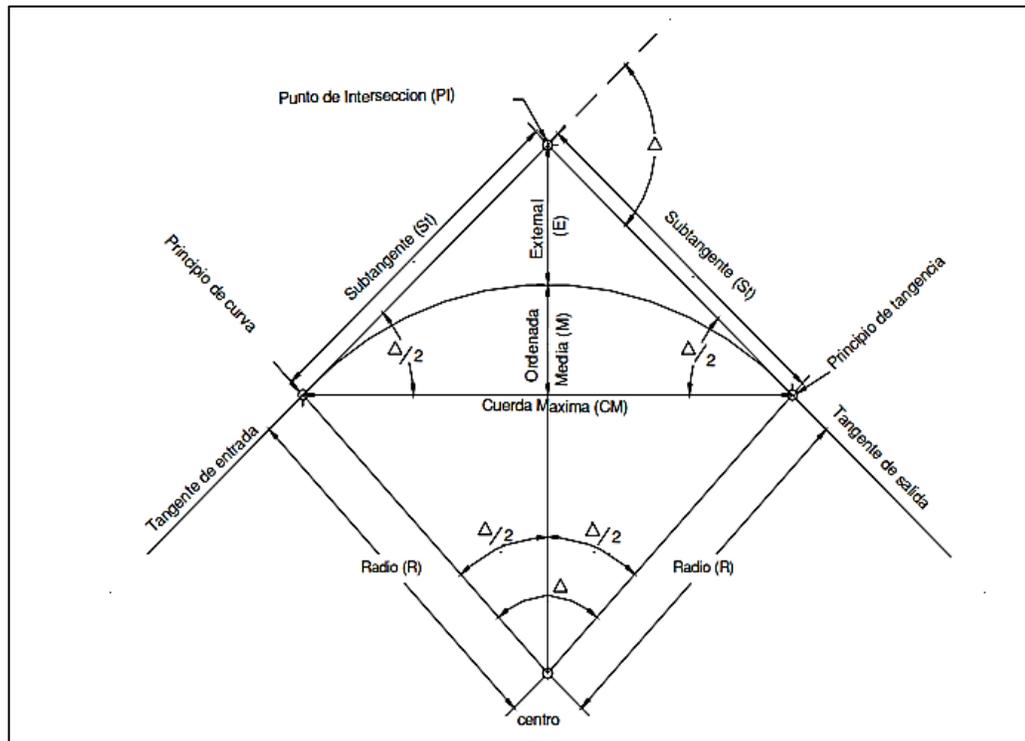
Tipo de terreno	Montañoso
Tránsito total	73 000
Velocidad de diseño	30 km/hr
Ancho de calzada	5,5 metros
Pendiente máxima	10 %
Pendiente mínima	0,5
Peralte máximo	10

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.2. **Diseño curvas horizontales**

Para el cálculo de elementos de curva horizontal es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, el radio y los deltas calculados.

Figura 16. Elementos de una curva horizontal



Fuente: Especificaciones DGC. p. 28.

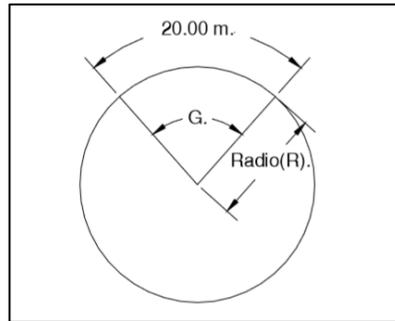
A continuación, se muestra el cálculo de los elementos de una curva horizontal, específicamente para la curva número 2, ya que el cálculo de las demás es repetitivo.

Para la curva número 2, se tiene un  $\Delta=32^{\circ}21'11,89''$  y un radio de 76,39.

- Grado de curvatura (G)

Se define el grado de curva (G) como el ángulo central, sustentado por un arco de 20 metros. A partir de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva circular, como se muestra en la figura 17.

Figura 17. **Grado de una curva**



Fuente: elaboración propia.

$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \Rightarrow R = \frac{20 * 360}{2\pi G} \Rightarrow \frac{1\ 145,9456}{G} \Rightarrow G = \frac{1\ 145,9156}{R}$$

$$G = \frac{1\ 145,9156}{R}$$

$$G = \frac{1\ 145,9156}{76,39} = 15$$

- Longitud de curva (Lc)

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (Pc) y el principio de tangencia (Pt) según la figura que antecede. Esto de acuerdo a la siguiente relación.

$$\frac{LC}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360}$$

$$LC = \frac{2\pi R \Delta}{360}$$

Sustituyendo:

$$LC = \frac{2\pi * \frac{1\ 145,915\ 6}{G} * \Delta}{360} = \frac{2\pi * 1\ 145,9156 * \Delta}{360 * G} = \frac{20 * \Delta}{G}$$

$$LC = \frac{20 * \Delta}{G} = \frac{20 * (32,920)}{15} = 43,89$$

- Subtangente (St):

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangencia (PT) es igual.

$$tg \frac{\Delta}{2} = \frac{St}{R} \Rightarrow St = R * tg \frac{\Delta}{2}$$

$$St = R * tg \frac{\Delta}{2}$$

$$St = 76,39 * tg \frac{(32,920)}{2} = 22,57$$

- Cuerda máxima (Cm):

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

$$sen \frac{\Delta}{2} = \frac{Cm}{2R} \Rightarrow \frac{Cm}{2} = R * Sen \frac{\Delta}{2}$$

$$Cm = 2 * R * Sen \frac{\Delta}{2}$$

$$Cm = 2 * 76,39 * \text{Sen} \frac{(32,920)}{2} = 43,29$$

- Cálculo external (E)

Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$\text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R + E}$$

$$R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} + E * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R$$

$$E * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}$$

$$E = \frac{R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \Rightarrow E = \frac{R(1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2})}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}}$$

$$E = R * \text{Sec} \frac{\Delta}{2}$$

$$E = 76,39 * \text{Sec} \frac{(32,920)}{2} = 3,26$$

- Ordenada media (Om)

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

$$\text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{R - M}{R}$$

$$R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R - M$$

$$M = R - R * \cos \frac{\Delta}{2}$$

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

$$M = 76,39 \left( 1 - \cos \frac{32,920}{2} \right) = 3,13$$

En la tabla XVI se muestra el resumen del cálculo de los elementos de cada una de las curvas horizontales del camino.

Tabla XVII. Resumen de los elementos de curva horizontal

No. Curva	DIRECCIÓN DE CURVA	DELTA			GRADO DE CURVATURA G	RADIO R	LONGITUD DE CURVA LC	SUBTANGENTE St	CUERDA MAXIMA Cm	EXTERNAL E	ORDENADA MEDIA M	PERALTE e%	SOBRE ANCHO
		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS									
1	DERECHA	31	21	26,92	18,00	63,66	34,84	17,87	34,41	2,46	2,37	6,1	1,4
2	DERECHA	32	55	11,89	15,00	76,39	43,89	22,57	43,29	3,26	3,13	5,2	1,2
3	IZQUIERDA	84	40	52,53	70,00	16,37	24,19	14,92	22,05	5,78	4,27	10	2,4
4	DERECHA	28	3	54,96	30,00	38,20	18,71	9,55	18,53	1,18	1,14	8,9	2
5	IZQUIERDA	39	22	42,34	37,99	30,16	20,73	10,79	20,32	1,87	1,76	9,8	2,4
6	DERECHA	43	12	40,5	18,00	63,66	48,01	25,21	46,88	4,81	4,47	6,1	1,4
7	DERECHA	18	10	16,6	24,00	47,75	15,14	7,64	15,08	0,61	0,60	7,8	1,7
8	IZQUIERDA	13	41	46,73	19,00	60,31	14,42	7,24	14,38	0,43	0,43	6,4	1,4
9	DERECHA	50	53	23,46	37,99	30,16	26,79	14,35	25,92	3,24	2,93	9,8	2,4
10	IZQUIERDA	49	34	28,42	37,99	30,16	26,10	13,93	25,29	3,06	2,78	9,8	2,4
11	DERECHA	49	48	36,54	37,99	30,16	26,22	14,00	25,40	3,09	2,80	9,8	2,4
12	IZQUIERDA	14	41	11,57	25,00	45,84	11,75	5,91	11,72	0,38	0,38	7,9	1,7
13	DERECHA	09	38	14,03	18,00	63,66	10,71	5,37	10,70	0,23	0,22	6,1	1,4
14	DERECHA	33	44	17,36	35,00	32,74	19,28	9,93	19,00	1,47	1,41	9,5	2,2
15	IZQUIERDA	31	14	12,74	22,25	51,50	28,08	14,40	27,73	1,97	1,90	7,5	1,6
16	IZQUIERDA	10	23	38,69	6,25	183,35	33,26	16,68	33,22	0,76	0,75	2,4	0,8
17	DERECHA	14	2	20,78	12,00	95,49	23,40	11,76	23,34	0,72	0,72	4,2	1,1
18	IZQUIERDA	41	10	52,92	25,00	45,84	32,95	17,22	32,24	3,13	2,93	7,9	1,7
19	IZQUIERDA	26	36	40,84	18,00	63,66	29,57	15,06	29,30	1,76	1,71	6,1	1,4
20	DERECHA	30	59	36,12	60,00	19,10	10,33	5,30	10,21	0,72	0,69	10	2,4
21	DERECHA	71	44	33,39	85,33	13,43	16,82	9,71	15,74	3,14	2,55	10	2,4
22	IZQUIERDA	24	52	46,21	22,00	52,09	22,62	11,49	22,44	1,25	1,22	7,2	1,6
23	DERECHA	67	19	4,99	74,99	15,28	17,95	10,17	16,94	3,08	2,56	10	2,4
24	IZQUIERDA	14	14	31,59	13,00	88,15	21,91	11,01	21,86	0,69	0,68	4,5	1,1
25	IZQUIERDA	21	11	30,34	17,00	67,41	24,93	12,61	24,79	1,17	1,15	5,8	1,3
26	IZQUIERDA	21	29	34,71	15,00	76,39	28,66	14,50	28,49	1,36	1,34	5,2	1,2
27	IZQUIERDA	34	7	21,86	20,00	57,30	34,13	17,59	33,62	2,64	2,52	6,7	1,5
28	DERECHA	45	28	28,77	28,00	40,93	32,49	17,15	31,64	3,45	3,18	8,5	1,9
29	IZQUIERDA	16	2	34,59	10,00	114,59	32,09	16,15	31,98	1,13	1,12	3,5	1
30	DERECHA	11	20	22,8	18,00	63,66	12,60	6,32	12,58	0,31	0,31	6,1	1,4
31	IZQUIERDA	19	44	56,84	18,00	63,66	21,94	11,08	21,83	0,96	0,94	6,1	1,4
32	IZQUIERDA	19	36	27,45	10,01	114,50	39,18	19,79	38,99	1,70	1,67	3,5	1
33	IZQUIERDA	38	9	5,81	35,00	32,74	21,80	11,32	21,40	1,90	1,80	9,5	2,2
34	DERECHA	69	8	2,84	109,97	10,42	12,57	7,18	11,82	2,23	1,84	10	2,4
35	DERECHA	26	21	3,37	45,67	25,09	11,54	5,87	11,44	0,68	0,66	10	2,4
36	DERECHA	48	18	2,01	48,01	23,87	20,12	10,70	19,53	2,29	2,09	10	2,4
37	IZQUIERDA	18	29	11,1	15,00	76,39	24,65	12,43	24,54	1,00	0,99	5,2	1,2
38	IZQUIERDA	58	28	13,85	30,00	38,20	38,98	21,38	37,31	5,58	4,87	8,9	2
39	DERECHA	31	34	39,8	17,17	66,75	36,79	18,87	36,32	2,62	2,52	6,1	1,3
40	DERECHA	53	46	4,26	37,99	30,16	28,30	15,29	27,28	3,65	3,26	9,8	2,4
41	DERECHA	31	56	24,27	21,00	54,57	30,42	15,62	30,03	2,19	2,11	7	1,5
42	IZQUIERDA	18	40	4,3	23,00	49,82	16,23	8,19	16,16	0,67	0,66	7,5	1,6
43	DERECHA	10	27	48,37	15,00	76,39	13,95	6,99	13,93	0,32	0,32	5,2	1,2
44	IZQUIERDA	62	16	4,19	69,49	16,49	17,92	9,96	17,05	2,77	2,38	10	2,4

Continuación de la tabla XVI.

45	IZQUIERDA	22	55	51,54	90,02	12,73	5,09	2,58	5,06	0,26	0,25	10	2,4
46	DERECHA	84	49	28,45	100,96	11,35	16,80	10,37	15,31	4,02	2,97	10	2,4
47	DERECHA	28	26	56,66	60,00	19,10	9,48	4,84	9,39	0,60	0,59	10	2,4
48	DERECHA	47	32	39,94	45,01	25,46	21,13	11,21	20,53	2,36	2,16	10	2,4
49	IZQUIERDA	18	47	21,52	25,00	45,84	15,03	7,58	14,97	0,62	0,61	7,9	1,7
50	IZQUIERDA	46	13	41,26	28,00	40,93	33,02	17,47	32,14	3,57	3,29	8,5	1,9
51	DERECHA	22	2	15,15	15,00	76,39	29,38	14,87	29,20	1,43	1,41	5,2	1,2
52	DERECHA	11	37	22,17	10,00	114,59	23,25	11,66	23,21	0,59	0,59	3,5	1
53	IZQUIERDA	15	0	32,55	11,00	104,17	27,29	13,72	27,21	0,90	0,89	3,8	1
54	IZQUIERDA	79	48	22,61	60,00	19,10	26,60	15,97	24,50	5,80	4,45	10	2,4
55	DERECHA	105	52	7,92	134,97	8,49	15,69	11,24	13,55	5,60	3,37	10	2,4
56	IZQUIERDA	24	41	32,81	35,00	32,74	14,11	7,17	14,00	0,78	0,76	9,5	2,2
57	IZQUIERDA	20	45	39,85	35,00	32,74	11,86	6,00	11,80	0,54	0,54	9,5	2,2
58	IZQUIERDA	67	48	25,78	37,99	30,16	35,69	20,27	33,65	6,18	5,13	9,8	2,4
59	IZQUIERDA	34	8	15,29	28,00	40,93	24,39	12,57	24,03	1,89	1,80	8,5	1,9
60	DERECHA	138	50	32,92	171,03	6,70	16,24	17,85	12,54	12,36	4,34	10	2,4
61	IZQUIERDA	76	53	23,83	65,00	17,63	23,66	14,00	21,92	4,88	3,82	10	2,4
62	IZQUIERDA	67	43	59,25	60,00	19,10	22,58	12,82	21,29	3,90	3,24	9,8	2,4
63	DERECHA	46	23	45,23	37,99	30,16	24,42	12,93	23,76	2,65	2,44	9,8	2,4
64	IZQUIERDA	37	31	556,77	40,00	28,65	18,84	9,77	18,50	1,62	1,53	10	2,4
65	DERECHA	53	27	4,14	160,04	7,16	6,68	3,61	6,44	0,86	0,76	10	2,4
66	IZQUIERDA	36	52	46,55	80,02	14,32	9,22	4,77	9,06	0,78	0,74	10	2,4
67	DERECHA	37	55	37,01	37,99	30,16	19,96	10,36	19,60	1,73	1,64	9,8	2,4
68	IZQUIERDA	18	36	13,34	14,00	81,85	26,58	13,41	26,46	1,09	1,08	4,8	1,2
69	IZQUIERDA	27	36	35,33	25,00	45,84	22,09	11,26	21,88	1,36	1,32	7,9	1,7
70	DERECHA	15	54	18,9	23,00	49,82	13,83	6,96	13,79	0,48	0,48	7,5	1,6
71	DERECHA	33	40	50,07	25,00	45,84	26,95	13,88	26,56	2,05	1,97	7,9	1,7
72	IZQUIERDA	35	31	0,18	15,00	76,39	47,35	24,46	46,60	3,82	3,64	5,2	1,2
73	IZQUIERDA	33	18	52,36	37,99	30,16	17,54	9,02	17,29	1,32	1,27	9,8	2,4
74	DERECHA	29	49	55,42	22,00	52,09	27,12	13,88	26,82	1,82	1,76	7,2	1,6
75	IZQUIERDA	77	3	51,49	80,02	14,32	19,26	11,40	17,84	3,99	3,12	10	2,4
76	DERECHA	21	5	50,37	37,99	30,16	11,11	5,62	11,04	0,52	0,51	9,8	2,4
77	IZQUIERDA	27	12	16,58	37,99	30,16	14,32	7,30	14,19	0,87	0,85	9,8	2,4
78	DERECHA	31	40	34,24	45,01	25,46	14,08	7,22	13,90	1,00	0,97	10	2,4
79	IZQUIERDA	18	58	55,81	28,00	40,93	13,56	6,84	13,50	0,57	0,56	8,5	1,9
80	IZQUIERDA	41	20	44,22	55,01	20,83	15,03	7,86	14,71	1,43	1,34	10	2,4
81	DERECHA	52	48	6,06	74,99	15,28	14,08	7,59	13,59	1,78	1,59	10	2,4
82	IZQUIERDA	24	59	50,28	38,51	29,76	12,98	6,60	12,88	0,72	0,71	10	2,4
83	IZQUIERDA	30	52	50,06	15,00	76,39	41,17	21,10	40,68	2,86	2,76	5,2	1,2
84	DERECHA	43	28	38,8	82,03	13,97	10,60	5,57	10,35	1,07	0,99	10	2,4
85	IZQUIERDA	15	51	26,47	23,00	49,82	13,79	6,94	13,74	0,48	0,48	7,5	1,6
86	DERECHA	15	2	50,25	23,00	49,82	13,08	6,58	13,05	0,43	0,43	7,5	1,6
87	IZQUIERDA	16	7	29,2	13,00	88,15	24,81	12,49	24,73	0,88	0,87	4,5	1,1
88	DERECHA	39	22	2,59	21,00	54,57	37,49	19,52	36,76	3,39	3,19	7	1,5
89	DERECHA	24	52	26,45	48,99	23,39	10,15	5,16	10,07	0,56	0,55	10	2,4
90	IZQUIERDA	76	26	48,67	90,02	12,73	16,98	10,03	15,75	3,47	2,73	10	2,4
91	DERECHA	45	25	5,09	60,00	19,10	15,14	7,99	14,75	1,61	1,48	10	2,4
92	DERECHA	46	20	30,06	70,00	16,37	13,24	7,01	12,88	1,44	1,32	10	2,4
93	IZQUIERDA	35	36	39,14	70,00	16,37	10,17	5,26	10,01	0,82	0,78	10	2,4
94	DERECHA	57	44	52,53	78,01	14,69	14,81	8,10	14,19	2,09	1,83	10	2,4
95	IZQUIERDA	75	44	52,37	74,99	15,28	20,20	11,88	18,76	4,08	3,22	10	2,4
96	DERECHA	35	54	11,38	37,99	30,16	18,90	9,77	18,59	1,54	1,47	9,8	2,4
97	IZQUIERDA	52	42	43,14	45,01	25,46	23,42	12,61	22,61	2,95	2,65	10	2,4
98	DERECHA	37	10	55,58	70,00	16,37	10,62	5,51	10,44	0,90	0,85	10	2,4
99	DERECHA	21	25	58,46	70,00	16,37	6,12	3,10	6,09	0,29	0,29	10	2,4
100	DERECHA	17	47	4,64	18,00	63,66	19,76	9,96	19,68	0,77	0,77	6,1	1,4
101	IZQUIERDA	25	49	24,97	18,00	63,66	28,69	14,59	28,45	1,65	1,61	6,1	1,4
102	IZQUIERDA	28	18	20,6	71,98	15,92	7,86	4,01	7,79	0,50	0,48	10	2,4
103	IZQUIERDA	59	6	17,95	71,98	15,92	16,42	9,03	15,70	2,38	2,07	10	2,4
104	DERECHA	23	27	24,05	20,00	57,30	23,46	11,90	23,29	1,22	1,20	6,7	1,5
105	IZQUIERDA	48	46	12,44	28,00	40,93	34,84	18,55	33,80	4,01	3,65	8,5	1,9
106	IZQUIERDA	40	53	55,12	45,01	25,46	18,17	9,49	17,79	1,71	1,60	10	2,4
107	DERECHA	24	34	50,53	18,00	63,66	27,31	13,87	27,10	1,49	1,46	6,1	1,4
108	IZQUIERDA	38	49	28,35	30,00	38,20	25,88	13,46	25,39	2,30	2,17	8,9	2
109	IZQUIERDA	56	33	57,57	33,00	34,72	34,28	18,68	32,90	4,71	4,14	9,3	2,1
110	DERECHA	37	52	23,37	24,00	47,75	31,56	16,38	30,99	2,73	2,58	7,8	1,7
111	IZQUIERDA	14	21	52,04	10,00	114,59	28,73	14,44	28,65	0,91	0,90	3,5	1
112	DERECHA	17	53	53,28	12,00	95,49	29,83	15,04	29,71	1,18	1,16	4,2	1,1
113	IZQUIERDA	21	5	5,61	10,00	114,59	42,17	21,33	41,93	1,97	1,93	3,5	1
114	DERECHA	21	49	34,96	13,00	88,15	33,58	17,00	33,38	1,62	1,59	4,5	1,1

Continuación de la tabla XVI.

115	IZQUIERDA	23	1	46,91	17,00	67,41	27,10	13,73	26,91	1,38	1,36	5,8	1,3
116	DERECHA	25	24	0,36	34,00	33,70	14,94	7,59	14,82	0,85	0,82	9,4	2,2
117	DERECHA	18	52	44,56	30,00	38,20	12,59	6,35	12,53	0,52	0,52	8,9	2
118	IZQUIERDA	34	10	17,36	18,00	63,66	37,97	19,57	37,41	2,94	2,81	6,1	1,4
119	IZQUIERDA	106	13	20,7	138,06	8,30	15,39	11,06	13,28	5,53	3,32	10	2,4
120	IZQUIERDA	35	47	31,61	70,00	16,37	10,23	5,29	10,06	0,83	0,79	10	2,4
121	DERECHA	147	15	56,57	230,10	4,98	12,80	16,96	9,56	12,69	3,58	10	2,4
122	DERECHA	56	15	55,17	15,33	74,73	73,39	39,96	70,47	10,01	8,83	5,5	1,3
123	DERECHA	20	53	43,79	13,00	88,15	32,15	16,25	31,97	1,49	1,46	4,5	1,1
124	IZQUIERDA	21	42	45,11	15,50	73,93	28,02	14,18	27,85	1,35	1,32	5,5	1,3
125	DERECHA	22	29	25,73	13,00	88,15	34,60	17,53	34,38	1,73	1,69	4,5	1,1
126	DERECHA	35	58	51,45	15,00	76,39	47,97	24,81	47,19	3,93	3,73	5,2	1,2
127	IZQUIERDA	22	22	47,46	17,00	67,41	26,33	13,34	26,16	1,31	1,28	5,8	1,3
128	DERECHA	26	57	42,56	18,00	63,66	29,96	15,26	29,68	1,80	1,75	6,1	1,4
129	IZQUIERDA	34	23	59,1	50,00	22,92	13,76	7,09	13,56	1,07	1,03	10	2,4
130	DERECHA	27	23	52,81	25,00	45,84	21,92	11,17	21,71	1,34	1,30	7,9	1,7
131	IZQUIERDA	35	49	56,69	30,00	38,20	23,89	12,35	23,50	1,95	1,85	8,9	2
132	DERECHA	26	27	24,25	54,00	21,22	9,80	4,99	9,71	0,58	0,56	10	2,4
133	IZQUIERDA	37	5	59,79	11,95	95,89	62,09	32,18	61,01	5,25	4,98	4,2	1,1
134	DERECHA	23	51	28,42	12,00	95,49	39,76	20,17	39,48	2,11	2,06	4,2	1,1
135	IZQUIERDA	12	30	49,15	12,00	95,49	20,86	10,47	20,81	0,57	0,57	4,2	1,1
136	DERECHA	15	20	40,36	12,00	95,49	25,57	12,86	25,50	0,86	0,85	4,2	1,1
137	IZQUIERDA	40	24	37,07	8,95	128,04	90,31	47,12	88,45	8,40	7,88	3,1	0,9
138	DERECHA	36	10	7,53	15,00	76,39	48,22	24,95	47,43	3,97	3,77	5,2	1,2
139	IZQUIERDA	40	56	46,96	18,00	63,66	45,49	23,77	44,53	4,29	4,02	6,1	1,4
140	DERECHA	40	30	16,64	36,00	31,83	22,50	11,74	22,04	2,10	1,97	9,6	2,3
141	IZQUIERDA	118	51	27,6	88,49	12,95	26,86	21,92	22,30	12,51	6,36	10	2,4
142	IZQUIERDA	106	43	42,18	18,00	63,66	118,58	85,61	102,17	43,02	25,67	6,1	1,4
143	DERECHA	65	37	33,59	60,00	19,10	21,88	12,32	20,70	3,63	3,05	10	2,4
144	IZQUIERDA	83	26	15,42	32,42	35,35	51,48	31,52	47,05	12,01	8,96	9,3	2,1
145	DERECHA	41	45	5,72	14,42	79,47	57,91	30,31	56,64	5,58	5,22	5,2	1,2
146	IZQUIERDA	23	11	46,21	28,75	39,86	16,14	8,18	16,03	0,83	0,81	8,7	1,9
147	DERECHA	36	17	29,95	20,53	55,81	35,35	18,29	34,76	2,92	2,78	7	1,5
148	IZQUIERDA	17	14	9,53	18,85	60,80	18,29	9,21	18,22	0,69	0,69	6,4	1,4
149	IZQUIERDA	39	6	50,8	17,85	64,20	43,83	22,81	42,98	3,93	3,70	6,1	1,4
150	DERECHA	27	36	34,4	40,00	28,65	13,81	7,04	13,67	0,85	0,83	10	2,4
151	DERECHA	15	36	2,2	19,83	57,78	15,73	7,92	15,68	0,54	0,53	6,1	1,5
152	IZQUIERDA	50	10	12,85	60,00	19,10	16,72	8,94	16,20	1,99	1,80	10	2,4
153	DERECHA	55	57	2,21	22,85	50,16	48,98	26,64	47,06	6,64	5,86	7,5	1,6
154	IZQUIERDA	67	49	43,12	40,00	28,65	33,92	19,26	31,97	5,87	4,87	10	2,4
155	DERECHA	69	52	0,19	19,83	57,78	70,46	40,36	66,17	12,70	10,41	6,7	1,5
156	IZQUIERDA	122	47	30,47	65,71	17,44	37,38	31,98	30,62	18,99	9,09	10	2,4
157	DERECHA	46	17	24,83	55,09	20,80	16,80	8,89	16,35	1,82	1,67	10	2,4
158	IZQUIERDA	66	24	22,22	42,08	27,23	31,56	17,82	29,82	5,31	4,45	10	2,4
159	DERECHA	94	29	10,78	90,09	12,72	20,98	13,76	18,68	6,02	4,08	10	2,4
160	DERECHA	38	12	5,64	45,01	25,46	16,98	8,82	16,66	1,48	1,40	10	2,4
161	DERECHA	41	57	1,81	30,00	38,20	27,97	14,64	27,35	2,71	2,53	8,9	2
162	IZQUIERDA	60	45	57,63	74,99	15,28	16,21	8,96	15,46	2,43	2,10	10	2,4
163	IZQUIERDA	55	22	43,42	74,99	15,28	14,77	8,02	14,20	1,98	1,75	10	2,4
164	DERECHA	82	23	29,82	18,67	61,39	88,28	53,73	80,87	20,20	15,20	6,4	1,4
165	IZQUIERDA	11	5	19,26	13,67	83,85	16,23	8,14	16,20	0,39	0,39	4,8	1,2
166	IZQUIERDA	45	8	8,05	28,05	40,85	32,18	16,98	31,35	3,39	3,13	8,5	1,9
167	DERECHA	20	3	11,88	385,83	2,97	1,04	0,53	1,03	0,05	0,05	10	2,4
168	DERECHA	72	32	19,39	90,02	12,73	16,12	9,34	15,06	3,06	2,47	10	2,4
169	IZQUIERDA	52	56	42,61	24,00	47,75	44,12	23,78	42,57	5,59	5,01	7,8	1,7
170	IZQUIERDA	12	49	48,48	60,99	18,79	4,21	2,11	4,20	0,12	0,12	10	2,4
171	IZQUIERDA	17	40	32,85	20,00	57,30	17,68	8,91	17,61	0,69	0,68	6,7	1,5
172	DERECHA	23	21	56,28	50,00	22,92	9,35	4,74	9,28	0,48	0,47	10	2,4
173	IZQUIERDA	20	35	57,91	25,00	45,84	16,48	8,33	16,39	0,75	0,74	7,9	1,7
174	IZQUIERDA	14	8	56,16	25,00	45,84	11,32	5,69	11,29	0,35	0,35	7,9	1,7
175	DERECHA	34	40	59,5	60,00	19,10	11,56	5,96	11,39	0,91	0,87	10	2,4
176	IZQUIERDA	77	37	20,51	85,01	13,48	18,26	10,84	16,90	3,82	2,98	10	2,4
177	DERECHA	47	26	56,76	74,99	15,28	12,65	6,72	12,30	1,41	1,29	10	2,4
178	IZQUIERDA	25	52	40,12	51,00	22,47	10,15	5,16	10,06	0,59	0,57	10	2,4
179	DERECHA	22	19	49,61	29,17	39,29	15,31	7,75	15,22	0,76	0,74	8,9	2
180	IZQUIERDA	37	19	2,06	35,16	32,59	21,23	11,00	20,85	1,81	1,71	9,6	2,3
181	DERECHA	30	18	46,88	60,15	19,05	10,08	5,16	9,96	0,69	0,66	10	2,4
182	DERECHA	12	35	8,47	6,17	185,82	40,82	20,49	40,74	1,13	1,12	2,4	0,8
183	DERECHA	42	13	21,43	37,17	30,83	22,72	11,90	22,21	2,22	2,07	9,8	2,4
184	IZQUIERDA	27	53	49,73	56,17	20,40	9,93	5,07	9,83	0,62	0,60	10	2,4

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.1.3. Curvas de transición**

Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo en un tramo en tangente a un tramo en curva. Este tipo de transición es muy importante, pues, generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esta transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

### **3.3.1.4. Peralte (e)**

El peralte es la sobre elevación que se le da a la sección transversal en la curva. Para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular, esta fuerza hace que el vehículo tenga un movimiento hacia fuera de la curva. Para el cálculo del peralte se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde se puede ver el peralte recomendado, dependiendo del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

Los peraltes máximos en las curvas se determinaron en función del grado de curvatura, según las especificaciones técnicas para carreteras tipo E. Como se está diseñando para la curva número 2, el peralte máximo que le corresponde es de 5,2 %.

### **3.3.1.5. Sobre ancho (Sa)**

El sobre ancho es el ancho adicional proporcionado en las curvas debido a que, al circular en ellas, los vehículos ocupan mayor espacio, porque, aunque los neumáticos sigan la dirección de la curva, la carrocería tiende a seguir

tangencialmente al movimiento. Para el cálculo del sobre ancho se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde se puede ver los anchos máximos, dependiendo estos del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura. El peralte y el sobre ancho serán repartidos proporcionalmente en la longitud de la curva, empezando a partir del PC menos  $LS/2$  y terminando en el PT más  $LS/2$ .

Diseñando para la curva número 3, el sobre ancho que le corresponde, en la columna respectiva, es de 2,4 mts.

#### **3.3.1.6. Corrimiento**

El corrimiento es el desplazamiento radial que es necesario darle hacia adentro de la curva circular para darle cabida a la curva espiral. Su función es la de compensar el movimiento que sufren los vehículos hacia el interior de la curva debido a la fuerza centrífuga evitando que abandonen su carril respectivo. La espiral es una curva de transición que se intercala entre una tangente y una curva circular o entre dos curvas circulares.

#### **3.3.2. Alineamiento vertical**

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

### **3.3.2.1. Diseño de subrasante**

La subrasante es la que define el volumen del movimiento de tierras, por lo que el buen criterio en la selección de la misma será la que brinde una mayor economía. En otras palabras, el proyectista debe perseguir el diseñar la rasante más económica, siendo esta la de menor costo de construcción de obra o menor movimiento de tierras. La subrasante se proyectará sobre el perfil longitudinal del terreno. El proceso de selección de rasante es por medio de tanteos y debe contar con lo siguiente:

- Definir la sección típica de la carretera
- El alineamiento horizontal del tramo
- El perfil longitudinal del mismo
- Las secciones transversales
- Las especificaciones necesarias
- Datos de la clase de terreno
- Haber determinado puntos obligatorios

El corte y el relleno se deben balancear en una distancia menor o igual a 500 metros, según la clasificación usada en la Dirección General de Caminos, tales como:

- Terreno llano
- Terreno ondulado
- Terreno montañoso

En este caso se tiene un terreno montañoso.

### **3.3.2.2. Pendientes**

- Pendiente máxima. Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, el tipo de tránsito y la topografía del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico para salvar ciertos obstáculos, siempre que no se sobrepase la longitud crítica. En este caso se obtuvo una pendiente máxima de 14,66 %.
- Pendiente mínima. Se utiliza para la utilidad del drenaje. En los rellenos la pendiente podrá ser nula, debido que la carretera basta con su pendiente transversal para drenar. En los cortes se recomienda el 0,5 % mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas. La pendiente puede variar dependiendo de la longitud del tramo en corte y la precipitación del lugar.

### **3.3.2.3. Diseño de curvas verticales**

Curva vertical. El propósito de esta es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra. Estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, entre otras. La parabólica simple es la que más se utiliza debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptación. Al momento de diseñar se debe considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas con el objeto de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

Los elementos que forman el perfil longitudinal de la subrasante deben enlazarse por medio de curvas verticales cóncavas o convexas, de longitud

variable. Debido a la facilidad de su cálculo y su gran elasticidad a las condiciones necesarias de la ejecución es la que se utiliza en la Dirección General de Caminos.

La longitud mínima de curva vertical se calcula con la expresión siguiente:

$$L = K * A$$

Donde:

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

K = constante que depende de la velocidad de diseño. Ver tabla XVII.

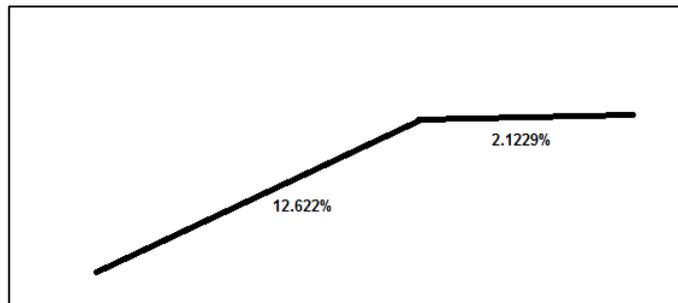
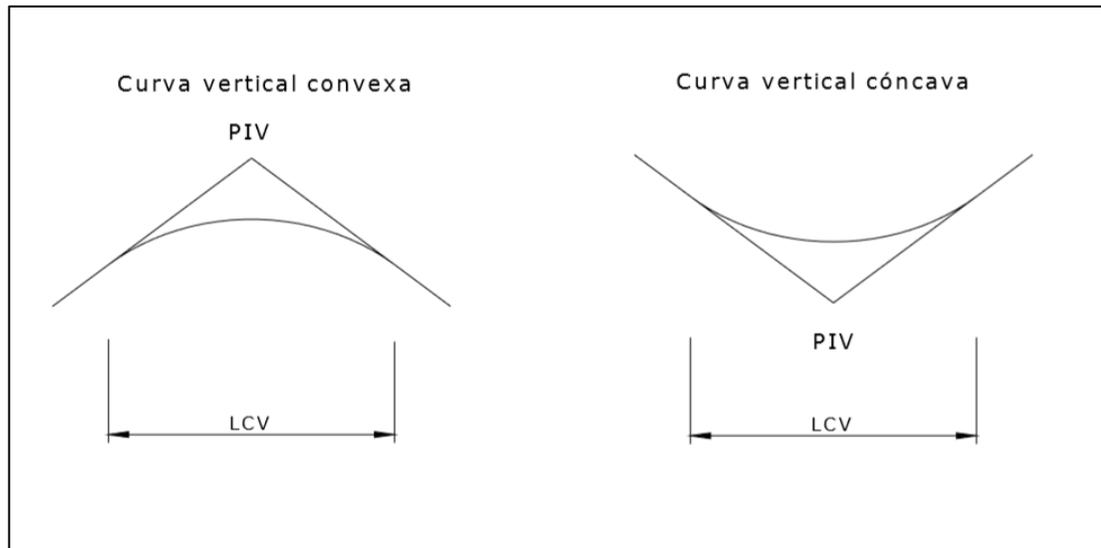
A = diferencia algebraica de pendientes.

Tabla XVIII. **Valores K según velocidad de diseño**

Velocidad de diseño	Distancia de visibilidad de parada	Valores de "K" según tipo de curva	
		Cóncava	Convexa
20	20	2	1
30	30	4	2
40	40	6	4
50	55	9	7
60	70	12	12
70	90	17	19
80	110	23	29
90	135	29	43

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Tipos de curvas verticales



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Como se demuestra en la figura se tiene una pendiente de entrada (Pe)= 12,622 y una salida (Ps) = +2,1229

$$A = P_e - P_s$$

$$A = 12,6260 - 2,1229$$

$$A = 10,50$$

Para la determinación de la longitud de las curvas se utilizaron los siguientes criterios:

- Criterio de seguridad

Es la visibilidad de parada; la longitud de curva que permite que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K * A$$

Donde:

LCV = longitud de curva vertical

K = constante que depende de las velocidades de diseño

A% = diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida

Tomando en cuenta que es una curva convexa y la velocidad de diseño con la cual se está trabajando es de 30 km/h. Se usa un valor de  $k=2$

Entonces:

$$L = 2 * 10,50$$

$$L = 21$$

La longitud mínima de la curva vertical deberá ser de 21 metros o múltiplos de 20, lo que el valor final de la longitud será 80 metros y  $K = 4,46$ .

- Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa y cóncavas sirve para evitarle al usuario la impresión de un cambio drástico de pendiente.

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

- Criterio de comodidad

Para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

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

- Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte, se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

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

#### **3.3.2.4. Correcciones y subrasante corregida**

Es necesario corregir las alturas en los puntos que conforman las curvas verticales, puesto que, debe proporcionarse un cambio suave entre la pendiente de entrada y la de salida.

Las correcciones se calculan del exterior de la curva hasta el centro, tanto de entrada como de salida. Las fórmulas son las siguientes:

$$OM = \frac{A}{800} * LCV$$

Donde:

P1 = pendiente de entrada

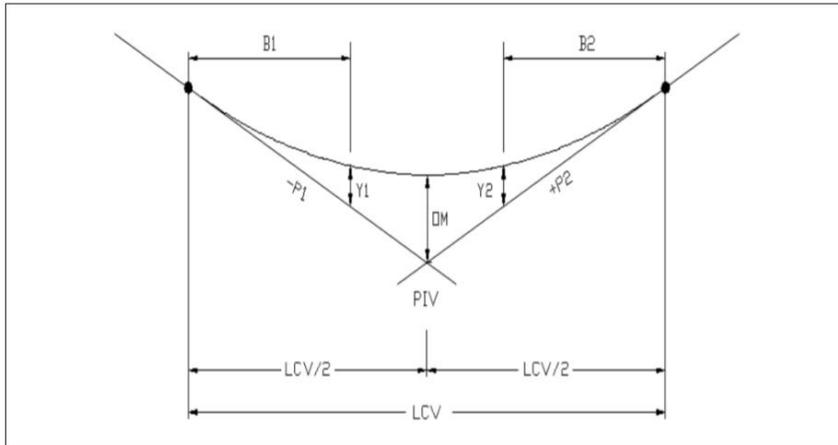
P2 = pendiente de salida

OM = ordenada media

$$OM = \frac{10,50}{800} * 21$$

$$OM = 0,28$$

Figura 19. **Elementos de curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XIX. Ejemplo determinación de longitud de curvas verticales

No. De	Est. PIV	Elevación	K	Tipo de curva	Pe%	Ps%	A	OM	Elev corregida	LCV	LCV/A	Criterio de aparición (curvas conc.)	Criterio por comodidad (curvas conc.)	Criterio de drenaje (curvas En corte)	Escogida
1	0+856,730	1102,73	2	Convexa	12,622	2,1229	10,50	0,28	1103,01	20,9982	2	no aplica	no aplica	no aplica	21
2	0+973,000	1105,2	2	Convexa	2,1229	-5,6299	7,75	0,15	1105,35	15,5056	2,06	no aplica	no aplica	cumple	16
3	1+093,000	1098,44	4	concava	-5,6299	12,3061	17,94	1,61	1100,05	71,744	4,01	cumple	cumple	cumple	72
4	1+384,930	1384,93	2	convexa	12,3061	13,34	1,03	0,00	1384,93	2,0678	1,93	no aplica	no aplica	no aplica	2
5	1+806,450	1190,65	2	Convexa	13,3453	9,4085	3,94	0,04	1190,69	7,8736	2,03	no aplica	no aplica	no aplica	8
6	1+946,070	1203,79	2	convexa	9,4085	-2,0057	11,41	0,33	1204,12	22,8284	2,02	no aplica	no aplica	cumple	23

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras consiste en trasladar volúmenes de tierra de un lugar a otro, para modificar la configuración de la superficie del terreno y condición física. Esta actividad está dentro de las operaciones más importantes en la construcción de una carretera. Su influencia en la alineación y, sobre todo, en el costo total es muy significativo.

La condición ideal para el movimiento de tierras de un proyecto de ingeniería es aquel en donde el material de corte es utilizado para la construcción de los rellenos, sin que sea necesaria la utilización de material de préstamo o la eliminación de material de desperdicio.

#### 3.4.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

Método gráfico. Los dibujos de las secciones típicas se proceden a la medida de las áreas de corte y relleno que existan, deben cuantificarse haciendo uso de un planímetro polar graduado a la escala de la sección.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el de determinantes, en el que con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno; se calcula el área. Se utilizó en el programa CivilCAD para la obtención de las áreas de las secciones transversales.

Tabla XX. **Área de secciones transversales**

$$\text{Área} = \sum \left[ \frac{\sum (X_i * Y_{i+1}) - \sum (Y_i * X_{i+1})}{2} \right]$$

X		Y
X0		Y0
X1		Y1
X2		Y2
X3		Y3
X4		Y4
X5		Y5
X6		Y6
X7		Y7
X0		Y0

$a = \sum (X * Y)$

$b = \sum (Y * X)$

$\text{ÁREA} = \frac{|a - b|}{2}$

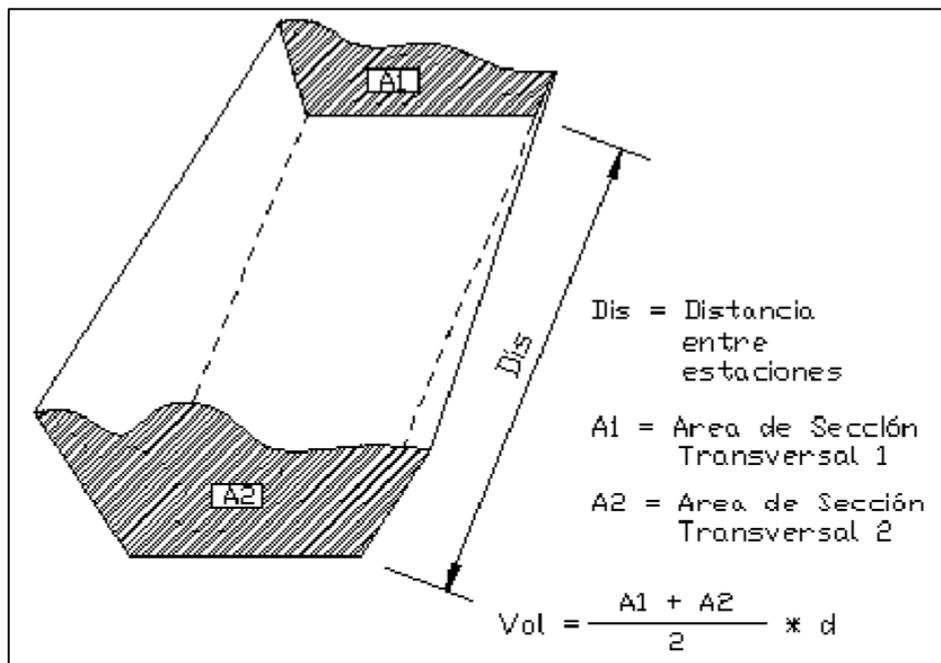
Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2. **Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras**

El cálculo de volúmenes se realiza con el área de cada una de las secciones y la distancia entre ellas según su ubicación en relación con el terreno original. Para su determinación existen diferentes métodos, uno muy simple, es el del promedio de áreas extremas, el cual consiste en sumar las áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de

la distancia entre ambas. Es importante mencionar que los volúmenes incluyen tanto de corte como de relleno o terraplén.

Figura 20. **Cálculo del volumen de movimiento de tierras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Ejemplo: cálculo volumen de corte

Área de relleno = 0,75 m<sup>2</sup>

Área de relleno 2 = 3,03 m<sup>2</sup>

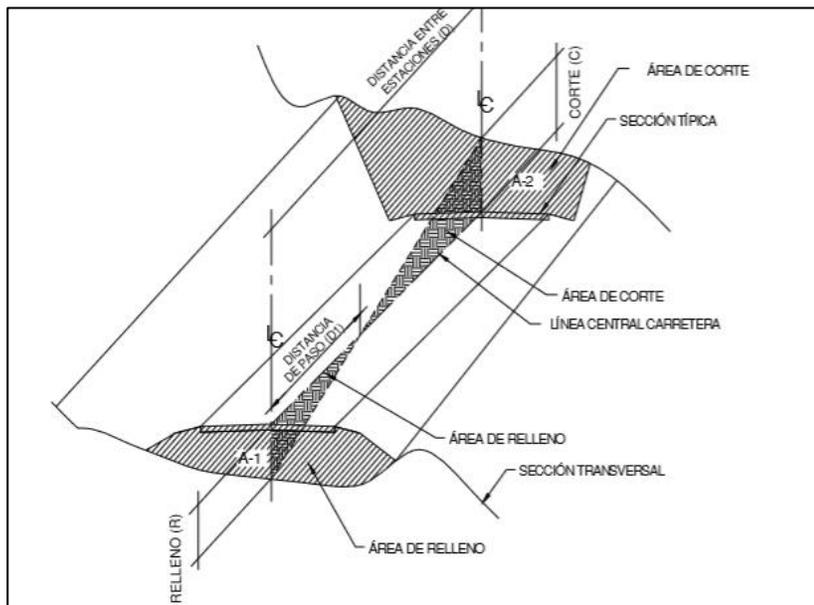
Distancia entre secciones = 20,00 metros

$$V = \frac{0,75 + 3,03}{2} * 20$$

$$V = 37,8m^3$$

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno o viceversa.

Figura 21. **Distancia de paso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

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

$$\frac{C + R}{D} = \frac{R}{D1}$$

$$D1 = \frac{R * D}{C + R} \quad D2 = \frac{C * D}{R + C}$$

Donde:

C= corte

R= relleno

D= distancia

D1= distancia de paso

Por ejemplo, el cálculo de distancia de paso y volumen teniendo las secciones de relleno y corte siguientes:

Área de corte 2 = 9,31 m<sup>2</sup>

Área de relleno 2 = 2,73 m<sup>2</sup>

$$D2 = \frac{9,31}{2,73 + 9,31} * 20$$

$$D2 = 15,47$$

$$V = \frac{C}{2} * D2$$

$$V = \frac{9,31}{2} * 15,47$$

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

### 3.4.3. Balance y diagrama de masa

Después de haber calculado los volúmenes de corte y relleno, se continúa con el cálculo de los valores de balance. Estos servirán para formar el diagrama

de masas o curva de *Bruckner* que, combinada con el diseño de la línea de balance, permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras.

Al valor inicial o al de la sección transversal anterior se le suma el volumen de corte afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica de contracción. A esto se le resta el volumen de relleno de la sección considerada.

Las siguientes ecuaciones permiten determinar el balance cuando se tiene una contracción o hinchamiento pasando el relleno a corte.

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

$$Bi = Ba + C - \frac{R}{1 + \%H} \text{ Hinchamiento}$$

Donde:

Bi = balance en cualquier estación

Ba = balance anterior

C = corte

R = relleno

%C = variable según estudio de suelos 20 %

%H = variable según estudio de suelos

El valor del balance inicial está en función del tipo de terreno y en la siguiente tabla se muestran los posibles valores.

Tabla XXI. **Balance inicial según tipo de terreno**

Tipo de terreno	Descripción	Balance inicial (m3)
Montañoso	C > R	10 000 - 20 000
Ondulado	C = R	30 000 - 50 000
Llanos	R > C	100 000 - 120 000

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de carreteras*. p. 191.

Para el diseño se utilizó un balance inicial de 10 000 metros cúbicos, ya que se cuenta con un terreno montañoso y el valor corte sobrepasa el relleno.

A continuación, en la figura 22 se presenta el diagrama de Bruckner, también conocido como el diagrama de masas.

Ejemplo de cálculo de ordenada.

Volumen de corte = 18,4 m<sup>3</sup>

Volumen de relleno = 2,489 m<sup>3</sup>

$$Bi = 10\,000 + 18,40 - \frac{2,489}{0,80}$$

$$Bi = 10\,015,28$$

Volumen de corte = 0,324 m<sup>3</sup>

Volumen de relleno = 37,8 m<sup>3</sup>

$$Bi = 10\,015,11 + 0,324 - \frac{37,8}{1 - 0,20}$$

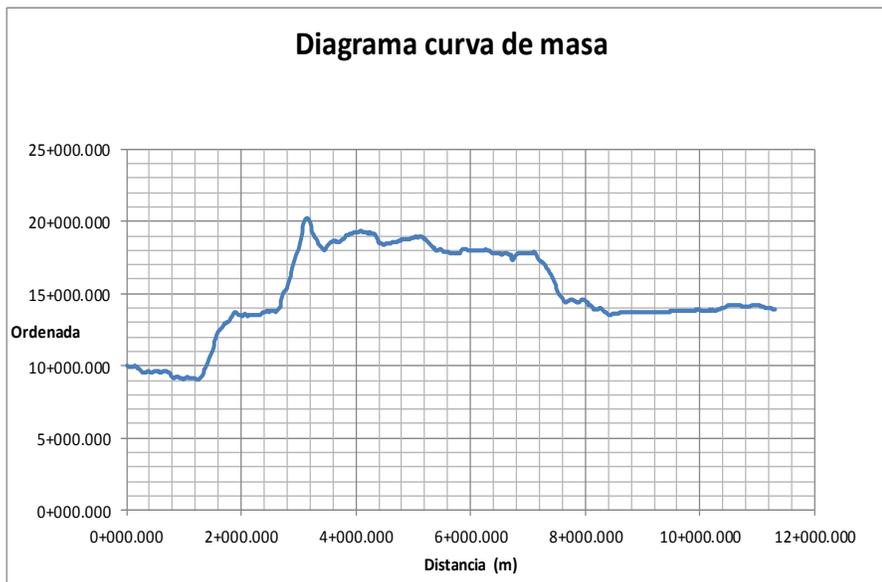
$$Bi = 9\,968,363$$

Tabla XXII. Ejemplo de determinación de volumen y ordenadas

ESTACIÓN	ÁREAS Metros cuadrados		VOLUMENES Metros cuadrados		Factor abundamiento	VOL. ACUMULADOS Metros cúbicos		Resumen (Ordenadas de la curva de masa)	
	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE		TERRAPLEN	CORTE		
0+000.000	0.000	1.510	2.489	18.400	0.800			0+000.000	10+000.000
0+020.000	0.750	0.330	37.800	0.324	0.800	40.289	18.724	0+020.000	10015.289
0+040.000	3.030	0.000	51.000	0.000	0.800	91.289	18.724	0+040.000	9968.363
0+060.000	2.070	0.000	26.200	20.279	0.800	117.489	39.003	0+060.000	9904.613
0+080.000	0.550	3.300	29.700	42.400	0.800	147.189	81.403	0+080.000	9892.142
0+100.000	2.420	0.940	26.400	102.500	0.800	173.589	183.903	0+100.000	9897.417

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de masas



Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Diseño de pavimento

A continuación, se describe el diseño de pavimento.

### **3.5.1. Criterios de pavimentos**

Los pavimentos se dividen en rígidos y flexibles. Esta es la más conocida y generalizada clasificación.

- Pavimentos flexibles: son aquellos que tienen una base flexible o semi rígida, sobre la cual se coloca una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.
- Pavimentos rígidos: son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto hidráulico, con o sin refuerzo. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa.

### **3.5.2. Análisis de cargas**

Las cargas utilizadas por rueda en vías son de 4 500 Kg. Equivalente a 10 000 libras según AASHTO, de acuerdo a ello se diseñan los espesores del pavimento. La Asociación del Cemento Pórtland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

### **3.5.3. Subbase**

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la sub rasante. Su función es servir de capa de drenaje al pavimento, controlar, o eliminar los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material del terreno de fundación. Asimismo, controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas, o de

otras fuentes, protegiendo el pavimento contra los hinchamientos que se producen en época de helada (las heladas tienen una acción muy limitada en los países latinoamericanos). Este hinchamiento es debido al congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es grande.

El material de subbase debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. El material de la subbase puede ser de arena, grava, granzón, escoria de altos hornos, o residuos de material de cantera. En algunos casos se puede emplear para subbase el material del terreno de fundación mezclado con granzón, cemento, entre otros.

#### **3.5.4. Base**

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la subbase o subrasante, cuyo espesor debe ser no mayor de 35 centímetros ni menor de 10 centímetros. Recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada por encima de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa, además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento, como la estabilización para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. Dentro de sus principales funciones y características están las siguientes:

- Transmiten y distribuyen las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- Sirve de material de transición entre la subbase y la carpeta de rodadura.
- Es resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

### **3.5.5. Diseño de capa de rodadura**

Para determinar el espesor de la losa de concreto se utilizó el método simplificado de Portland Cement Association (PCA), el cual se desarrolla a través de tablas. A continuación, se describe el proceso del mismo.

- Determinar la categoría de la vía principal del proyecto

Se debe hacer un conteo de tránsito promedio de vehículos. Se hizo un conteo estimado de vehículos que circulan por la vía principal; se determinó el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones. En el método propuesto por la PCA no es tan determinante el número de vehículos que circulan por la vía sino el porcentaje de vehículos pesados. La vía a pavimentar es escasamente transitada, como se mencionó en la descripción del proyecto, por lo que se determinaron los siguientes datos: tránsito promedio diario (TPD) = 200 vehículos ambos sentidos. Tránsito promedio diario de camiones (TPDC) = % TPD = 25 vehículos.

Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones se clasifica la vía según la tabla XXII.

La vía principal del proyecto se clasifica en la categoría núm. 1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).

Tabla XXIII. **Categoría de cargas por eje**

Carga por eje. Categoría tendem	DESCRIPCION	Tráfico		Máxima carga por eje	
		TPD	% POR DIA	EJE SENCILLO (klp)	EJE DOBLE (kip)
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200 a 800	1 arriba a de 3 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700 a 800	5 de 40 a a 18 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), súper carreteras o interetatales urbanas y rurales (bajo a medio).	3000 a 12000 (2 carriles) 3000 a 5000 (4 carriles)	8 de 500 a a 30 5000	30	52
4	Calles arteriales y carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto).	3000 a 20000 (2 carriles) 3000 a 2000 (4 carriles)	8 de 1500 a a 30 8000	34	60

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

- Determinar el tipo de junta para el pavimento

El tipo de junta será por trabe de agregados relleno con elastómero u material bituminoso, se optó por esta junta debido a que se incluirá bordillo escondido. Este no reduce su sección transversal, además no agiliza los trabajos in-situ.

- Decidir, incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño

El diseño contempla la integración de bordillo es de concreto y tiene 10 cms. de ancho por 45 cms. de alto.

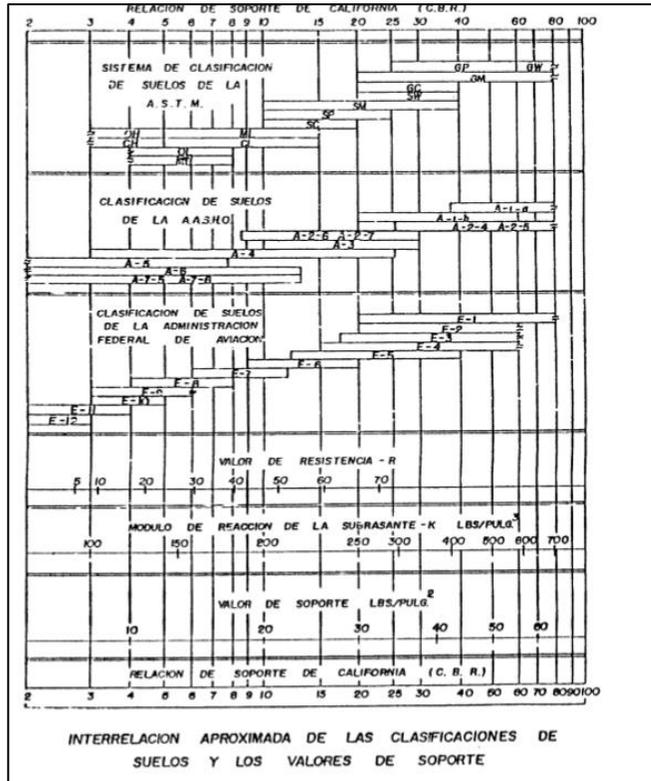
- Determinar el módulo de ruptura del concreto

El módulo se estimó como el 15 % de la resistencia del concreto a compresión  $f'_c$ , según los parámetros especificados con anterioridad. Por lo que, el valor aproximado se toma como  $0,15 \times 4\,000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$ .

- Determinar el módulo de reacción K de la subrasante

Conservadoramente se determina estimando un CBR de la subrasante de 7. En la Figura 23 se toma el número CBR igual a 7, y se localiza el valor del módulo de reacción de la subrasante, el cual equivale a  $170 \text{ lb/plg}^3$ .

Figura 23. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte



Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

Determinar si se utilizará base según los criterios del diseñador. Como criterio se utilizará una base de material granular, según las especificaciones de la DGC debidamente compactado de 15 cms (6 plg), manteniendo así el valor del módulo de reacción  $K = 170 \text{ lb/plg}^3$ . Esto se puede observar en la tabla XXII.

Tabla XXIV. **Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA)**

Valor de K de la subrasante (lb/plg)	Espesor 4 plg	Espesor 6 plg	Espesor 9 plg	Espesor 12 plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	<b>200</b>	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

- Determinar el valor soporte del suelo

Interpolando los valores se obtiene un valor K de 203 lbs/plg<sup>2</sup> según la tabla XXIV y se determina en la tabla XXV que el tipo de suelo de subrasante es alto catalogando al suelo como arena y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos, el cual se reforzará con suelo cemento o suelo cal al 3 %.

Tabla XXV. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K PSI
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	<b>Alto</b>	180 – 220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250 – 400

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

- Determinar el espesor de la losa de concreto según la tabla de diseño con los parámetros siguientes:

Para una vía de categoría 1, según TPD obtenido de la tabla XXII por trabe de agregados relleno con elastómero o material bituminoso, se utiliza la tabla XXVI. Se busca, en el lado izquierdo por no incluir bordillo, el diseño de la losa. El soporte subrasante-subbase tiene un carácter alto. Al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 psi y el valor que contenga el tránsito promedio diario de camiones de 25, el valor que dicta la tabla corresponde a 6 plg (15,00 cms) como espesor de losa sin refuerzo de electro malla según las especificaciones de la DGC pavimento rígido reforzado con barras de transferencia.

Tabla XXVI. **TPDC permisible, carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas doveladas**

____ Concreto sin hombros o bordillo ____					concreto con hombros o bordillo ____				
Espesor de losa		Soporte subrasante-subbase			Espesor de losa		Soporte subrasante-subbase		
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO		Plg	BAJO	MEDIO	ALTO
MR	1.5			0.1	MR	4		0.2	0.9
650	5	0.1	0.8	3	650	4.5	2	8	25
PSI	5.5	3	15	45	PSI	5	30	130	330
	6	40	160	30		5.5	320		
	6.5	330							
MR	5		0.1	0.4	MR	4			0.1
600	5.5	0.5	3	9	600	4.5	0.2	1	5
PSI	6	8	36	98	PSI	5	6	27	75
	6.5	76	300	760		5.5	73	290	730
	7	520				6	610		
MR	5.5	0.1	0.3	1	MR	4.5		0.2	0.6
550	6	1	6	18	550	5	0.8	4	13
PSI	6.5	13	60	160	PSI	5.5	13	57	150
	7	110	400			6	130	480	
	7.5	620							

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

Referente a la capa de base del pavimento, la PCA da mayor importancia a la uniformidad de apoyo, que, al grado de resistencia del suelo, considera que la losa de concreto tiene gran capacidad de distribución de la carga impuesta por el tránsito. Con frecuencia los materiales que forman parte de la subrasante presentan características favorables, que pueden sustituir las funciones de la base y, por lo tanto, Esta se hace innecesaria.

Las tablas contemplan la fatiga y la erosión en el diseño. La fatiga se toma en cuenta para mantener dentro de los límites de seguridad y los esfuerzos debidos a las cargas repetidas. El esfuerzo por erosión se usa para limitar los efectos de las deflexiones del pavimento en los bordes y juntas. Para referencia, la tabla XXVII indica los valores mínimos de espesor de base, según el uso y el tipo de base. En este caso material granular según las especificaciones de la DGC.

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

Tipo de base	Usos	Espesor (cm)
Granular	Carretera	10 – 15
Estabilizada	Carretera	10 – 15
Granular	Aeropuerto	15 – 30
Estabilizada	Aeropuerto	15 - 30

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

### 3.5.6. Juntas

Para que el pavimento de concreto rígido no presente grietas a corto plazo es necesario construir las juntas de dilatación, las que pueden ser:

- Juntas longitudinales
- Juntas transversales

Las juntas transversales serán construidas a cada 2,75 metros y las juntas longitudinales a cada 2,75 metros. Esta medida corresponde al ancho del carril, las cuales son determinadas por las normas AASHTO, esta determina que no debe exceder a dos veces el espesor en pulgadas a su espaciamiento en pies. En este caso, el espesor de la losa es de 6", entonces, su espaciamiento entre juntas será de 12' lo que es equivalente a  $12' \cdot 1\text{m}/3,28' = 3,65\text{ m}$ .

### **3.5.7. Diseño de mezcla**

Para el cálculo de las proporciones se utilizará un método adaptando el método CIII de ACI, el procedimiento resultante es bastante simple basándose principalmente en tablas.

Resistencia requerida: 4 000 psi (281kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días de curado.

- Calcular la cantidad de cemento (C) dividiendo la cantidad de agua (A) por metro cúbico por la relación agua-cemento.
  - La tabla XXVIII indica un revenimiento máximo de 8 cm.

**Tabla XXVIII. Revenimiento recomendado para algunas estructuras de concreto**

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>ASENTAMIENTO (REVENIMIENTO)</b>
Cimiento, muros Columnas, vigas	10 cm.
Pavimentos Losas	8 cm.

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

- La tabla XXIX da una relación agua–cemento de 0,44.

**Tabla XXIX. Relación agua-cemento para concreto de diferentes resistencias**

<b>RESISTENCIA ( Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RELACIÓN AGUA -CEMENTO</b>
352	0.30
316	0.38
281	0.44
246	0.51
211	0.58
176	0.67

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

- Conociendo el revenimiento máximo de la mezcla, se obtiene de la tabla XXX la cantidad de agua por metro cúbico de concreto, que

para este caso es de 200 lt/m<sup>3</sup> utilizando un tamaño máximo del agregado grueso de ¾" pulgada.

Tabla XXX. **Relación asentamiento agua-tamaño de agregado grueso**

ASENTAMIENTO (CM.)	Lts. De agua por m <sup>3</sup>				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 ½"
3 - 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	195	180
15- 18	240	230	210	205	200

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

- El porcentaje de arena sobre el agregado total, se obtiene de la tabla XXXI. Al conocer el tamaño máximo del agregado grueso. Para este caso es de 44 %.

Tabla XXXI. **Relación tamaño máximo de agregado grueso - % de agua**

TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO	% DE ARENA SOBRE AGREGADO TOTAL
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 ½"	40

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI). *Categoría de cargas por eje*. p. 102.

$$0,44 = \frac{A}{C} \qquad C = \frac{200}{0,44} \qquad C = 454,55 \text{ kg/m}^3$$

Tomando en consideración que un litro de agua pesa 1kg.

- Calcular la cantidad de agregado (Ag), restando el peso del agua y el cemento (C) del peso total de un metro cubico (2 400 kg/m<sup>3</sup>).

$$Ag = Pc - C - A \qquad Ag = 2400 - 454,55 - 200 \qquad Ag = 1745,45 \text{ kg/m}^3$$

- La cantidad de arena se obtiene multiplicando el peso total de agregado (Ag) por el porcentaje de arena correspondiente, que en este caso es de 44 %, según la tabla XXVII.

$$Ar = Ag * 44 \% \qquad Ar = 1745,45 * 44 \% \qquad Ar = 768 \text{ kg/m}^3$$

- La cantidad de agregado grueso será el agregado total menos la cantidad de arena:

$$Agr = Ag - Ar \qquad Agr = 1745,45 - 768 \qquad Agr = 977,45 \text{ kg/m}^3$$

Se llega a la proporción final de:

Cemento:

Arena:

Piedrín:

$$\frac{454,55 \text{ kg}}{454,55 \text{ kg}}$$

$$\frac{768 \text{ kg}}{454,55 \text{ kg}}$$

$$\frac{977,45 \text{ kg}}{454,55 \text{ kg}}$$

1:1.69:2.15

Se calcula, de igual manera, el material a utilizar para un metro cúbico de concreto.

$$\text{Arena } m^3 = \frac{768 \text{ kg}}{1\,400 \frac{\text{kg}}{m^3}} = 0,54m^3 + 5\% \text{ de desperdicio} = 0,57m^3$$

$$\text{Piedrín } m^3 = \frac{977,45 \text{ kg}}{1\,600 \frac{\text{kg}}{m^3}} = 0,61m^3 + 5\% \text{ de desperdicio} = 0,64m^3$$

$$\text{Arena } m^3 = \frac{454,55 \text{ kg}}{42,5 \text{ kg}} = 10,69 + 5\% \text{ de desperdicio} = 11,22 m^3$$

Tabla XXXII. **Cantidad de materiales utilizados para un metro cúbico de concreto**

<b>Material 1 m3 de concreto</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	11 sacos
Arena	0,57 m3
Piedrín	0,64 m3
Agua	210 lts

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la proporción unitaria se procede a determinar las proporciones volumétricas. Se debe tomar en cuenta que el agregado fino posee un peso específico de 1 400 kg/m<sup>3</sup>, el agregado grueso de 1 600 kg/m<sup>3</sup>, el concreto de 2 400 kg/m<sup>3</sup> y el cemento de 1 700 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Cemento } m^3 = \frac{454,55 \text{ kg} * 1m^3}{1\,700 \frac{\text{kg}}{m^3}} = 0,27m^3 + 5\% \text{ de desperdicio} = 0,28m^3$$

$$Piedrín m^3 = \frac{977,45 kg}{1\ 600 \frac{kg}{m^3}} = 0,61m^3 + 5\ \% \text{ de desperdicio} = 0,64m^3$$

$$Arena m^3 = \frac{768 kg}{1\ 400 kg} = 0,54 + 5\ \% \text{ de desperdicio} = 0,57 m^3$$

$$Agua m^3 = \frac{264,17 gal * 200kg}{1\ 000 \frac{kg}{m^3}} = 52,83gal + 5\ \% \text{ de desperdicio} = 58,11 gal$$

A continuación, se presentan las proporciones volumétricas según el diseño de mezcla del pavimento de concreto:

Cemento:	Arena:	Piedrín:	Agua:
$\frac{0,28 m^3}{0,28 m^3}$	$\frac{0,57 m^3}{0,28m^3}$	$\frac{0,64 m^3}{0,28 m^3}$	$\frac{0,22 m^3}{0,28 m^3}$

1:2.03:2.29:0.78

Para mayor facilidad en obra, la proporción de la mezcla se debe de indicar en una unidad de medida que el albañil pueda realizar fácilmente. En este caso, se utilizará una cubeta de cinco galones para calcular la cantidad de arena, piedrín y agua necesarios para un saco de cemento.

Calcular el volumen para 5 galones:

$$Volumen de cubeta = 5 galones * \frac{3,785 lts}{1 galón} * \frac{1m^3}{1\ 000lts} = 0,01893m^3$$

Tabla XXXIII. **Cuantificación para un saco de cemento**

Descripción	Proporción	kg (saco de cemento)	proporción x kg	Para un saco de cemento	Volumen	Material
Cemento	1	42,5	42,5			
Arena	2,03	42,5	86,275	0,062	3,25541469	3 1/2 cubetas
Piedrín	2,29	42,5	97,325	0,061	3,21331881	3 1/2 cubetas
Agua	0,78	42,5	33,15	0,03315	1,75118859	2 cubetas

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Drenajes

Los drenajes son colocados en la carretera para evitar que el agua se filtre en la carpeta de rodadura, ya que al filtrarse dañará el material existente en la subrasante.

Las acumulaciones de agua son perjudiciales. La forma que no afecten a la carretera es evacuándola o conduciéndola por medio de drenajes. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes. Estos evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben de tener mantenimiento constante.

#### 3.6.1. Estudio hidrológico, método racional para la determinación de caudales de diseño

El estudio hidrológico sirve para determinar el tipo de estructura necesario para drenar un punto determinado de la carretera.

Por medio del estudio hidrológico se determinan las obras de arte de una carretera como lo son puentes, alcantarillas, bóvedas, cunetas contra cunetas, entre otros.

Se deberá realizar una inspección de campo. Se recomienda llevar un GPS para ubicar con exactitud los puntos donde será necesario colocar los drenajes. En la inspección de campo se deberá anotar todos los pasos de agua existentes con sus coordenadas y anotar los datos siguientes:

- Creciente máximo (visual).
- Condiciones del lecho (ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedra suelta, tamaño).
- Vegetación de la cuenca (clase de cultivos, monte bajo o alto, bosque).

Para el cálculo de los drenajes se usó el método racional para caudal (Q), el tiempo de concentración (t) y una fórmula dada por el INSIVUMEH, de acuerdo a la zona en estudio para el cálculo de la intensidad de lluvia:

Se calculará el drenaje en la estación 2+563,95

- Tiempo de concentración

$$t = \left[ \frac{0,886 * L^3}{H} \right]^{0,385} * 60$$

Donde:

t= tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce (km)

H= diferencia de elevaciones (mts)

$$t = \left[ \frac{0,886 * 1,38^3}{50} \right]^{0,385} * 60$$

$$t = 18,42$$

- Intensidad de lluvia

Los parámetros para la intensidad de lluvia los proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio. La intensidad de lluvia está dada por la fórmula siguiente:

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

Tabla XXXIV. **Parámetros A, B Y n de la ecuación de intensidad de lluvia**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
Huehuetenango								
A	1 215	4 935	15 870	5 464	5 410	5 395	5 320	5 270
B	11	25	35	17	17	17	17	17
n	0,874	1,09	1,292	1,102	1,097	1,095	1,089	1,084
R2	0,997	0,993	0,981	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989

Fuente: Insivumeh. <https://insivumeh.gob.gt/>. Consulta: mayo de 2019.

Se toma la intensidad de lluvia para un periodo de 20 años:

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

$$I_{Tr} = \frac{5\,464}{(17 + 18,42)^{0,989}}$$

$$I_{Tr} = 160,43 \text{ mm/hr}$$

- Caudal

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

Donde:

Q = caudal que pasa por el punto de estudio

C = coeficiente de escorrentía

A = área a drenar en hectáreas

I = intensidad de lluvia dada por Insivumeh

Tabla XXXV. **Valores indicativos del coeficiente de escorrentía**

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0.30	0.50	0.60
	5 – 10 %	0.40	0.60	0.70
	10 – 30 %	0.50	0.70	0.80
Potrerros	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.20	0.40	0.60
Bosques	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.25	0.35	0.50
	10 – 30 %	0.30	0.50	0.60

Fuente: USDA. *National Engineering Handbook, sec.4*. [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail//?cid=nrcs141p2\\_024573](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail//?cid=nrcs141p2_024573). Consulta: mayo de 2019.

Como es un área dedicada a la agricultura se toma un coeficiente de escorrentía de 0,5. Según la tabla XXXIV.

$$Q = \frac{0,5 * 160,43 * 8,3}{360}$$

$$Q = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro de la tubería necesario para desfogar el caudal se calcula utilizando la ecuación de Manning.

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

- Diámetro de tubería

$$D = \left[ \frac{Q * 4^{\frac{5}{3}} * n}{S^{\frac{1}{2}} * \pi} \right]^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

A= área necesaria para drenar la cuenca

Q = caudal que pasa por el punto de estudio

n= coeficiente de rugosidad para tuberías (0,013)

S = pendiente (0,05)

$$D = \left[ \frac{1,85 * 4^{\frac{5}{3}} * 0,013}{0,05^{\frac{1}{2}} * \pi} \right]^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0,67 \text{ m}$$

$$D = 26,19 \text{ in}$$

- Área
- 

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

$$A = \frac{\pi * 0,67^2}{4}$$

$$A = 0,35 \text{ m}^2$$

La Dirección General de Caminos recomienda utilizar un diámetro mínimo de 30" para efectos de mantenimiento. Por lo tanto, se utilizó un diámetro de 30".

### 3.6.2. Diseño de cunetas

Son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino. Sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera. En pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

De acuerdo con la topografía se diseñaron cunetas tipo L, la cual transportará el caudal de origen pluvial de la carpeta de rodadura y de las casas en su perímetro. Misma que será diseñada en condiciones críticas, para lo cual se tienen los siguientes parámetros de diseño basados en el estudio hidrológico proporcionado por la DMP de la municipalidad:

*Intensidad de lluvia = 160,43 mm/hr (proporcionado por estudio hidrológico)*

*Constante de escorrentía para pavimento =  $C_1 = 0,60$*

Para el cálculo de caudal hidrológico se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal hidrológico} = Q_{\text{Hidro}} = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

C = constante de esorrentía

I = intensidad de lluvia en mm/hr

A = área en hectáreas (proporcionado por estudio hidrológico)

Para el cálculo de caudal hidráulico se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal hidráulico} = Q_{\text{hidra}} = A * V$$

Donde:

A = área en metros cuadrados

V = velocidad en m/s

Y la velocidad se calcula mediante la ecuación de Manning:

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

Donde:

n = coeficiente de Manning (concreto = 0,012)

R = radio hidráulico = área/perímetro mojado

S = pendiente

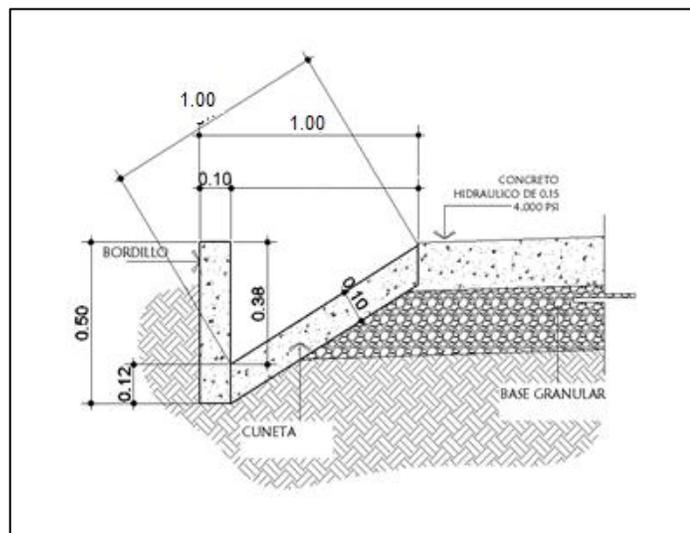
- Caudal hidrológico

$$Q_1 = \frac{(0,6)(160,43 \text{ mm/hr})(0,285 \text{ Has})}{360} = 0,076 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Hidro}} = 0,076 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Caudal hidráulico

Figura 24. Cuneta tipo L



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right)(R^{2/3})(S^{1/2}) = \left(\frac{1}{0,012}\right)\left(\frac{0,5 * 0,38 \text{ m} * 0,90 \text{ m}}{\sqrt{0,9^2 + 0,38^2 + 0,38}}\right)^{2/3} (0,005)^{1/2} = 1,48 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{hidra}} = A * V = (0,17)(1,48 \text{ m/s}) = 0,2516 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{hidra} = 0,2516 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{hidra} \gg Q_{Hidro} \rightarrow$  *La cuneta cumple*

### **3.6.3. Drenajes transversales**

Son tuberías que se colocan para desalojar el agua que viene de las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera.

Se compone de las siguientes partes: caja recolectora de caudal que recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería; muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione y si la pendiente del terreno en corte es muy fuerte, se colocan, adicionalmente, disipadores de energía al final de la tubería que servirán para que el agua que desfoga no erosione el suelo y provoque hundimientos.

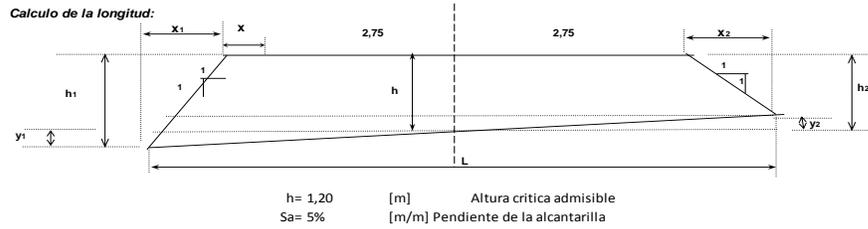
En este caso fueron necesarios colocarlos en tramos de corte, ya que servirán para conducir agua al otro lado de la carretera.

Tabla XXXVI. Diseños transversales

Coefficiente de rugosidad	Largo de Cauce L (km)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Diferencia de Altura H (m)	t (min)	Intensidad 20 años = $A/(B+t)^n$ (mm/hr)	Area hect.	Coefficiente de escorrentia C	Caudal	D (m)	D (in)	A (m2)	D comer	
0,013	1,38	2348,00	2298,00	50,00	18,42	160,421459	8,30	0,05	0,18	0,67	26,19	0,35	83000	30
0,013	1,49	2390,00	2380,00	10,00	37,41	104,943266	8,50	0,5	1,24	0,88	34,83	0,61	85000	36
0,013	1,56	2401,00	2391,00	10,00	39,44	101,196802	8,70	0,5	1,22	0,88	34,66	0,61	87000	36
0,013	1,55	2393,00	2378,00	15,00	33,49	112,983994	9,10	0,5	1,43	0,93	36,77	0,68	91000	36
0,013	1,55	2400,00	2379,00	21,00	29,42	122,774576	7,30	0,5	1,24	0,89	34,90	0,62	73000	36
0,013	1,59	2444,00	2407,00	37,00	24,37	137,612846	8,60	0,5	1,64	0,99	38,78	0,76	86000	42
0,013	1,66	2438,00	2382,00	56,00	21,83	146,48946	7,98	0,5	1,62	0,98	38,60	0,76	79800	42
0,013	1,59	2460,00	2425,00	35,00	24,89	135,900951	7,20	0,5	1,36	0,92	36,08	0,66	72000	42
0,013	1,53	2458,00	2448,00	10,00	38,57	102,772225	8,24	0,5	1,18	0,87	34,15	0,59	82400	36
0,013	1,55	2475,00	2430,00	45,00	21,94	146,081876	8,30	0,5	1,68	0,99	39,14	0,78	83000	42
0,013	1,16	2311,00	2258,00	53,00	14,74	178,818703	7,20	0,5	1,79	1,02	40,05	0,81	72000	42
0,013	1,33	2440,00	2380,00	60,00	16,46	169,739091	7,50	0,5	1,77	1,01	39,87	0,81	75000	42
0,013	1,39	2483,00	2419,00	64,00	16,89	167,581984	7,20	0,5	1,68	0,99	39,07	0,77	72000	42
0,013	1,35	2469,00	2419,00	50,00	17,96	162,516987	8,30	0,5	1,87	1,04	40,76	0,84	83000	42
0,013	1,26	2452,00	2421,00	31,00	19,94	153,917263	7,30	0,5	1,56	0,97	38,03	0,73	73000	42
0,013	1,41	2502,00	2454,00	48,00	19,19	157,077719	7,60	0,5	1,66	0,99	38,91	0,77	76000	42
0,013	1,51	2483,00	2427,00	56,00	19,57	155,448397	8,24	0,5	1,78	1,02	39,97	0,81	82400	42
0,013	1,63	2474,00	2412,00	62,00	20,56	151,413077	8,10	0,5	1,70	1,00	39,31	0,78	81000	42
0,013	1,71	2191,00	2144,00	47,00	24,17	138,259938	6,80	0,5	1,31	0,90	35,54	0,64	68000	36
0,013	2,17	2135,00	2077,00	58,00	29,35	122,967343	9,00	0,5	1,54	0,96	37,81	0,72	90000	42
0,013	1,77	2020,00	1966,00	54,00	23,84	139,354567	7,20	0,5	1,39	0,93	36,43	0,67	72000	42
0,013	1,64	1982,00	1918,00	64,00	20,45	151,836013	6,90	0,5	1,46	0,94	37,03	0,69	69000	42
0,013	1,62	1965,00	1907,00	58,00	20,94	149,892472	9,00	0,5	1,87	1,04	40,76	0,84	90000	42
0,013	1,55	1928,00	1872,00	56,00	20,17	152,966615	8,40	0,5	1,78	1,02	40,02	0,81	84000	42
0,013	1,48	1807,00	1742,00	65,00	18,05	162,089474	8,70	0,5	1,96	1,05	41,46	0,87	87000	42
0,013	1,27	1766,00	1718,00	48,00	17,00	167,046974	7,20	0,5	1,67	0,99	39,02	0,77	72000	42
0,013	1,23	1665,00	1582,00	83,00	13,27	187,401509	6,90	0,5	1,80	1,02	40,11	0,82	69000	42
0,013	1,13	1658,00	1580,00	78,00	12,32	193,384863	7,80	0,5	2,10	1,08	42,53	0,92	78000	42
0,013	1,10	1616,00	1586,00	30,00	17,26	165,810229	8,10	0,5	1,87	1,03	40,69	0,84	81000	42
0,013	1,10	1615,00	1567,00	48,00	14,40	180,721715	7,50	0,5	1,88	1,04	40,84	0,84	75000	42
0,013	1,27	1603,00	1553,00	50,00	16,74	168,345266	6,90	0,5	1,61	0,98	38,51	0,75	69000	42
0,013	1,30	1604,00	1551,00	53,00	16,81	167,970855	8,20	0,5	1,91	1,04	41,09	0,86	82000	42
0,013	1,25	1607,00	1548,00	59,00	15,42	175,115721	8,00	0,5	1,95	1,05	41,35	0,87	80000	42
0,013	1,21	1610,00	1550,00	60,00	14,76	178,738117	7,20	0,5	1,79	1,02	40,04	0,81	72000	42
0,013	1,20	1609,00	1559,00	50,00	15,68	173,749925	6,50	0,5	1,57	0,97	38,10	0,74	65000	42
0,013	1,33	1608,00	1553,00	55,00	17,02	166,972104	7,00	0,5	1,62	0,98	38,60	0,76	70000	42
0,013	1,22	1597,00	1523,00	74,00	13,74	184,571083	8,00	0,5	2,05	1,07	42,19	0,90	80000	42
0,013	1,24	1590,00	1540,00	50,00	16,28	170,62537	7,00	0,5	1,66	0,99	38,92	0,77	70000	42
0,013	1,27	1579,00	1497,00	82,00	13,84	184,010333	7,90	0,5	2,02	1,07	41,94	0,89	79000	42
0,013	1,29	1562,00	1502,00	60,00	15,89	172,650128	7,36	0,5	1,76	1,01	39,85	0,80	73600	42
0,013	1,19	1586,00	1528,00	58,00	14,66	179,247113	7,50	0,5	1,87	1,03	40,71	0,84	75000	42
0,013	1,00	1581,00	1512,00	69,00	11,22	200,874204	7,61	0,5	2,12	1,09	42,75	0,93	76100	42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Diseño longitud de transversales



No.	Estación	Diámetro (in)	Material	Pendiente tubería de descarga S (%)	Ancho de media sección transversal	altura crítica admisible de tubería h(m)	cota invert de entrada (m)	altura de entrada de tubería h1 (m)	altura salida de tubería h2 (m)	cota invert de salida (m)	largo de tubería (m)
1	2+563.95	30	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1204,21	1,4	1	1205,21	7,9
2	2+616.50	36	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1198,29	1,4	1	1199,29	7,9
3	2+700.00	36	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1187,90	1,4	1	1188,90	7,9
4	2+795.95	36	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1174,96	1,4	1	1175,96	7,9
5	2+925.44	36	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1159,00	1,4	1	1160,00	7,9
6	3+217.88	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1122,64	1,4	1	1123,64	7,9
7	3+329.42	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1108,36	1,4	1	1109,36	7,9
8	3+430.3	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1094,36	1,4	1	1095,36	7,9
9	3+566.21	36	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1079,48	1,4	1	1080,48	7,9
10	4+112.99	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1026,96	1,4	1	1027,96	7,9
11	4+248.07	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1016,79	1,4	1	1017,79	7,9
12	4+280.00	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1016,95	1,4	1	1017,96	7,9
13	4+390.75	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1023,94	1,4	1	1024,95	7,9
14	4+431.64	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1021,84	1,4	1	1022,84	7,9
15	4+560.60	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1015,65	1,4	1	1016,65	7,9
16	4+688.06	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1005,59	1,4	1	1006,60	7,9
17	4+831.48	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1007,81	1,4	1	1008,81	7,9
18	4+917.07	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	1005,66	1,4	1	1006,66	7,9
19	5+181.36	36	Metal corrugado	5	2,75	1,2	983,52	1,4	1	984,52	7,9
20	6+716.41	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	820,00	1,4	1	821,00	7,9
21	7+305.25	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	744,23	1,4	1	745,23	7,9
22	8+052.14	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	673,38	1,4	1	674,38	7,9
23	8+136.07	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	664,76	1,4	1	665,77	7,9
24	8+227.50	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	653,27	1,4	1	654,27	7,9
25	8+843.84	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	588,66	1,4	1	589,67	7,9
26	9+026.70	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	568,66	1,4	1	569,66	7,9
27	9+197.59	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	547,46	1,4	1	548,46	7,9
28	9+309.77	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	538,70	1,4	1	539,70	7,9
29	9+412.62	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	529,89	1,4	1	530,89	7,9
30	9+488.86	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	523,62	1,4	1	524,62	7,9
31	9+591.82	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	517,18	1,4	1	518,19	7,9
32	9+709.61	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	514,55	1,4	1	515,55	7,9
33	9+914.47	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	507,31	1,4	1	508,31	7,9
34	9+996.06	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	497,99	1,4	1	498,99	7,9
35	10+043.93	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	491,94	1,4	1	492,94	7,9
36	10+085.14	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	486,63	1,4	1	487,64	7,9
37	10+207.76	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	475,56	1,4	1	476,57	7,9
38	10+248.22	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	474,93	1,4	1	475,93	7,9
39	10+505.48	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	464,33	1,4	1	465,33	7,9
40	10+917.79	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	454,14	1,4	1	455,14	7,9
41	11+020	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	448,41	1,4	1	449,41	7,9
42	11+114.10	42	Metal corrugado	5	2,75	1,2	438,21	1,4	1	439,21	7,9

331,8

Fuente elaboración propia.

#### **3.6.4. Contra cunetas**

Son canales destinados a evitar que el agua llegue a los taludes y cause deslizamientos o derrumbes en los cortes de la carretera. La contra cuneta deberá colocarse en la parte más alta del talud, a una distancia no menor de 2 metros de la orilla, tomando en cuenta el tipo de suelo existente en el área para evitar derrumbes. Este tipo de drenaje longitudinal nos sirve para mantener lejos el agua del camino o bien que el agua escurrida no llegue a él.

#### **3.7. Presupuesto del proyecto**

La integración del presupuesto fue realizada con base a renglones de trabajo, los cuales incluyen el desglose en precios unitarios.

##### **3.7.1. Integración de precios unitarios**

En la tabla siguiente se presenta el ejemplo del desglose de la integración del precio unitario de cada uno de los renglones de trabajo para el pavimento. El precio unitario está compuesto por material y herramienta, equipo y maquinaria, mano de obra directa e indirecta y un factor de indirectos.

Tabla XXXVIII. **Desglose de costos indirectos**

Costos indirectos	
Administración	4 %
Gastos generales	4 %
Fianzas	2 %
Imprevistos	4 %
Unidad	16 %
Total	30 %

Fuente: elaboración propia.

- **Factor ayudante**

Es un factor que dependerá de la tarea a realizar y este es directamente proporcional al número de ayudantes que acompañan la mano de obra calificada.

En muchas de las actividades en la construcción se usa un ayudante para dos albañiles. También si la tarea requiere de mayor cuidado se recomienda un ayudante para cada albañil, con base en esto se calcula el factor ayudante, se debe saber el salario diario de cada uno. Para este proyecto se utilizará el salario mínimo según lo establece el ministerio de trabajo.

Salario mensual + bonificaciones incentivo:

$$Q 2 742,37 + Q 250,00 = Q 2 992,37$$

$$\text{Salario diario: } Q 2 992,37 / 30 \text{ días} = Q 99,75$$

Dos albañiles-un ayudante

Se obtiene el total de dinero pagado a los ayudantes y se divide en el total de dinero pagado a los albañiles.

$$2 \text{ albañiles} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 175,00 = Q 350,00$$

$$1 \text{ ayudante} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 99,75 = Q 99,75$$

$$\text{Ahora se divide } Q 99,75 / Q 350,00 = 0,28$$

Tres albañiles-un ayudante

Se obtiene el total de dinero pagado a los ayudantes y se divide en el total de dinero pagado a los albañiles.

$$3 \text{ albañiles} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 175,00 = Q 525,00$$

$$1 \text{ ayudante} * 1 \text{ día/ albañil} * Q 99,75 = Q 99,75$$

$$\text{Ahora se divide } Q 99,75 / Q 525,00 = Q 0,19$$

Se tienen dos factores, para este proyecto se utiliza el promedio de estos dos factores, es decir  $(0,28 + 0,19) = 0,47$ . Este factor utilizaremos para el cálculo de mano de obra.

- Prestaciones

Tabla XXXIX. **Días con goce de sueldo**

Días con goce de sueldo		
1	Días de goce de sueldo	
2	domingos	52
3	sábados	26
4	1° de enero	1
5	jueves santo	1
6	viernes santo	1
7	sabado santo	1
8	1° de mayo	1
9	30 de junio	1
10	15 de septiembre	1
11	20 de octubre	1
12	1° de noviembre	1
13	24 de diciembre	0.5
14	31 de diciembre	0.5
15	de fiesta (feriado)	1
16	vacaciones	15
	total de días no trabajado	104

Fuente: elaboración propia.

- Días de trabajos realizados

$$365 - 104 = 261 \text{ días}$$

Tabla XL. **Prestaciones extras**

prestaciones extras	
aguinaldo	30
bono 14	30
indemnización	30
Total días extras	90

Fuente: elaboración propia.

Total de días a pagar como prestaciones

$$104 + 90 = 194 \text{ días}$$

Porcentaje de prestaciones laborales

$$(194/261) * 100 = 74 \%$$

$$\text{IGSS} = 10,67 \%$$

$$\text{Total de prestaciones a pagar} = 74 \% + 10,67 \% = 84,67 \%$$

Tabla XLI. Integración precio unitario

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>Tratamiento subrasante</b>	m2	1	Q 28,34	<b>Q 28,34</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
				Q -
Total de materiales con IVA				Q -
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q -
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Motoniveladora 125 m2/h	hora	0,008	Q 275,00	Q 2,20
Pipa de agua	pipa	0,009	Q 700,00	Q 6,30
Rodo compactador 700m2/h	hora	0,0014	Q 300,00	Q 0,42
				Q -
Total de Equipo y maquinaria con IVA				Q 8,92
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA				Q 7,96
<b>COMBUSTIBLES</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Camion doble eje (Diesel)	viaje	0,083	Q 50,00	Q 4,150
Motoniveladora	hora	0,008	Q 100,00	Q 0,800
Compactador	hora	0,0014	Q 250,00	Q 0,350
Total de Combustibles con IVA				Q 5,300
TOTAL DE COMBUSTIBLES SIN IVA				Q 4,732
<b>MANO DE OBRA</b>				
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Operador motoniveladora	hora	0,008	Q 50,00	Q 0,40
Operador camion doble eje	hora	0,083	Q 25,00	Q 2,08
Peones (2)	hora	0,083	Q 15,00	Q 2,49
				Q -
				Q -
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 4,97
		AYUDANTE (33% M.O.)	47%	Q 2,33
		PRESTACIONES (84.67% M.O.)	84,67%	Q 4,20
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 11,50</b>
		Herramienta (3% M.O)	3%	Q 0,35
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles)				Q 19,47
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas +				30% Q 5,84
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 25,31</b>
IVA				12% Q 3,04
<b>TOTAL</b>				<b>Q 28,34</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.7.2. Resumen presupuesto

A continuación, se presenta el resumen de renglones de trabajo en el cual se incluyen cantidades de trabajo, unidades de medida, precio unitario y el costo total del proyecto.

Tabla XLII. Resumen de renglones de trabajo

DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO.					
RENGLONES DE TRABAJO					
R	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT.	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	53677,76	m2	Q 22,69	Q 1 217 896,21
2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	22596	m3	Q 163,22	Q 3 688 006,97
3	Tratamiento de Subrasante	53677,76	m2	Q 28,34	Q 1 521 416,50
4	Tendido de la sub base granular tipo C e= 0.15m	10455,9	m3	Q 34,11	Q 356 631,79
6	Capa de pavimento e=0.15	53677,76	m2	Q 316,24	Q 16 975 064,44
7	CUNETAS DE CONCRETO 3000 PSI tipo L	22644,4	ml	Q 453,66	Q 10 272 851,71
8	BORDILLO DE CONCRETO	383,8	ml	Q 195,11	Q 74 883,13
9	TRANSVERSALES				
9,1	Excavación	420	m3	Q 65,00	Q 27 300,00
9,2	Tubería Galvanizada corrugada				
9.2.1	Tubería Galvanizada corrugada de 30	7,9	ml	Q 425,00	Q 3 357,50
9.2.2	Tubería Galvanizada corrugada de 36	47,4	ml	Q 765,00	Q 36 261,00
9.2.3	Tubería Galvanizada corrugada de 42	276,5	ml	Q 1 356,00	Q 374 934,00
9,3	Concreto ciclópeo	32	m3	Q 2 300,00	Q 73 600,00
10	Defensa metálica	222	ml	Q 1 025,98	Q 227 767,43
11	Pintura	33900	m	Q 24,00	Q 813 600,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 35 663 570,69

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Elaboración de planos

En los planos se resume la información específica del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Estos datos fueron realizados utilizando el software CivilCAD 2018.



- Especificaciones técnicas

Preliminares: se hará trabajo preliminar que consiste en trazo de la calle a pavimentar para garantizar los niveles. Asimismo, se deberá remover donde se encuentre material natural contaminado con desechos de basura o balasto anterior con no menos de 50 milímetros y remplazarlo con material adecuado.

Se hará una nivelación según los requerimientos de nivel del eje central longitudinal de la calle, se tomará en cuenta las pendientes que se establecen en los perfiles de los planos, así también, se tendrá en cuenta los lugares en donde se indiquen cortes de terreno natural y rellenos, donde se indique rellenos este debe ser con terreno natural de preferencia con propiedades idénticas o similares al del suelo que va ser rellenado. Dicho relleno debe ser debidamente compactado con pata de cabra o vibro compactadora manual, de ninguna forma se aceptará compactación manual, debido a que este tipo de compactación no reajusta debidamente las partículas del suelo, se deberá compactar el suelo natural hasta un 95 % de su densidad máxima así como el selecto que se usará utilizando el método de AASHTO T 191 (ASTM D 1556).

Movimiento de tierras: se realizarán trabajos de movimiento de tierra que consiste en corte de cajuela, el cual tendrá un espesor variable no mayor de 0,35 m, según lo requiera el terreno. En lugares donde se indique en perfil de planos, en donde los cuales se colocan deben ir debidamente compactados, se deberá de compactar el suelo natural hasta un 97 % de su densidad máxima, así también, el material granular que se usara utilizando el método de AASHTO T 191 (ASTM D 155).

#### Especificaciones generales:

El cemento a utilizarse será Portland modificado con puzolana tipo 1 UGC 4 000 PSI, UGC 4 000 PSI de cementos progreso generalmente.

El agregado grueso consistirá en grava o roca triturada y deberá estar formado o de partículas duras, resistentes, duraderas, limpias y sin recubrimiento de materiales extraños. El agregado grueso debe estar libre de partículas delgadas, planas o alargadas, esto para formar un agregado clasificado que llene los requisitos.

El agregado fino será de la peña, arena de mina como se le conoce comúnmente, debido a que en la población no existe, en las cercanías bancos de arena de río acumulada. Esta deberá llenar los requisitos de calidad y deberá ser autorizada por el Ingeniero Supervisor Municipal.

Banda de rodadura estará conformada por plancha de concreto de alta resistencia fundida, ocupando la totalidad del ancho del pavimento (5,50 mts), en donde se realizará un corte longitudinal a cada 1,25 y cortes transversales a cada 1,375 metros. Esta banda de rodadura será fundida in-situ y se utilizará concretas o mezcladoras de agregados para garantizar una homogenización en su mezcla; de ninguna forma se aceptará la mezcla de los agregados de forma manual o artesanal, se deberá de contar con un vibrador de concreto para evitar los vacíos o burbujas en el concreto.

El peralte será de 20 centímetros con acabado final estriado o ranurado el texturizado grueso, micro texturizado o ranurado. Se debe hacer por medio de un bastidor provisto de un peine o rastrillo de cerdas metálicas planas ligeramente flexibles espaciadas a no menos de 12 mm ni más de 25 mm. El

ancho de las cerdas debe ser del orden de los 3,2 mm y se deben aplicar cuando el concreto está aún plástico de manera que las ranuras formadas tengan una profundidad mínima de aproximadamente 3,2 mm, pero nunca mayor de 6,4 mm.

El concreto deberá tener un  $f'c=281$  kg/cm<sup>2</sup>, debe evitarse el fraguado violento, regándole agua frecuentemente, esperando 28 días antes de poder transmitirle cargas puntuales o de tránsito de cualquier índole. Se utilizará Silka para mejorar la calidad del fraguado y protección de la retención de humedad, esto para garantizar alcanzar su máxima resistencia.

La longitud total de pavimentación es de 11322,30 metros lineales y un ancho constante de 5,50 metros en toda su longitud, con espesor de 20 cm y cubriendo un área de 53 677,76 metros cuadrados.

La junta de dilatación se realizará mediante corte longitudinal, corte transversal, la cual también se puede realizar mediante cortadora de concreto, a D/4 del peralte del concreto, para facilitar la reparación de estas secciones.

La subbase es el suelo natural donde se construirá el pavimento. Puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de este que servirá de apoyo al pavimento a construir. El material preparado de la subrasante, como se indicó, deberá ser compactado inmediatamente con el equipo adecuado para el tipo de suelo que se trate o con el que apruebe la municipalidad hasta alcanzar una densidad seca máxima del 97 %,según resultados en el laboratorio por el método AASHTO T-18 (AASHTO Modificado). La compactación se hará gradualmente de las orillas hasta el centro, paralelamente a un eje longitudinal o línea central del camino, de modo que traslape uniformemente cada capa de compactación en la mitad de su ancho

con la pasada anterior. Se deberá continuar así hasta obtener la compactación especificada. El afinamiento y la compactación deberán ejecutarse alternativamente hasta lograr una superficie lisa y uniforme. Si la superficie de la subrasante se seca durante la compactación deberá regarse con la cantidad de agua necesaria para mantener el contenido de humedad de compactación especificado. La compactación de los materiales de la subrasante cercanos a los pozos de visita, cajas de registro, bordillos y lugares no accesibles por el equipo de compactación mencionado anteriormente, deberá efectuarse mecánicamente con compactadoras neumáticas (sapos o patas de cabra) o con platos vibratorios para asegurar, de esta manera, la compactación especificada.

La superficie de la subrasante o subbase terminada después de escarificar, homogenizar, humedecer y conformar adecuadamente los materiales deberá quedar completamente lisa. No debe tener depresiones o salientes que excedan 3,0 centímetros con relación a lo indicado en los planos o por la municipalidad. Las zonas que estén fuera de ese límite serán corregidas. El contenido de humedad y compactación deberá estar entre el 80 % y 95 % del contenido óptimo de humedad del material en cuestión, determinando esto en el laboratorio. El contenido óptimo de humedad corresponde a los diferentes suelos que forman la subrasante; será determinado por el contratista y aprobado por la municipalidad previo a las operaciones de compactación. Las densidades secas del campo se determinarán por el método del cono de arena AASHTO T-191 u otro aprobado por la municipalidad.

La corrección de las densidades por partículas gruesas, si es necesario, se hará con el método AASHTO T-224. La densidad se obtendrá cada 40 metros lineales, siguiendo el alineamiento de un eje longitudinal de la

siguiente forma. Orilla derecha, centro, orilla izquierda, centro, orilla derecha, entre otras.

En las zonas, donde por inspección se crea deficiente la compactación se debe, también, medir la densidad de campo.

Pavimento de concreto rígido simple de concreto con cemento portland. Los materiales que se utilizan en la construcción de este pavimento deben llenar fundamentalmente los requisitos y normas siguientes:

Cementos hidráulicos: el cemento pórtland debe corresponder a los tipos I y II, de acuerdo a AASHTO M 85-63. Para este caso se utilizará cemento progreso UGC 4 000 PSI reforzado con puzolana y deberá llenar las normas de C-150 de la ASTM. La aprobación previa del Ingeniero pueden utilizarse otras clases de cemento.

El agregado fino debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables; estas deben llenar los requisitos de 551,04 (b), con las limitaciones sobre cantidad de finos allí estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial. Consiste en arena natural de río o de trituración compuesta de partículas duras y durables de acuerdo con las normas de AASHTO M 6. Exceptuando el ensayo de desintegración al sulfato de sodio y la pérdida de peso no debe ser mayor del 15 % después de cinco ciclos conforme AASHTO T-104. El módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 en la graduación del agregado, para este rubro también se aceptará arena de mina por ser abundante en la zona, pero deberá de pasar inspección para ser óptima mediante diseño de mezclas elaborado por laboratorio certificado. Estos serán llevados exclusivamente por el Ingeniero Civil Supervisor de la Municipalidad.

El agregado grueso debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos establecidos en 551,04 (c). También se incluyen los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas. Deberá ser limpio, libre de arcilla, lodo o polvo. Se usará piedrín triturado de  $\frac{3}{4}$ " debidamente proporcionados para una mezcla trabajable, pero nunca mayor de  $\frac{2}{3}$  del espacio libre mínimo entre barras refuerzo en relación a la fundición de los bordillos. Debe consistir en grava o piedra triturada, procesada adecuadamente para formar un agregado clasificado que cumpla con los requisitos de AASHTO 183 M-80. Existe la excepción de que no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternos, y que el ensayo de desintegración al sulfato de sodio y pérdida de peso no sea mayor del 15 % después de cinco ciclos conforme AASHTO T-104.

Además, el porcentaje de desgaste no debe ser mayor de 50 % después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión (Los Ángeles) AASHTO T-96. El porcentaje de partículas desmenuzables no debe exceder del 56 % en peso, el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0,25 % en peso. El agregado grueso a utilizar va a ser de  $\frac{3}{4}$ " debido a que es bastante resistente al desgaste y abrasión de la circulación de automotores, y por esto es utilizado en pavimentos rígidos. Se deberá tener cuidado de que no tenga rocas que excedan de los 7 mm, las cuales deben eliminarse o cambiar todo el pedido del agregado grueso según lo indique la municipalidad.

El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto. El agua debe analizarse de acuerdo a AASHTO T-26. En ningún caso la cantidad de impurezas en el agua debe ser

tal, que cause un cambio en el tiempo de fraguado del cemento Portland en más del 25 % o una reducción de más del 10 %. En la resistencia a compresión en morteros de cemento Portland a 7 y 28 días con relación a la resistencia obtenida con morteros hechos con agua potable, de acuerdo con AASHTO T-106.

La planta y el equipo para producción del concreto deben estar en el sitio de la obra en condiciones óptimas de servicio y ser inspeccionado y aprobado antes de que inicien las operaciones de construcción. El agua puede medirse por peso o volumen. El equipo para medir el agua debe tener una exactitud de  $\pm 0,5$  % de la capacidad del tanque y ser adoptado de tal forma que la exactitud de dicha medida no sea afectada por las variaciones de presión en la red de suministro de agua. Cuando el cemento se dosifique en sacos, no se requiere el pesado del mismo, puede medirse con base en el peso marcado de fábrica en los sacos. El agregado grueso y fino podrá medirse por volumen, contando en el sitio de la obra con moldes de un volumen definido y conocido y, así también, por peso. Cuando se cuente en el sitio de la obra con un equipo de capacidad y exactitud suficiente para la operación se cuidará de mantener la proporción especificada en planos que es de 1:1.67:2.30 cemento: arena: grava o piedrín, para garantizar una resistencia a la compresión de 281 Kg/cm<sup>2</sup> debido a la circulación de tránsito pesado.

Se deberá realizar la prueba de resistencia de concreto, la cual evaluará la resistencia del concreto a la compresión, debiendo llenar el 100 % de resistencia como mínimo a los 28 días de curado del concreto, con una resistencia de 281 Kg/cm<sup>2</sup>. Esta prueba la deberá de realizar un laboratorista calificado en presencia del ingeniero supervisor municipal.

Se le recomienda al constructor hacer referencia a los requisitos del libro azul de caminos, cualquier modificación en la construcción, calidad de materiales y la elaboración de ensayos deberá ser supervisado por un Ingeniero civil delegado por la municipalidad.

- Transversales

La tubería de metal será de acero corrugado tipo copacero, formando un diámetro de 48' por medio de secciones circulares permeables. Los pernos de acero para las planchas deben cumplir con lo estipulado en AASHTO M164.

- Excavación y cimentación

El ancho de zanja debe ser el mínimo que permita trabajar con libertad a los lados de la tubería y para la compactación completa del relleno debajo y alrededor de la misma. Las paredes de la zanja deben quedar lo más verticales posible, desde la cimentación hasta por lo menos la corona de la alcantarilla.

El suelo de apoyo de la tubería debe proporcionar una resistencia razonable uniforme a la carga impuesta, longitudinalmente y lateralmente. Cuando sea debido a la presencia de materiales suaves o inestables no se encuentre una base firme para la cimentación de la tubería. Estos materiales se deben remover, por lo menos, dos veces el ancho de la tubería y una profundidad de 0,20 m. Se debe rellenar con grava u otro material apropiado, debidamente compactado que tenga un espesor mínimo de 30 cms.

- Estructura de material de relleno

La estructura del material de relleno debe ser material granular permeable libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped u otro material. Debe cumplir con las siguientes indicaciones:

- Dimensión máxima 50 mm
- Material que pasa el tamiz de 75, AASHTO T27 Y T11 15 % MAX
- Limite líquido AASHTO T89 30 %

El concreto ciclópeo será una combinación de concreto hidráulico de clase 3 000 PSI y de piedra partida o canto rodado, de buena calidad, preferible en su estado natural no mayor a los 300 mm.

El volumen total de la piedra no debe exceder de un tercio del volumen total del concreto ciclópeo.

La piedra debe colocarse cuidadosamente, a mano, sin dejarla caer o tirarla, para no causar daño a las formaletas o al concreto adyacente parcialmente fraguado.

Toda piedra antes de ser colocada debe limpiarse y mojarse con agua limpia a modo de evitar que la piedra absorba agua del concreto. Cada piedra debe estar rodeada de, por lo menos, 80 mm de concreto y no debe colarse ningún, a menos de 250 mm de cualquier superficie ni a menos de 80 mm de cualquier otra superficie de la estructura.

- Pintura en pavimento

La pintura debe ser reflectiva. Su composición y propiedades deben llenar los requisitos indicados en las especificaciones AASHTO M248.

La pintura debe ser suministrada en envases resistentes originales, claramente marcados con el peso por litro. El volumen del contenido de pintura en litros, color y el uso propuesto. Deben, también, mostrar una declaración fiel de la composición del pigmento en porcentaje, de la proporción del pigmento al vehículo y el nombre del fabricante.

Cuando se coloquen las marcas sobre pavimentos rígidos que tengan menos de un año de construidos, se tiene que limpiar la superficie del pavimento para eliminar todo residuo.

Las líneas longitudinales centrales tienen que tener un ancho mínimo de 100 mm. Si los planos no lo indican de otra manera, las líneas longitudinales discontinuas tienen que tener un largo de 5 m de largo con intervalos de 10 m.

### **3.10. Evaluación ambiental**

- Estudio de impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental es un procedimiento de carácter preventivo. Se orienta a informar al promotor de un proyecto acerca de los efectos al ambiente que puedan generarse con su construcción. Es un elemento correctivo de los procesos de planificación. Tiene como finalidad medular los efectos negativos del proyecto sobre el ambiente.

- Medidas de mitigación

La mitigación se refiere a medidas que se toman para eliminar, prevenir o reducir efectos negativos que pudieran resultar de la acción propuesta e identificados en la EIA.

- Etapa de construcción

En este caso, el proyecto consiste en el mejoramiento del tramo carretero que conduce del Boquerón hacia la garita de Isnul, San Pedro Necta, Huehuetenango. Dicho mejoramiento consiste en la fundición de un pavimento rígido de 0,20 metros de espesor con sus respectivas juntas de dilatación. También cuenta con cunetas en los laterales y se han diseñado varios transversales para evacuar el agua que proviene de la cuenca. Se realizarán trabajos preliminares de 69 706,3 metros cuadrados, movimiento de tierras tanto corte y relleno, corte de cajuela de 0,35 m de espesor, teniendo de subbase granular tipo c e=0,15 m.

- Operación

- Tránsito de vehículos
- Limpieza de carretera
- Limpieza de cunetas
- Materia prima e insumos
  - Vehículos tipo pickup, camiones
  - Herramientas manuales para limpieza
  - Combustible diésel y gasolina

El contratista debe proteger el pavimento, evitando los daños que puedan causarle el tránsito y operaciones de construcción. Cualquier daño ocasionado al pavimento antes de la aceptación final, debe ser reparado a costa del contratista.

- Abandono

El proyecto es de tipo social y productivo al servicio de las comunidades. Podría abandonarse en tiempo indefinido y por situaciones de erosión del suelo y falta de mantenimiento.

Para la fase de construcción se abandonará el área del proyecto por parte de la máquina, trabajadores y equipo debiéndose dejar el área del proyecto limpia, sin desechos sólidos y sin derrames líquidos en el suelo.

Factores que pueden causar impacto ambiental en el proyecto y sus obras de mitigación.

- Vegetación y fauna

- Impacto: remoción y afectación de cobertura vegetal.
- Medida de mitigación: utilizar la infraestructura existente en la instalación de los trabajadores, separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización, evitar el paso de maquinaria sobre el suelo de cobertura vegetal fuera del área de la obra, restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

- Recursos hídricos
  - Impacto: alteración del drenaje.
  - Impacto: disminución de la calidad del agua.
  - Medida de mitigación: alteración mínima de corrientes de aguas naturales.
  - Impacto: contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.
  - Medida de mitigación: depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río.
  
- Salud trabajadores
  - Impacto: riesgos para la salud de los trabajadores.
  - Medida de mitigación: desarrollar plan de seguridad e higiene.
  - Impacto: generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra.
  - Medida de mitigación: hacer servicio sanitario provisional, colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zona adecuada.

- Calidad del aire
  - Impacto: contaminación del aire por polvo generado en construcción.
  - Medida de mitigación: uso de agua para minimizar la generación de polvo.
  
- Población
  - Impacto: incremento de los niveles de accidentes.
  - Medida de mitigación: transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga, mantener una adecuada señalización en el área de la obra. En esta etapa de ejecución y operación instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.

## CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de agua potable se realizó con base en las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), cumpliendo con todos los requisitos para brindar un servicio adecuado durante su vida útil.
2. El proyecto de pavimentación tendrá una longitud de 11 322,3 metros, un ancho de calzada de 5,50 metros. El diseño basado en el método simplificado de la PCA determinó que el pavimento rígido tendrá un espesor de 15 centímetros, una sub base de 15 centímetros y un bombeo del 3 %.
3. La realización del diseño del sistema de agua del caserío Ixchigual beneficiará con agua potable en dotaciones adecuadas a 135 familias durante 20 años, que será la vida útil del sistema.
4. El proyecto de pavimentación tiene un costo directo de treinta y cinco millones seiscientos sesenta y tres mil quinientos setenta con sesenta y nueve centavos (Q 36 663 570,69). Asimismo, el sistema de agua potable tiene un costo de dos millones setecientos doce mil ciento noventa y ocho con setenta y ocho centavos (Q 2 712 198,78).



## RECOMENDACIONES

1. Implementar un programa de capacitación dirigido a miembro del comité y a la población en general con el propósito de enseñar el manejo y mantenimiento de los diferentes elementos que compone el sistema de agua potable.
2. Dar un adecuado y continuo mantenimiento al pavimento para evitar mayores daños y garantizar un buen funcionamiento durante el período de diseño.
3. De no realizarse inmediatamente los proyectos, se debe considerar que los precios de los materiales variarán con el tiempo, por lo que, se recomienda actualizar dichos precios.
4. Que la municipalidad exija la supervisión de los dos proyectos para que se cumpla con los requisitos de construcción y así cumplan con la vida útil, para la que fueron diseñados.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y vivienda, 2001. 724 p.
2. Instituto De Fomento Municipal (INFOM). *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: 1997.
3. LÓPEZ CANO, Edgar Emanuel. *Diseño del sistema de distribución de agua potable para el parcelamiento San Juan el Paraíso y puente vehicular para el caserío campamento la barrita, municipio del puerto de San José, departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.
4. MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Billy Roger. *Diseño de la red de distribución de agua potable para la aldea yolwitz del municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.
5. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). *Design of concrete pavement for city streets*. USA 1974.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Libreta topográfica sistema

Est	PO	AZIMUT	AZIMUT	Distancia Parcial	Cota	Yp	Xp	YT	XT
	0				100				
0	1	165°39'20"	165.656	20.00	994.6	-19.3764768	4.95501211	-19.3764768	4.95501211
1	R1	38°25'30"	38.425	6.00	998	4.70053414	3.72893803	-14.6759427	8.68395014
1	2	236°32'0"	236.533	12.00	990	-6.61742108	-10.0104814	-25.9938979	-5.0554693
2	3	184°25'20"	184.422	25.00	982.14	-24.925573	-1.92764325	-50.919471	-6.98311256
3	R2	343°15'40"	343.261	6.50	0	6.224577	-1.87206867	-44.694894	-8.85518123
3	4	194°7'0"	194.117	20.00	979	-19.3960222	-4.87794252	-70.3154932	-11.8610551
4	5	198°55'40"	198.928	21.00	976.47	-19.8644924	-6.81189716	-90.1799855	-18.6729522
5	6	193°50'40"	193.844	7.00	976.71	-6.7966427	-1.67500688	-96.9766282	-20.3479591
6	7	204°47'20"	204.789	35.00	971.24	-31.7750581	-14.6746612	-128.751686	-35.0226203
7	8	211°23'20"	211.389	30.00	971.56	-25.6095545	-15.6253229	-154.361241	-50.6479432
8	9	215°30'0"	215.5	24.00	965.96	-19.5387724	-13.9368709	-173.900013	-64.5848141
9	10	233°28'20"	233.472	34.00	958.05	-20.2372229	-27.3213252	-194.137236	-91.9061393
10	11	195°51'0"	195.85	17.00	952.52	-16.3536603	-4.64303723	-210.490897	-96.5491765
11	12	203°16'0"	203.267	23.00	946.08	-21.1295559	-9.08525542	-231.620452	-105.634432
12	13	230°26'0"	230.433	49.00	928.17	-31.2118052	-37.7733136	-262.832258	-143.407746
13	14	245°33'20"	245.556	70.00	918.96	-28.9667507	-63.7254059	-291.799008	-207.133151
14	15	211°27'40"	211.461	17.00	921.32	-14.5009083	-8.87263531	-306.299917	-216.005787
15	16	223°27'40"	223.461	40.00	922.71	-29.0336567	-27.5144831	-335.333573	-243.52027
16	17	204°26'40"	204.444	18.00	922.56	-16.3865329	-7.44859304	-351.720106	-250.968863
17	18	225°49'40"	225.828	17.00	921.97	-11.8458967	-12.1932248	-363.566003	-263.162088
18	19	205°0'0"	205	27.00	916.36	-24.4703102	-11.4106931	-388.036313	-274.572781
19	20	216°29'20"	216.489	41.00	915.29	-32.9628601	-24.3813424	-420.999173	-298.954123
20	21	204°0'0"	204	23.00	915.22	-21.0115455	-9.35494279	-442.010719	-308.309066
21	22	221°22'0"	221.367	38.00	916.29	-28.5188358	-25.1132635	-470.529555	-333.422329
22	23	225°28'20"	225.472	50.00	913.26	-35.0627488	-35.6455277	-505.592303	-369.067857
23	24	237°42'20"	237.706	29.00	912.76	-15.4938413	-24.5140956	-521.086145	-393.581953
24	25	245°23'0"	245.383	31.00	914.17	-12.9129031	-28.1825644	-533.999048	-421.764517
25	26	232°41'0"	232.683	11.00	913.03	-6.66841745	-8.7482689	-540.667465	-430.512786
26	27	246°9'20"	246.156	14.00	912.51	-5.65956875	-12.8050491	-546.327034	-443.317835
27	28	219°48'40"	219.811	114.00	910.53	-87.5701688	-72.9894892	-633.897203	-516.307324
28	29	213°19'20"	213.322	50.00	904.17	-41.779718	-27.4673473	-675.676921	-543.774672
29	30	223°4'0"	223.067	47.00	901.71	-34.3363043	-32.0938967	-710.013225	-575.868568
30	31	220°12'40"	220.211	118.00	884.89	-90.1131595	-76.1814838	-800.126385	-652.050052
31	32	213°35'20"	213.589	13.00	884.75	-10.829371	-7.19199018	-810.955756	-659.242042
32	33	234°50'20"	234.839	22.00	880.18	-12.6693062	-17.9857911	-823.625062	-677.227833
33	34	244°32'20"	244.539	14.00	878	-6.01857729	-12.6402819	-829.643639	-689.868115
34	35	209°19'40"	209.328	76.00	851.71	-66.2592252	-37.2251941	-895.902864	-727.093309
35	36	211°52'20"	211.872	54.00	821	-45.8583002	-28.5134407	-941.761165	-755.60675
36	37	223°15'20"	223.256	81.00	780	-58.9926669	-55.5055426	-1000.75383	-811.112293
37	38	251°14'0"	251.233	29.00	787.74	-9.32973217	-27.458261	-1010.08356	-838.570554
38	39	251°54'0"	251.9	36.00	804.64	-11.1843515	-34.2185663	-1021.26792	-872.78912
39	40	252°54'20"	252.906	31.00	793.03	-9.11237707	-29.6304672	-1030.38029	-902.419587
40	41	277°59'40"	277.994	24.00	783.27	3.33784995	-23.7667574	-1027.04244	-926.186345
41	42	291°22'20"	291.372	50.00	775.14	18.2212676	-46.5616302	-1008.82117	-972.747975
42	43	277°14'0"	277.233	38.00	771.01	4.78459525	-37.6975815	-1004.03658	-1010.44556

Continuación del apéndice 1.

43	44	222°31'0"	222.517	28.00	775.14	-20.638262	-18.92253	-1024.67484	-1029.36809
44	45	234°59'40"	234.994	18.00	776.08	-10.3258055	-14.7437356	-1035.00065	-1044.11182
45	46	249°16'0"	249.267	30.00	776.97	-10.6205701	-28.0571469	-1045.62122	-1072.16897
46	47	254°14'20"	254.239	77.00	772.63	-20.9152859	-74.1049986	-1066.5365	-1146.27397
47	48	239°3'40"	239.061	64.00	773.74	-32.9039063	-54.8938334	-1099.44041	-1201.1678
48	49	216°37'40"	216.628	14.00	772.52	-11.2353965	-8.3525963	-1110.67581	-1209.5204
49	50	226°30'0"	226.5	33.00	768.22	-22.715701	-23.9373542	-1133.39151	-1233.45775
50	51	245°50'20"	245.839	42.00	764.56	-17.1907616	-38.3207217	-1150.58227	-1271.77847
51	52	240°22'20"	240.372	15.00	763.68	-7.41545027	-13.0388304	-1157.99772	-1284.8173
52	53	242°52'0"	242.867	12.00	763.06	-5.47275282	-10.6793715	-1163.47047	-1295.49668
53	54	236°44'20"	236.739	25.00	761.32	-13.7113849	-20.9044953	-1177.18186	-1316.40117
54	55	235°11'0"	235.183	27.00	759.35	-15.415715	-22.1665453	-1192.59757	-1338.56772
55	56	244°0'20"	244.006	24.00	760.6	-10.5188159	-21.5720771	-1203.11639	-1360.13979
56	57	240°55'20"	240.922	14.00	760.61	-6.80395031	-12.235451	-1209.92034	-1372.37524
57	58	243°17'0"	243.283	18.00	760.2	-8.09241931	-16.0783317	-1218.01276	-1388.45358
58	59	249°15'40"	249.261	50.00	759.97	-17.7054842	-46.7601949	-1235.71824	-1435.21377
59	60	236°17'0"	236.283	19.00	759.22	-10.5466418	-15.8040611	-1246.26488	-1451.01783
60	61	247°46'20"	247.772	70.00	749.48	-26.4802732	-64.7981106	-1272.74516	-1515.81594
61	62	236°10'20"	236.172	24.00	743.61	-13.3607621	-19.9371521	-1286.10592	-1535.75309
62	63	282°4'20"	282.072	82.00	732.2	17.1498486	-80.1865493	-1268.95607	-1615.93964
63	64	271°22'20"	271.372	17.00	729.55	0.40710761	-16.9951247	-1268.54896	-1632.93477
64	65	296°37'20"	296.622	9.00	731.47	4.03295267	-8.04582455	-1264.51601	-1640.98059
65	66	285°41'20"	285.689	32.00	733.14	8.65324001	-30.8078145	-1255.86277	-1671.78841
66	67	282°0'20"	282.006	92.00	729.93	19.1366011	-89.9877242	-1236.72617	-1761.77613
67	68	283°32'0"	283.533	33.00	729.04	7.72236386	-32.0837201	-1229.0038	-1793.85985
68	69	297°32'0"	297.533	42.00	724.37	19.4151122	-37.243166	-1209.58869	-1831.10302
69	70	288°8'20"	288.139	20.00	723.98	6.22643021	-19.0060929	-1203.36226	-1850.10911
70	71	297°18'20"	297.306	32.00	727	14.6795429	-28.4343282	-1188.68272	-1878.54344
71	72	294°44'20"	294.739	16.00	727.71	6.69573788	-14.5315895	-1181.98698	-1893.07503
72	73	301°52'20"	301.872	28.00	728.69	14.784747	-23.7783779	-1167.20223	-1916.85341
73	74	282°5'20"	282.089	22.00	724.84	4.60743672	-21.5121251	-1162.5948	-1938.36553
74	75	285°36'0"	285.6	18.00	722.15	4.84055677	-17.3369262	-1157.75424	-1955.70246
75	76	292°20'20"	292.339	28.00	719.07	10.6423533	-25.8986547	-1147.11189	-1981.60111
76	77	292°35'0"	292.583	56.00	709.78	21.5054983	-51.70603	-1125.60639	-2033.30714
77	78	268°56'40"	268.944	13.00	709.56	-0.23948441	-12.9977939	-1125.84587	-2046.30494
78	79	265°15'0"	265.25	13.00	707.92	-1.0765067	-12.9553515	-1126.92238	-2059.26029
79	80	279°45'40"	279.761	22.00	707.16	3.72989375	-21.6815104	-1123.19249	-2080.9418
80	81	279°12'20"	279.206	16.00	703.24	2.55963044	-15.7939321	-1120.63286	-2096.73573
81	82	291°31'0"	291.517	20.00	704.8	7.33543717	-18.6062184	-1113.29742	-2115.34195
82	83	287°59'40"	287.994	20.00	697.96	6.17849552	-19.0217295	-1107.11892	-2134.36368
83	84	293°26'40"	293.444	34.00	702.69	13.527229	-31.1931736	-1093.59169	-2165.55685
84	85	267°8'0"	267.133	35.00	698.95	-1.75041651	-34.9562018	-1095.34211	-2200.51305
85	86	260°52'0"	260.867	30.00	701.04	-4.76197484	-29.6196488	-1100.10409	-2230.1327
86	87	273°59'20"	273.989	14.00	704.66	0.97388227	-13.9660858	-1099.1302	-2244.09879
87	88	270°47'20"	270.789	43.00	703.16	0.59203576	-42.9959242	-1098.53817	-2287.09471
88	89	265°56'20"	265.939	56.00	709.01	-3.96594384	-55.8593886	-1102.50411	-2342.9541

Continuación del apéndice 1.

89	90	255°16'20"	255.272	25.00	709.77	-6.35567148	-24.1786153	-1108.85978	-2367.13272
90	91	275°21'40"	275.361	27.00	711.95	2.52267925	-26.8818915	-1106.3371	-2394.01461
91	92	272°16'0"	272.267	42.00	711.03	1.66112008	-41.9671381	-1104.67598	-2435.98175
92	93	290°22'0"	290.367	43.00	711.51	14.9651481	-40.3118387	-1089.71084	-2476.29358
93	94	283°0'20"	283.006	46.00	709.91	10.3520944	-44.8200194	-1079.35874	-2521.1136
94	95	266°12'20"	266.206	38.00	706.47	-2.51473172	-37.9166998	-1081.87347	-2559.0303
95	96	253°0'0"	253	19.00	703.5	-5.55506239	-18.1697904	-1087.42853	-2577.20009
96	97	266°46'20"	266.772	41.00	700.11	-2.3085278	-40.9349569	-1089.73706	-2618.13505
97	98	258°48'20"	258.806	32.00	696.87	-6.21245549	-31.3911675	-1095.94952	-2649.52622
98	99	269°54'0"	269.9	24.00	692.71	-0.04188788	-23.9999634	-1095.99141	-2673.52618
99	100	276°7'0"	276.117	49.00	686.64	5.22111209	-48.7210426	-1090.77029	-2722.24722
100	101	273°39'20"	273.656	40.00	684.09	2.55032816	-39.918615	-1088.21997	-2762.16584
101	102	269°28'40"	269.478	34.00	682.62	-0.30988861	-33.9985878	-1088.52985	-2796.16443
102	103	265°0'0"	265	36.00	684.5	-3.13760674	-35.8630091	-1091.66746	-2832.02744
103	104	284°17'40"	284.294	18.00	681.29	4.44429096	-17.4427142	-1087.22317	-2849.47015
104	105	289°43'20"	289.722	13.00	676.27	4.38698498	-12.2374165	-1082.83619	-2861.70757
105	106	338°8'4"	338.134	46.00	654.57	42.6907745	-17.1317767	-1040.14541	-2878.83934
106	107	290°27'40"	290.461	14.00	652.51	4.89400162	-13.1167354	-1035.25141	-2891.95608
107	108	253°12'20"	253.206	20.00	651.4	-5.77877943	-19.1469504	-1041.03019	-2911.10303
108	109	257°13'0"	257.217	49.00	647.76	-10.8419766	-47.7854742	-1051.87217	-2958.8885
109	110	262°23'20"	262.389	25.00	650.19	-3.31121524	-24.7797468	-1055.18338	-2983.66825
110	111	279°33'0"	279.55	40.00	649.82	6.63632958	-39.4456478	-1048.54705	-3023.1139
111	112	283°20'20"	283.339	32.00	646.85	7.382727	-31.1367202	-1041.16432	-3054.25062
112	113	288°36'0"	288.6	41.00	646.42	13.0773317	-38.8585048	-1028.08699	-3093.10912
113	114	290°10'20"	290.172	19.00	645.71	6.55202012	-17.834546	-1021.53497	-3110.94367
114	115	303°34'0"	303.567	18.00	643.96	9.95232387	-14.9983749	-1011.58265	-3125.94204
115	116	305°8'40"	305.144	14.00	641.98	8.05895607	-11.4478481	-1003.52369	-3137.38989
116	117	273°36'0"	273.6	102.00	626.73	6.40463299	-101.798726	-997.119059	-3239.18862
117	118	239°47'0"	239.783	166.00	629.62	-83.5430412	-143.445322	-1080.6621	-3382.63394
118	119	253°3'20"	253.056	42.00	628.15	-12.2406609	-40.1766875	-1092.90276	-3422.81063
119	120	255°42'40"	255.711	25.00	625.2	-6.17027728	-24.2265903	-1099.07304	-3447.03722
120	121	245°30'20"	245.506	85.00	601.7	-35.2414257	-77.3501255	-1134.31446	-3524.38734
121	122	251°21'20"	251.356	62.00	581.14	-19.8210527	-58.7462839	-1154.13552	-3583.13363
122	123	247°27'40"	247.461	10.00	577.48	-3.83310417	-9.23619577	-1157.96862	-3592.36982
123	124	269°13'20"	269.222	92.00	548.27	-1.24884169	-91.9915235	-1159.21746	-3684.36135
124	125	300°35'0"	300.583	36.00	544.15	18.3164765	-30.9920423	-1140.90099	-3715.35339
125	126	344°40'40"	344.678	33.00	537	31.8270151	-8.72015544	-1109.07397	-3724.07354
126	127	348°26'20"	348.439	14.00	534.67	13.715961	-2.80578198	-1095.35801	-3726.87933
127	128	337°14'20"	337.239	25.00	529.8	23.053149	-9.67224482	-1072.30486	-3736.55157
128	129	337°48'0"	337.8	28.00	523.6	25.9243764	-10.579542	-1046.38048	-3747.13111
129	130	346°56'0"	346.933	125.00	502	121.763458	-28.2605791	-924.617027	-3775.39169
130	131	310°14'20"	310.239	22.00	501.43	14.2114711	-16.7938706	-910.405556	-3792.18556

Continuación del apéndice 1.

131	132	270°53'20"	270.889	20.00	517.46	0.31026831	-19.9975932	-910.095288	-3812.18316
132	133	281°59'20"	281.989	17.00	510.82	3.53127399	-16.6291943	-906.564014	-3828.81235
133	134	278°34'20"	278.572	14.00	506.6	2.08678349	-13.8436027	-904.47723	-3842.65595
134	135	294°9'40"	294.161	18.00	501	7.36746926	-16.4231665	-897.109761	-3859.07912
135	136	284°32'20"	284.539	30.00	487.85	7.53111198	-29.0393242	-889.578649	-3888.11844
136	137	357°48'20"	357.806	31.00	484	30.9772657	-1.18701845	-858.601383	-3889.30546
137	138	279°37'40"	279.628	50.00	468.63	8.36233757	-49.2957535	-850.239046	-3938.60122
138	139	278°50'40"	278.844	26.00	461.47	3.99756138	-25.6908447	-846.241484	-3964.29206
139	140	211°17'20"	211.289	30.00	458.86	-25.6367869	-15.580602	-871.878271	-3979.87266
140	141	284°35'40"	284.594	18.00	457.24	4.53555946	-17.4192049	-867.342712	-3997.29187
141	142	286°59'40"	286.994	20.00	449.43	5.84557955	-19.126662	-861.497132	-4016.41853
142	143	296°8'20"	296.139	11.00	446.38	4.84603454	-9.87501641	-856.651098	-4026.29355
142	144	13°4'0"	13.0667	31.00	447.23	30.1973375	7.00862362	-831.299795	-4009.40991
144	145	339°19'0"	339.317	32.00	445.38	29.937498	-11.302487	-801.362297	-4020.71239
124	146	265°34'20"	265.572	58.00	536.65	-4.47773943	-57.8268956	-1163.6952	-3742.18824
146	147	297°53'20"	297.889	52.00	523.44	24.3234379	-45.9605306	-1139.37176	-3788.14877
147	148	272°40'20"	272.672	56.00	501.85	2.6108415	-55.9391053	-1136.76092	-3844.08788
148	149	185°49'20"	185.822	76.00	479	-75.6079494	-7.70960378	-1212.36887	-3851.79748
149	150	167°34'40"	167.578	37.00	475.72	-36.13379	7.95922223	-1248.50266	-3843.83826
150	151	220°7'40"	220.128	35.00	466	-26.7613161	-22.5573039	-1275.26398	-3866.39556
151	152	239°20'20"	239.339	68.00	471.67	-34.6772246	-58.4935047	-1309.9412	-3924.88907
152	153	255°30'0"	255.5	48.00	461.27	-12.0182402	-46.4710867	-1321.95944	-3971.36016
153	154	218°55'20"	218.922	65.00	444.52	-50.5699697	-40.8372154	-1372.52941	-4012.19737
154	155	161°48'20"	161.806	17.00	443.99	-16.1500396	5.30812769	-1388.67945	-4006.88924
155	156	122°53'0"	122.883	38.00	435.52	-20.6313473	31.9115576	-1409.3108	-3974.97769
152	157	299°40'40"	299.678	16.00	469.26	7.92194771	-13.9011778	-1302.01926	-3938.79025
157	158	276°34'20"	276.572	42.00	460.06	4.80713252	-41.7239916	-1297.21212	-3980.51424
158	159	317°58'40"	317.978	43.00	442.58	31.9440656	-28.7850078	-1265.26806	-4009.29925
159	160	319°25'0"	319.417	70.00	420.47	53.1622404	-45.5387329	-1212.10582	-4054.83798
160	161	316°57'0"	316.95	76.00	408.65	55.5376283	-51.8803608	-1156.56819	-4106.71834
161	162	256°11'40"	256.194	15.00	407.04	-3.5794143	-14.5666672	-1160.1476	-4121.28501
162	163	247°43'40"	247.728	56.00	390.67	-21.2244234	-51.8220402	-1181.37203	-4173.10705
163	164	249°0'20"	249.006	84.00	353.85	-30.0953037	-78.4236743	-1211.46733	-4251.53072
164	165	265°7'20"	265.122	43.00	341.28	-3.65631078	-42.8442691	-1215.12364	-4294.37499
165	166	255°31'0"	255.517	30.00	332.51	-7.50295112	-29.046613	-1222.62659	-4323.4216
166	167	232°4'40"	232.078	54.00	308.77	-33.1879248	-42.5976718	-1255.81452	-4366.01927
124	168	187°17'0"	187.283	30.00	541.38	-29.7579409	-3.80328218	-1188.9754	-3688.16463
168	169	177°17'0"	177.283	50.00	525.71	-49.9438065	2.3698507	-1238.91921	-3685.79478
169	170	166°15'0"	166.25	53.00	518.11	-51.4811297	12.5973523	-1290.40034	-3673.19743
170	171	148°11'40"	148.194	38.00	515.34	-32.2939806	20.0274516	-1322.69432	-3653.16997
171	172	171°57'0"	171.95	52.00	506.36	-51.4876045	7.28193543	-1374.18192	-3645.88804
172	173	152°24'20"	152.406	40.00	491.11	-35.4499399	18.5284042	-1409.63186	-3627.35963
171	174	226°13'0"	226.217	49.00	503.31	-33.9047265	-35.3761152	-1443.53659	-3662.73575
174	175	242°29'0"	242.483	16.00	501.23	-7.39210584	-14.1900237	-1450.9287	-3676.92577
175	176	223°19'20"	223.322	62.00	488.01	-45.1054159	-42.5382353	-1496.03411	-3719.46401
176	177	261°31'20"	261.522	70.00	479.45	-10.3198066	-69.2351182	-1506.35392	-3788.69913
177	178	205°57'40"	205.961	38.00	461.26	-34.1654724	-16.634918	-1540.51939	-3805.33404
178	179	175°51'0"	175.85	28.00	456.4	-27.9265843	2.02629975	-1568.44598	-3803.30775
179	180	129°1'20"	129.022	69.00	448	-43.4439015	53.6062256	-1611.88988	-3749.70152
180	181	135°39'40"	135.661	112.00	419.65	-80.104475	78.2769	-1691.99435	-3671.42462

Continuación del apéndice 1.

181	182	147°21'0"	147.35	17.00	416.7	-14.3136925	9.17159789	-1706.30805	-3662.25302
182	183	147°21'0"	147.35	15.00	0	-12.6297287	8.09258637	-1718.93777	-3654.16044
183	184	142°23'0"	142.383	20.00	404.64	-15.8422425	12.2075121	-1734.78002	-3641.95292
184	185	188°22'50"	188.381	28.00	396.28	-27.7010119	-4.08092415	-1762.48103	-3646.03385
185	186	192°34'0"	192.567	23.00	388.58	-22.4490007	-5.0042351	-1784.93003	-3651.03808
179	187	279°9'20"	279.156	78.00	436.02	12.4110025	-77.0062791	-1556.03497	-3880.31402
187	188	171°39'0"	171.65	11.00	433.06	-10.8833938	1.59741637	-1566.91837	-3878.71661
188	189	205°25'20"	205.422	31.00	426	-27.9982347	-13.3078493	-1594.9166	-3892.02446
189	190	217°9'0"	217.15	45.00	417.7	-35.8675752	-27.1756702	-1630.78418	-3919.20013
190	191	199°30'0"	199.5	34.00	409.19	-32.0498107	-11.3494332	-1662.83399	-3930.54956
191	192	313°57'0"	313.95	55.00	395.89	38.17167	-39.5970152	-1624.66232	-3970.14658
192	193	337°1'20"	337.022	94.00	369.99	86.541695	-36.6951636	-1538.12062	-4006.84174
193	194	295°34'0"	295.567	62.00	354.4	26.7567827	-55.9291926	-1511.36384	-4062.77093
194	195	280°30'20"	280.506	68.00	329.48	12.3984987	-66.8601318	-1498.96534	-4129.63106
191	196	111°46'40"	111.778	34.00	405.18	-12.6142616	31.5734129	-1675.44825	-3898.97615
196	197	199°44'0"	199.733	30.00	409.49	-28.2382281	-10.1292878	-1703.68648	-3909.10544
197	198	177°43'40"	177.728	38.00	403.72	-37.9701219	1.50659986	-1741.6566	-3907.59884
198	199	218°30'20"	218.506	28.00	406.36	-21.9113382	-17.4325345	-1763.56794	-3925.03137
199	200	204°27'0"	204.45	42.00	406.03	-38.2335581	-17.3837577	-1801.8015	-3942.41513
200	201	197°22'40"	197.378	40.00	403.94	-38.1742496	-11.9468267	-1839.97575	-3954.36195
180	202	209°47'20"	209.789	82.00	422.67	-71.1646687	-40.7380649	-1683.05455	-3790.43958
202	203	155°2'0"	155.033	60.00	408.16	-54.3932102	25.3254553	-1737.44776	-3765.11413
203	204	194°0'0"	194	25.00	402.12	-24.2573932	-6.04804739	-1761.70515	-3771.16218
204	205	205°54'20"	205.906	33.00	391.93	-29.6840089	-14.4173373	-1791.38916	-3785.57951
205	206	207°28'20"	207.472	50.00	377.76	-44.3617295	-23.0659262	-1835.75089	-3808.64544
206	207	192°5'20"	192.089	45.00	375.34	-44.0020741	-9.42430238	-1879.75296	-3818.06974
207	208	152°54'40"	152.911	60.00	369.16	-53.4180678	27.3223358	-1933.17103	-3790.74741
208	209	147°33'40"	147.561	150.00	362.45	-126.594607	80.4599625	-2059.76564	-3710.28744
209	210	121°13'20"	121.222	25.00	367.55	-12.9589681	21.379082	-2072.7246	-3688.90836
210	211	132°28'0"	132.467	108.00	374.2	-72.9174056	79.6683875	-2145.64201	-3609.23997
209	212	229°6'40"	229.111	75.00	340.38	-49.0945667	-56.6985319	-2108.8602	-3766.98598
212	213	306°52'0"	306.867	51.00	329.9	30.5976992	-40.8017255	-2078.2625	-3807.7877
213	214	188°32'0"	188.533	56.00	315.85	-55.3800634	-8.30954724	-2133.64257	-3816.09725
214	215	189°28'0"	189.467	216.00	219.49	-213.058394	-35.5263365	-2346.70096	-3851.62359
215	216	147°2'0"	147.033	30.00	228.83	-25.1696185	16.3245307	-2371.87058	-3835.29905
216	217	236°4'0"	236.067	10.00	228.48	-5.58227896	-8.29687662	-2377.45286	-3843.59593
217	218	305°45'0"	305.75	42.00	228	24.538486	-34.0861072	-2352.91437	-3877.68204
218	219	294°43'40"	294.728	166.00	226	69.439042	-150.77871	-2283.47533	-4028.46075
219	220	287°44'40"	287.744	60.00	225.02	18.286317	-57.1455213	-2265.18901	-4085.60627
220	221	279°26'0"	279.433	30.00	224.27	4.91699697	-29.5943093	-2260.27202	-4115.20058

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Libreta topográfica pavimentación

Est	Coordenadas totales			Observaciones
	x	y	z	obs
R-0	0	0	1000	INICIO
E-1	26.22	36.74	994.56	LINEA CENTRAL
E-2	28.69	35.46	994.51	OD TALUD ABAJO
E-3	29.55	34.61	996.17	OD TALUD ARRIBA
E-4	23.81	38.07	994.5	OI
E-5	16.73	19.17	996.93	LINEA CENTRAL
E-6	18.75	17.74	997.05	OD
E-7	14.14	20.81	996.95	OI
E-8	5.02	7.19	998.86	LINEA CENTRAL
E-9	6.8	4.94	998.65	OD
E-10	2.77	9.25	998.8	OI
E-11	-11.22	-4.22	1001.36	LINEA CENTRAL
E-12	-9.08	-7.02	1001.45	OD CASA
E-13	-12.36	-1.83	1001.32	OI
E-14	-27.52	-15.46	1003.78	LINEA CENTRAL
E-15	-26.26	-17.61	1003.75	OD
E-16	-28.98	-13.34	1003.73	OI
E-17	-44.95	-26.93	1006.45	LINEA CENTRAL
E-18	-43.8	-28.64	1006.51	OD
E-19	-46.56	-24.52	1006.25	OI
R-1	-51.67	-32.63	1007.61	CAMBIO
E-20	-58.33	-33.52	1008.42	LINEA CENTRAL
E-21	-57.37	-35.87	1008.55	OD
E-22	-59.47	-31.69	1008.18	OI
E-23	-31.75	-22.94	1007.15	TALUD ARRIBA
E-24	-62.94	-39.5	1013.05	TALUD ARRIBA
E-25	-70.55	-37.8	1010.08	LINEA CENTRAL
E-26	-70.1	-40	1010.23	OD
E-27	-70.97	-35.26	1010.01	OI
E-28	-89.87	-40.19	1012.32	LINEA CENTRAL
E-29	-89.65	-42.57	1012.37	OD
E-30	-90.45	-37.85	1012.31	OI
R-2	-110.71	-46.57	1015.81	CAMBIO
E-31	-100.95	-43.74	1013.86	LINEA CENTRAL
E-32	-99.72	-45.89	1013.68	OD TALUD ABAJO
E-33	-98.77	-46.54	1014.77	TALUD ARRIBA
E-34	-102.01	-41.36	1013.95	OI
E-35	-108.31	-51.73	1015.57	LINEA CENTRAL
E-36	-104.76	-52.87	1015.44	OD
E-37	-103.49	-53.4	1016.58	TALUD ARRIBA
E-38	-111.89	-51.18	1015.74	OI
E-39	-112.69	-50.18	1015.83	OI
E-40	-107.4	-69.58	1017.78	LINEA CENTRAL
E-41	-104.47	-68.45	1017.48	OD
E-42	-110.09	-69.64	1017.72	OI
E-43	-101.82	-87.37	1019.94	LINEA CENTRAL
E-44	-104.21	-88.49	1019.94	OI
R-3	-94.12	-107.87	1022.54	CAMBIO
E-45	-99.26	-86.01	1019.69	OD

Continuación del apéndice 2.

E-47	-91.36	-103.17	1021.98	OD
E-48	-89.87	-102.19	1023.5	OD
E-49	-95.71	-105.57	1022.15	OI
E-50	-83.39	-119.86	1024.66	LINEA CENTRAL
E-51	-81.25	-117.75	1024.36	OD
E-52	-80.22	-116.87	1024.74	OD
E-53	-84.56	-121.52	1024.82	OI
R-4	-44.08	-166.42	1032.65	CAMBIO
E-54	-71.83	-135.49	1026.98	LINEA CENTRAL
E-55	-69.33	-133.9	1026.86	OD
E-56	-68.84	-133.43	1027.31	OD
E-57	-73.53	-137.17	1026.87	OI
E-58	-59.24	-149.91	1029.53	LINEA CENTRAL
E-59	-57.3	-148.14	1029.34	OD
E-60	-55.86	-148.18	1029.81	OD
E-61	-61.19	-151.8	1029.56	OI CASA
E-62	-44.81	-162.57	1032.31	LINEA CENTRAL
E-63	-43.08	-160.88	1031.99	OD
E-64	-46.34	-164.77	1032.22	OI CASA
E-65	-28.56	-174.53	1034.65	LINEA CENTRAL
E-66	-27.05	-172.13	1034.8	OD
E-67	-29.65	-176.16	1034.57	OI
E-68	-30.42	-177.14	1035.08	OI
E-69	-16.01	-184.23	1036.88	LINEA CENTRAL
E-70	-14.58	-182.4	1036.76	OD
E-71	-13.62	-182.52	1037.1	OD
E-72	-17.17	-186.01	1036.95	OI
E-73	-17.6	-186.76	1037.29	OI
R-5	-11.01	-186.95	1037.73	CAMBIO
E-74	-6.9	-198.67	1039.68	LINEA CENTRAL
E-75	-3.69	-197.57	1039.47	OD
E-76	-7.9	-200.02	1039.47	OD
E-77	-8.3	-200.19	1039.76	OI
E-78	4.14	-219.58	1042.29	LINEA CENTRAL
E-79	1.89	-221.21	1042.22	OI
R-6	6.32	-225.76	1042.85	CAMBIO VUELTA
E-80	6.29	-217.16	1042.14	OD
E-81	11.77	-226.6	1043.42	LINEA CENTRAL
E-82	10.15	-222.01	1042.89	LINEA CENTRAL
E-83	10.3	-229.14	1043.44	OI CASA
E-84	13.77	-224.2	1043.39	OD
E-85	25.51	-233.15	1045	LINEA CENTRAL
E-86	24.42	-234.77	1044.91	OI
E-87	23.65	-235.62	1045.07	OI
E-88	26.87	-230.75	1044.86	OD
R-7	40.39	-242.26	1047.09	CAMBIO VUELTA
E-89	38.65	-245.84	1047.21	OI
E-90	38.16	-246.29	1047.41	OI

Continuación del apéndice 2.

E-91	39.87	-244.4	1047.18	LINEA CENTRAL
E-92	42.93	-243.43	1047.64	OD
E-93	51.13	-259.4	1049.77	LINEA CENTRAL
E-94	53.42	-258	1049.8	OD
E-95	53.99	-257.68	1049.95	OD
E-96	49.53	-260.37	1049.77	OI
E-97	49.09	-260.55	1050.01	OI
R-8	77.32	-318.73	1058.15	CAMBIO
E-98	58.46	-277.03	1052.4	LINEA CENTRAL
E-99	60.95	-276.43	1052.72	OD
E-100	56.46	-277.81	1052.6	OI
E-101	65.78	-295.54	1055.24	LINEA CENTRAL
E-102	68.35	-294.56	1055.2	OD
E-103	62.31	-296.44	1055.37	OI
E-104	77.53	-311.7	1057.46	LINEA CENTRAL
E-105	80.35	-310.38	1057.91	OD
E-106	75.39	-312.7	1057.1	OI
E-107	74.61	-312.92	1057.55	OI
R-9	98.21	-355.09	1062.8	CAMBIO
E-108	82.21	-329.89	1059.98	OI
E-109	82.85	-329.5	1059.53	OI
E-110	86.1	-328.58	1059.49	LINEA CENTRAL
E-111	86.95	-324.37	1059.06	OD TALUD ABAJO
E-112	91.61	-331.96	1060.22	OD TALUD ABAJO
E-113	90.85	-328.03	1061.22	OD TALUD ARRIBA
E-114	91.55	-348.38	1061.83	OI MURO PEQUEÑO
E-115	94.49	-346.4	1061.63	LINEA CENTRAL
E-116	97.17	-345.96	1061.62	OD
E-117	99.38	-350.56	1064.62	OD TALUD ARRIBA
E-118	96.28	-353.08	1062.41	LINEA CENTRAL
E-119	92.87	-353.94	1062.33	OI
E-120	92.97	-359.91	1063.26	OI FIN MURO PEQUEÑO
E-121	92.97	-354.31	1062.47	OI
E-122	96.28	-361.15	1063.33	LINEA CENTRAL
E-123	99.43	-361.75	1063.77	OD
E-124	88.2	-375.51	1065.27	OI
E-125	87.35	-375.2	1065.76	OI
E-126	90.35	-376.2	1065.54	LINEA CENTRAL
E-127	92.34	-376.83	1065.44	OD
R-10	85.2	-392.66	1068.31	CAMBIO ESQ CASA
E-128	88.64	-395.35	1068.82	LINEA CENTRAL
E-129	85.37	-396.73	1068.98	OI CASA
E-130	91.03	-394.89	1068.64	OD

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Curvas verticales

No. De	Est. PIV	Elevación	K	Tipo de curva	Pe%	Ps%	A	OM	Elev corregida	LCV	LCV/A	k≥30	Criterio de	Criterio por	Criterio de	Escogida
													apariciencia (curvas conc.)	comodidad (curvas conc.)	drenaje (curvas En corte)	
													$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$	$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$	LCV	
1	0+856.730	1102.73	2	Convexa	12.622	2.1229	10.50	0.28	1103.01	20.9982	2	no aplica	no aplica	no aplica	21	
2	0+973.000	1105.2	2	Convexa	2.1229	-5.6299	7.75	0.15	1105.35	15.5056	2.06	no aplica	no aplica	cumple	16	
3	1+093.000	1098.44	4	concava	-5.6299	12.3061	17.94	1.61	1100.05	71.744	4.01	cumple	cumple	cumple	72	
4	1+384.930	1384.93	2	convexa	12.3061	13.34	1.03	0.00	1384.93	2.0678	1.93	no aplica	no aplica	no aplica	2	
5	1+806.450	1190.65	2	Convexa	13.3453	9.4085	3.94	0.04	1190.69	7.8736	2.03	no aplica	no aplica	no aplica	8	
6	1+946.070	1203.79	2	convexa	9.4085	-2.0057	11.41	0.33	1204.12	22.8284	2.02	no aplica	no aplica	cumple	23	
7	2+050.460	1201.73	4	concava	-2.0057	8.4423	10.45	0.55	1202.28	41.792	4.02	no cumple	cumple	cumple	42	
8	2+253.430	1218.81	2	Convexa	8.4423	-0.5172	8.96	0.20	1219.01	17.919	2.01	no aplica	no aplica	cumple	18	
9	2+318.780	1218.23	2	Convexa	-0.5172	-6.8152	6.30	0.10	1218.33	12.596	2.06	no aplica	no aplica	cumple	13	
10	2+369.360	1214.71	4	concava	-6.8152	-1.5871	5.23	0.14	1214.85	20.9124	4.02	no cumple	cumple	cumple	21	
11	2+443.430	1213.53	2	Convexa	-1.5871	-12.1958	10.61	0.28	1213.81	21.2174	2.07	no aplica	no aplica	cumple	22	
12	2+510.130	1205.4	4	concava	-12.1958	-2.3216	9.87	0.49	1205.89	39.4968	4.05	no cumple	cumple	no aplica	40	
13	2+572.830	1204.18	2	Convexa	-2.3216	-13.4272	11.11	0.31	1204.49	22.2112	2.07	no aplica	no aplica	cumple	23	
14	2+904.670	1159.7	2	Convexa	-13.4272	-11.2805	2.15	0.01	1159.71	4.2934	2.33	no aplica	no aplica	cumple	5	
15	3+226.810	1123.36	2	Convexa	-11.2805	-14.0369	2.76	0.02	1123.38	5.5128	2.18	no aplica	no aplica	cumple	6	
16	3+534.910	1080.21	4	concava	-14.0369	-2.8907	11.15	0.62	1080.83	44.5848	4.04	no cumple	cumple	cumple	45	
17	3+645.760	1076.84	2	Convexa	-2.8907	-14.0369	11.15	0.31	1077.15	22.2924	2.06	no aplica	no aplica	cumple	23	
18	3+729.820	1063.79	4	concava	-14.0369	-6.2912	7.75	0.30	1064.09	30.9828	4.00	no cumple	cumple	no aplica	31	
19	3+815.130	1058.43	2	Convexa	-6.2912	-12.0167	5.73	0.08	1058.51	11.451	2.10	no aplica	no aplica	cumple	12	
20	3+920.360	1045.93	4	concava	-12.0167	-1.3426	10.67	0.57	1046.50	42.6964	4.03	no cumple	cumple	cumple	43	
21	3+985.000	1045.05	2	Convexa	-1.3426	-14.0899	12.75	0.41	1045.46	25.4946	2.04	no aplica	no aplica	cumple	26	
22	4+150.910	1021.92	4	concava	-14.0899	-6.3872	7.70	0.30	1022.22	30.8108	4.02	no cumple	cumple	cumple	31	
23	4+227.510	1017.03	4	concava	-6.3872	-0.2833	6.10	0.19	1017.22	24.4156	4.10	no cumple	cumple	cumple	25	
24	4+300.690	1016.93	4	concava	-0.2833	13.8158	14.10	0.99	1017.92	56.3964	4.04	no cumple	cumple	no aplica	57	
25	4+344.340	1024.48	2	Convexa	13.8156	3.5506	10.27	0.26	1024.74	20.53	2.05	no aplica	no aplica	cumple	21	
26	4+375.400	1025.58	2	Convexa	3.5506	-9.9591	13.51	0.46	1026.04	27.0194	2.07	no aplica	no aplica	cumple	28	
27	4+422.000	1020.78	4	concava	-9.9591	2.6579	12.62	0.80	1021.58	50.468	4.04	no cumple	cumple	cumple	51	
28	4+477.740	1022.54	2	Convexa	2.6579	-10.7491	13.41	0.45	1022.99	26.814	2.01	no aplica	no aplica	cumple	27	
29	4+534.720	1016.65	4	concava	-10.7491	-4.3577	6.39	0.20	1016.85	25.5656	4.07	no cumple	cumple	cumple	26	
30	4+571.480	1015.05	2	Convexa	-4.3577	2.0514	6.41	0.10	1015.15	12.8182	2.03	no aplica	no aplica	no aplica	13	
31	4+604.680	1015.73	2	Convexa	2.0514	-13.8243	15.88	0.63	1016.36	31.7514	2.02	no aplica	no aplica	cumple	32	
32	4+661.550	1007.3	4	concava	-13.8243	-6.693	7.13	0.25	1007.55	28.5252	4.07	no cumple	cumple	cumple	29	
33	4+692.790	1005.2	4	concava	-6.693	0.2755	6.97	0.24	1005.44	27.874	4.02	no cumple	cumple	cumple	28	
34	4+777.670	1005.65	4	concava	0.2755	9.8939	9.62	0.46	1006.11	38.4736	4.05	no cumple	cumple	cumple	39	
35	4+805.920	1008.45	2	Convexa	9.8939	-2.6968	12.59	0.40	1008.85	25.1814	2.07	no aplica	no aplica	no aplica	26	
36	4+837.770	1007.59	4	concava	-2.6968	9.6935	12.39	0.77	1008.36	49.5612	4.04	no cumple	cumple	cumple	50	
37	4+861.840	1009.83	2	Convexa	9.6935	-6.774	16.47	0.68	1010.51	32.935	2.00	no aplica	no aplica	cumple	33	
38	4+874.500	1009.02	2	Convexa	-6.774	-8.8163	2.04	0.01	1009.03	4.0846	2.45	no aplica	no aplica	cumple	5	
39	4+899.920	1006.29	4	concava	-8.8163	-6.2341	2.58	0.03	1006.32	10.3288	4.26	no cumple	cumple	cumple	11	
40	4+924.460	1005.12	2	Convexa	-6.2341	-13.4789	7.24	0.13	1005.25	14.4896	2.07	no aplica	no aplica	cumple	15	
41	4+998.010	995.21	4	concava	-13.4789	-8.1198	5.36	0.14	995.35	21.4364	4.11	no cumple	cumple	cumple	22	
42	5+056.420	990.6	2	Convexa	-8.1198	-12.4848	4.37	0.05	990.65	8.73	2.06	no aplica	no aplica	cumple	9	
43	5+108.210	984.13	4	concava	-12.4848	-0.539	11.95	0.71	984.84	47.7832	4.02	no cumple	cumple	no aplica	48	
44	5+358.310	977.78	2	Convexa	-0.539	-8.6943	8.16	0.17	977.95	16.3106	2.08	no aplica	no aplica	cumple	17	
45	5+437.440	970.91	4	concava	-8.6943	-5.1301	3.56	0.06	970.97	14.2568	4.21	no cumple	cumple	cumple	15	
46	5+608.380	957.54	2	Convexa	-5.1301	-13.0602	7.93	0.16	957.70	15.8602	2.02	no aplica	no aplica	cumple	16	

Continuación del apéndice 3.

47	5+808.470	931.42	2	Convexa	-13.0602	-11.077	1.98	0.01	931.43	3.9664	2.02	no aplica	no aplica	cumple	4
48	5+869.570	924.69	2	Convexa	-11.077	-14.3302	3.25	0.03	924.72	6.5064	2.15	no aplica	no aplica	cumple	7
49	6+032.460	901.35	4	concava	-14.3302	-8.8915	5.44	0.15	901.50	21.7548	4.05	no cumple	cumple	cumple	22
50	6+158.650	890.13	2	Convexa	-8.8915	-12.261	3.37	0.03	890.16	6.739	2.08	no aplica	no aplica	cumple	7
51	6+254.800	878.43	4	concava	-12.261	-7.7072	4.55	0.10	878.53	18.2152	4.17	no cumple	cumple	cumple	19
52	6+328.990	872.71	2	Convexa	-7.7072	-12.7781	5.07	0.06	872.77	10.1418	2.17	no aplica	no aplica	cumple	11
53	6+653.080	831.21	2	Convexa	-12.7781	-14.3959	1.62	0.01	831.22	3.2356	2.47	no aplica	no aplica	no aplica	4
54	6+755.190	814.54	2	Convexa	-14.3959	-13.1006	1.30	0.00	814.54	2.5906	2.32	no aplica	no aplica	cumple	3
55	6+861.340	800.53	2	Convexa	-13.1006	-14.3583	1.26	0.00	800.53	2.5154	2.39	no aplica	no aplica	cumple	3
56	6+968.980	781.85	2	Convexa	-14.3583	-11.0802	3.28	0.03	781.88	6.5562	2.14	no aplica	no aplica	cumple	7
57	7+477.440	723.3	2	Convexa	-11.0802	-14.6659	3.59	0.03	723.33	7.1714	2.23	no aplica	no aplica	cumple	8
58	7+707.750	691.72	4	concava	-14.6659	-1.4054	13.26	0.88	692.60	53.042	4.07	no cumple	cumple	cumple	54
59	7+833.880	689.95	2	Convexa	-1.4054	-11.2474	9.84	0.24	690.19	19.684	2.03	no aplica	no aplica	cumple	20
60	7+923.590	679.86	4	concava	-11.2474	-2.6043	8.64	0.37	680.23	34.5724	4.05	no cumple	cumple	cumple	35
61	8+002.750	677.8	2	Convexa	-2.6043	-8.0261	5.42	0.07	677.87	10.8436	2.03	no aplica	no aplica	cumple	11
62	8+106.790	669.36	2	Convexa	-8.0261	-13.6451	5.62	0.08	669.44	11.238	2.14	no aplica	no aplica	cumple	12
63	8+234.350	651.96	4	concava	-13.6451	-3.6985	9.95	0.49	652.45	39.7864	4.02	no cumple	cumple	cumple	40
64	8+375.510	646.74	2	Convexa	-3.6985	-14.3335	10.64	0.28	647.02	21.27	2.07	no aplica	no aplica	cumple	22
65	8+465.460	633.75	4	concava	-14.3335	-7.1829	7.15	0.26	634.01	28.6024	4.06	no cumple	cumple	cumple	29
66	8+538.780	628.48	2	Convexa	-7.1829	-13.063	5.88	0.09	628.57	11.7602	2.04	no aplica	no aplica	no aplica	12
67	8+901.160	581.15	4	concava	-13.063	-9.1045	3.96	0.08	581.23	15.834	4.04	no cumple	cumple	cumple	16
68	8+966.570	557.19	2	Convexa	-9.1045	-11.8739	2.77	0.02	557.21	5.5388	2.17	no aplica	no aplica	cumple	6
69	9+009.640	570.08	4	concava	-11.8739	-9.7336	2.14	0.02	570.10	8.5612	4.21	no cumple	cumple	cumple	9
70	9+063.280	564.86	2	Convexa	-9.7336	-13.2037	3.47	0.03	564.89	6.9402	2.02	no aplica	no aplica	cumple	7
71	9+231.710	542.62	4	concava	-13.2037	-5.4333	7.77	0.30	542.92	31.0816	4.12	no cumple	cumple	cumple	32
72	9+352.370	536.06	2	Convexa	-5.4333	-9.8456	4.41	0.05	536.11	8.8246	2.04	no aplica	no aplica	cumple	9
73	9+483.900	523.11	2	Convexa	-9.8456	-5.5227	4.32	0.05	523.16	8.6458	2.08	no aplica	no aplica	no aplica	9
74	9+615.110	515.82	4	concava	-5.5227	-1.3638	4.16	0.09	515.91	16.6356	4.09	no cumple	cumple	cumple	17
75	9+720.950	514.38	4	concava	-1.3638	4.6206	5.98	0.18	514.56	23.9376	4.01	no cumple	cumple	cumple	24
76	9+847.370	515.61	2	Convexa	-2.4038	-13.4642	11.06	0.31	515.92	22.1208	2.08	no aplica	no aplica	cumple	23
77	9+917.050	506.23	2	Convexa	-13.4642	-10.4412	3.02	0.02	506.25	6.046	2.32	no aplica	no aplica	no aplica	7
78	10+010.140	496.51	2	Convexa	-10.4412	-13.1661	2.72	0.02	496.53	5.4498	2.20	no aplica	no aplica	cumple	6
79	10+117.550	482.37	4	concava	-13.1661	-8.41	4.76	0.11	482.48	19.0244	4.21	no cumple	cumple	cumple	20
80	10+204.020	475.09	4	concava	-8.41	-0.4879	7.92	0.31	475.40	31.6884	4.04	no cumple	cumple	cumple	32
81	10+302.880	474.61	2	Convexa	-0.4879	-11.2396	10.75	0.29	474.90	21.5034	2.05	no aplica	no aplica	cumple	22
82	10+388.970	464.93	4	concava	-11.2396	-0.6943	10.55	0.56	465.49	42.1812	4.08	no cumple	cumple	cumple	43
83	10+578.230	463.63	2	Convexa	-0.6943	-5.9012	5.21	0.07	463.70	10.4138	2.11	no aplica	no aplica	cumple	11
84	10+622.220	461.03	4	concava	-5.9012	-0.4667	5.43	0.15	461.18	21.738	4.05	no cumple	cumple	cumple	22
85	10+723.170	460.56	4	concava	-0.4667	6.8395	7.31	0.27	460.83	29.2248	4.11	no cumple	cumple	cumple	30
86	10+770.190	463.78	2	Convexa	6.8395	-1.7583	8.60	0.18	463.96	17.1956	2.09	no aplica	no aplica	cumple	18
87	10+815.630	462.98	2	Convexa	-1.7583	-12.67	10.91	0.30	463.28	21.8234	2.02	no aplica	no aplica	cumple	22
88	10+885.520	454.04	4	concava	-12.67	0.3005	12.97	0.84	454.88	51.882	4.01	no cumple	cumple	cumple	52
89	11+257.650	419.84	2	Convexa	0.3005	-3.0987	3.40	0.03	419.87	6.7984	2.06	no aplica	no aplica	cumple	7

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Línea de conducción y distribución de agua potable,  
caserío Ixchigual, aldeal Ajal, Huehuetenango**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.



EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA PARCIAL	COTA
		G	M	S		
0	1	165	39	20	20.00	994.60
1	R1	38	25	30	6.00	998.00
2	2	236	32	0	12.00	990.00
3	3	184	25	20	25.00	982.14
4	R1	343	15	40	6.50	0.00
5	4	194	7	0	20.00	979.00
6	5	198	55	40	21.00	976.47
7	6	193	50	40	7.00	976.71
8	7	204	47	20	35.00	971.24
9	8	211	23	20	30.00	971.56
10	9	215	30	0	24.00	965.96
11	10	233	28	20	34.00	958.05
12	11	195	51	0	17.00	952.52
13	12	203	16	0	23.00	946.08
14	13	230	26	0	49.00	928.17
15	14	245	33	20	70.00	918.96
16	15	211	27	40	17.00	921.32
17	16	223	27	40	40.00	922.71
18	17	204	26	40	18.00	922.56
19	18	225	49	40	17.00	921.97
20	19	205	0	0	27.00	916.36
21	20	216	29	20	41.00	915.29
22	21	204	0	0	23.00	915.22
23	22	221	22	0	38.00	916.29
24	23	225	28	20	50.00	913.26
25	24	237	42	20	29.00	912.76
26	25	245	23	0	31.00	914.17
27	26	232	41	0	11.00	913.03
28	27	246	9	20	14.00	912.51
29	28	219	48	40	114.00	910.53
30	29	213	19	20	50.00	904.17
31	30	223	4	0	47.00	901.71
32	31	220	12	40	118.00	884.89
33	32	213	35	20	13.00	884.75
34	33	234	50	20	22.00	880.18

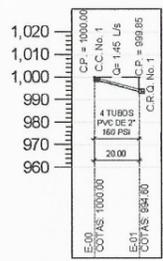
EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA PARCIAL	COTA
		G	M	S		
33	34	244	32	20	14.00	878.00
34	35	208	19	40	76.00	851.71
35	36	211	52	20	54.00	821.00
36	37	223	15	20	54.00	780.00
37	38	251	14	0	20.00	787.74
38	39	251	54	0	36.00	804.64
39	40	252	54	20	31.00	793.03
40	41	277	59	40	24.00	783.27
41	42	291	22	20	50.00	775.14
42	43	277	14	0	38.00	771.01
43	44	222	31	0	28.00	775.14
44	45	234	59	40	18.00	776.08
45	46	249	18	0	30.00	776.97
46	47	254	14	20	77.00	772.83
47	48	239	3	40	64.00	773.74
48	49	216	37	40	14.00	772.52
49	50	226	30	0	33.00	768.22
50	51	245	50	20	42.00	764.56
51	52	240	22	20	15.00	763.89
52	53	242	52	0	12.00	763.06
53	54	236	44	20	25.00	761.32
54	55	235	11	0	27.00	759.35
55	56	244	0	20	24.00	760.60
56	57	240	55	20	14.00	760.61
57	58	243	17	0	18.00	760.20
58	59	249	15	40	50.00	759.97
59	60	238	17	0	19.00	759.22
60	61	247	46	20	70.00	749.48
61	62	236	10	20	24.00	743.61
62	63	282	4	20	82.00	732.20
63	64	271	22	20	17.00	729.55
64	65	296	37	20	9.00	731.47
65	66	285	41	20	32.00	733.14
66	67	282	0	20	36.00	729.93
67	68	283	32	0	33.00	729.04
68	69	297	32	0	42.00	724.37

EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA PARCIAL	COTA
		G	M	S		
69	70	288	8	20	20.00	723.98
70	71	297	18	20	32.00	727.00
71	72	294	44	20	16.00	727.71
72	73	301	52	20	28.00	728.69
73	74	282	5	20	22.00	724.84
74	75	285	36	0	18.00	722.15
75	76	292	20	20	28.00	719.07
76	77	292	35	0	56.00	709.78
77	78	268	56	40	13.00	709.58
78	79	265	15	0	13.00	707.92
79	80	279	45	40	22.00	707.16
80	81	279	12	20	16.00	703.24
81	82	291	31	0	20.00	704.80
82	83	287	59	40	20.00	697.96
83	84	283	26	40	34.00	702.69
84	85	267	8	0	35.00	698.95
85	86	260	52	0	30.00	701.04
86	87	273	59	20	14.00	704.66
87	88	270	47	20	43.00	703.16
88	89	265	56	20	56.00	709.01
89	90	255	16	20	25.00	709.77
90	91	275	21	40	27.00	711.95
91	92	272	16	0	42.00	711.03
92	93	290	22	0	43.00	711.51
93	94	283	0	20	46.00	709.91
94	95	266	12	20	38.00	706.47
95	96	253	0	0	19.00	703.50
96	97	268	48	20	41.00	700.11
97	98	258	48	20	32.00	696.87
98	99	269	54	0	24.00	692.71
99	100	276	7	0	49.00	686.64
100	101	273	39	20	9.00	684.09
101	102	269	28	40	34.00	682.82
102	103	265	0	0	36.00	684.50
103	104	284	17	40	18.00	681.29
104	105	289	43	20	13.00	678.27

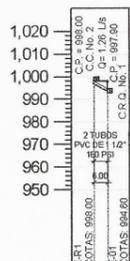
EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA PARCIAL	COTA
		G	M	S		
105	106	338	8	4	46.00	654.57
106	107	290	27	40	14.00	652.51
107	108	253	12	20	20.00	651.40
108	109	257	13	0	49.00	647.76
109	110	262	23	20	25.00	650.19
110	11	279	33	0	40.00	649.82
111	112	283	20	20	32.00	646.85
112	113	288	36	0	41.00	646.02
113	114	290	10	20	19.00	645.71
114	115	303	34	0	18.00	643.96
115	116	305	8	40	14.00	641.96
116	117	273	36	0	102.00	626.73
117	118	239	47	0	186.00	629.62
118	119	253	3	20	42.00	628.15
119	120	255	42	40	25.00	625.20
120	121	245	30	20	85.00	601.70
121	122	251	21	20	62.00	581.14
122	123	247	27	40	10.00	577.48
123	124	269	13	20	92.00	548.27
124	125	300	35	0	36.00	544.15
125	126	344	40	40	33.00	537.00
126	127	348	26	20	14.00	534.67
127	128	337	14	20	25.00	529.80
128	129	337	48	0	26.00	523.60
129	130	346	56	0	125.00	502.00
130	131	310	14	20	22.00	501.43
131	132	270	53	20	20.00	507.48
132	133	281	59	20	17.00	510.82
133	134	278	34	20	14.00	506.60
134	135	294	9	40	16.00	501.00
135	136	284	32	20	30.00	487.85
136	137	357	48	20	31.00	484.00
137	138	279	37	40	50.00	468.63
138	139	278	50	40	26.00	461.47
139	140	211	17	20	30.00	458.86
140	141	284	35	40	18.00	457.24

EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA PARCIAL	COTA
		G	M	S		
141	142	286	59	40	20.00	449.43
142	143	296	8	20	11.00	446.38
143	144	13	4	0	31.00	447.23
144	145	339	19	0	32.00	445.38
145	146	265	34	20	58.00	536.65
146	147	297	53	20	52.00	523.44
147	148	272	40	20	56.00	501.85
148	149	185	49	20	76.00	479.00
149	150	167	34	40	37.00	475.72
150	151	220	7	40	35.00	466.00
151	152	239	20	20	88.00	471.67
152	153	255	30	0	48.00	461.27
153	154	218	55	20	85.00	444.52
154	155	161	48	20	17.00	443.99
155	156	123	53	0	38.00	435.52
156	157	299	40	40	16.00	469.26
157	158	276	34	20	42.00	460.06
158	159	317	58	40	43.00	442.58
159	160	319	25	0	70.00	420.47
160	161	316	57	0	76.00	408.65
161	162	256	11	40	15.00	407.04
162	163	247	43	40	56.00	390.67
163	164	249	0	20	84.00	353.85
164	165	265	7	20	43.00	341.28
165	166	255	31	0	30.00	332.51
166	167	232	4	40	54.00	308.77
167	168	187	17	0	30.00	541.38
168	169	177	17	0	50.00	525.71
169	170	166	15	0	53.00	518.11
170	171	148	11	40	38.00	515.34
171	172	171	57	0	52.00	506.36
172	173	152	24	20	40.00	491.11
173	174	226	13	0	49.00	503.31
174	175	242	29	0	16.00	501.23
175	176	223	19	20	62.00	488.01
176	177	261	31	20	70.00	479.45

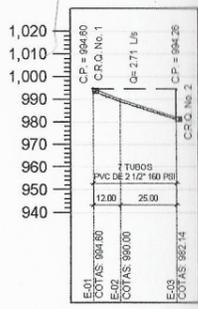
EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA PARCIAL	COTA
		G	M	S		
177	178	205	57	40	38.00	461.26
178	179	175	51	0	28.00	458.40
179	180	129	1	20	69.00	448.00
180	181	135	39	40	112.00	419.85
181	182	147	21	0	17.00	416.70
182	183	142	23			



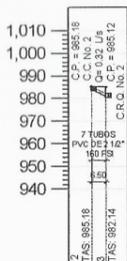
PERFIL E-00 A E-01  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



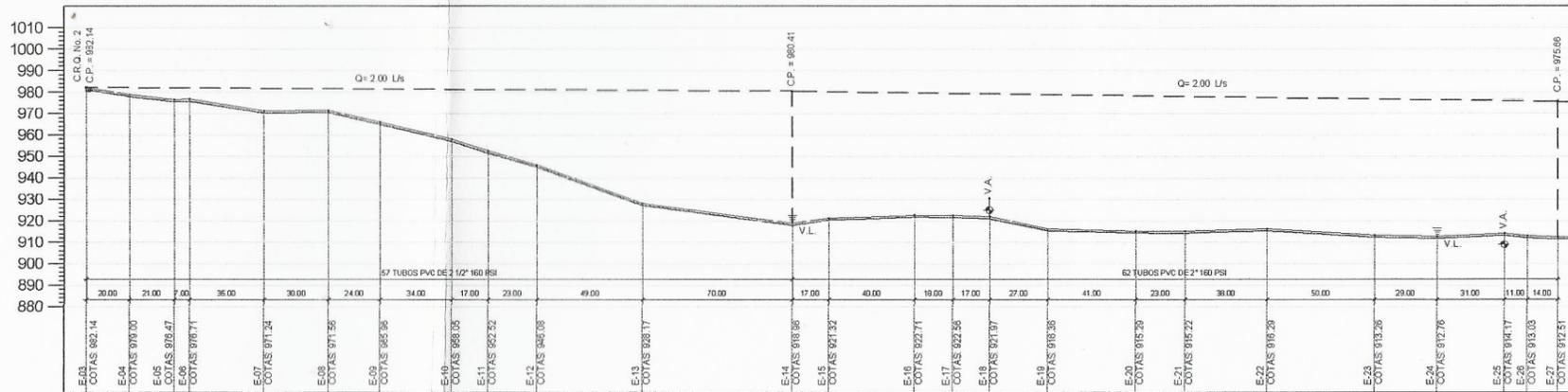
PERFIL E-R1 A E-01  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



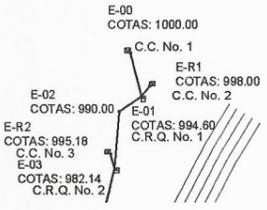
PERFIL E-01 A E-03  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



PERFIL E-R2 A E-03  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



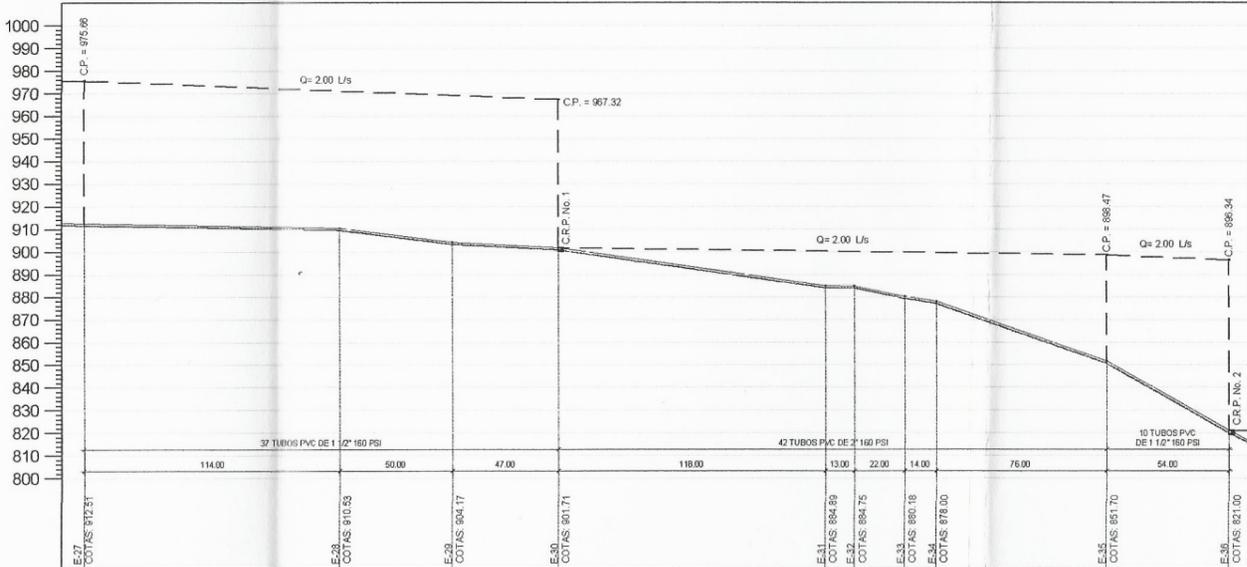
PERFIL E-03 A E-27  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



PLANTA E-00 A E-03  
ESCALA 1:500

EST.	P.O.	AZIMUT	USIANCIA PARCIAL	COTA		
		G.	M.	S.		
0	1	165	39	20	994.60	
1	RI	38	25	30	998.00	
1	2	236	32	0	12.00	990.00
2	3	184	25	20	25.00	982.14

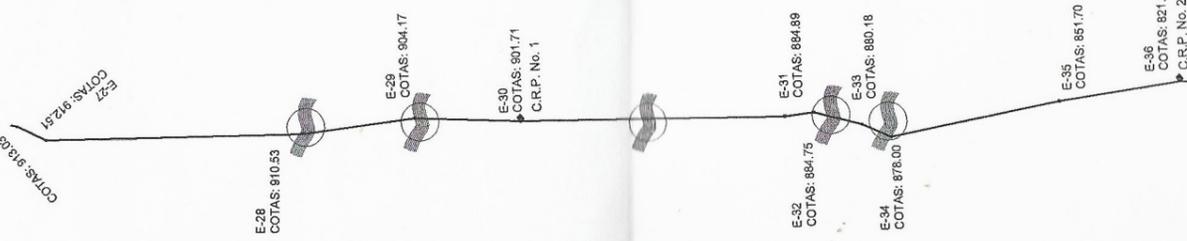
EST.	P.O.	AZIMUT	USIANCIA PARCIAL	COTA		
3	4	194	7	0	20.00	979.00
4	5	198	55	40	21.00	976.47
5	6	193	50	40	7.00	976.71
6	7	204	47	20	35.00	971.24
7	8	211	23	20	30.00	971.56
8	9	215	30	0	24.00	965.96
9	10	233	28	20	34.00	958.05
10	11	195	51	0	17.00	952.52
11	12	203	16	0	23.00	948.08
12	13	230	26	0	49.00	928.17
13	14	245	33	20	70.00	918.96
14	15	211	27	40	17.00	921.32
15	16	223	27	40	40.00	922.71
16	17	204	26	40	18.00	922.56
17	18	225	49	40	17.00	921.97
18	19	205	0	0	27.00	916.36
19	20	216	29	20	41.00	915.29
20	21	204	0	0	23.00	915.22
21	22	221	22	0	38.00	916.29
22	23	225	28	20	50.00	913.26
23	24	237	42	20	29.00	912.76
24	25	245	23	0	31.00	914.17
25	26	232	41	0	11.00	913.03
26	27	246	9	20	14.00	912.51
27	28	219	48	40	114.00	910.53



PERFIL E-27 A E-36  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000

EST.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA PARCIAL	COTA		
69	70	288	8	20	20.00	723.98
27	28	219	48	40	114.00	910.53
28	29	213	19	20	50.00	904.17
29	30	223	4	0	47.00	901.71
30	31	220	12	40	118.00	884.89
31	32	213	35	20	13.00	884.75
32	33	234	50	20	22.00	880.18
33	34	244	32	20	14.00	878.00
34	35	209	19	40	76.00	851.71
35	36	211	52	20	54.00	821.00
36	37	223	15	20	81.00	780.00

PLANTA E-27 A E-36  
ESCALA 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCH'GUAL ALDEA AJAL

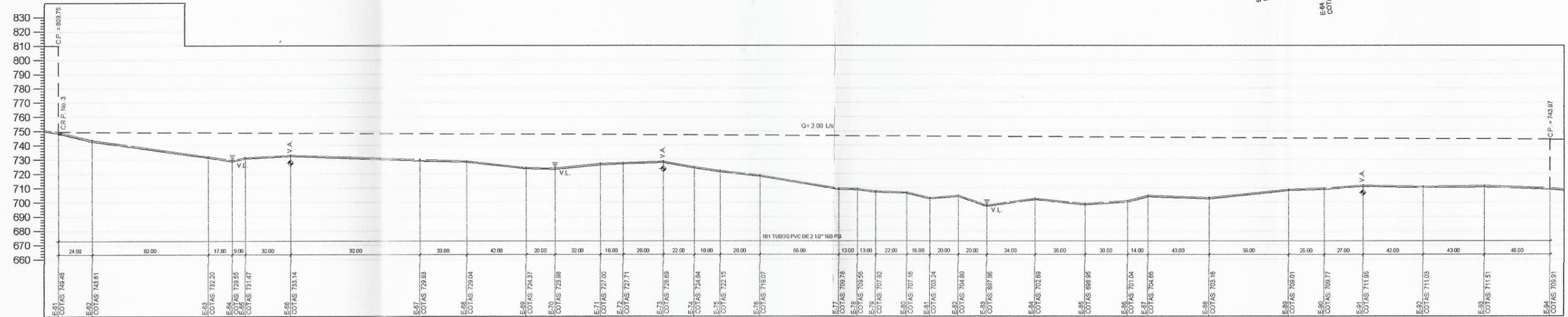
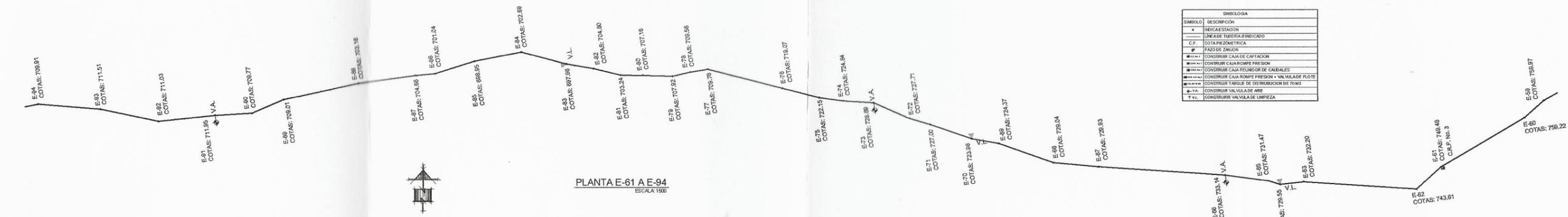
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPARTAMENTO: HUEHUETENANGO

CONTEIDO: PLANTA Y PERFILES  
DISEÑO: ERICHA CASTILLO

ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2019  
CALCULO: ERICHA CASTILLO

REVISOR:  
DISEÑO: ERICHA CASTILLO

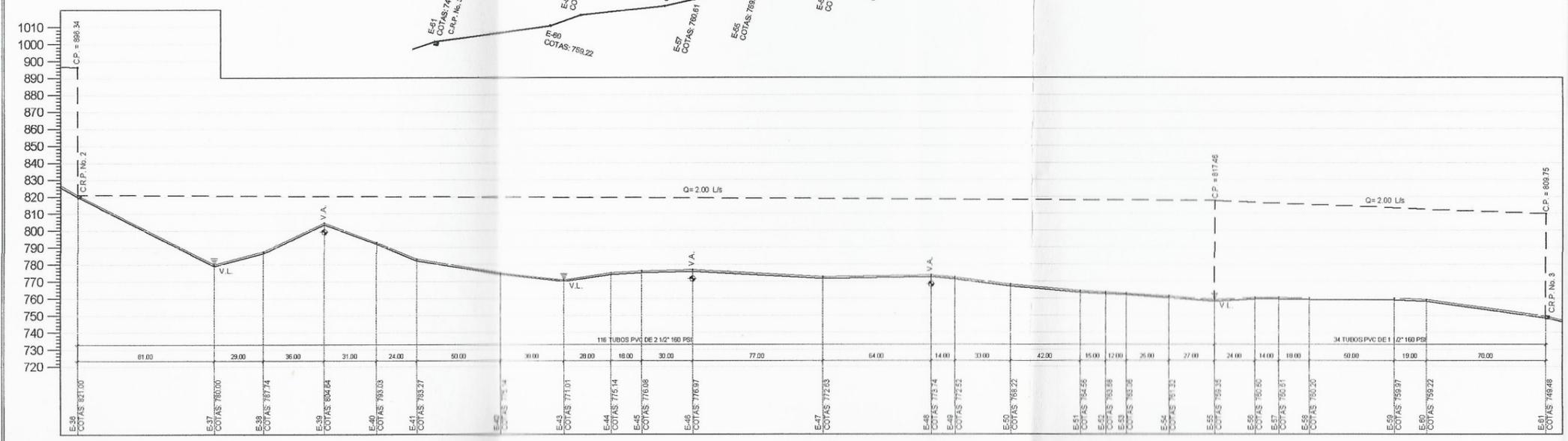
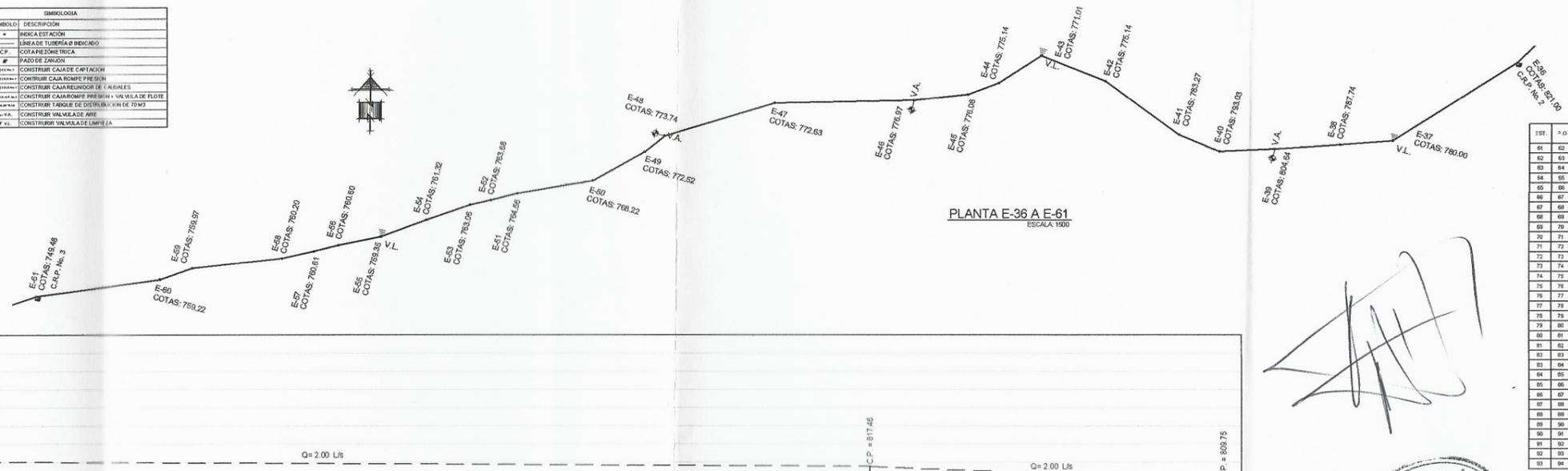
SIMBOLOGIA	
+	INDICACION
—	LINEA TUBERIA INDICADO
—	C.P. COTA PIEZOMETRICA
—	PAZO DE ZANON
—	CONSTRUIR CAJA DE COFACION
—	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
—	CONSTRUIR CAJA REINFORZADA DE CAUDALES
—	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
—	CONSTRUIR TANGENTE DE DISTRIBUCION DE TUBO
—	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
—	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA



EST.	P.O.	ADMIT.	DIAMETRO (mm)	COTA
36	37	223	15	81.00
37	38	251	14	0
38	39	251	14	0
39	40	251	14	0
40	41	277	18	24.00
41	42	291	22	26.00
42	43	321	14	0
43	44	222	18	0
44	45	224	18	0
45	46	249	18	0
46	47	250	14	0
47	48	236	15	0
48	49	216	17	0
49	50	226	16	0
50	51	245	18	0
51	52	246	12	0
52	53	242	12	0
53	54	226	14	0
54	55	230	11	0
55	56	244	15	0
56	57	249	15	0
57	58	243	17	0
58	59	243	15	0
59	60	224	17	0
60	61	241	16	0

SIMBOLOGIA	
+	INDICACION
—	LINEA TUBERIA INDICADO
—	C.P. COTA PIEZOMETRICA
—	PAZO DE ZANON
—	CONSTRUIR CAJA DE COFACION
—	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
—	CONSTRUIR CAJA REINFORZADA DE CAUDALES
—	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
—	CONSTRUIR TANGENTE DE DISTRIBUCION DE TUBO
—	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
—	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

PERFIL E-61 A E-94  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



EST.	P.O.	ADMIT.	DIAMETRO (mm)	COTA
61	62	226	18	24.00
62	63	262	14	0
63	64	271	22	30
64	65	285	37	20
65	66	285	41	20
66	67	282	8	20
67	68	282	32	0
68	69	297	32	0
69	70	298	8	20
70	71	297	18	20
71	72	298	14	30
72	73	281	12	30
73	74	282	5	20
74	75	289	36	0
75	76	292	20	20
76	77	292	25	0
77	78	298	56	40
78	79	295	15	0
79	80	279	45	40
80	81	272	12	30
81	82	281	31	0
82	83	287	65	40
83	84	280	26	40
84	85	282	8	0
85	86	289	52	0
86	87	271	55	20
87	88	276	47	20
88	89	260	36	20
89	90	252	16	20
90	91	275	21	40
91	92	272	16	0
92	93	280	22	0
93	94	293	0	20

PERFIL E-36 A E-61  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000

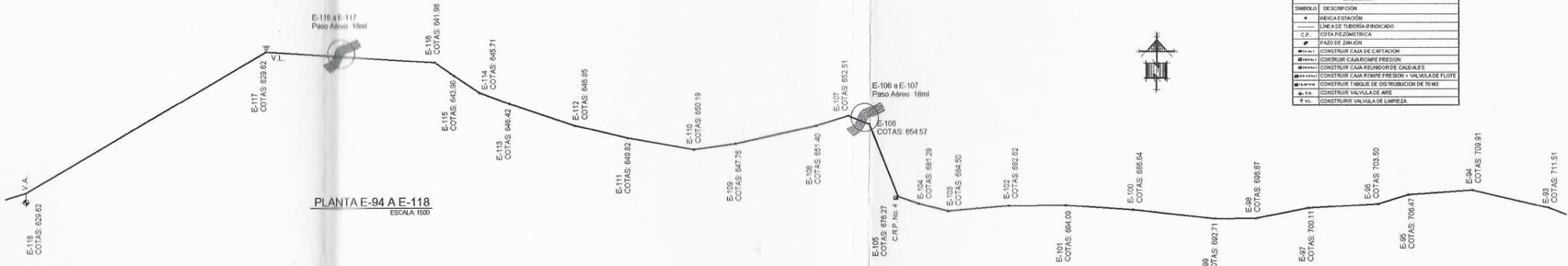
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIDAD DE PRACTICAS Y E.P.S.**

PROYECTO: LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL  
 DISEÑO: ERIKA CASTILLO  
 CALCULO: ERIKA CASTILLO  
 DIBUJO: ERIKA CASTILLO

ESCALA INDICADA FECHA: MARZO 2009  
 REVISO:

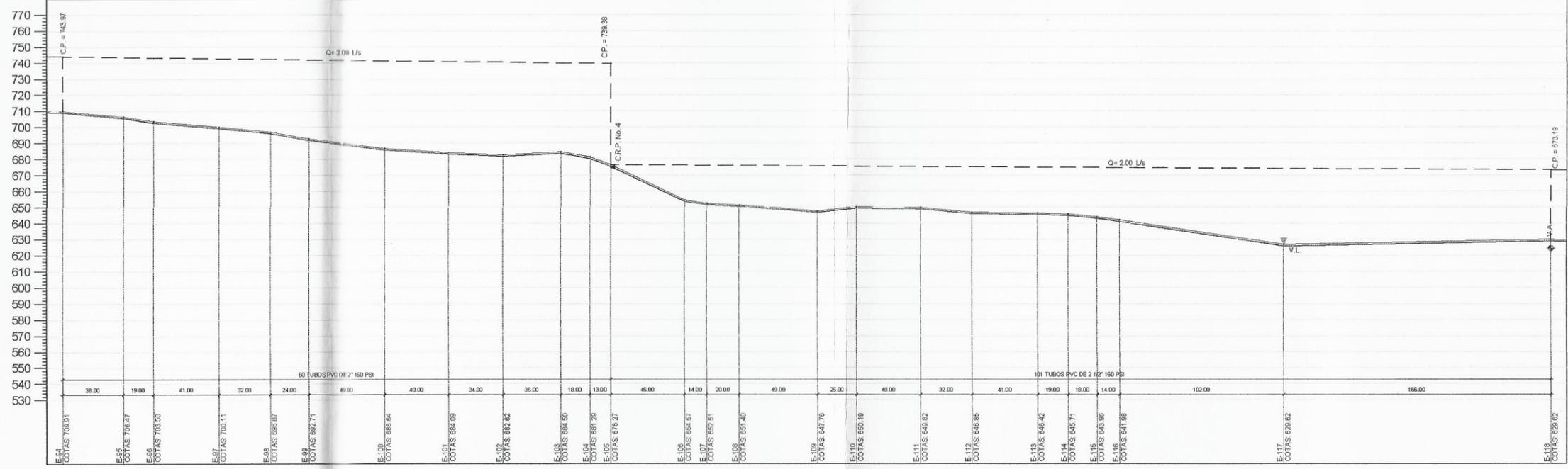
F. ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 F. RAO OSCAR ARRIETA HERNANDEZ

03  
 12



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
+	INDICAR ESTACIÓN
—	LÍNEA DE TUBERÍA INDICADO
—	COTA PIEZOMÉTRICA
#	PAZO DE ZANJÓN
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REUNIDOR DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TANQUE DE DISTRIBUCION DE 70 M3
▲	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
▽	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

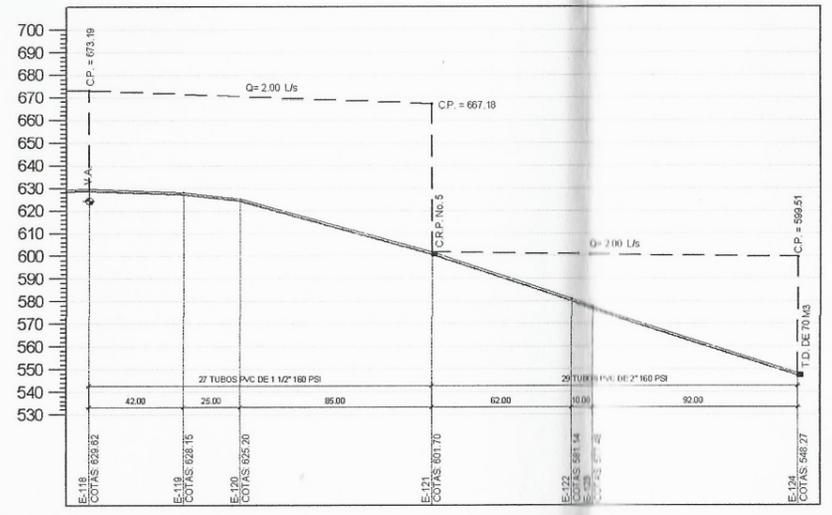
EST.	P.O.	ADMIT.	DEBIDA PUNTA	COTA		
94	95	205	12	20	38.00	706.47
95	96	251	0	0	19.00	703.50
96	97	265	46	20	40.00	700.11
97	98	255	48	20	33.00	696.39
98	99	265	54	0	24.00	692.71
99	100	275	7	0	49.00	686.64
100	101	272	29	20	40.00	684.09
101	102	260	30	40	24.00	682.20
102	103	250	0	0	35.00	684.50
103	104	250	17	40	18.00	681.20
104	105	260	43	20	13.00	676.27
105	106	230	9	4	40.00	684.57
106	107	250	12	40	16.00	682.31
107	108	252	12	20	20.00	685.40
108	109	257	13	0	49.00	647.26
109	110	262	23	20	25.00	650.19
110	111	270	33	0	46.00	646.83
111	112	262	20	20	32.00	644.00
112	113	265	36	0	41.00	646.62
113	114	260	10	20	19.00	645.71
114	115	262	34	0	19.00	643.36
115	116	250	8	40	14.00	641.36
116	117	273	36	0	192.00	626.73
117	118	238	47	0	146.00	626.62



PERFILE E-94 A E-118  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



*[Handwritten signature]*

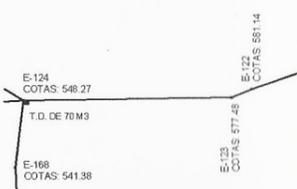


PERFILE E-118 A E-124  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000

EST.	P.O.	ADMIT.	DEBIDA PUNTA	COTA		
118	119	253	3	20	42.00	628.15
119	120	255	43	40	25.00	625.26
120	121	245	30	20	85.00	601.76
121	122	255	37	20	62.00	591.14
122	123	245	12	40	18.00	577.48
123	124	260	15	20	92.00	548.27

E-124  
COTAS: 548.27  
T.D. DE 70 M3

E-168  
COTAS: 541.38



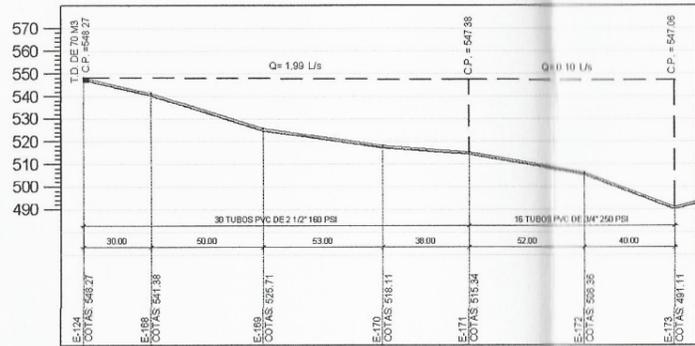
PLANTA E-118 A E-124  
ESCALA 1:500

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
+	INDICAR ESTACIÓN
—	LÍNEA DE TUBERÍA INDICADO
—	COTA PIEZOMÉTRICA
#	PAZO DE ZANJÓN
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REUNIDOR DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TANQUE DE DISTRIBUCION DE 70 M3
▲	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
▽	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

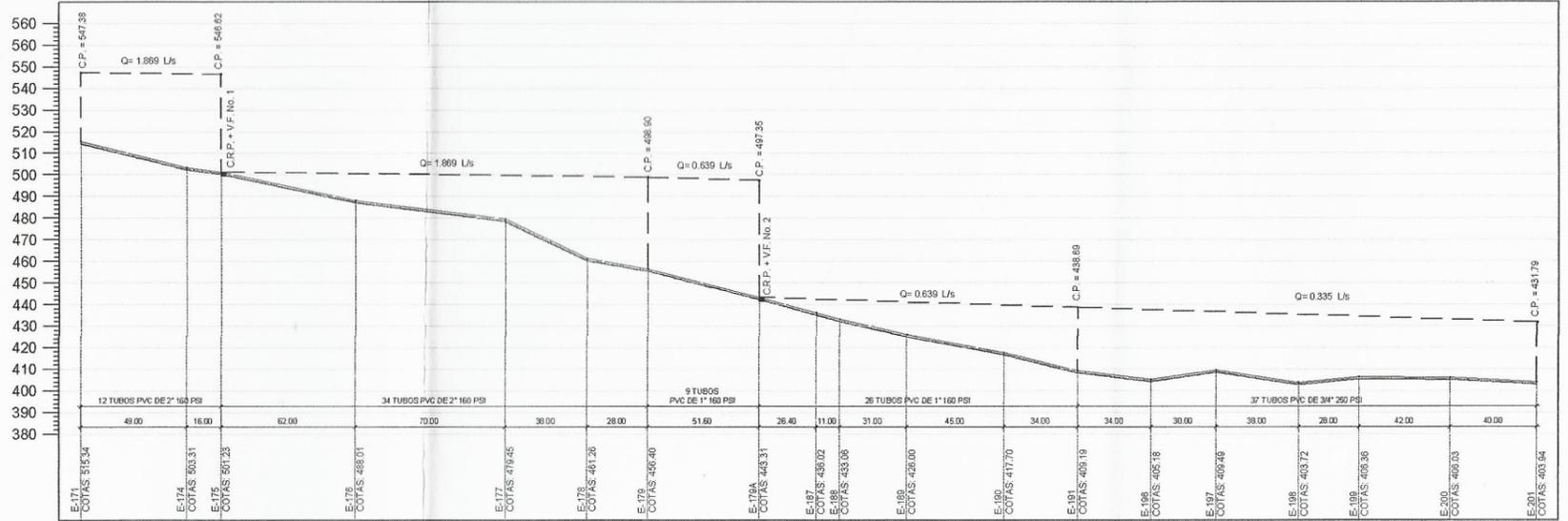


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO	
LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL	
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL	DESENÑO: ERICHA CASTILLO
ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2019
REVISOR: ERICHA CASTILLO	DESENÑO: ERICHA CASTILLO



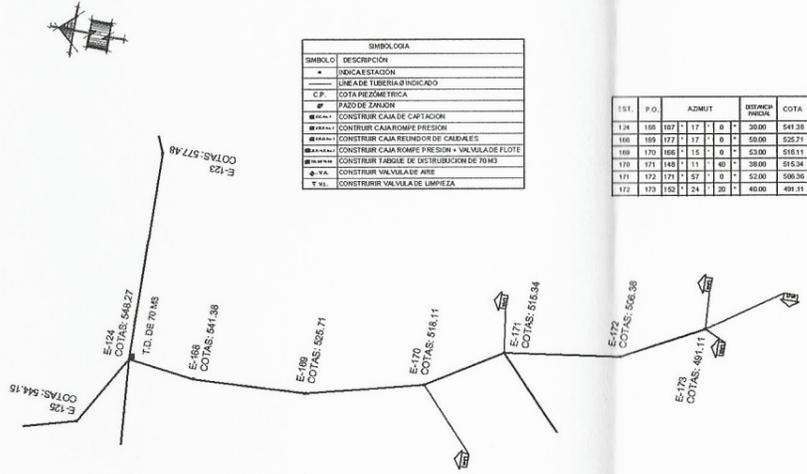
**PERFIL E-124 A E-173**  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
 ESCALA VERTICAL 1:1000



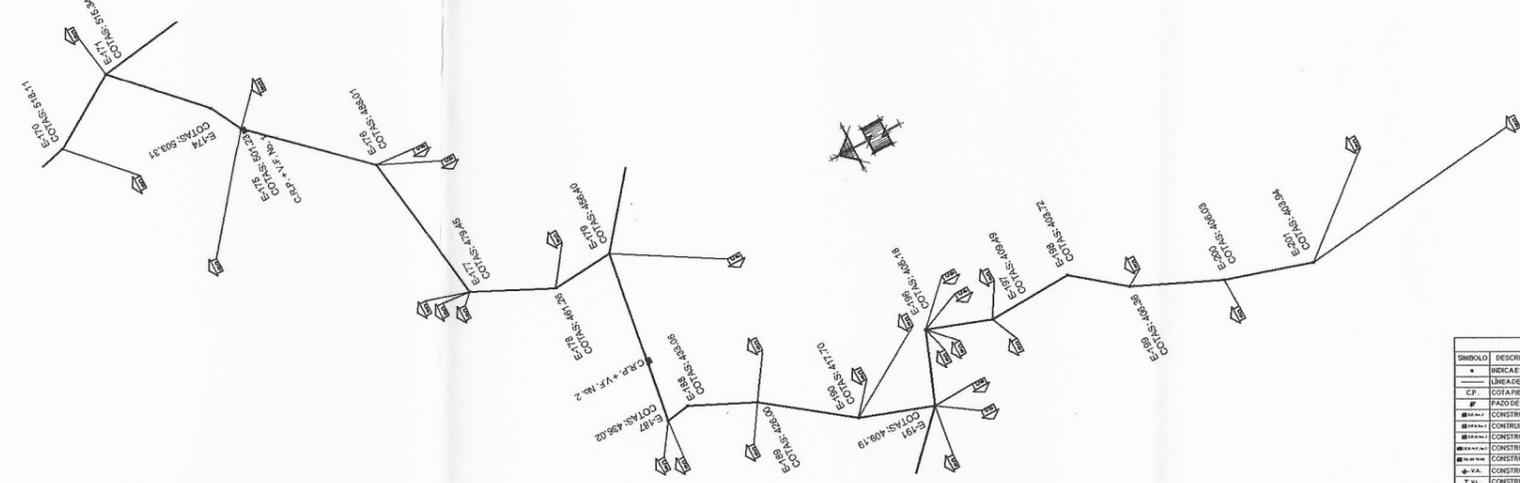
**PERFIL E-171 A E-201**  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
 ESCALA VERTICAL 1:1000

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
•	INDICACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
—	PAZ DE ZANON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZ DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TABLON DE DISTRIBUCION DE 70x3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

EST.	P.O.	AZMUT	REINFORZ	COTA		
174	188	182	17	0	30.00	541.38
168	189	177	17	0	50.00	525.71
168	170	185	15	0	63.00	518.11
178	171	148	11	40	38.00	515.34
171	172	171	37	0	52.00	506.36
172	173	163	24	30	49.00	498.00

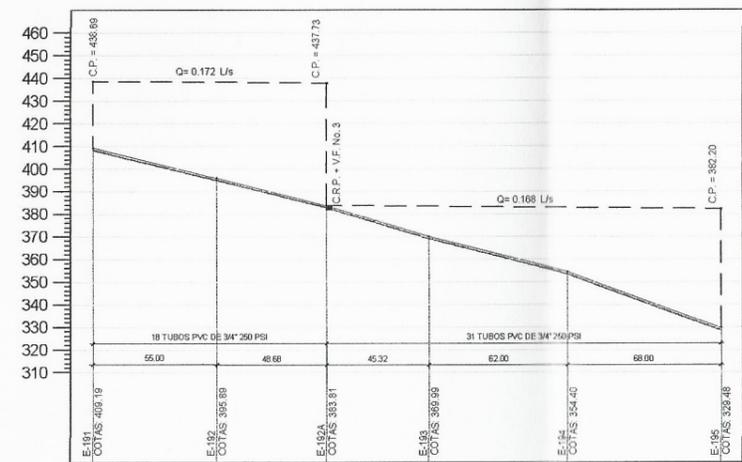


**PLANTA E-124 A E-173**  
 ESCALA 1:500



**PLANTA E-171 A E-201**  
 ESCALA 1:500

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
•	INDICACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
—	PAZ DE ZANON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZ DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TABLON DE DISTRIBUCION DE 70x3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA



**PERFIL E-191 A E-195**  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
 ESCALA VERTICAL 1:1000

EST.	P.O.	AZMUT	REINFORZ	COTA		
191	192	203	27	0	50.00	395.89
192	193	207	1	20	94.00	389.99
193	194	205	34	0	62.00	354.40
194	195	208	38	20	68.00	329.48



**PLANTA E-191 A E-195**  
 ESCALA 1:500

EST.	P.O.	AZMUT	REINFORZ	COTA		
171	174	228	13	0	49.00	503.31
174	175	242	23	0	16.00	501.23
175	176	223	19	20	62.00	488.01
176	177	281	31	20	70.00	479.45
177	178	280	27	40	38.00	480.26
178	179	178	21	0	28.00	458.40
179	180	128	1	20	65.00	448.00
180	181	128	28	40	112.00	419.65
181	182	147	21	0	17.00	416.70
182	184	143	1	20	28.00	408.64
184	185	186	22	50	28.00	386.28
185	186	192	34	0	23.00	388.58
179	187	279	3	20	78.00	438.02
187	188	171	28	0	11.00	430.08
188	189	205	25	20	31.00	426.00
189	190	217	9	0	45.00	417.70
190	191	189	30	0	34.00	409.19
191	192	213	27	0	55.00	399.89
192	193	337	1	20	84.00	389.99
193	194	295	34	0	62.00	354.40
194	195	280	30	20	68.00	329.48
195	196	111	46	40	34.00	405.18
196	197	189	44	0	38.00	400.49
197	198	177	43	40	38.00	403.72
198	199	248	30	20	28.00	406.36
199	200	204	27	0	42.00	406.03
200	201	197	22	40	49.00	403.84

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
•	INDICACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
—	PAZ DE ZANON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZ DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TABLON DE DISTRIBUCION DE 70x3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL

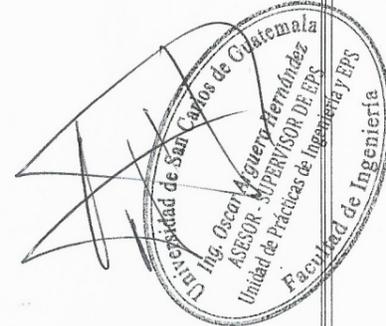
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

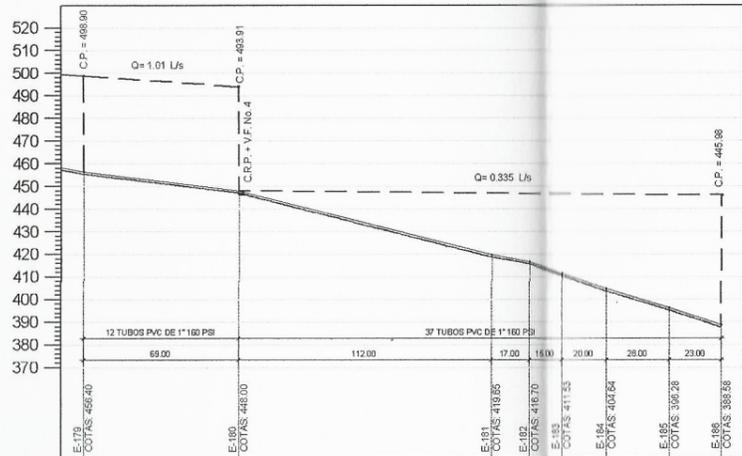
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DISEÑO: ERICKA CASTILLO

ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2019 CALCULO: ERICKA CASTILLO

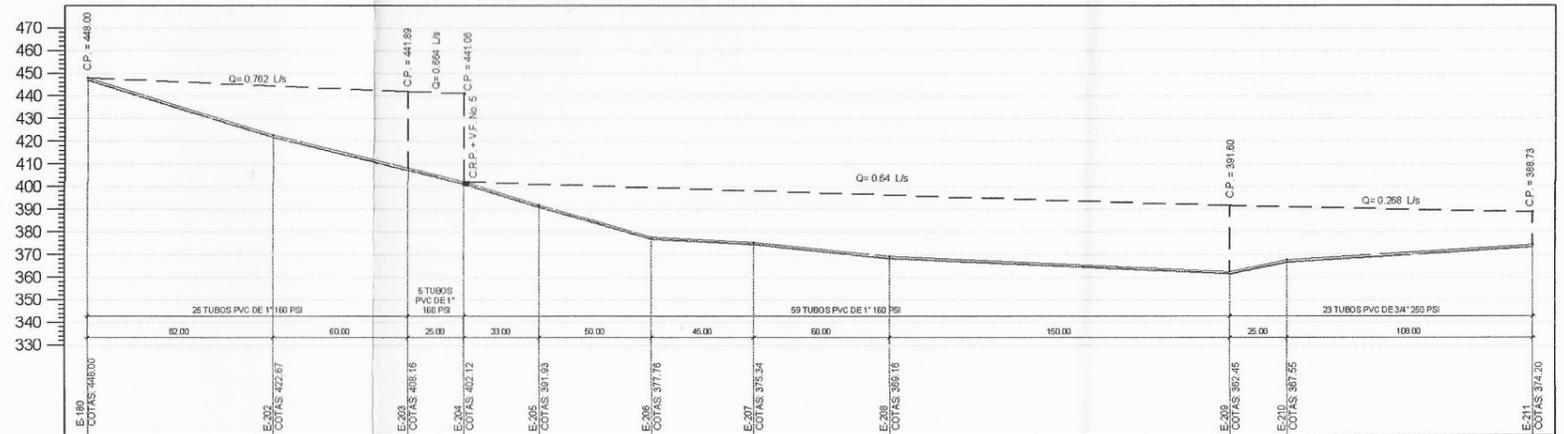
REVISOR: DIBUJO: ERICKA CASTILLO

HOJA 05 DE 12





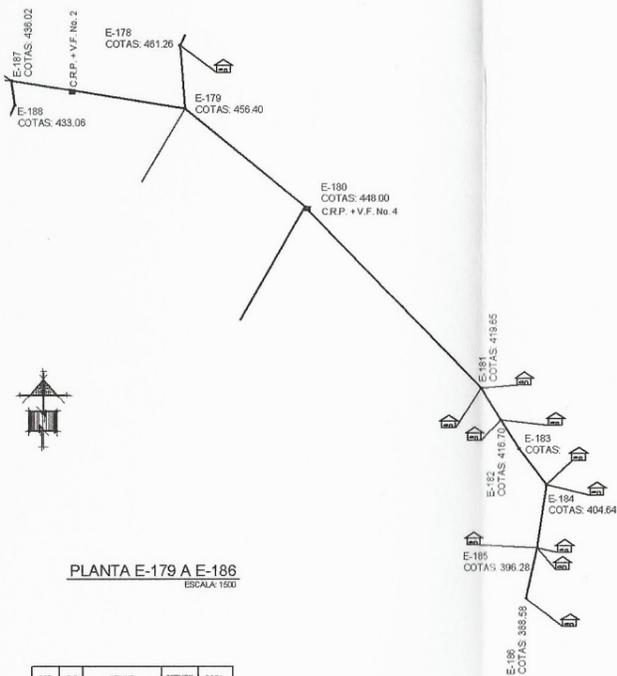
PERFIL E-179 A E-186  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



PERFIL E-180 A E-211  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000

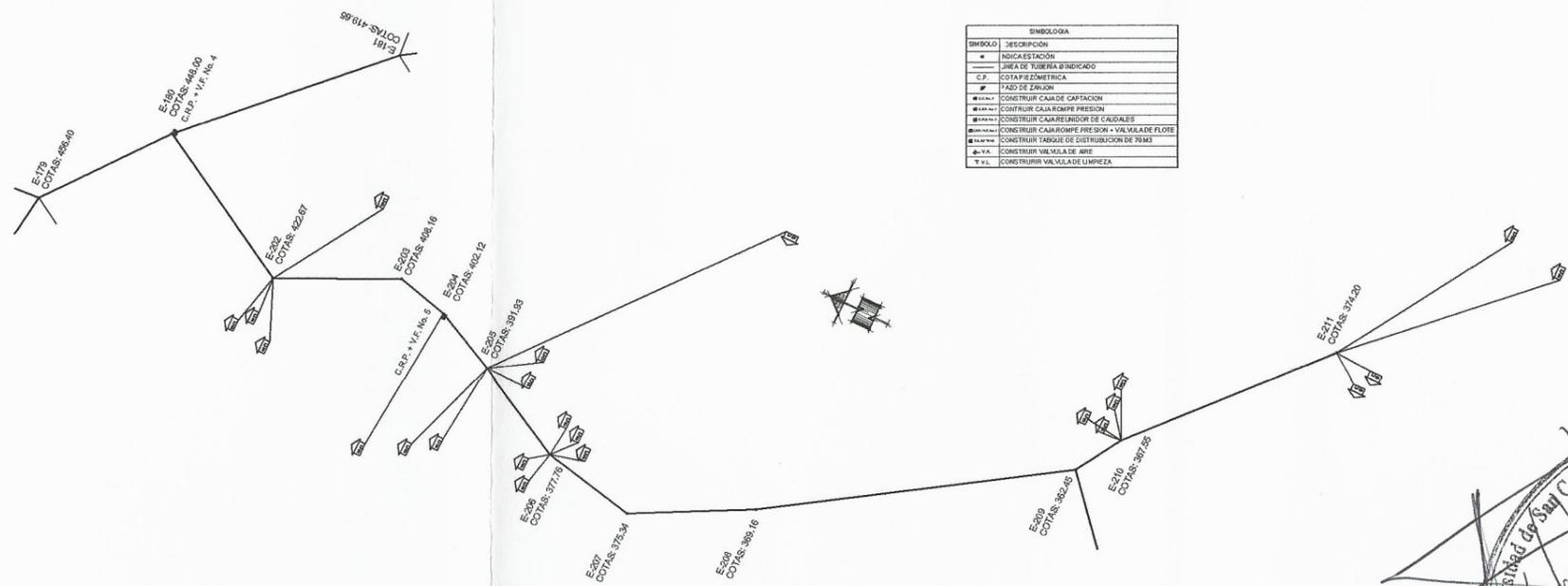
SIMBOLOGIA	
•	INDICAE ESTACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADA
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
—	PAZO DE ZANJON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZO DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TANQUE DE DISTRIBUCION DE 20 M3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
T.V.L.	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

SIMBOLOGIA	
•	INDICAE ESTACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADA
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
—	PAZO DE ZANJON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZO DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TANQUE DE DISTRIBUCION DE 20 M3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
T.V.L.	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA



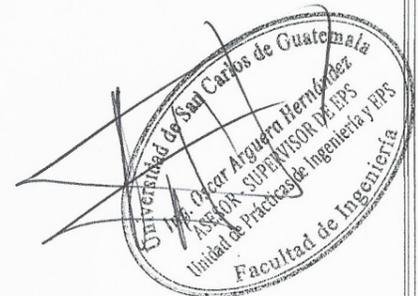
PLANTA E-179 A E-186  
ESCALA 1:500

EST.	P.O.	AZMUT	REINFORZO	COTA		
179	180	120	1	69.00	448.00	
180	181	120	39	40	112.00	418.25
181	182	142	21	0	17.00	418.70
182	183	142	33	0	20.00	404.64
183	184	188	22	0	20.00	396.28
184	185	152	34	0	23.00	388.59



PLANTA E-180 A E-211  
ESCALA 1:500

EST.	P.O.	AZMUT	REINFORZO	COTA		
180	202	209	47	20	62.60	422.67
202	203	155	2	0	60.60	408.16
203	204	194	0	5	25.00	402.12
204	205	202	54	30	33.80	391.93
205	206	207	28	10	50.60	377.76
206	207	192	5	20	45.60	375.34
207	208	152	54	40	60.60	366.16
208	209	142	33	40	150.00	362.45
209	210	112	11	30	35.00	367.25
210	211	152	28	0	108.00	374.20

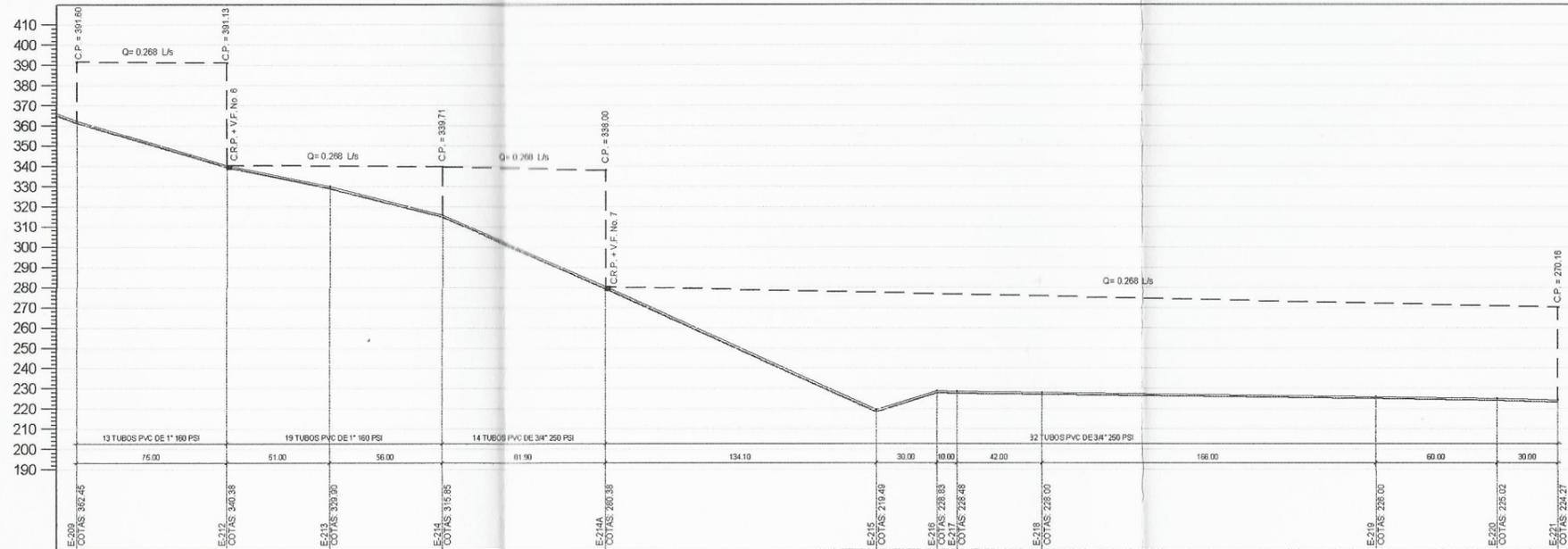


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

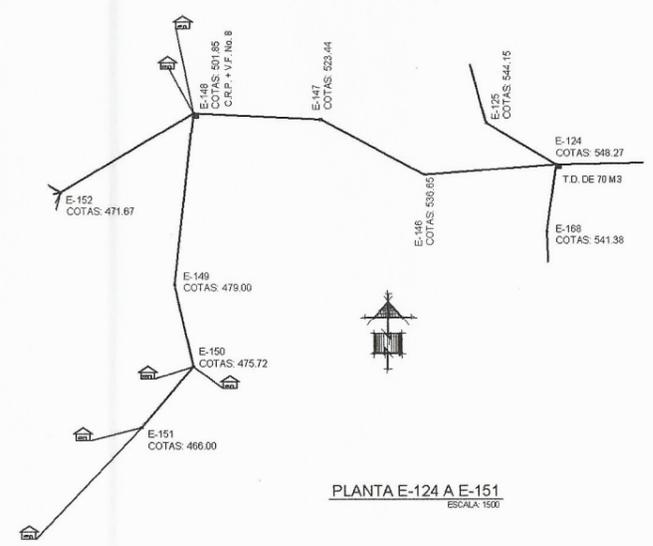
PROYECTO:  
LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION  
DE AGUA POTABLE CASERIO IXCH'GUAL, ALDEA AJAL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO  
CONTEIDO: PLANTAYPERFIL DISEÑO: ERICKA CASTILLO  
ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2019 CALCULO: ERICKA CASTILLO  
REVISOR: DIBUJO: ERICKA CASTILLO

HOJA 06 12  
ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON OSCAR ARGUETA HERNANDEZ



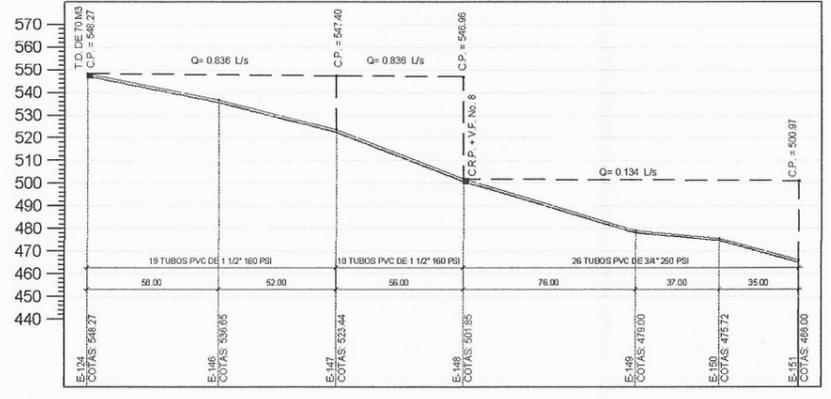
PERFIL E-209 A E-221  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000



PLANTA E-124 A E-151  
ESCALA 1:500

SIMBOLOGIA	
■	INDICACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADA
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
⊕	FAJO DE ZANON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REUNIDOR DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TABLON DE DISTRIBUCION DE 70 M3
▲-VA	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
▼-VA	CONSTRUIR VALVULA LIMPIEZA

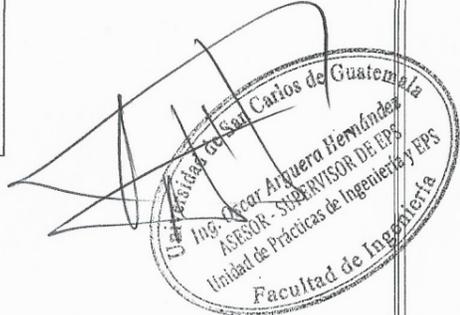
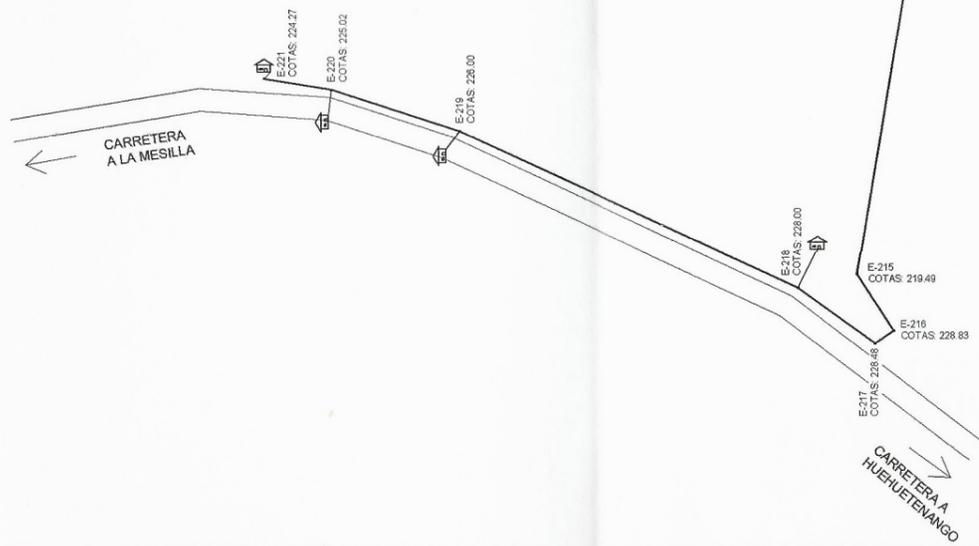
PLANTA E-209 A E-221  
ESCALA 1:500



PERFIL E-124 A E-151  
ESCALA HORIZONTAL 1:1500  
ESCALA VERTICAL 1:1000

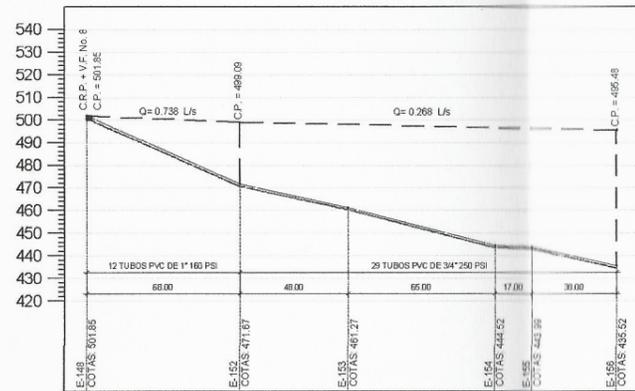
EST.	P.O.	AZIMUT	ESTACION ANTERIOR	COTA	
209	217	229	6	75.00	340.38
212	213	309	52	51.00	329.96
213	214	180	2	56.00	315.65
214	215	189	26	26.00	219.49
215	216	147	2	30.00	228.83
218	217	238	1	10.00	228.48
217	218	305	45	42.00	228.00
218	218	284	43	198.00	228.00
219	220	287	44	60.00	225.92
220	221	279	26	30.00	224.27

EST.	P.O.	AZIMUT	ESTACION ANTERIOR	COTA	
124	148	261	21	80.00	548.27
146	147	207	53	52.00	523.44
147	148	272	40	96.00	501.85
148	148	195	49	76.00	479.00
149	150	187	34	37.00	475.72
150	151	220	7	36.00	466.00

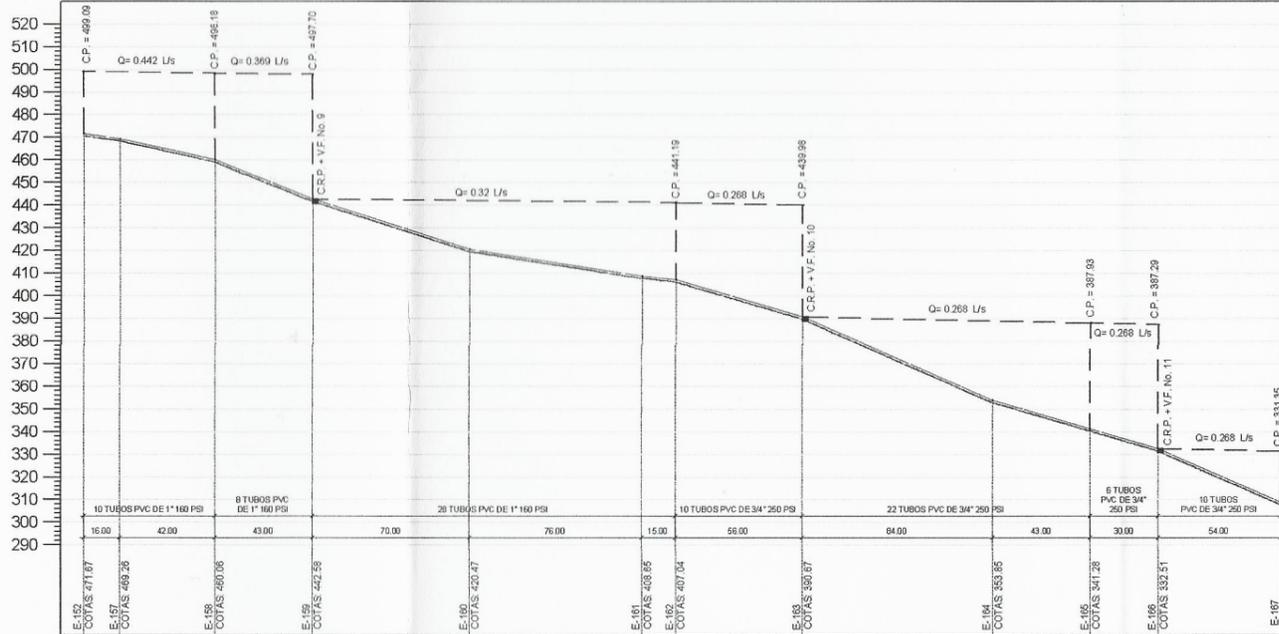


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL			
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO		
CONTEIDO: PLANTAYPERFIL	DISEÑO: ERICKA CASTILLO		
ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2019	CALCULO: ERICKA CASTILLO	
REVISO:		DIBUJO: ERICKA CASTILLO	

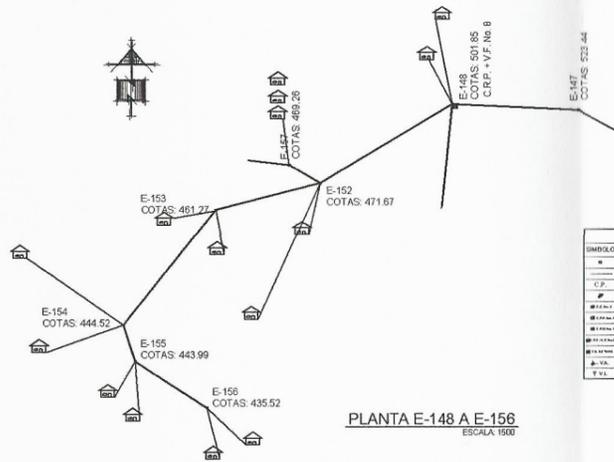


PERFIL E-148 A E-156  
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:1000



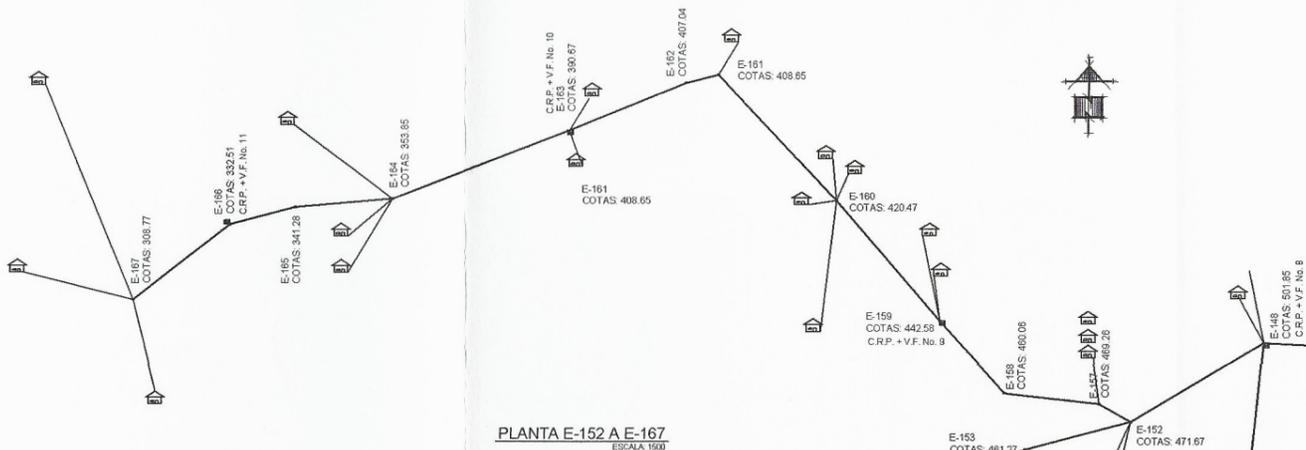
PERFIL E-152 A E-167  
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:1000

EST.	P.O.	ADMUT	DIFFERENCIA	COTA	
152	157	250	40	18.00	469.20
157	158	270	20	42.00	490.00
158	159	317	47	43.00	442.00
159	160	315	2	70.00	420.47
160	161	316	1	75.00	408.55
161	162	256	60	15.00	407.54
162	163	247	43	66.00	390.87
163	164	244	3	24.00	330.88
164	165	255	7	43.00	341.20
165	166	255	31	30.00	332.51
166	167	232	4	54.00	306.77



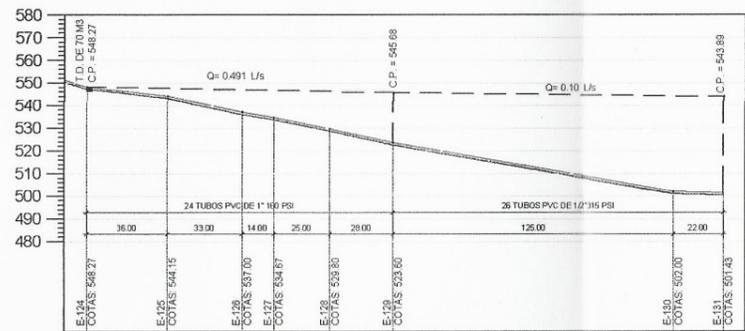
PLANTA E-148 A E-156  
ESCALA: 1500

EST.	P.O.	ADMUT	DIFFERENCIA	COTA		
148	152	220	30	18.00	471.87	
152	153	225	5	48.00	489.23	
153	154	210	15	15.00	444.52	
154	155	161	48	20	17.00	443.99
155	156	122	33	0	38.00	436.52



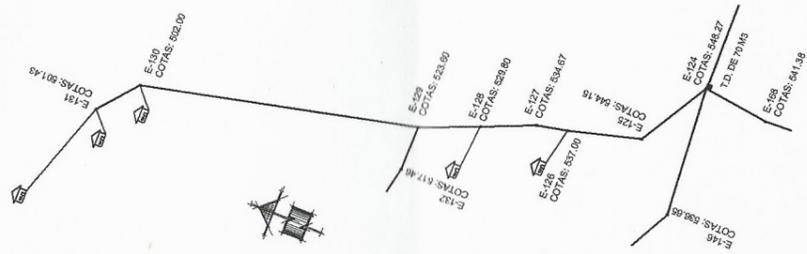
PLANTA E-152 A E-167  
ESCALA: 1500

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
*	INDICACIÓN
---	LÍNEA DE TUBERÍA INDICADO
---	COUPE ZOMÉTRICA
#	PAZO DE ZANOH
■	CONSTRUIR CAJAS DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJAS DE PRESION
■	CONSTRUIR CAJAS REINFORZADAS DE CAJAS
■	CONSTRUIR CAJAS REINFORZADAS DE CALDAZAS
■	CONSTRUIR CAJAS REINFORZADAS DE VALVULAS DE FLORE
■	CONSTRUIR TAPAJOS DE DISTRIBUCION DE 75 MM
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA



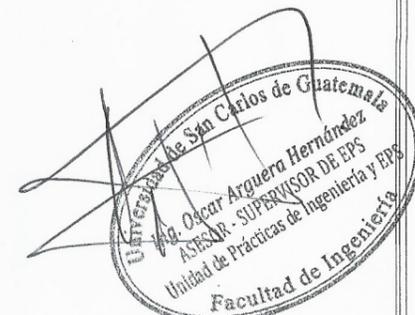
PERFIL E-124 A E-131  
ESCALA HORIZONTAL: 1:1500  
ESCALA VERTICAL: 1:1000

EST.	P.O.	ADMUT	DIFFERENCIA	COTA		
124	125	500	35	0	35.00	544.55
125	126	341	49	0	33.00	537.50
126	127	340	29	0	14.00	524.87
127	128	327	14	0	35.00	526.80
128	129	337	48	0	38.00	523.80
129	130	340	56	0	125.00	502.00
130	131	310	14	0	22.00	501.43



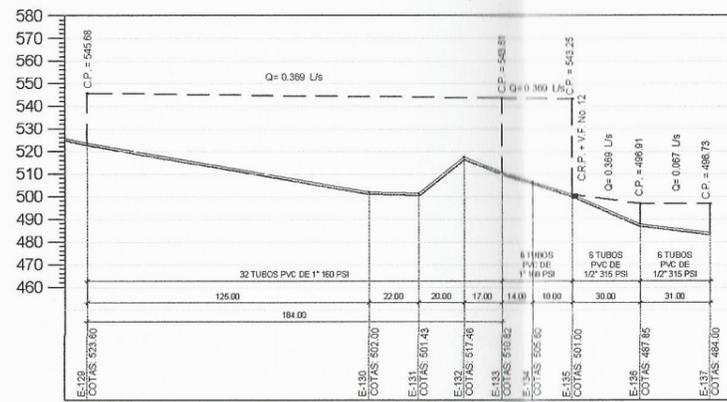
PLANTA E-124 A E-131  
ESCALA: 1500

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
*	INDICACIÓN
---	LÍNEA DE TUBERÍA INDICADO
---	COUPE ZOMÉTRICA
#	PAZO DE ZANOH
■	CONSTRUIR CAJAS DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJAS DE PRESION
■	CONSTRUIR CAJAS REINFORZADAS DE CAJAS
■	CONSTRUIR CAJAS REINFORZADAS DE VALVULAS DE FLORE
■	CONSTRUIR TAPAJOS DE DISTRIBUCION DE 75 MM
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

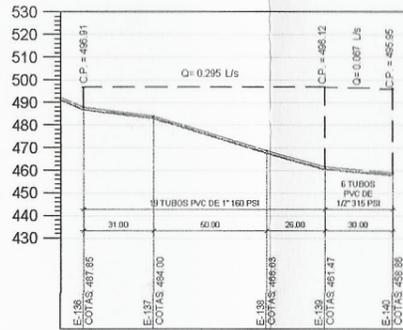


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

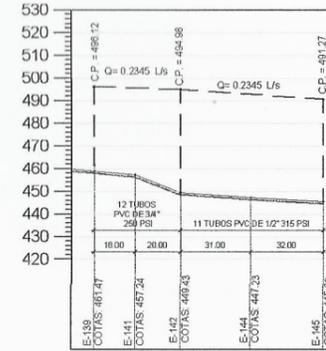
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA		DEPTO: HUEHUETENANGO	
CONTENIDO: PLANTAYPERFIL	DISENÓ: ERICKA CASTILLO	ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2015
REVISÓ: ERICKA CASTILLO	ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2015	CALCULO: ERICKA CASTILLO
REVISÓ: ERICKA CASTILLO	ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2015	CALCULO: ERICKA CASTILLO



PERFIL E-129 A E-137  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:1000



PERFIL E-136 A E-140  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:1000

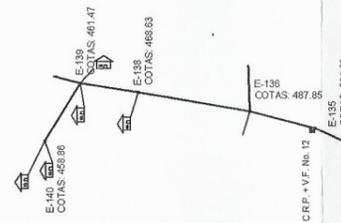


PERFIL E-139 A E-145  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:1000

EST.	P.O.	ADMUT.	INCLINACION	COTA
130	145	17	20	30.00
140	141	284	35	10.00
141	142	286	59	20.00
142	143	288	8	11.00
143	144	12	0	31.00
144	145	230	19	0

SIMBOLOGIA	
●	INDICA ESTACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
#	PAISO DE ZANJON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZADA DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TAPAJE DE DISTRIBUCION DE 70 M3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

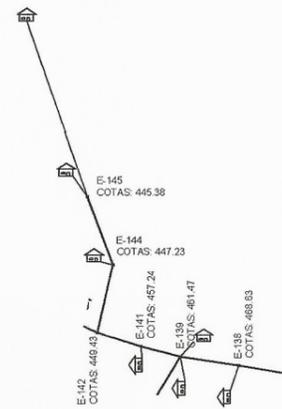
EST.	P.O.	ADMUT.	INCLINACION	COTA
136	137	357	48	31.00
137	138	270	37	40
138	139	270	50	20.00
139	140	211	17	20.00



PLANTA E-136 A E-140  
ESCALA 1:500

SIMBOLOGIA	
●	INDICA ESTACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
#	PAISO DE ZANJON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZADA DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TAPAJE DE DISTRIBUCION DE 70 M3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

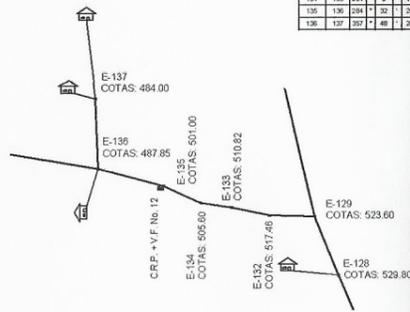
SIMBOLOGIA	
●	INDICA ESTACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
#	PAISO DE ZANJON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZADA DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TAPAJE DE DISTRIBUCION DE 70 M3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA



PLANTA E-139 A E-145  
ESCALA 1:500

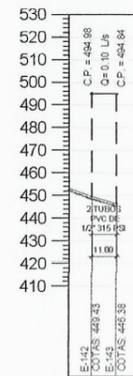


EST.	P.O.	ADMUT.	INCLINACION	COTA
129	130	346	56	0
130	131	310	14	20
131	132	270	53	20
132	133	281	59	20
133	134	276	34	20
134	135	284	9	40
135	136	284	32	20
136	137	327	48	20



PLANTA E-129 A E-137  
ESCALA 1:500

EST.	P.O.	ADMUT.	INCLINACION	COTA
142	143	286	8	20

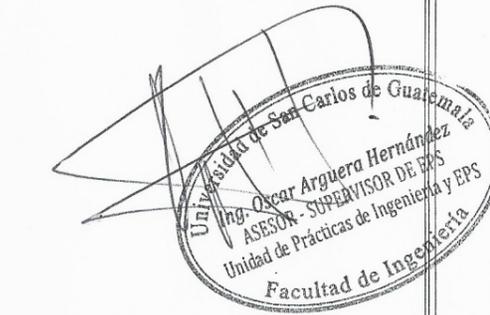


PERFIL E-142 A E-143  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:1000

SIMBOLOGIA	
●	INDICA ESTACION
—	LINEA DE TUBERIA INDICADO
C.P.	COTA PIEZOMETRICA
#	PAISO DE ZANJON
■	CONSTRUIR CAJA DE CAPTACION
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION
■	CONSTRUIR CAJA REINFORZADA DE CAUDALES
■	CONSTRUIR CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE
■	CONSTRUIR TAPAJE DE DISTRIBUCION DE 70 M3
■	CONSTRUIR VALVULA DE AIRE
■	CONSTRUIR VALVULA DE LIMPIEZA

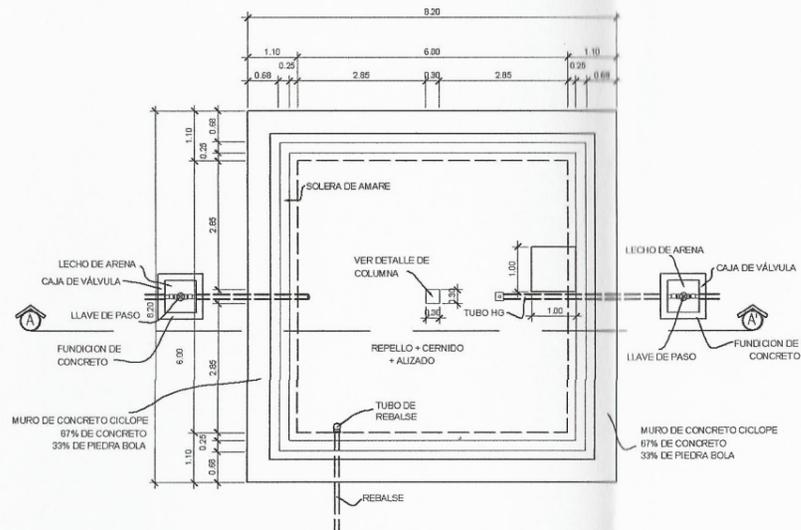


PLANTA E-142 A E-143  
ESCALA 1:500

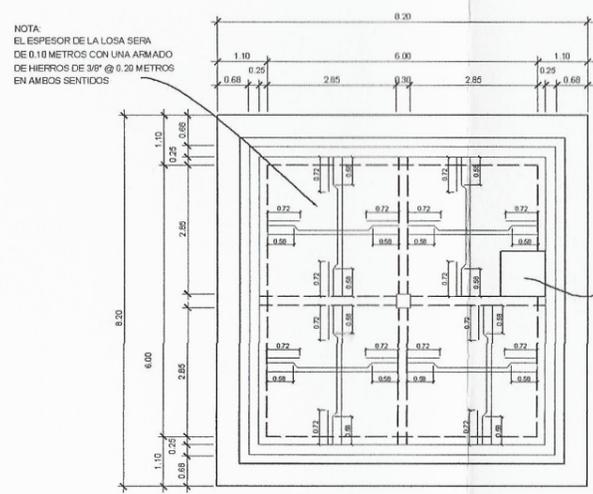


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRACTICAS Y E.P.S.

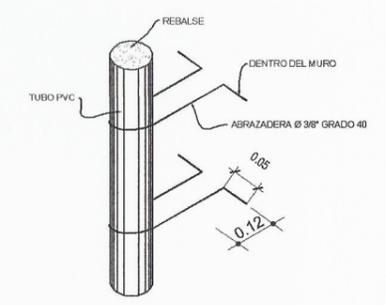
PROYECTO:	
LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL	
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLAN Y PERFILES	DISEÑO: ERICKA CASTILLO
ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2019
REVISOR:	CALCULO: ERICKA CASTILLO
	DIBUJO: ERICKA CASTILLO



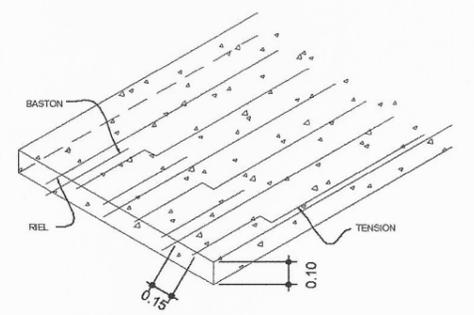
**PLANTA DE TANQUE DE 70 M3**  
ESCALA 1/50



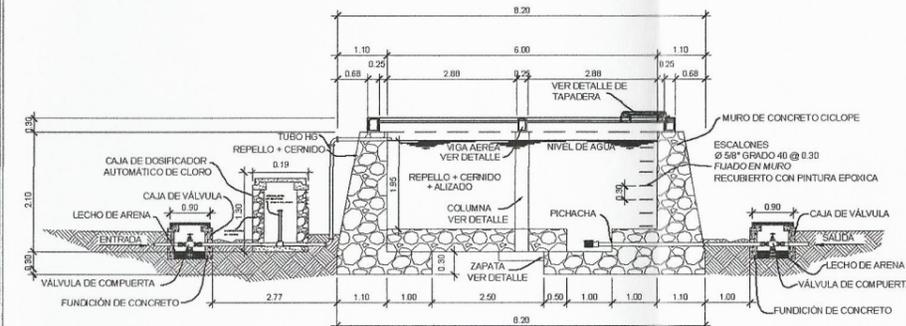
**PLANTA DE TANQUE DE 70 M3**  
ESCALA 1/50



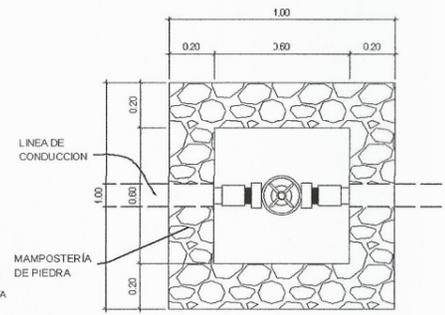
**ABRAZADERA**  
SIN ESCALA



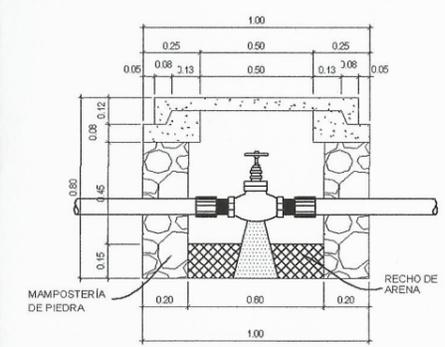
**ARMADO DE LOSA**  
ESCALA 1/75



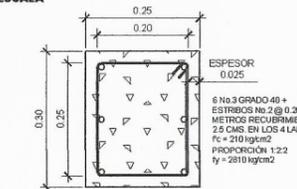
**SECCION A - A' DE 70 M3**



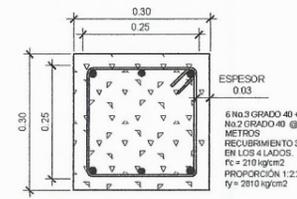
**PLANTA DE VALVULA**  
PARA TANQUE ESCALA 1/20



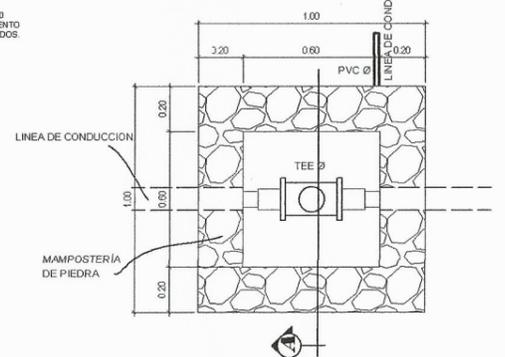
**SECCION A - A' CAJA VALVULA**  
PARA TANQUE ESCALA 1/20



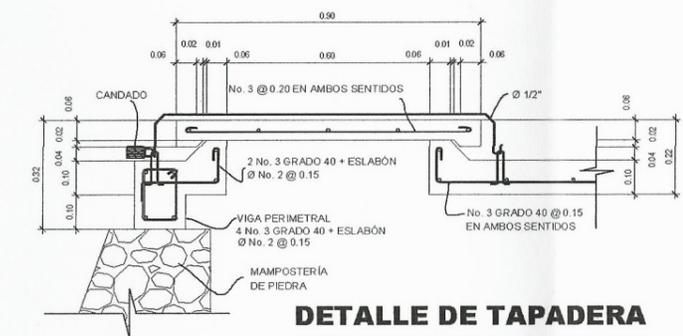
**SOLERA DE CORONA**  
DETALLE ESCALA 1/7.5



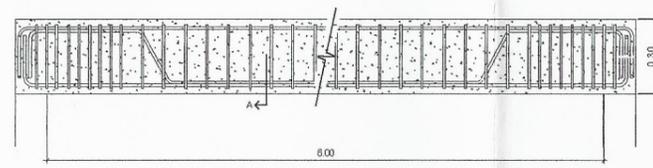
**DET. COLUMNA C-A**  
ESCALA 1/7.5



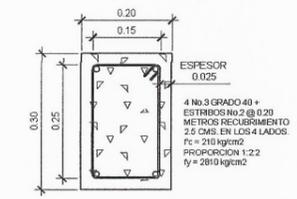
**PLANTA VALVULA DE AIRE**  
ESCALA 1/20



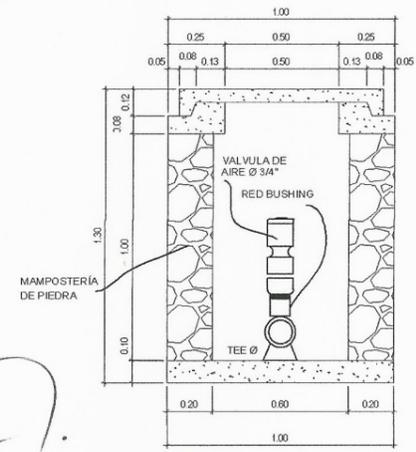
**DETALLE DE TAPADERA**  
PARA TANQUE ESCALA 1/10



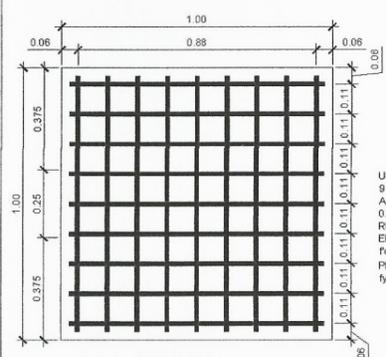
**ARMADO DE DE VIGA**  
SIN ESCALA



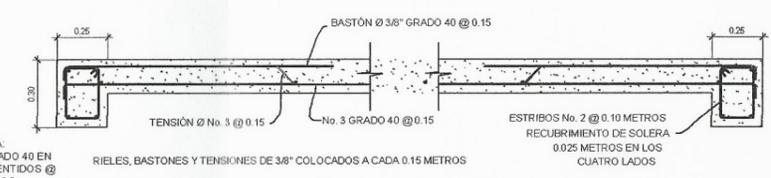
**SECCION DE VIGA**  
DETALLE ESCALA 1/7.5



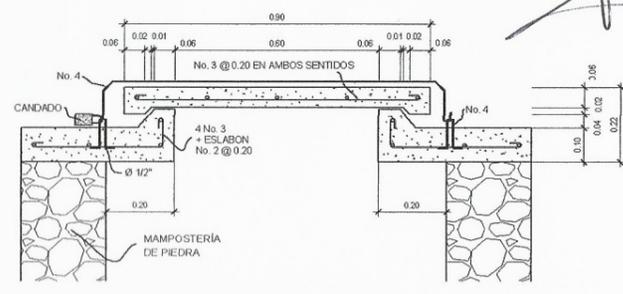
**SECCION A CAJA VALVULA DE AIRE**  
ESCALA 1/20



**DETALLE DE ZAPATA**  
ESCALA 1/12.5



**ARMADO DE LOSA**  
DETALLE DE ARMADO DE LOSA ESCALA 1/10

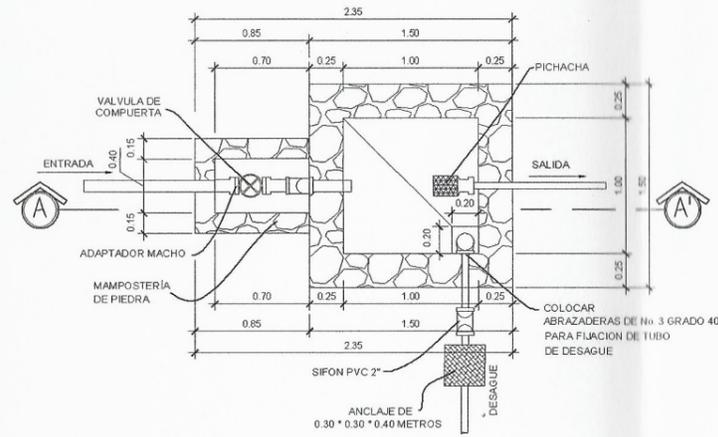


**TAPADERA CAJAS**  
ESCALA 1/10

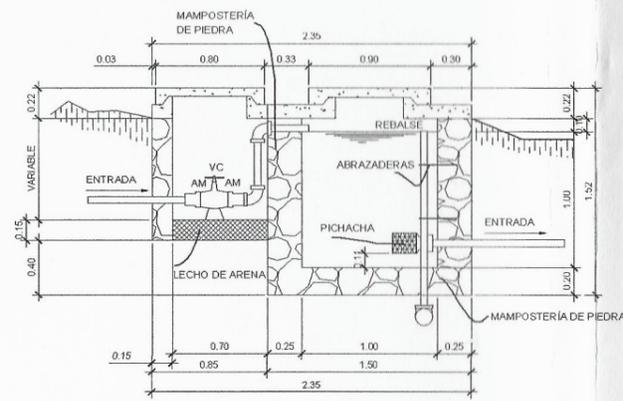


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

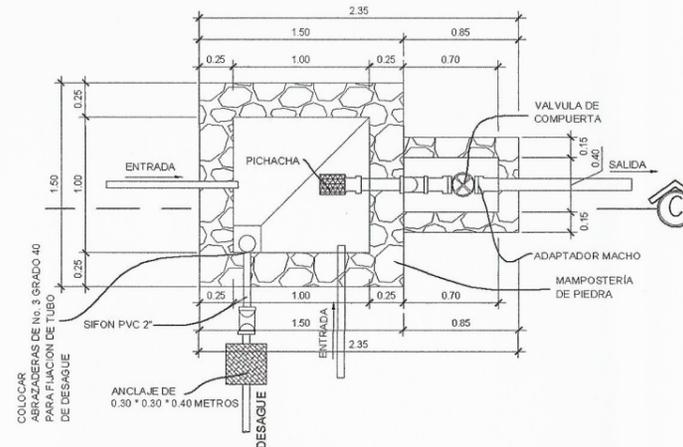
PROYECTO: LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL		DISEÑO: ERICKA CASTILLO	
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO	CALCULO: ERICKA CASTILLO	
CONTENIDO: DETALLES	FECHA: MARZO 2019	DIBUJO: ERICKA CASTILLO	
ESCALA: INDICADA	REVISO:	HOJA 10	
ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN		NO. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	



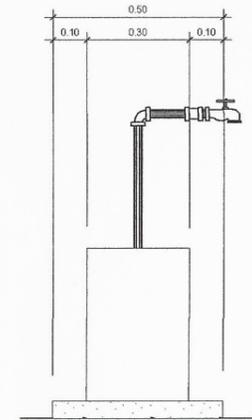
**CAJA ROMPEPRESION**  
1.00 METROS CUBICOS ESCALA 1/25



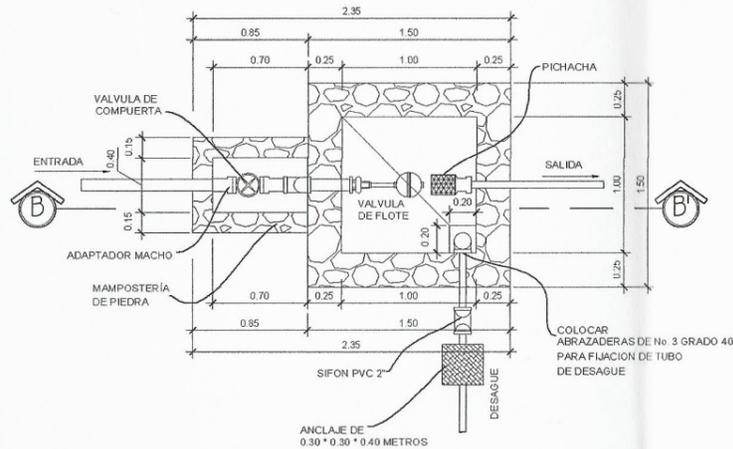
**SECCION A - A'**  
PARA CAJA ROMPEPRESION DE 1M8 ESCALA 1/25



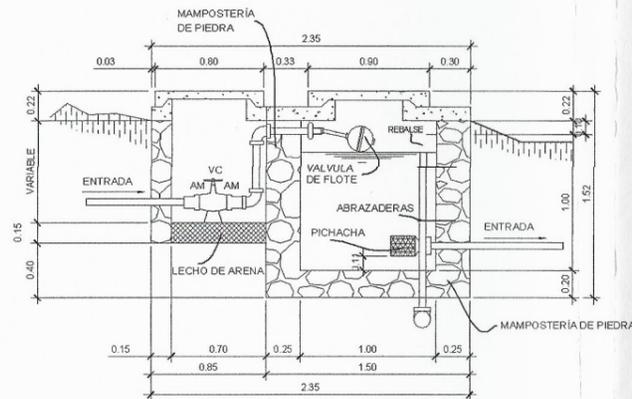
**CAJA REUNIDORA DE CAUDALES**  
ESCALA 1/25



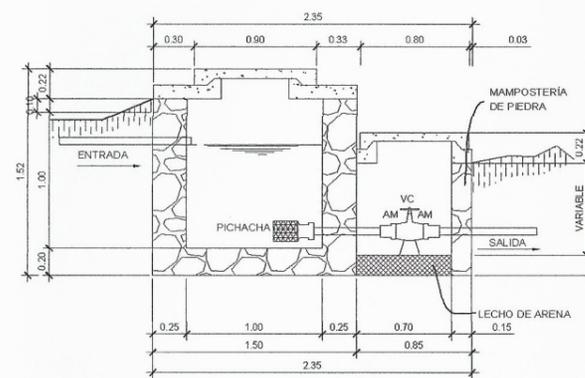
**ELEVACION LATERAL ACOMETIDA**  
ESCALA 1/10



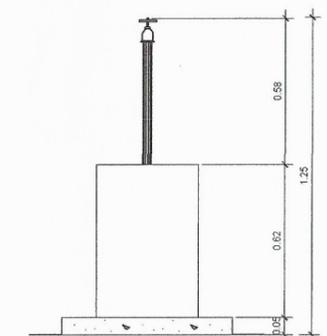
**CAJA ROMPEPRESION + VALVULA DE FLOTE**  
1.00 METROS CUBICOS ESCALA 1/25



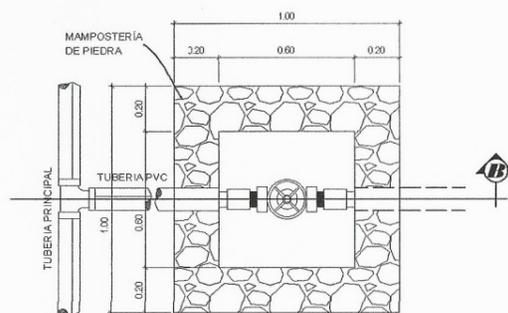
**SECCION B - B' + VALVULA DE FLOTE**  
PARA CAJA ROMPEPRESION DE 1M8 ESCALA 1/25



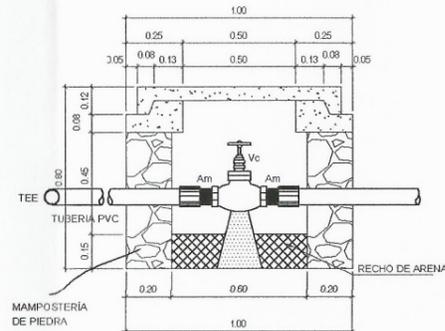
**SECCION C**  
CAJA REUNIDORA DE CAUDALES ESCALA 1/25



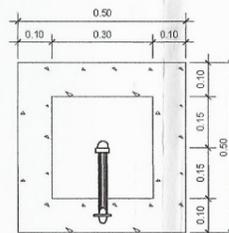
**ELEVACION FRONTAL ACOMETIDA**  
ESCALA 1/10



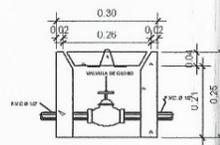
**PLANTA VALVULA DE LIMPIEZA**  
ESCALA 1/20



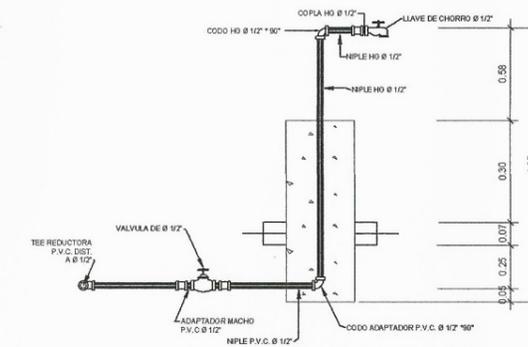
**SECCION B CAJA VALVULA DE LIMPIEZA**  
ESCALA 1/20



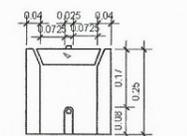
**PLANTA ACOMETIDA**  
ESCALA 1/10



**PLANTA DE VALVULA DE GLOBO**  
ESCALA 1/10



**CORTE DE CONEXION DOMICILIAR**  
SIN ESCALA



**CAJA DE PROTECCION DE VALVULA DE GLOBO**  
ESCALA 1/10

LISTA DE MATERIALES CONEXION DOMICILIAR		
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
VOLUMEN TOTAL	1.00	SACOS
CEMENTO	0.0465	M3
PIEDRA	0.021	M3
ARENA	0.021	M3
ARENA	1.00	UNIDAD
TEE REDUCTORA PVC Ø 1/2" x Ø 1/2"	3.00	UNIDAD
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"	1.00	UNIDAD
VALVULA DE GLOBO O PASO Ø 1/2"	1.00	UNIDAD
COUDO ADAPTADOR PVC Ø 1/2"	1.00	UNIDAD
COUDO HS DE 1/2" x 90°	1.00	UNIDAD
COPLA HS 1/2"	1.00	UNIDAD
LLAVE DE CHORRO DE 1/2"	1.00	UNIDAD
TUBERIA HS DE 1/2"	1.72	MTR.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

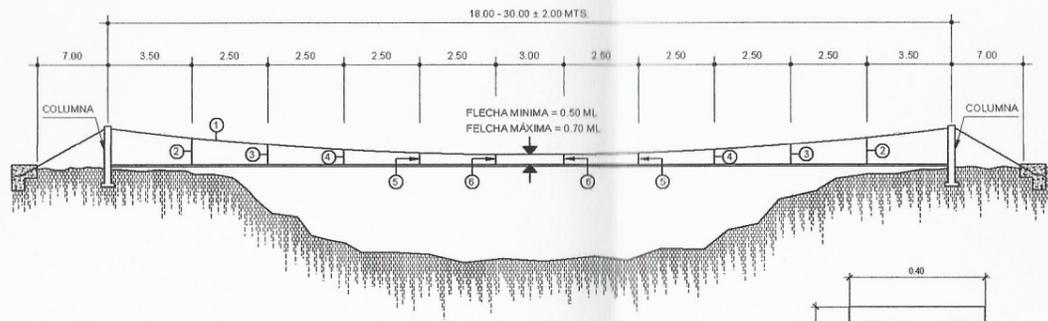
CONTENIDO: DETALLES DISEÑO: ERICKA CASTILLO CALCULO: ERICKA CASTILLO

ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2019 DISEÑO: ERICKA CASTILLO

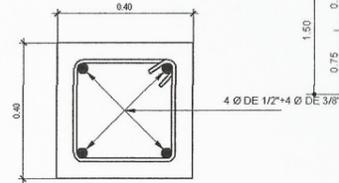
REVISO:

HOJA 11 DE 12

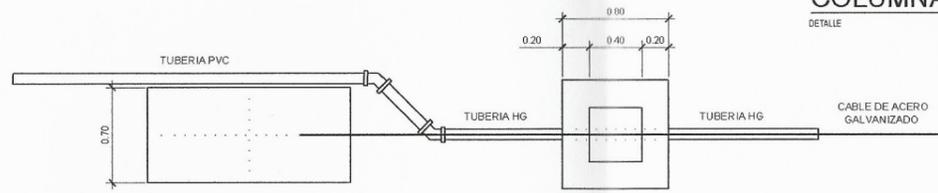
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Oscar Arrieta Hernández  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y E.P.S.  
Facultad de Ingeniería



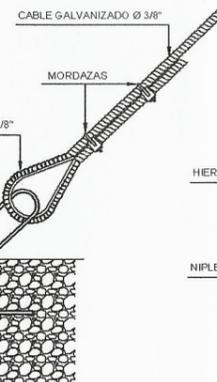
**ELEVACIÓN LATERAL**  
PASO AÉREO 18 A 30.00 METROS DE LUZ  
ESCALA 1/200



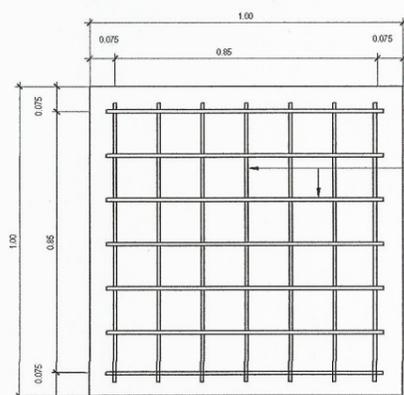
**COLUMNA**  
DETALLE  
ESCALA 1/10



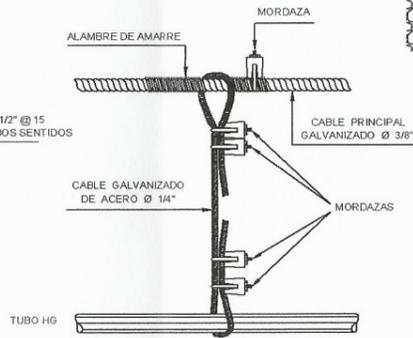
**PLANTA**  
ANCLAJE PARA PASO AÉREO  
ESCALA 1/25



**ANCLAJE**  
DETALLE  
SIN ESCALA



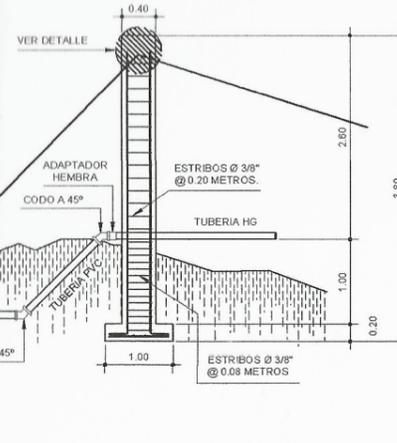
**PLANTA DE ZAPATA**  
ESCALA 1/20



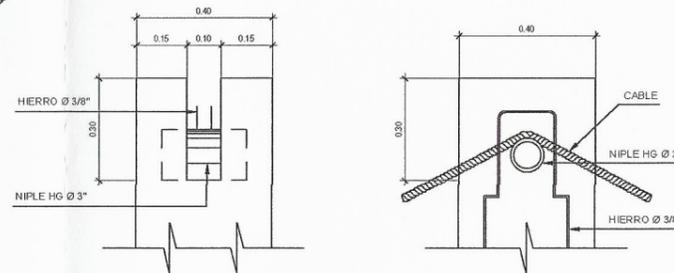
**DETALLE DE SUSPENSIÓN**  
SIN ESCALA

No.	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	CABLE TIRANTE L=30 MTS. Ø 3/8"
2	2	CABLE DE SUSPENSIÓN L=4.57 MTS. Ø 1/4"
3	2	CABLE DE SUSPENSIÓN L=4.22 MTS. Ø 1/4"
4	2	CABLE DE SUSPENSIÓN L=3.96 MTS. Ø 1/4"
5	2	CABLE DE SUSPENSIÓN L=3.78 MT. Ø 1/4"
6	2	CABLE DE SUSPENSIÓN L=3.69 MTS. Ø 1/4"
7	9	TUBOS DE HG L=54.0 MTS.
8	10	GUARDA CABLE Ø 1/4"
9	2	GUARDA CABLE Ø 3/8"

NOTA: CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL ZANJÓN ES MAYOR DE 20.00 METROS SE DEBERÁ COLOCAR CABLE ROMPE VIENTO.

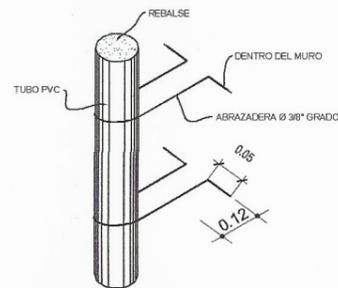


**ELEVACIÓN**  
ANCLAJE PARA PASO AÉREO  
ESCALA 1/100

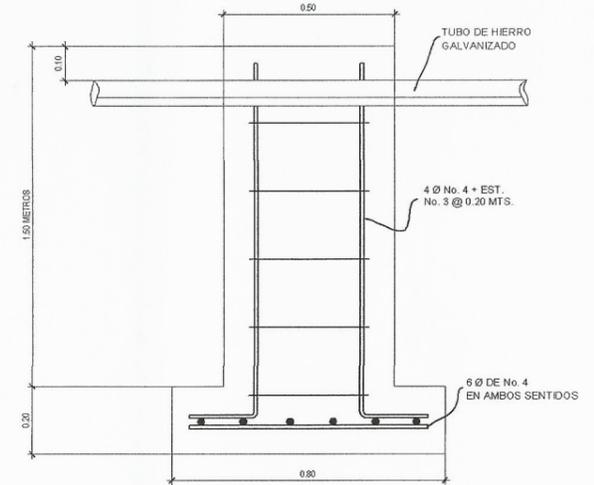


**VISTA LATERAL**      **CORTE DE TOPE**  
ESCALA 1/100

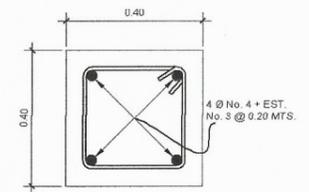
**DETALLE DE TOPE DE LA TORRE**  
ESCALA 1/100



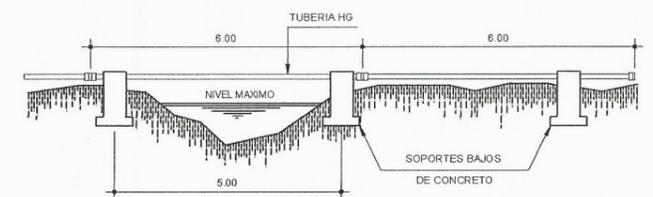
**ABRAZADERA**  
SIN ESCALA



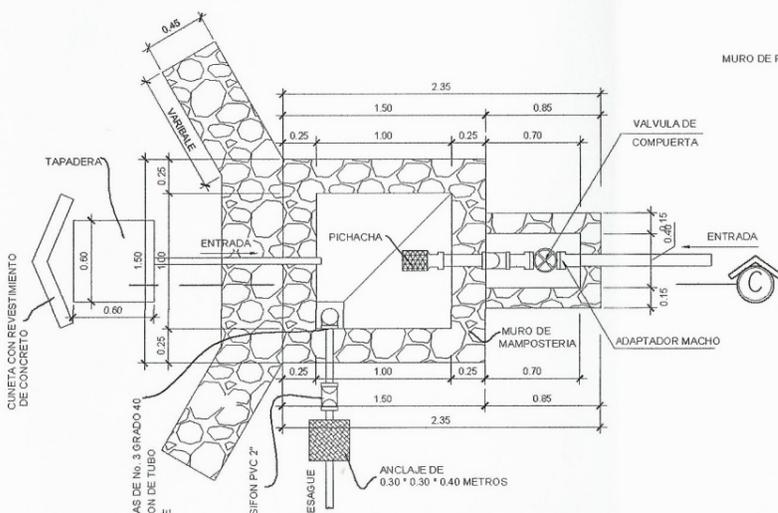
**SECCION A - A'**  
ESCALA 1/10



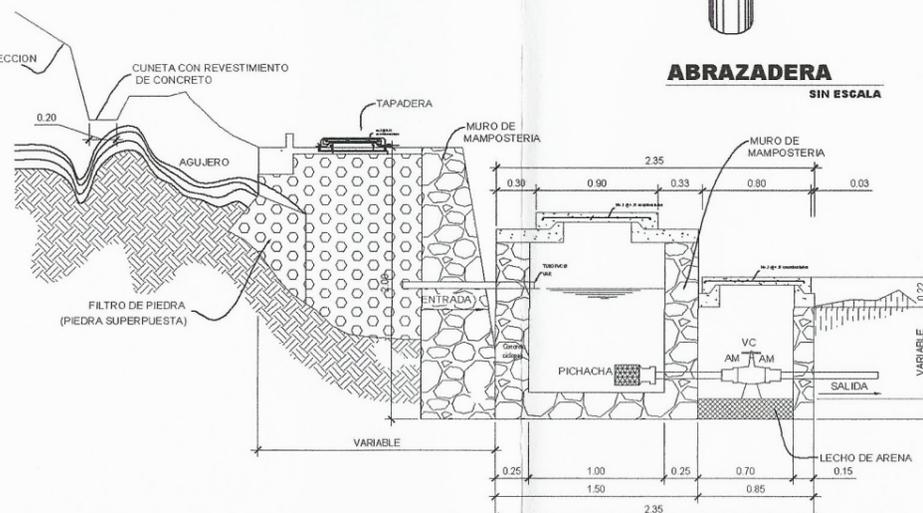
**DETALLE DE COLUMNA PASO ZANJON**  
ESCALA 1/10



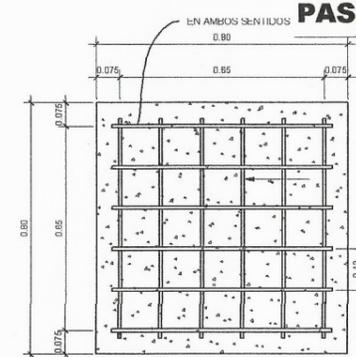
**PASO ZANJON TIPO B**  
ESCALA 1/100



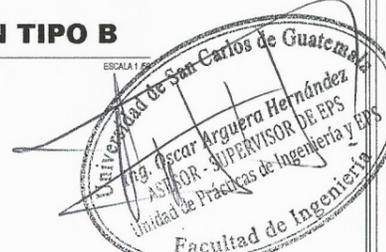
**CAJA DE CAPTACION**  
ESCALA 1/25



**SECCION DE CAPTACION**  
ESCALA 1/25



**PLANTA DE ZAPATA PASO DE ZANJON**  
ESCALA 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CASERIO IXCHIGUAL ALDEA AJAL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: DETALLES	DISEÑO: ERICKA CASTILLO CALCULO: ERICKA CASTILLO
ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2019
REVISO:	DEBIA ERICKA CASTILLO

HOLA 12 12

F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN      F. INO OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

Tramo de	a	*L (m)	**Tub. (m)	Día. eq. (in)	Día. nom. (in)	Día. int. (in)	Clase (PS)	Q (l/s)	Vel. (m/s)	H.F. (M)	Cota piezométrica Inicial	Cota piezométrica Final	Cota terreno Inicial	Cota terreno Final	Presión disponible Inicial	Presión disponible Final	Presión estática Inicial	Presión estática Final	Cam.	Obs.	
<b>LÍNEA DE CONDUCCION</b>																					
<b>C.C.1 A C.R.Q. No.1</b>																					
0											1000	1000	0	0	0	0	0	0	0	C.C. No.1	
0	1	20.6	4	1.0463	2"	2.193	160	1.45	0.5950	0.1469	999.83	999.83	1000	994.6	0	5.2330	0	5.4	20	C.R.P. No.1	
<b>C.C.2 A C.R.Q. No.1</b>																					
ERI											998	998			0	0	0	0	0	C.C. No.2	
ERI	1	6.18	2	0.8518	1 1/2"	1.754	160	1.26	0.8082	0.1009	997.89	997.89	998	994.6	0	3.2990	0	3.4	6	C.R.Q. No.1	
<b>C.R.Q. No.1 A C.R.Q. No.2</b>																					
1											994.6	994.6			0	0	0	0	0	C.R.Q. No.1	
1	3	38.11	7	1.2680	2 1/2"	2.655	160	2.71	0.7587	0.3408	994.25	994.25	994.6	982.14	0	12.110	0	12.46	37	C.R.Q. No.2	
<b>C.C. No.3 A C.R.Q. No.2</b>																					
ERI2											985.18	985.18			0	0	0	0	0	C.C. No.3	
ERI2	3	6.695	2	0.4241	1"	1.195	160	0.32	0.4422	0.0561	985.12	985.12	985.18	976.47	0	8.6538	0	8.71	6.5	C.R.Q. No.2	
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCION</b>																					
<b>C.R.Q. No.2 a T.D.</b>																					
3											982.14	982.14			0	0	0	0	0	C.R.Q. No.2	
3	14	336.9	57	1.2687	2 1/2"	2.655	160	2	0.5999	1.7329	980.40	980.40	982.14	918.96	0	61.447	0	63.18	330		
14	27	366.68	62	1.2697	2"	2.193	160	2	0.8207	4.7431	980.40	975.66	918.96	912.51	0	61.447	0	63.18	686		
27	30	217.33	37	1.1205	1.5"	1.754	160	2	1.2829	8.9431	975.66	967.32	912.51	901.71	0	63.153	0	65.610	897	C.R.P. No.1	
30	35	250.29	42	1.2500	2"	2.193	160	2	0.8207	3.2375	967.32	958.47	901.71	851.71	0	46.762	0	50	1140		
35	36	55.62	10	0.839	1 1/2"	1.754	160	2	1.2829	2.1352	958.47	956.33	901.71	851.71	0	46.762	0	50	80.71	1194	C.R.P. No.2
36	55	694.22	116	1.4765	2 1/2"	2.655	160	2	0.5999	3.3394	956.33	951.05	851.71	759.35	0	58.110	0	61.65	1868		
55	61	200.85	34	1.1218	1 1/2"	1.754	160	2	1.2829	7.7105	951.05	947.46	851.71	759.35	0	58.110	0	61.65	2063	C.R.P. No.3	
61	94	1081.5	181	1.7713	2 1/2"	2.655	160	2	0.5999	5.5140	947.46	943.96	759.35	709.91	0	34.055	0	39.57	3113		
94	105	354.32	60	1.2615	2"	2.193	160	2	0.8207	4.5832	943.96	938.27	709.91	676.27	0	34.055	0	39.57	3457	C.R.P. No.4	
105	118	603.58	101	1.5192	2 1/2"	2.655	160	2	0.5999	3.0773	938.27	937.19	676.27	629.62	0	43.572	0	46.65	4043		
118	121	156.56	27	1.0949	1 1/2"	1.754	160	2	1.2829	6.0102	937.19	936.18	629.62	602.7	0	43.572	0	46.65	4195	C.R.P. No.5	
121	124	168.92	29	1.1375	2"	2.193	160	2	0.8207	2.1850	936.18	935.51	602.7	548.27	0	51.244	0	53.43	4359	T.D	

<b>DISEÑO HIDRAULICO</b>																				
Tramo de	a	*L (m)	**Tub. (m)	Día. eq. (in)	Día. nom. (in)	Día. int. (in)	Clase (PS)	Q (l/s)	Vel. (m/s)	H.F. (M)	Cota piezométrica Inicial	Cota piezométrica Final	Cota terreno Inicial	Cota terreno Final	Presión disponible Inicial	Presión disponible Final	Presión estática Inicial	Presión estática Final	Cam.	Obs.
<b>RAMAL 2</b>																				
124											548.27	548.27			0	0	0	0	0	4359 T.D
124	147	113.3	19	0.8805	1 1/2"	1.754	160	0.836	0.5362	0.8862	548.27	547.40	548.27	523.44	0	23.963	0	24.83	4469	
147	148	57.68	10	0.6767	1 1/2"	1.754	160	0.836	0.5362	0.9409	547.40	546.96	523.44	501.85	0	23.963	0	24.83	4642	C.R.P + V.F. No. 8
148	151	152.44	26	0.4329	3/4"	0.926	250	0.134	0.3094	0.8942	501.85	500.96	501.85	466	0	34.965	0	35.85	4673	
148											501.85	501.85			0	0	0	0	0	4525
148	152	70.04	12	0.7309	1"	1.195	160	0.738	1.0199	2.7554	501.85	499.09	501.85	471.67	0	27.424	0	30.18	4593	
152	156	173.04	29	0.5140	3/4"	0.926	250	0.268	0.6168	3.6185	499.09	495.47	471.67	435.52	0	27.424	0	30.18	4761	
152											499.09	499.09			0	0	0	0	0	4593
152	158	59.74	10	0.5523	1"	1.195	160	0.442	0.6108	0.9104	499.09	498.18	471.67	460.06	0	27.424	0	30.18	4179	4651
158	159	44.29	8	0.4510	1"	1.195	160	0.369	0.5099	0.4833	498.18	497.70	460.06	442.58	0	38.124	0	41.79	59.27	4694
159	162	165.83	28	0.6142	1"	1.195	160	0.32	0.4422	1.3903	497.70	494.58	442.58	407.04	0	34.149	0	35.54	4855	
162	163	57.68	10	0.4300	3/4"	0.926	250	0.268	0.6168	1.2061	494.58	494.18	442.58	407.04	0	34.149	0	35.54	51.91	4911
163	165	130.88	22	0.5111	3/4"	0.926	250	0.268	0.6168	2.7354	494.18	493.98	442.58	407.04	0	46.654	0	48.39	5036	
165	166	30.9	6	0.3712	3/4"	0.926	250	0.268	0.6168	0.6461	493.98	493.28	442.58	407.04	0	46.654	0	48.39	5816	5068

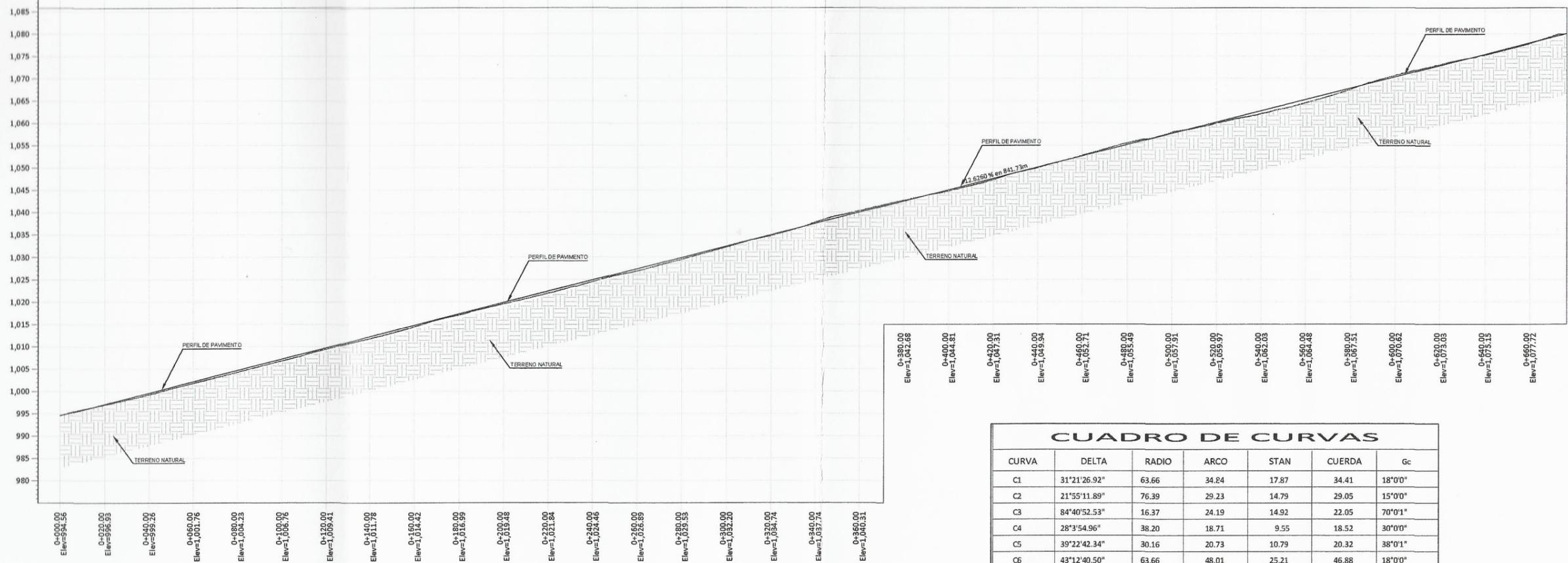
<b>DISEÑO HIDRAULICO</b>																				
Tramo de	a	*L (m)	**Tub. (m)	Día. eq. (in)	Día. nom. (in)	Día. int. (in)	Clase (PS)	Q (l/s)	Vel. (m/s)	H.F. (M)	Cota piezométrica Inicial	Cota piezométrica Final	Cota terreno Inicial	Cota terreno Final	Presión disponible Inicial	Presión disponible Final	Presión estática Inicial	Presión estática Final	Cam.	Obs.
<b>RAMAL 1</b>																				
124											548.27	548.27			0	0	0	0	0	4359 T.D
171	176.13	30	1.2648	2 1/2"	2.655	160	1.99	0.5571	0.8897	548.27	547.38	548.27	515.34	0	32.040	0	32.93	4530		
173	94.76	16	0.5203	3/4"	0.926	250	0.1	0.2301	0.3198	547.38	547.06	515.34	491.11	29	55.550	43	32.93	57.16	4622	
171											547.38	547.38			0	0	0	0	0	4530
175	66.95	12	0.6447	2"	2.193	160	1.869	0.7669	0.7640	547.38	546.61	515.34	501.23	29	45.388	28	32.93	47.04	4595	C.R.P + V.F. No.1
179	203.94	34	1.1946	2"	2.193	160	1.869	0.7669	2.3272	546.61	501.23	501.23	456.4	0	42.502	0	44.83	4793		
179A	51.603	9	0.5733	1"	1.195	160	0.639	0.8850	1.5552	501.23	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	C.R.P + V.F. No. 2
153.36	7	26	0.7926	1"	1.195	160	0.639	0.8850	4.6222	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	
191	7	26	0.6644	3/4"	0.926	250	0.335	0.7710	6.8998	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	
201	218.36	37	0.6644	3/4"	0.926	250	0.335	0.7710	6.8998	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	
191											497.34	497.34			0	0	0	0	0	4992
191	103.67	18	0.4029	3/4"	0.926	250	0.172	0.3958	0.9544	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	C.R.P + V.F. No. 3
192A	183.69	31	0.4495	3/4"	0.926	250	0.1675	0.3855	1.6100	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	
195											497.34	497.34			0	0	0	0	0	5271
179											497.34	497.34			0	0	0	0	0	4793
180	71.07	12	0.7419	1"	1.195	160	1.01	1.3958	4.9960	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	C.R.P + V.F. No. 4
186	221.45	37	0.5968	3/4"	0.926	250	0.335	0.4629	2.0209	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	
180											497.34	497.34			0	0	0	0	0	4882
203	146.26	25	0.8130	1"	1.195	160	0.762	1.0530	6.1030	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	
204	25.75	5	0.5402	1"	1.195	160	0.664	0.9176	0.8331	497.34	497.34	456.4	443.31	42	54.037	45	44.83	57.92	4843.1	C.R.P + V.F. No. 5
209	348.14	59	0.9																	

Apéndice 5. **Diseño de pavimentación para la aldea El Boquerón de la  
carretera Interamericana hacia la garita de Isnul**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.





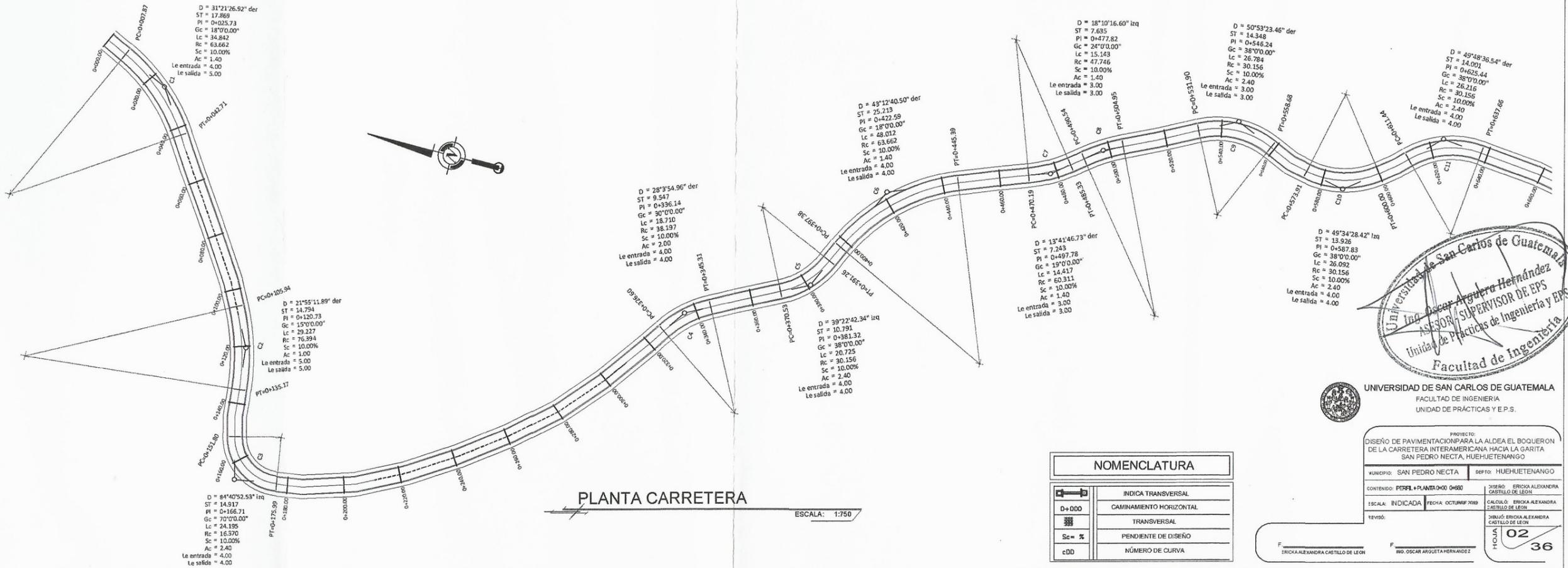


0+300.00	Elev=1,042.88
0+400.00	Elev=1,044.81
0+420.00	Elev=1,047.31
0+440.00	Elev=1,049.94
0+460.00	Elev=1,052.74
0+480.00	Elev=1,055.49
0+500.00	Elev=1,057.91
0+520.00	Elev=1,059.97
0+540.00	Elev=1,062.05
0+560.00	Elev=1,064.48
0+580.00	Elev=1,067.51
0+600.00	Elev=1,070.62
0+620.00	Elev=1,073.05
0+640.00	Elev=1,075.15
0+660.00	Elev=1,077.72

### CUADRO DE CURVAS

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C1	31°21'26.92"	63.66	34.84	17.87	34.41	18°0'0"
C2	21°55'11.89"	76.39	29.23	14.79	29.05	15°0'0"
C3	84°40'52.53"	16.37	24.19	14.92	22.05	70°0'1"
C4	28°3'54.96"	38.20	18.71	9.55	18.52	30°0'0"
C5	39°22'42.34"	30.16	20.73	10.79	20.32	38°0'1"
C6	43°12'40.50"	63.66	48.01	25.21	46.88	18°0'0"
C7	18°10'16.60"	47.75	15.14	7.64	15.08	24°0'0"
C8	13°41'46.73"	60.31	14.42	7.24	14.38	19°0'0"
C9	50°53'23.46"	30.16	26.78	14.35	25.91	38°0'1"
C10	49°34'28.42"	30.16	26.09	13.93	25.29	38°0'1"
C11	49°48'36.54"	30.16	26.22	14.00	25.40	38°0'1"

**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:750

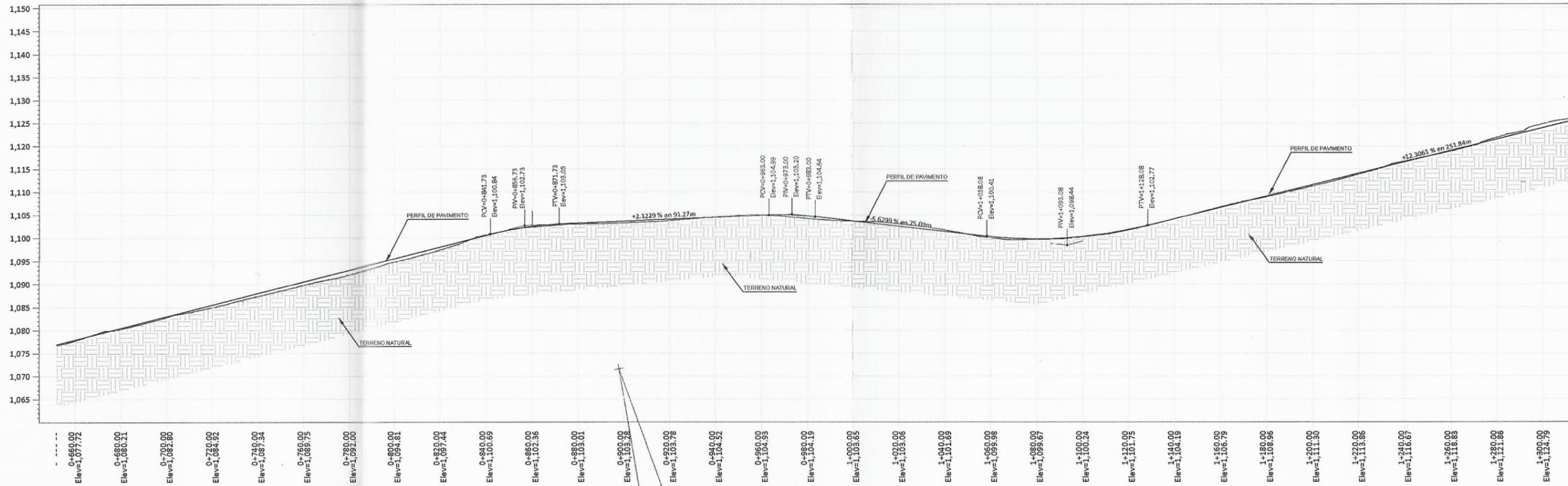
NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PERFIL + PLANTA 000 04600	DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ISCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2009
REVISOR:	CALCULO: BRUNA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
	DIBUJO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON



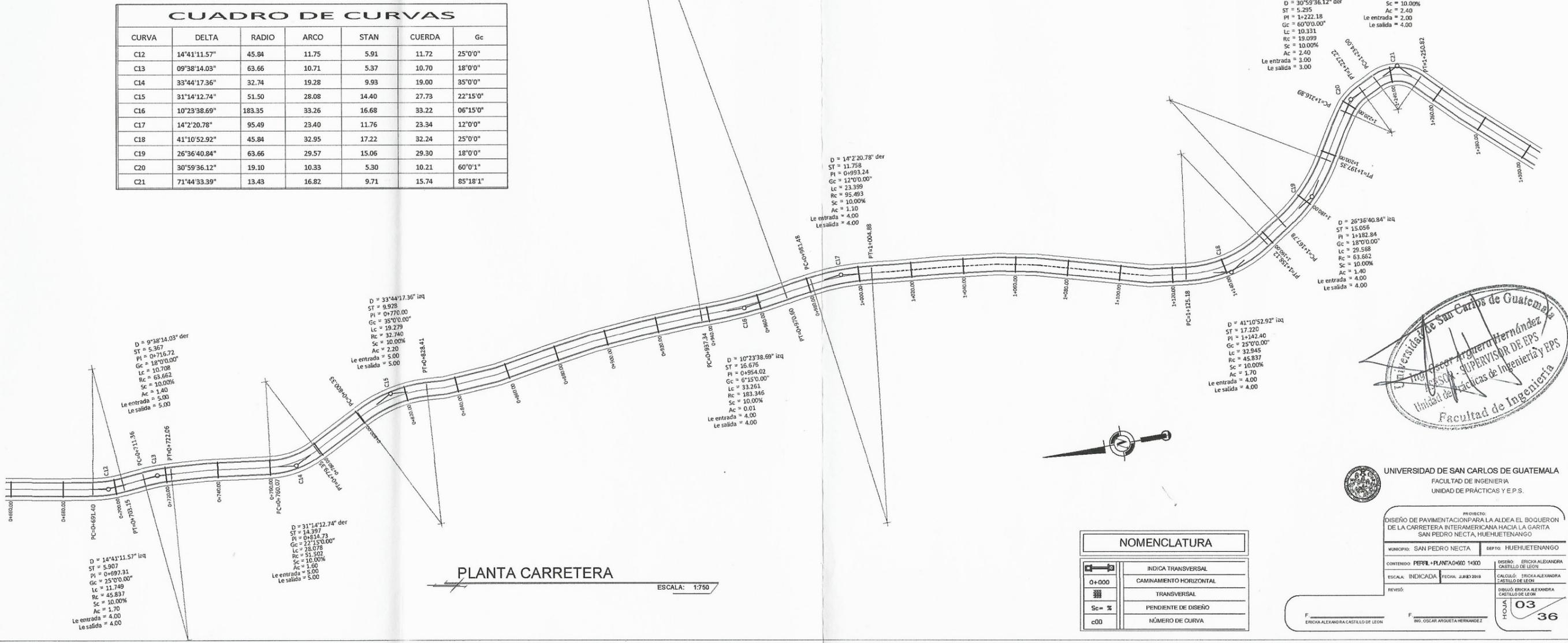
### CUADRO DE CURVAS

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C12	14°41'11.57"	45.84	11.75	5.91	11.72	25'0"0"
C13	09°38'14.03"	63.66	10.71	5.37	10.70	18'0"0"
C14	33°44'17.36"	32.74	19.28	9.93	19.00	35'0"0"
C15	31°14'12.74"	51.50	28.08	14.40	27.73	22'15"0"
C16	10°23'38.69"	183.35	33.26	16.68	33.22	06'15"0"
C17	14°2'20.78"	95.49	23.40	11.76	23.34	12'0"0"
C18	41°10'52.92"	45.84	32.95	17.22	32.24	25'0"0"
C19	26°36'40.84"	63.66	29.57	15.06	29.30	18'0"0"
C20	30°59'36.12"	19.10	10.33	5.30	10.21	60'0"1"
C21	71°44'33.39"	13.43	16.82	9.71	15.74	85°18'1"

### PERFIL DE PROYECTO

ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
ESCALA VERTICAL 1 : 2500

D = 71°44'33.39" der  
ST = 9.714  
PI = 1+243.72  
Gc = 85°18'0.00"  
Lc = 16.821  
Rc = 13.434  
Sc = 10.00%  
Ac = 2.40  
Le entrada = 2.00  
Le salida = 4.00



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

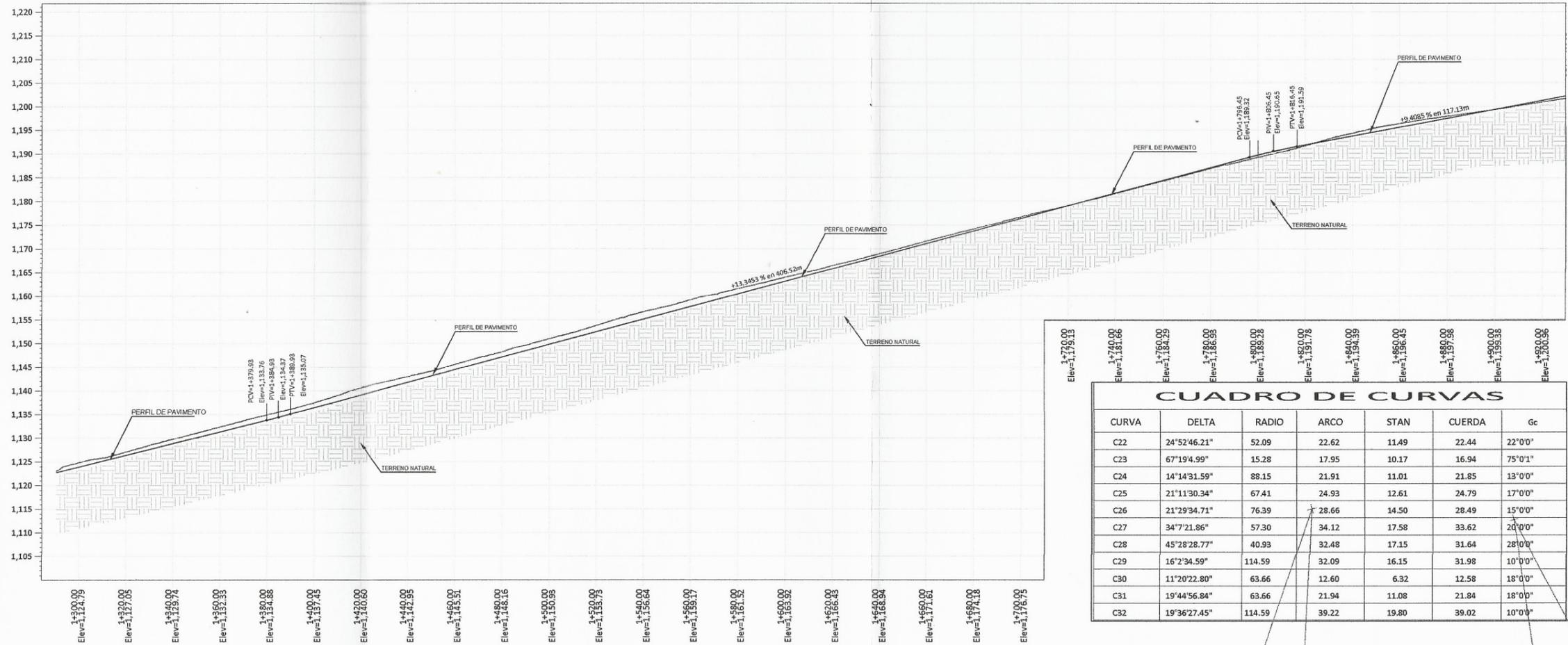
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PERFIL + PLANTA (1:500)	DISEÑO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: 2 JUNIO 2018
REVISÓ:	CALCULO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

### NOMENCLATURA

	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

### PLANTA CARRETERA

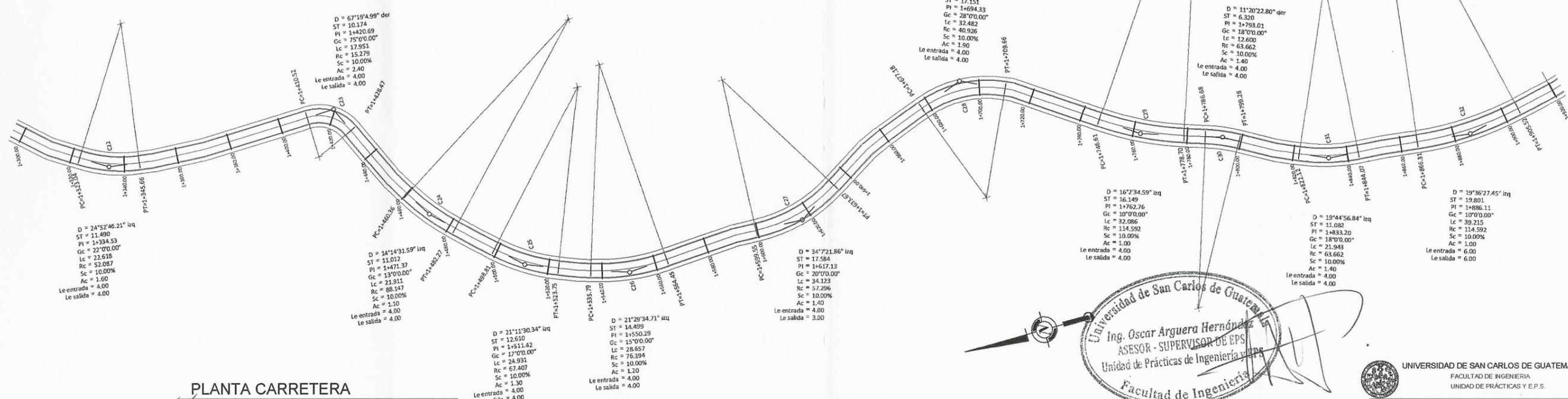
ESCALA: 1:750



**CUADRO DE CURVAS**

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C22	24°52'46.21"	52.09	22.62	11.49	22.44	22°0'0"
C23	67°19'4.99"	15.28	17.95	10.17	16.94	75°0'1"
C24	14°14'31.59"	88.15	21.91	11.01	21.85	13°0'0"
C25	21°11'30.34"	67.41	24.93	12.61	24.79	17°0'0"
C26	21°29'34.71"	76.39	28.66	14.50	28.49	15°0'0"
C27	34°7'21.86"	57.30	34.12	17.58	33.62	20°0'0"
C28	45°28'28.77"	40.93	32.48	17.15	31.64	28°0'0"
C29	16°2'34.59"	114.59	32.09	16.15	31.98	10°0'0"
C30	11°20'22.80"	63.66	12.60	6.32	12.58	18°0'0"
C31	19°44'56.84"	63.66	21.94	11.08	21.84	18°0'0"
C32	19°36'27.45"	114.59	39.22	19.80	39.02	10°0'0"

**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2500  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:760

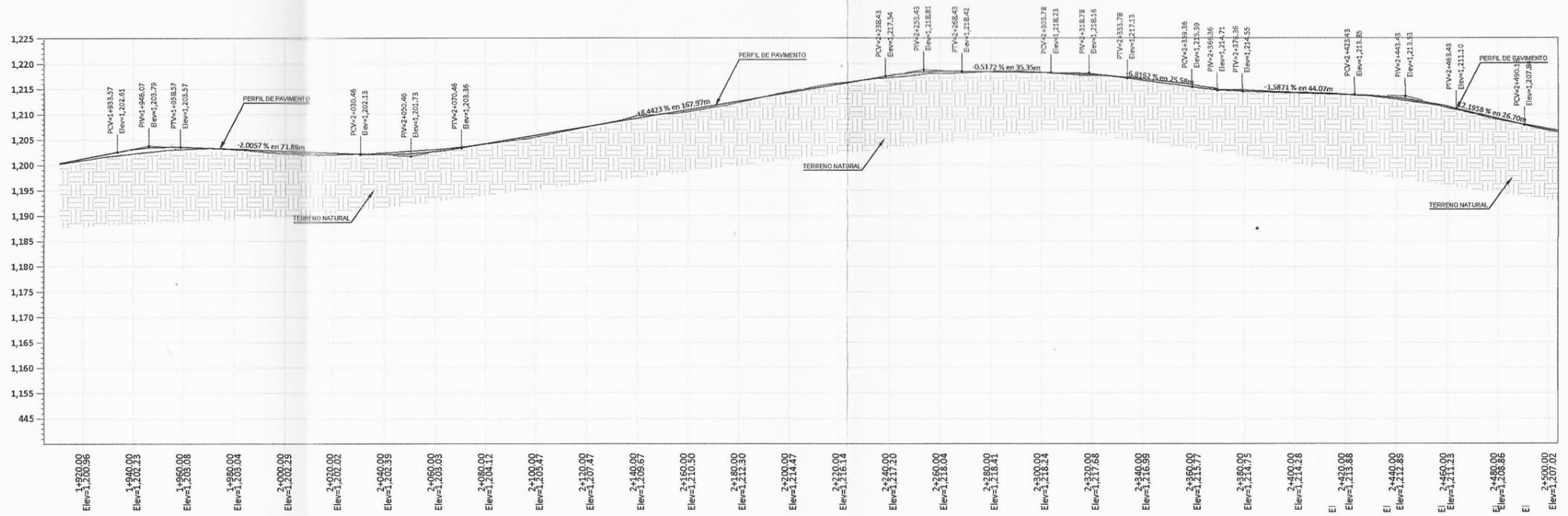


**NOMENCLATURA**

	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

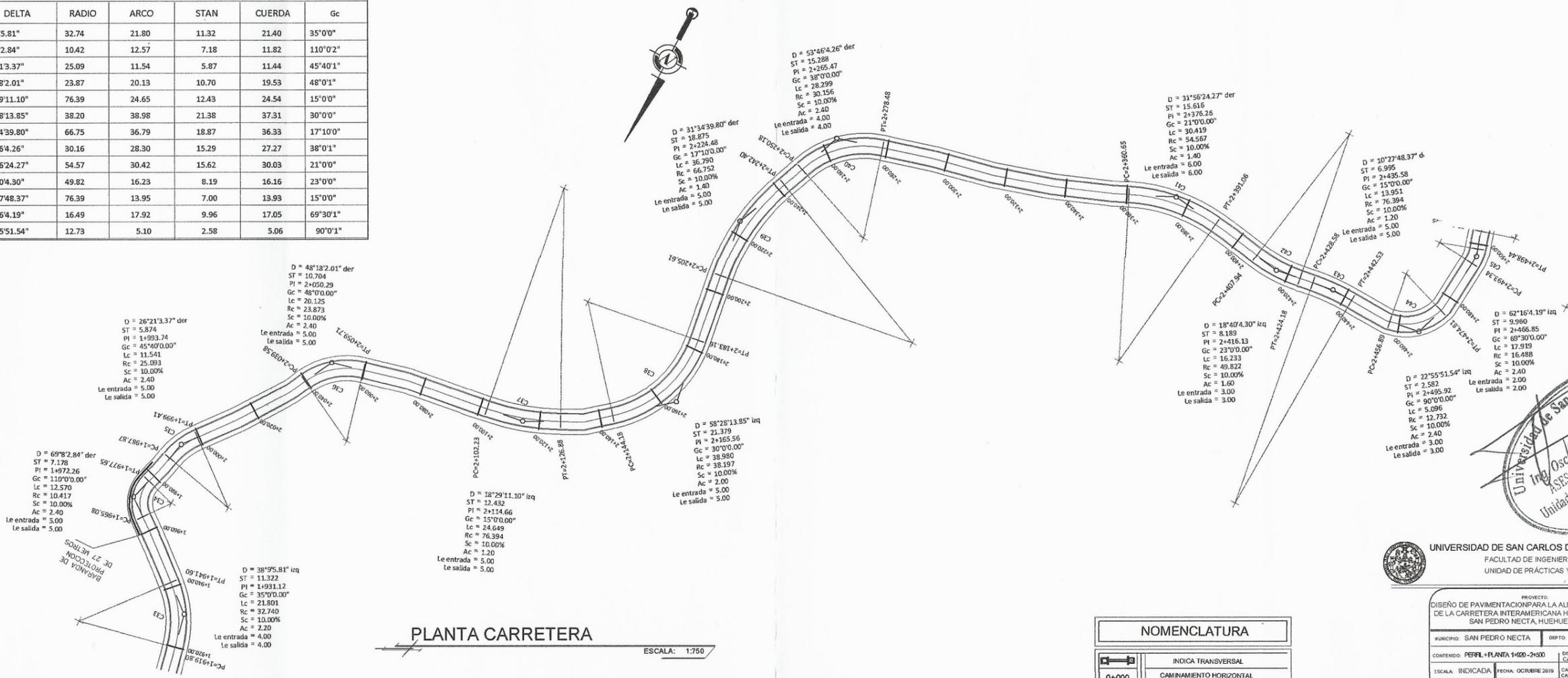
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
 MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO. HUEHUETENANGO  
 CONTENIDO: PERFIL + PLANTA 1400 1420  
 ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2018  
 DISEÑO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 CALCULO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 DIBUJO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 REVISOR: OSCAR ARGUERA HERNANDEZ  
 H.O.A. 04 36



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C33	38°9'5.81"	32.74	21.80	11.32	21.40	35°0'0"
C34	69°8'2.84"	10.42	12.57	7.18	11.82	110°0'2"
C35	26°21'3.37"	25.09	11.54	5.87	11.44	45°40'1"
C36	48°18'2.01"	23.87	20.13	10.70	19.53	48°0'1"
C37	18°29'11.10"	76.39	24.65	12.43	24.54	15°0'0"
C38	58°28'13.85"	38.20	38.98	21.38	37.31	30°0'0"
C39	31°34'39.80"	66.75	36.79	18.87	36.33	17°10'0"
C40	53°46'4.26"	30.16	28.30	15.29	27.27	38°0'1"
C41	31°56'24.27"	54.57	30.42	15.62	30.03	21°0'0"
C42	18°40'4.30"	49.82	16.23	8.19	16.16	23°0'0"
C43	10°27'48.37"	76.39	13.95	7.00	13.93	15°0'0"
C44	62°16'4.19"	16.49	17.92	9.96	17.05	69°30'1"
C45	22°55'15.54"	12.73	5.10	2.58	5.06	90°0'1"



PLANTA CARRETERA  
 ESCALA: 1:750

NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

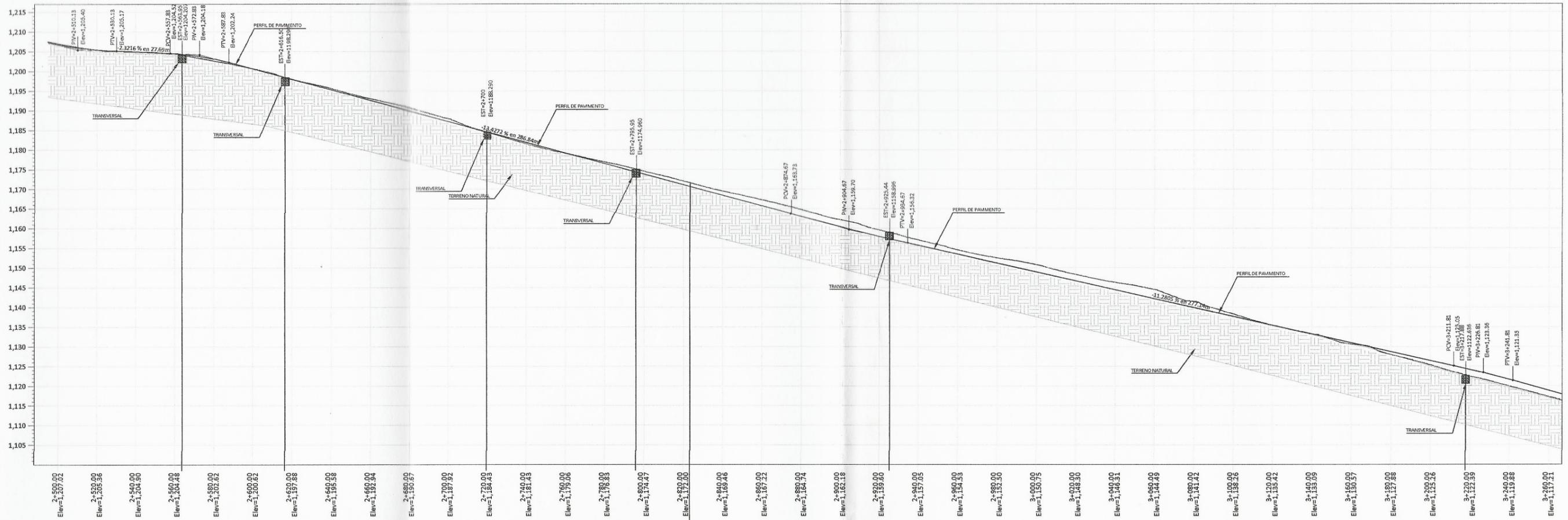


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPARTAMENTO: HUEHUETENANGO  
 CONTENIDO: PERFIL + PLANTA 1+000 - 2+000  
 ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2019  
 DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 CALIFICADO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

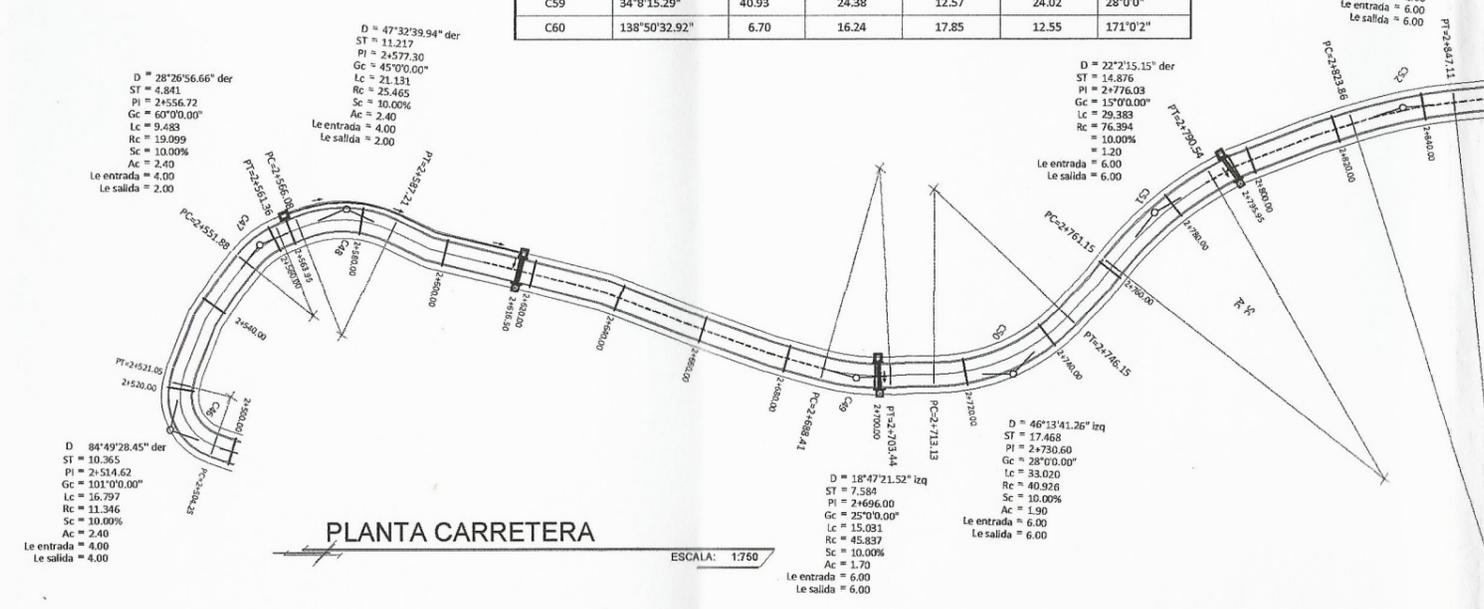
REVISOR: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 DISEÑADOR: OSCAR ARGUETA HERNANDEZ  
 HOJA: 05 DE 36



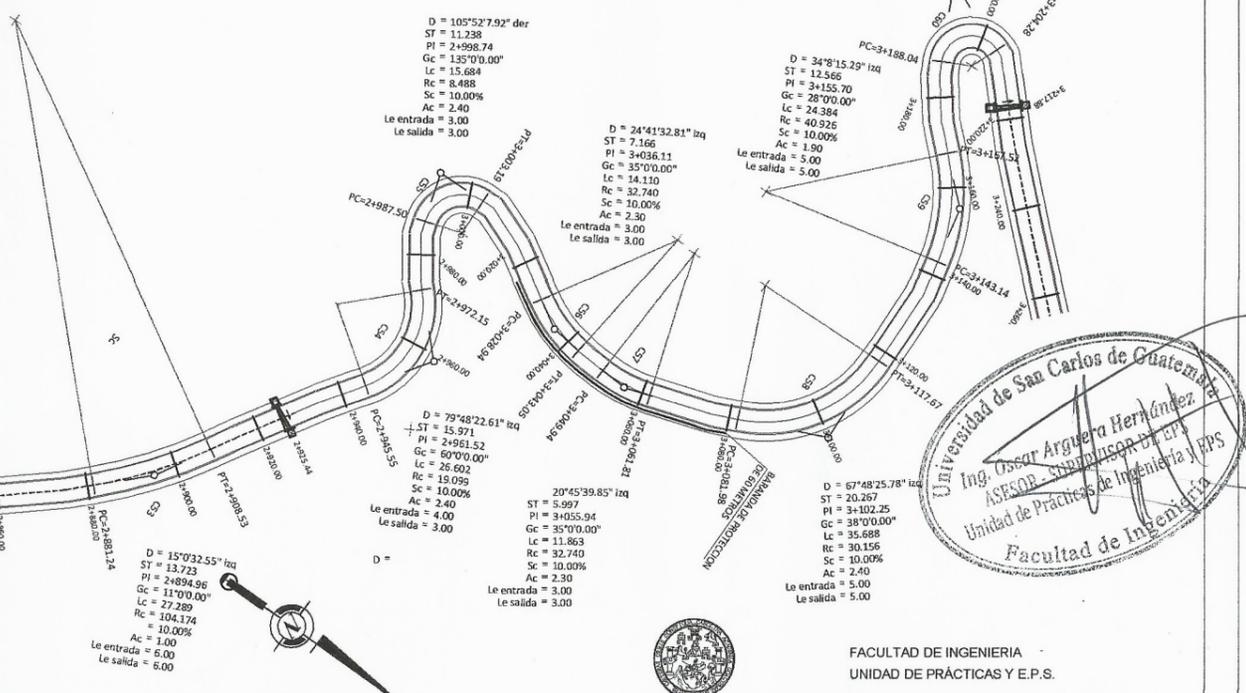
**CUADRO DE CURVAS**

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C46	84°49'28.45"	11.35	16.80	10.36	15.30	101'0"1"
C47	28°26'56.66"	19.10	9.48	4.84	9.39	60'0"1"
C48	47°32'39.94"	25.46	21.13	11.22	20.53	45'0"1"
C49	18°47'21.52"	45.84	15.03	7.58	14.96	25'0"0"
C50	46°13'41.26"	40.93	33.02	17.47	32.13	28'0"0"
C51	22°2'15.15"	76.39	29.38	14.88	29.20	15'0"0"
C52	11°37'22.17"	114.59	23.25	11.66	23.21	10'0"0"
C53	15°0'32.55"	104.17	27.29	13.72	27.21	11'0"0"
C54	79°48'22.61"	19.10	26.60	15.97	24.50	60'0"1"
C55	105°52'7.92"	8.49	15.68	11.24	13.55	135'0"2"
C56	24°41'32.81"	32.74	14.11	7.17	14.00	35'0"0"
C57	20°45'39.85"	32.74	11.86	6.00	11.80	35'0"0"
C58	67°48'25.78"	30.16	35.69	20.27	33.64	38'0"1"
C59	34°8'15.29"	40.93	24.38	12.57	24.02	28'0"0"
C60	138°50'32.92"	6.70	16.24	17.85	12.55	171'0"2"

**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:750



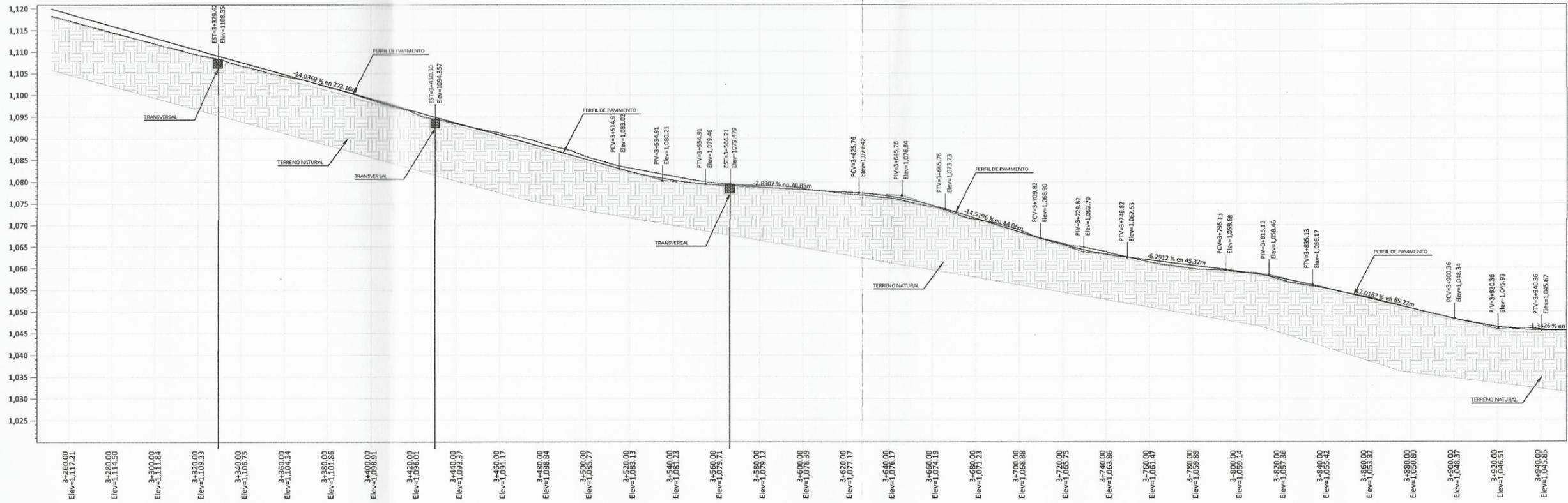
FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

**NOMENCLATURA**

	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

PROYECTO  
**DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO**

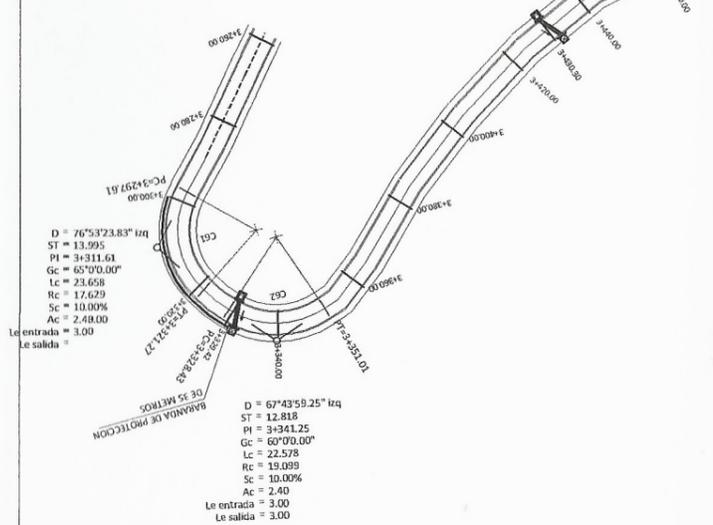
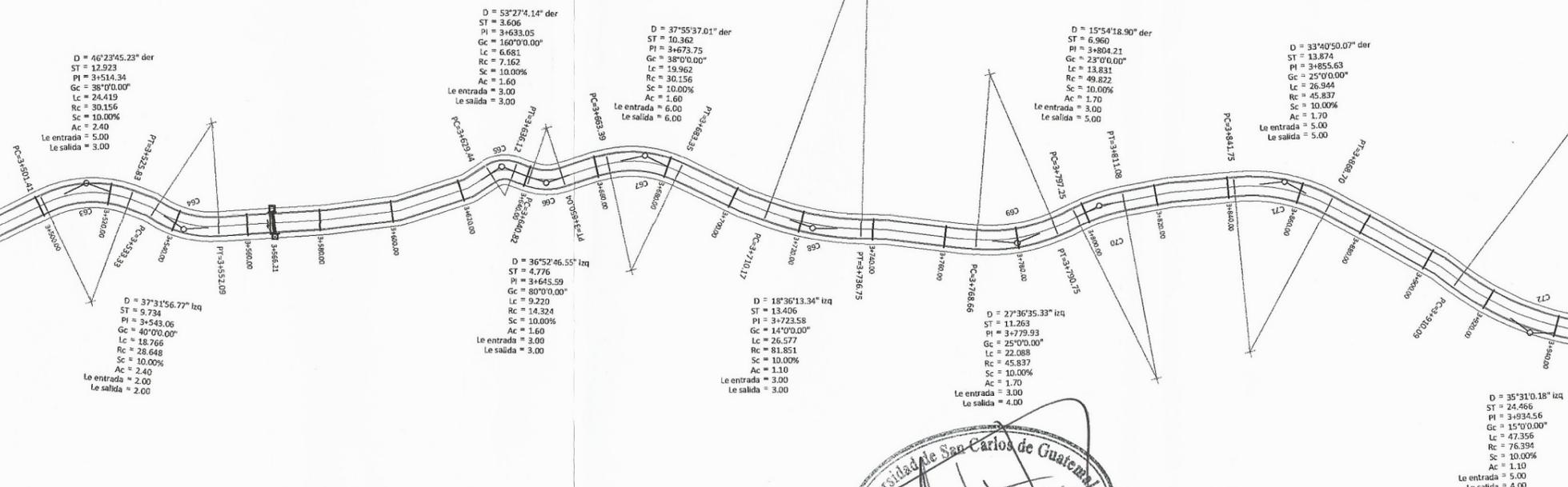
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PERFIL + PLANTA 2:500 3:200	DISEÑO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISO:	CALCULO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
	DIBUJO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON



### CUADRO DE CURVAS

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C61	76°53'23.83"	17.63	23.66	14.00	21.92	65°0'1"
C62	67°43'59.25"	19.10	22.58	12.82	21.29	60°0'1"
C63	46°23'45.23"	30.16	24.42	12.92	23.76	38°0'1"
C64	37°31'56.77"	28.65	18.77	9.73	18.43	40°0'1"
C65	53°27'4.14"	7.16	6.68	3.61	6.44	160°0'2"
C66	36°52'46.55"	14.32	9.22	4.78	9.06	80°0'1"
C67	37°55'37.01"	30.16	19.96	10.36	19.60	38°0'1"
C68	18°36'13.34"	81.85	26.58	13.41	26.46	14°0'0"
C69	27°36'35.33"	45.84	22.09	11.26	21.87	25°0'0"
C70	15°54'18.90"	49.82	13.83	6.96	13.79	23°0'0"
C71	33°40'50.07"	45.84	26.94	13.87	26.56	25°0'0"
C72	35°31'0.18"	76.39	47.36	24.47	46.60	15°0'0"

**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:750



### NOMENCLATURA

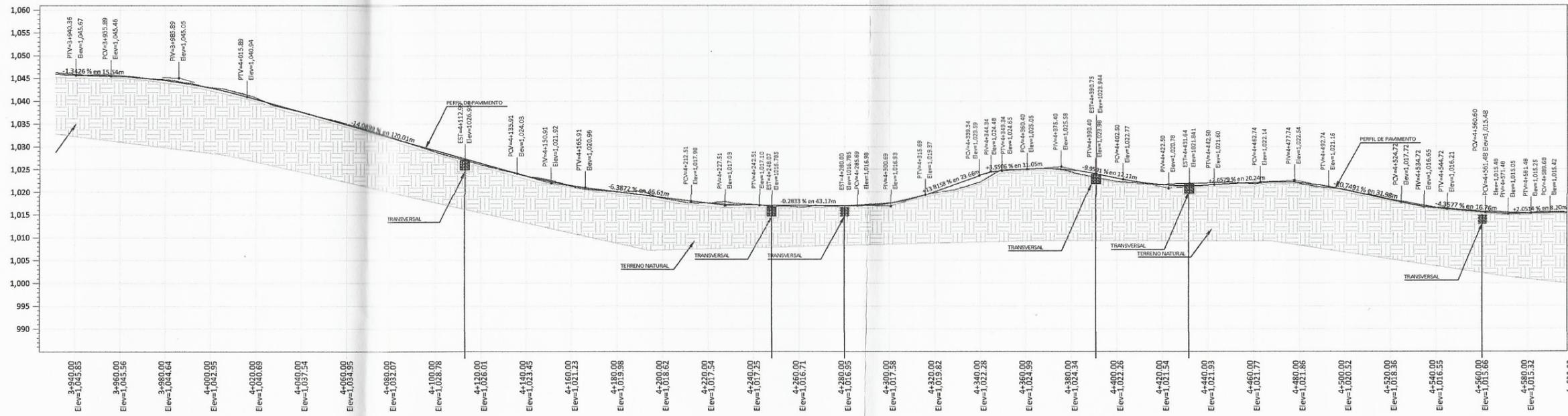
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA



FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

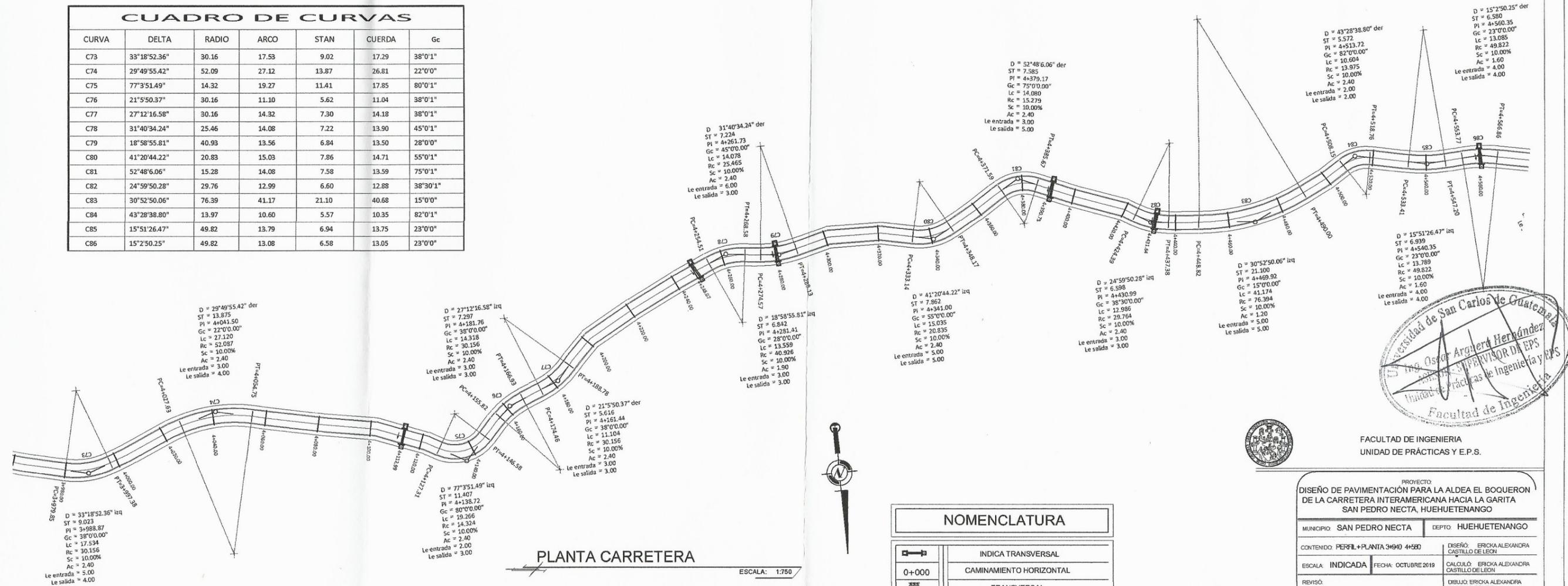
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PERFIL+PLANTA 3+260 3+940	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
	DEBILLO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON



### CUADRO DE CURVAS

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C73	33°18'52.36"	30.16	17.53	9.02	17.29	38°0'1"
C74	29°49'55.42"	52.09	27.12	13.87	26.81	22°0'0"
C75	77°3'51.49"	14.32	19.27	11.41	17.85	80°0'1"
C76	21°5'50.37"	30.16	11.10	5.62	11.04	38°0'1"
C77	27°12'16.58"	30.16	14.32	7.30	14.18	38°0'1"
C78	31°40'34.24"	25.46	14.08	7.22	13.90	45°0'1"
C79	18°58'55.81"	40.93	13.56	6.84	13.50	28°0'0"
C80	41°20'44.22"	20.83	15.03	7.86	14.71	55°0'1"
C81	52°48'6.06"	15.28	14.08	7.58	13.59	75°0'1"
C82	24°59'50.28"	29.76	12.99	6.60	12.88	38°30'1"
C83	30°52'50.06"	76.39	41.17	21.10	40.68	15°0'0"
C84	43°28'38.80"	13.97	10.60	5.57	10.35	82°0'1"
C85	15°51'26.47"	49.82	13.79	6.94	13.75	23°0'0"
C86	15°2'50.25"	49.82	13.08	6.58	13.05	23°0'0"



PERFIL DE PROYECTO  
ESCALA HORIZONTAL 1:5000  
ESCALA VERTICAL 1:2500



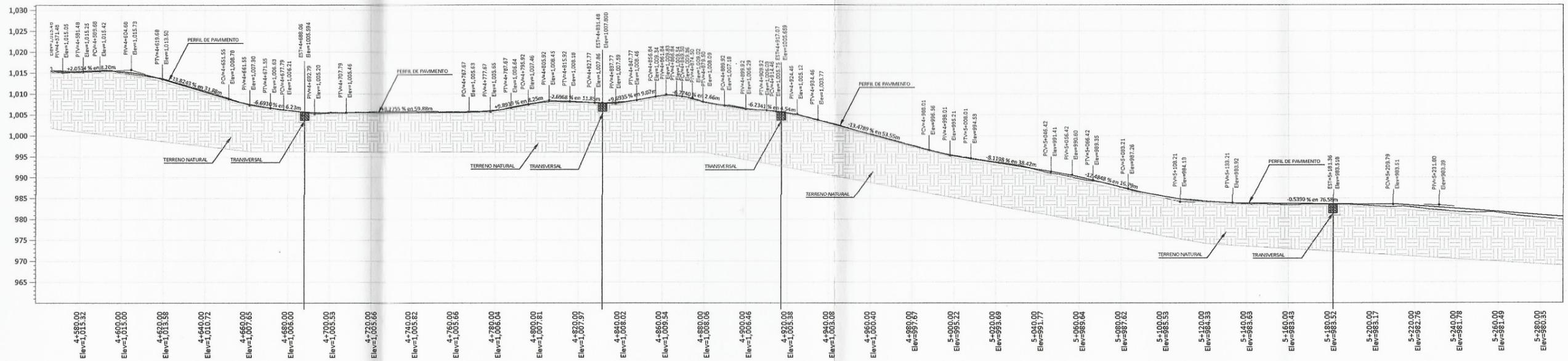
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERON  
DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA  
SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PERFIL+PLANTA 3990 4+580	DISEÑO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

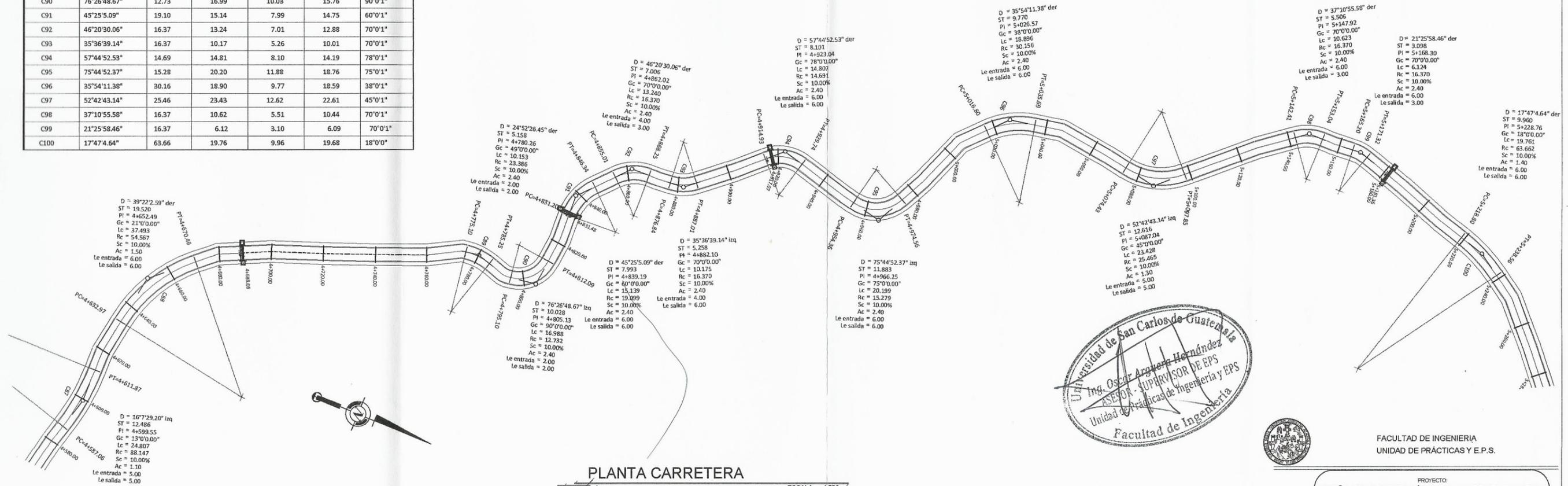
### NOMENCLATURA

	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C87	16°7'29.20"	88.15	24.81	12.49	24.73	13°0'0"
C88	39°22'2.59"	54.57	37.49	19.52	36.76	21°0'0"
C89	24°52'26.45"	23.39	10.15	5.16	10.07	49°0'1"
C90	76°26'48.67"	12.73	16.99	10.03	15.76	90°0'1"
C92	46°20'30.06"	16.37	13.24	7.01	12.88	70°0'1"
C93	35°36'39.14"	16.37	10.17	5.26	10.01	70°0'1"
C94	57°44'52.53"	14.69	14.81	8.10	14.19	78°0'1"
C95	75°44'52.37"	15.28	20.20	11.88	18.76	75°0'1"
C96	35°54'11.38"	30.16	18.90	9.77	18.59	38°0'1"
C97	52°42'43.14"	25.46	23.43	12.62	22.61	45°0'1"
C98	37°10'55.58"	16.37	10.62	5.51	10.44	70°0'1"
C99	21°25'58.46"	16.37	6.12	3.10	6.09	70°0'1"
C100	17°47'4.64"	63.66	19.76	9.96	19.68	18°0'0"



PLANTA CARRETERA  
 ESCALA: 1:750



FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

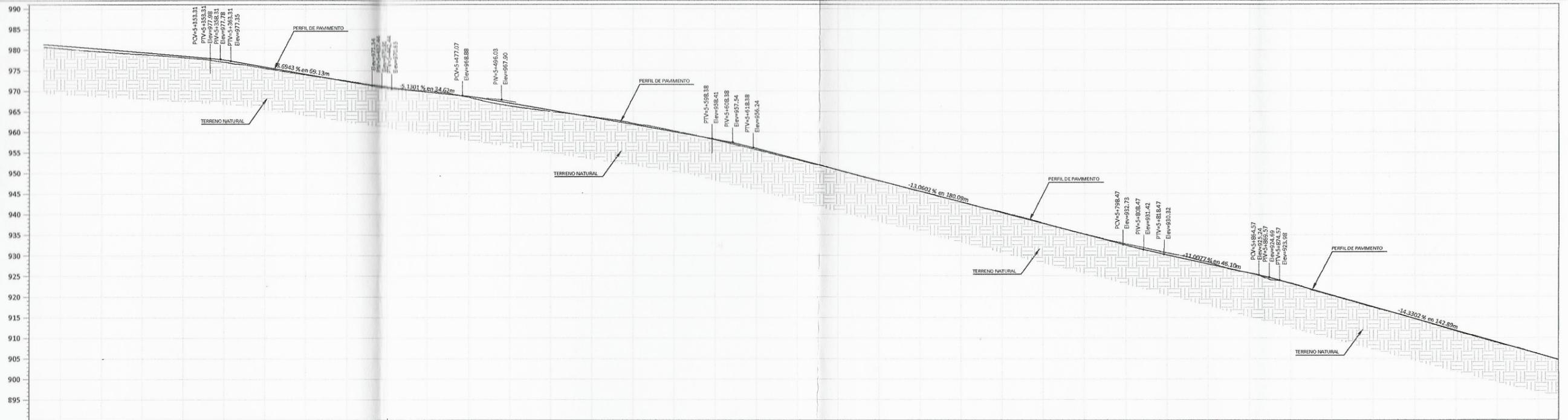
PROYECTO  
 DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PERFIL + PLANTA 4+600 5+600	DISEÑO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
	DIBUJO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

F. ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

F. ING. OSCAR ARSUETA HERNANDEZ

HOJA 09 36



5+280.00	Elev=980.35	5+340.00	Elev=978.15	5+400.00	Elev=977.04	5+460.00	Elev=971.03	5+520.00	Elev=965.03	5+580.00	Elev=958.11	5+640.00	Elev=949.00	5+700.00	Elev=941.56	5+760.00	Elev=937.83	5+820.00	Elev=930.62	5+880.00	Elev=923.22	5+940.00	Elev=911.63	6+000.00	Elev=906.73	6+060.00	Elev=900.02
----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------

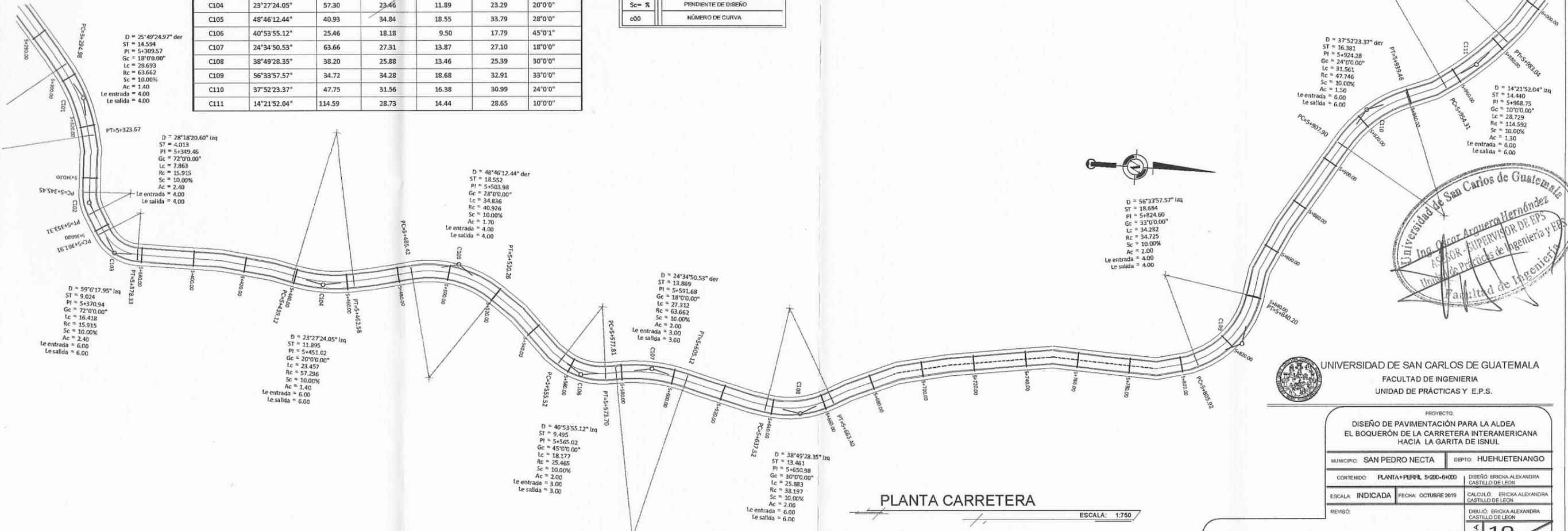
### CUADRO DE CURVAS

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C101	25°49'24.97"	63.66	28.69	14.59	28.45	18°0'0"
C102	28°18'20.60"	15.92	7.86	4.01	7.78	72°0'1"
C103	59°6'17.95"	15.92	16.42	9.02	15.70	72°0'1"
C104	23°27'24.05"	57.30	23.46	11.89	23.29	20°0'0"
C105	48°46'12.44"	40.93	34.84	18.55	33.79	28°0'0"
C106	40°53'55.12"	25.46	18.18	9.50	17.79	45°0'1"
C107	24°34'50.53"	63.66	27.31	13.87	27.10	18°0'0"
C108	38°49'28.35"	38.20	25.88	13.46	25.39	30°0'0"
C109	56°33'57.57"	34.72	34.28	18.68	32.91	33°0'0"
C110	37°52'23.37"	47.75	31.56	16.38	30.99	24°0'0"
C111	14°21'52.04"	114.59	28.73	14.44	28.65	10°0'0"

### NOMENCLATURA

	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

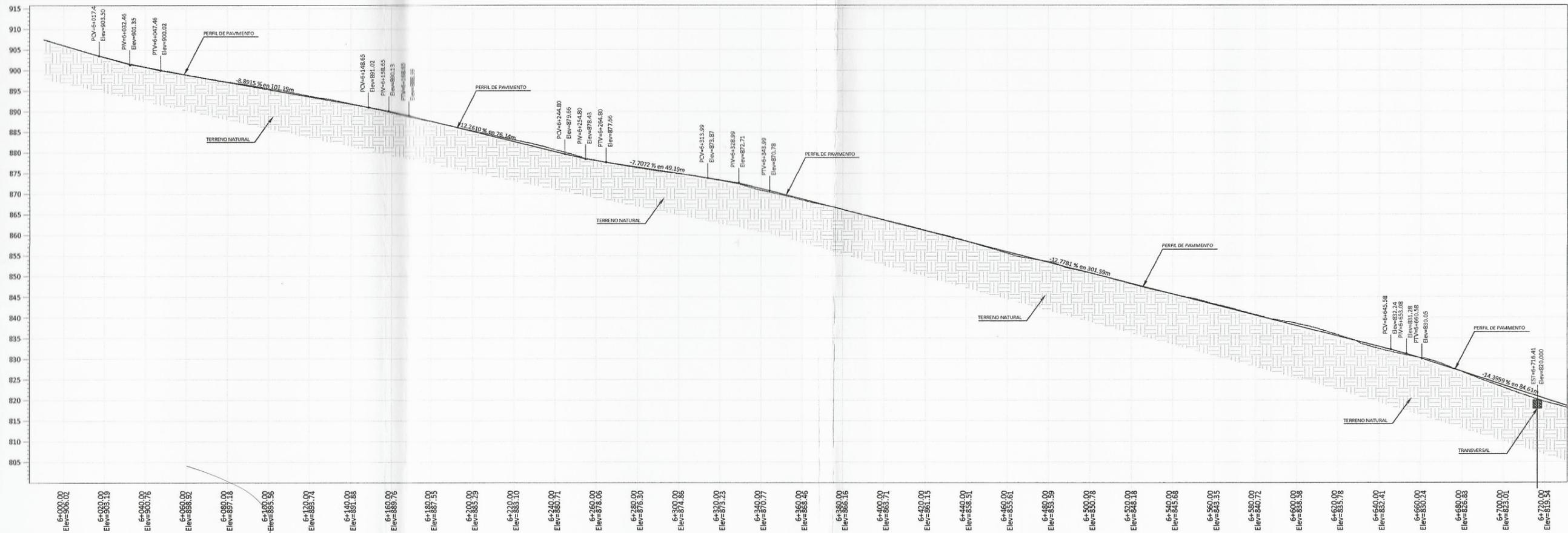
PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRACTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL

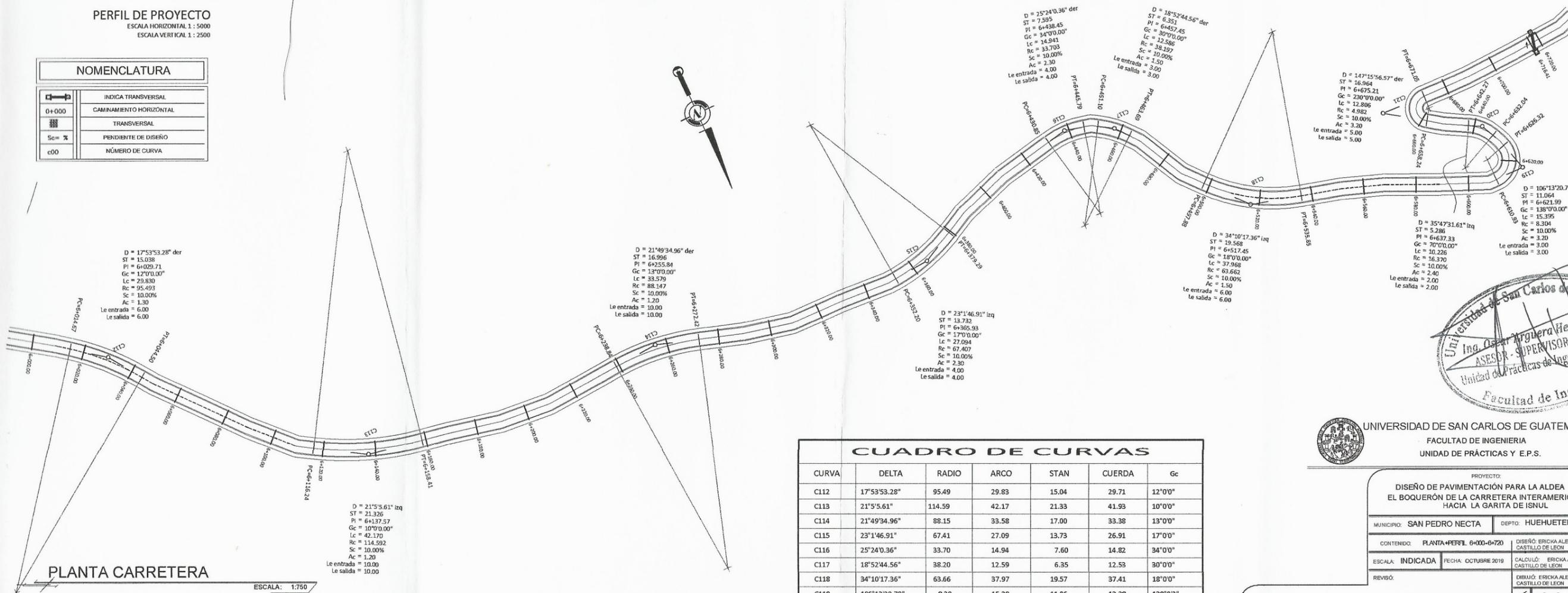
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA+PERFIL 5+280-6+000	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2015
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN



**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

**NOMENCLATURA**

INDICA TRANSVERSAL	
0+000	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
Sc = %	PENDIENTE DE DISEÑO
c00	NÚMERO DE CURVA



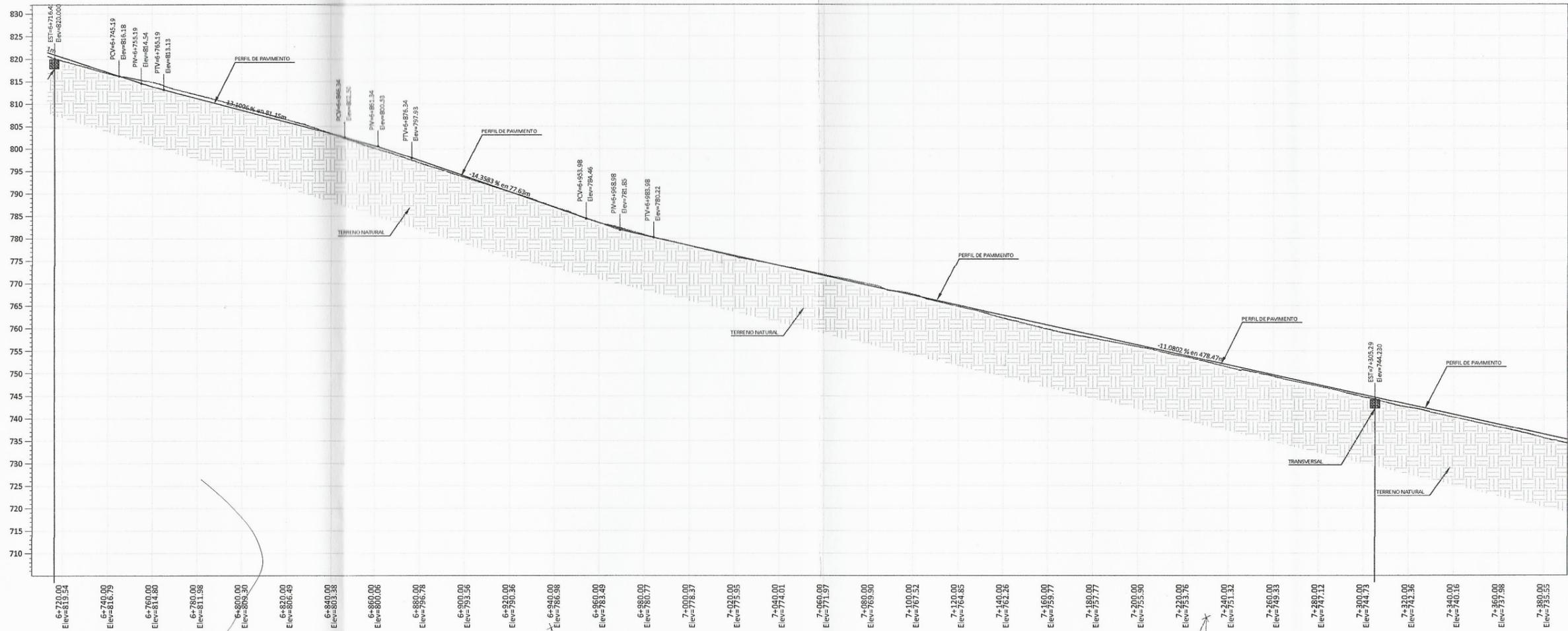
**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:750

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C12	17°53'53.28"	95.49	29.83	15.04	29.71	12°0'0"
C13	21°5'5.61"	114.59	42.17	21.33	41.93	10°0'0"
C14	21°49'34.96"	88.15	33.58	17.00	33.38	13°0'0"
C15	23°1'46.91"	67.41	27.09	13.73	26.91	17°0'0"
C16	25°24'0.36"	33.70	14.94	7.60	14.82	34°0'0"
C17	18°52'44.56"	38.20	12.59	6.35	12.53	30°0'0"
C18	34°10'17.36"	63.66	37.97	19.57	37.41	18°0'0"
C19	106°13'20.70"	8.30	15.39	11.06	13.28	138°0'2"
C20	35°47'31.61"	16.37	10.23	5.29	10.06	70°0'1"
C21	147°15'56.57"	4.98	12.81	16.96	9.56	230°0'3"



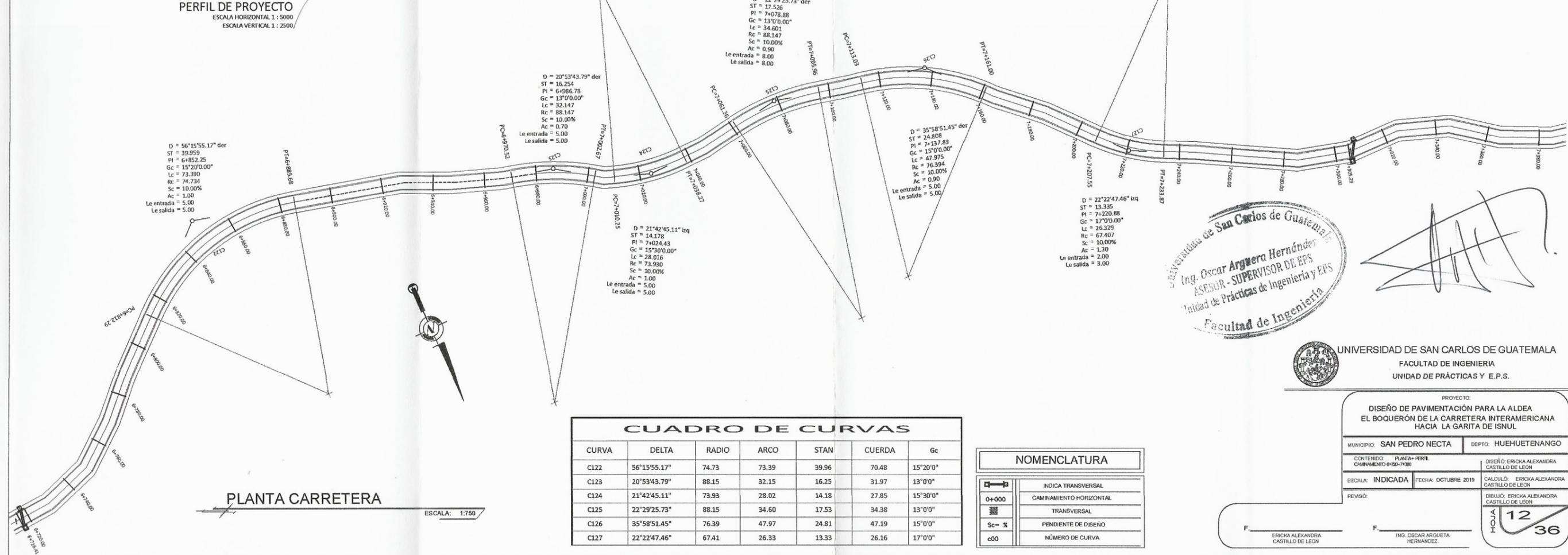
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:			
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL			
MUNICIPIO:	SAN PEDRO NECTA	DEPTO:	HUEHUETENANGO
CONTENIDO:	PLANTA+PERFIL 0+000-0+720	DISEÑO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA:	INDICADA	FECHA:	OCTUBRE 2019
REVISÓ:		CALCULO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
		DIBUJO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN



**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

6+720.00 Elev=819.54	6+740.00 Elev=816.79	6+760.00 Elev=814.80	6+780.00 Elev=811.98	6+800.00 Elev=809.30	6+820.00 Elev=806.49	6+840.00 Elev=803.58	6+860.00 Elev=800.06	6+880.00 Elev=796.78	6+900.00 Elev=793.56	6+920.00 Elev=790.56	6+940.00 Elev=786.98	6+960.00 Elev=783.49	6+980.00 Elev=780.77	7+000.00 Elev=778.57	7+020.00 Elev=775.95	7+040.00 Elev=774.01	7+060.00 Elev=769.90	7+100.00 Elev=767.52	7+120.00 Elev=764.85	7+140.00 Elev=762.26	7+160.00 Elev=759.77	7+180.00 Elev=757.77	7+200.00 Elev=755.90	7+240.00 Elev=753.16	7+260.00 Elev=749.83	7+280.00 Elev=747.12	7+300.00 Elev=744.75	7+320.00 Elev=742.36	7+340.00 Elev=740.16	7+360.00 Elev=737.98	7+380.00 Elev=735.55
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------



**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:750

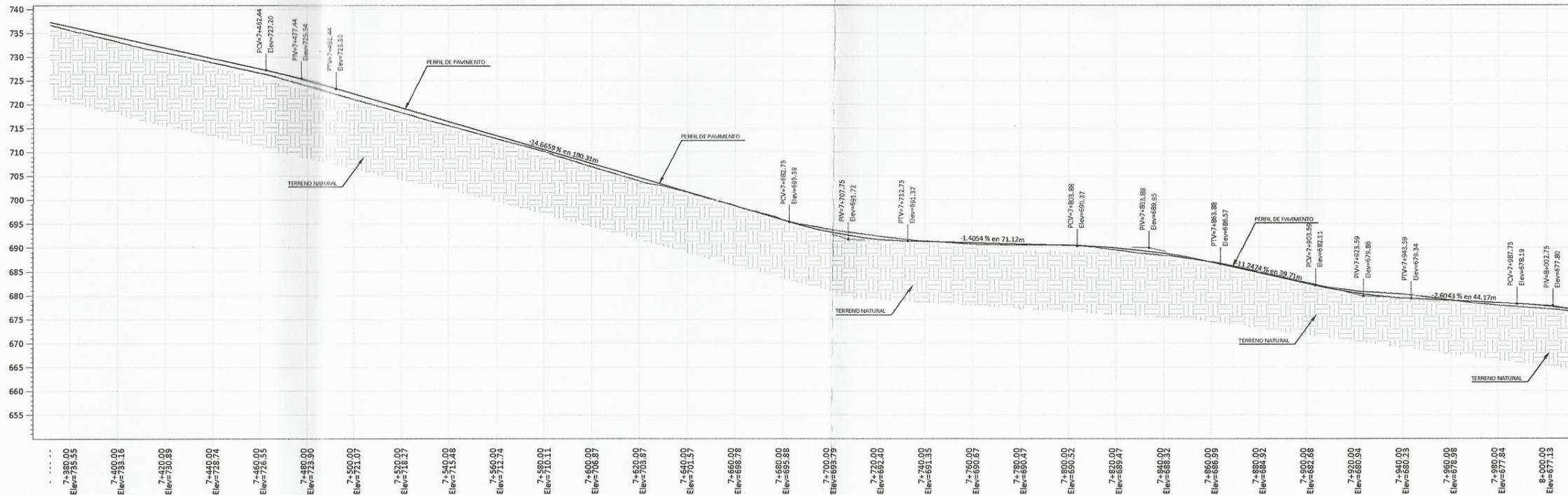
CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C122	56°15'55.17"	74.73	73.39	39.96	70.48	15°20'0"
C123	20°53'43.79"	88.15	32.15	16.25	31.97	13°0'0"
C124	21°42'45.11"	73.93	28.02	14.18	27.85	15°30'0"
C125	22°29'25.73"	88.15	34.60	17.53	34.38	13°0'0"
C126	35°58'51.45"	76.39	47.97	24.81	47.19	15°0'0"
C127	22°22'47.46"	67.41	26.33	13.33	26.16	17°0'0"

NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

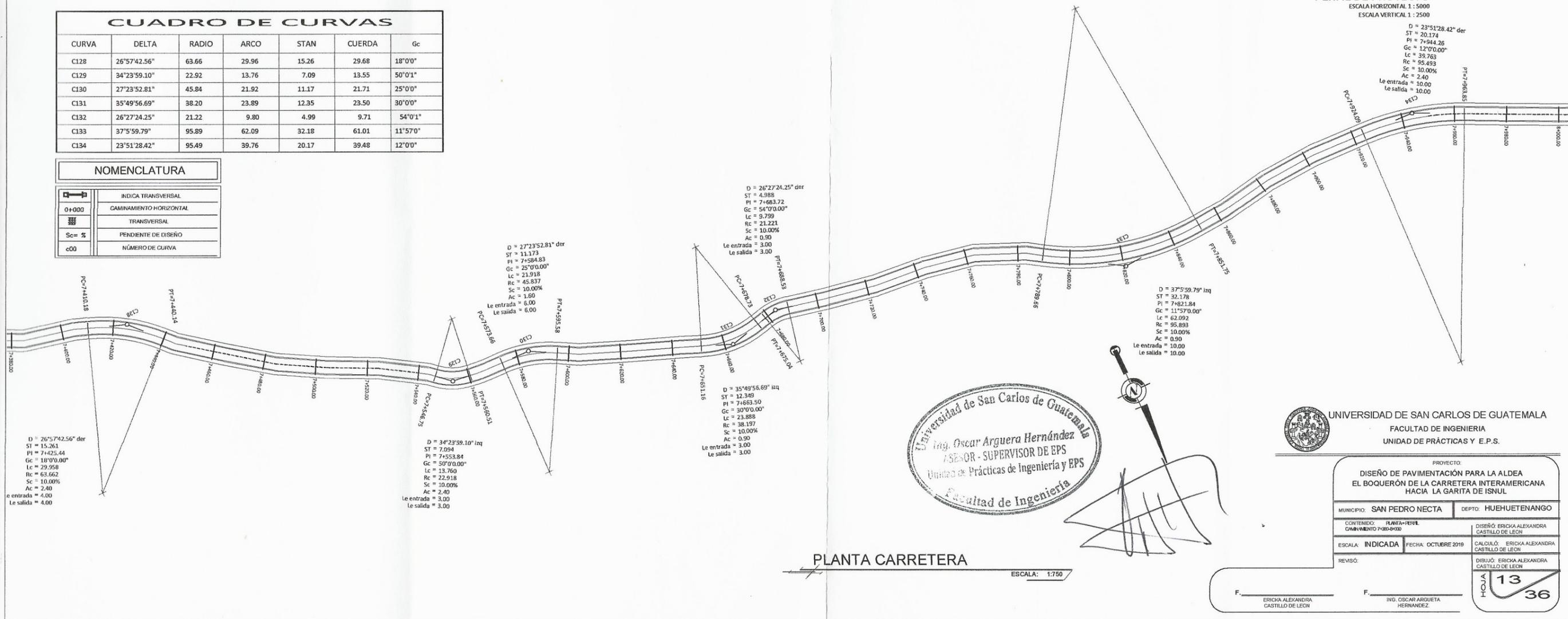
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL	
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA+PERFIL CONVENCION 0+200-7+000	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN	F. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ.



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C128	26°57'42.56"	63.66	29.96	15.26	29.68	18°0'0"
C129	34°23'59.10"	22.92	13.76	7.09	13.55	50°0'1"
C130	27°23'52.81"	45.84	21.92	11.17	21.71	25°0'0"
C131	35°49'56.69"	38.20	23.89	12.35	23.50	30°0'0"
C132	26°27'24.25"	21.22	9.80	4.99	9.71	54°0'1"
C133	37°5'59.79"	95.89	62.09	32.18	61.01	11°57'0"
C134	23°51'28.42"	95.49	39.76	20.17	39.48	12°0'0"

	INDICA TRANSVERSAL
	GAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA



PLANTA CARRETERA

ESCALA: 1:750



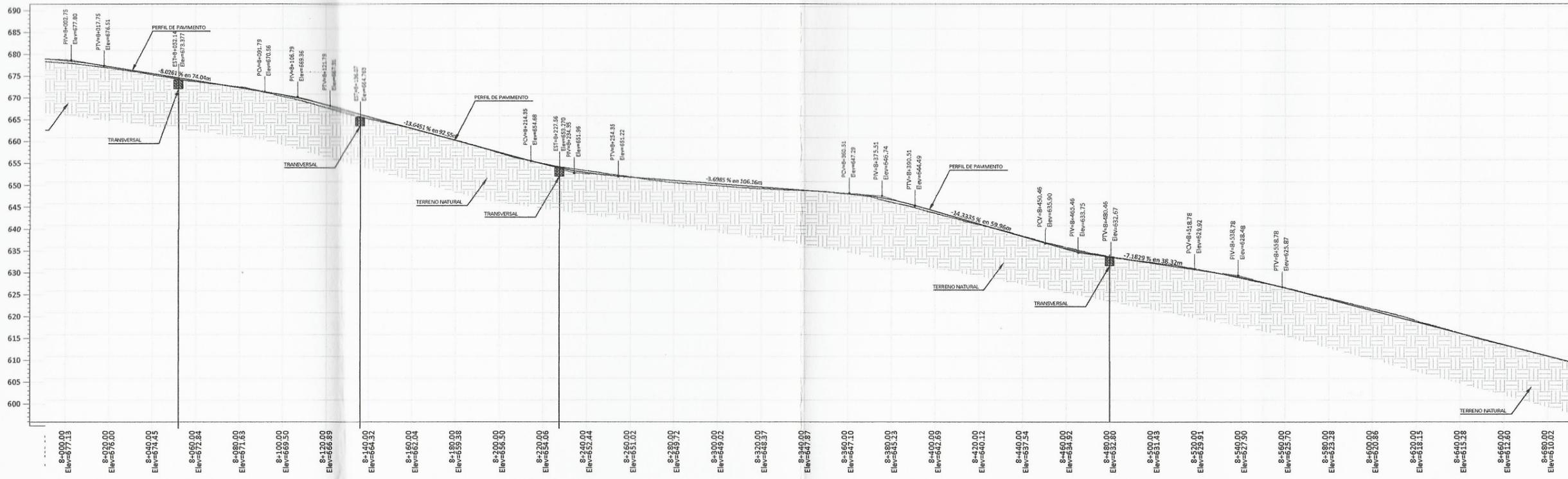
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
 EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
 HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA PERFIL CAMINAMIENTO 7+000-8+000	DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISO:	CALCULO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

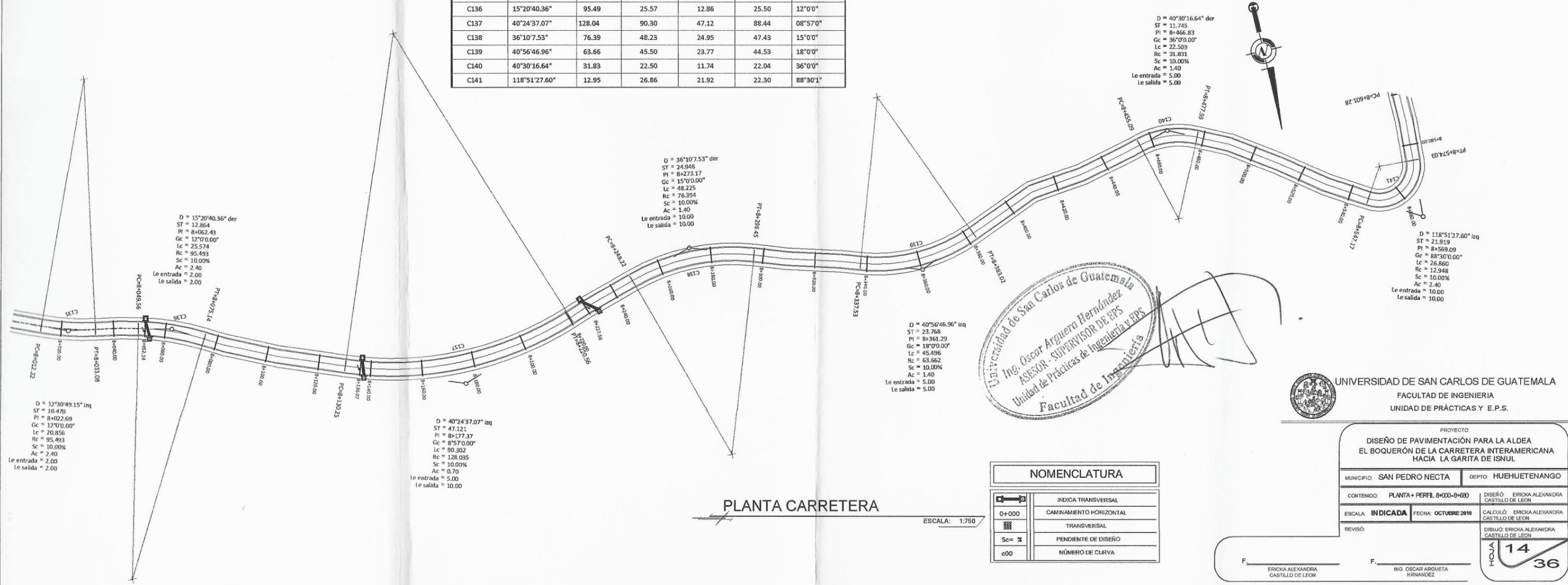
F. ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 F. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

HOLA  
 13  
 36



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C135	12°30'49.15"	95.49	20.86	10.47	20.81	12°0'0"
C136	15°20'40.36"	95.49	25.57	12.86	25.50	12°0'0"
C137	40°24'37.07"	128.04	90.30	47.12	88.44	08°57'0"
C138	36°10'7.53"	76.39	48.23	24.95	47.43	15°0'0"
C139	40°56'46.96"	63.66	45.50	23.77	44.53	18°0'0"
C140	40°30'16.64"	31.83	22.50	11.74	22.04	36°0'0"
C141	118°51'27.60"	12.95	26.86	21.92	22.30	88°30'1"



PLANTA CARRETERA  
 ESCALA: 1:750

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

NOMENCLATURA	
	INDICIA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
	PENDIENTE DE DISEÑO
	NÚMERO DE CURVA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
**DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL**

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

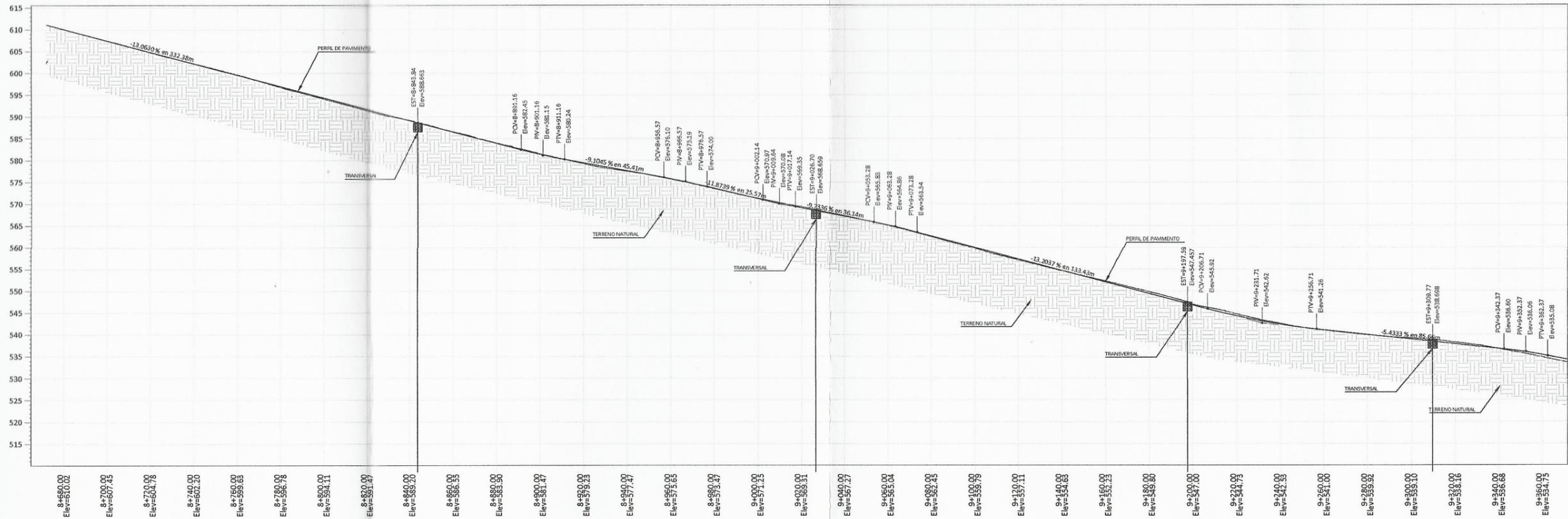
CONTENIDO: PLANTA + PERFIL 8+000-8+680 DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2019 CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

REVISÓ: DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

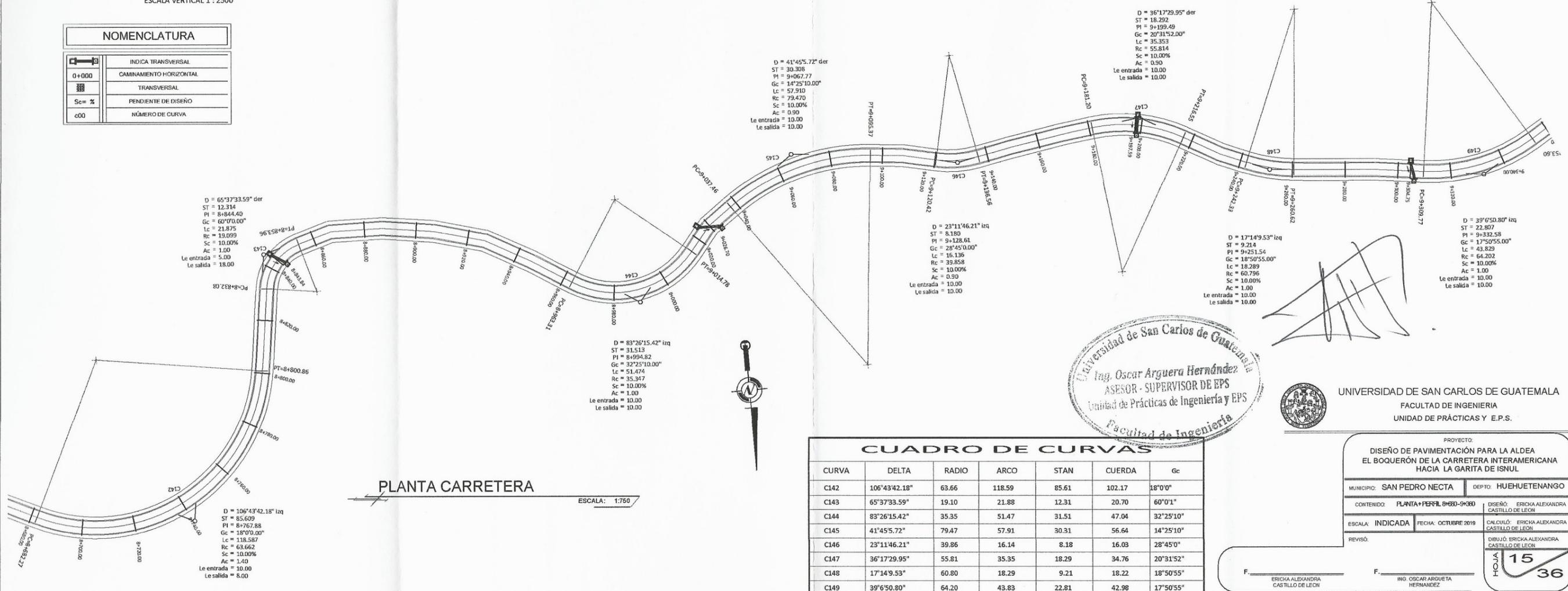
HORA: 14:36

F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN F. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ



**PERFIL DE PROYECTO**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
$Sc = \%$	PENDIENTE DE DISEÑO
$c00$	NÚMERO DE CURVA



**PLANTA CARRETERA**  
 ESCALA: 1:760

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C142	106°43'42.18"	63.66	118.59	85.61	102.17	18°0'0"
C143	65°37'33.59"	19.10	21.88	12.31	20.70	60°0'1"
C144	83°26'15.42"	35.35	51.47	31.51	47.04	32°25'10"
C145	41°45'5.72"	79.47	57.91	30.31	56.64	14°25'10"
C146	23°11'46.21"	39.86	16.14	8.18	16.03	28°45'0"
C147	36°17'29.95"	55.81	35.35	18.29	34.76	20°31'52"
C148	17°14'9.53"	60.80	18.29	9.21	18.22	18°50'55"
C149	39°6'50.80"	64.20	43.83	22.81	42.98	17°50'55"



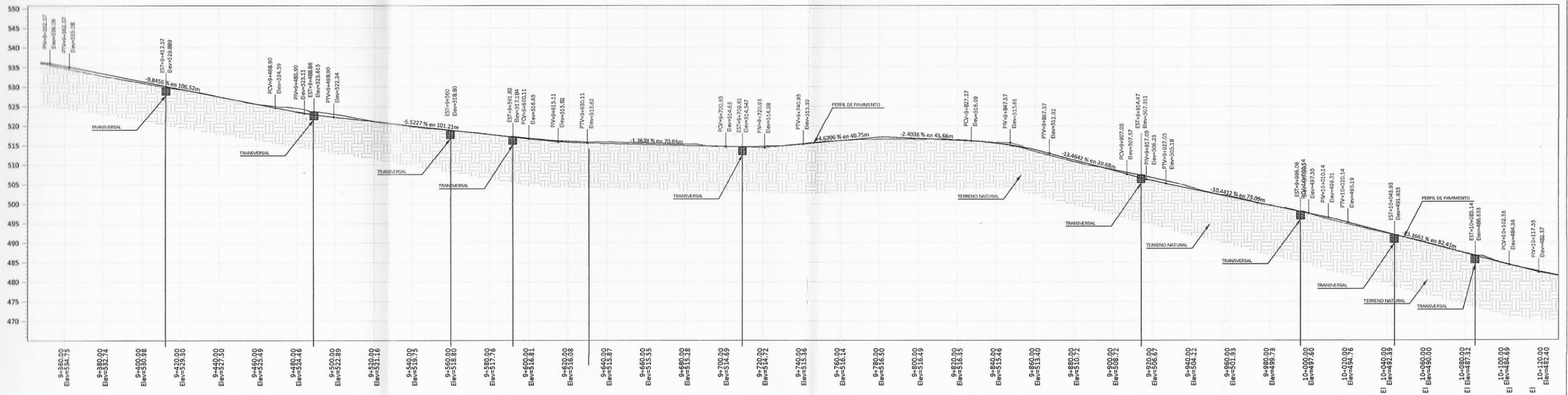
*[Handwritten signature]*



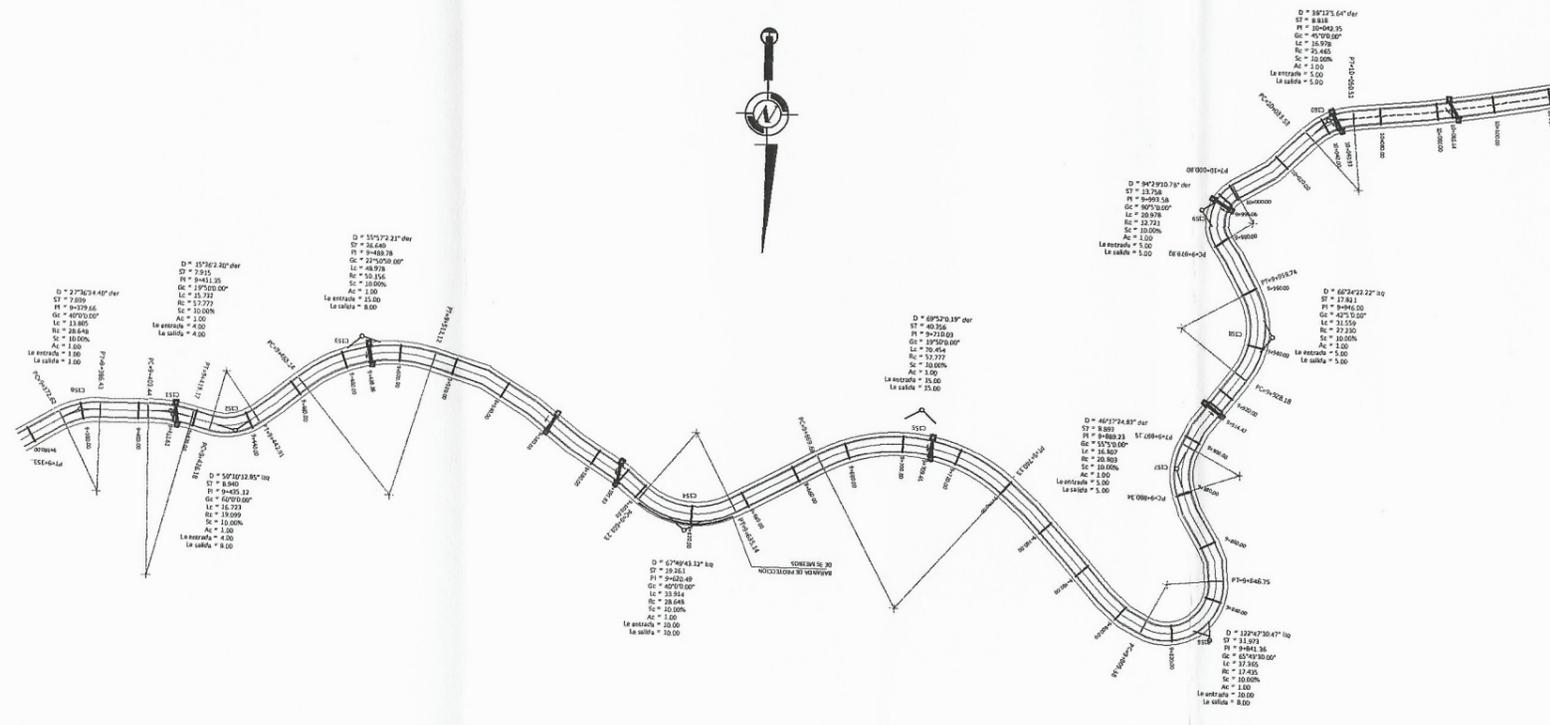
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL	
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA+PERFIL 0+000-9+300	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 OSCAR ARGUERA HERNANDEZ



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



PLANTA CARRETERA  
 ESCALA: 1:750

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C150	27°36'34.40"	28.65	13.80	7.04	13.67	40°0'1"
C151	15°36'2.20"	57.78	15.73	7.91	15.68	19°50'0"
C152	50°10'12.85"	19.10	16.72	8.94	16.19	60°0'1"
C153	55°57'2.21"	50.16	48.98	26.64	47.06	22°50'50"
C154	67°49'43.12"	28.65	33.91	19.26	31.97	40°0'1"
C155	69°52'0.19"	57.78	70.45	40.36	66.17	19°50'0"
C156	122°47'30.47"	17.44	37.37	31.97	30.61	65°43'31"
C157	46°17'24.83"	20.80	16.81	8.89	16.35	55°5'1"
C158	66°24'22.22"	27.23	31.56	17.82	29.82	42°5'1"
C159	94°29'10.78"	12.72	20.98	13.76	18.68	90°5'1"
C160	38°12'5.64"	25.46	16.98	8.82	16.67	45°0'1"

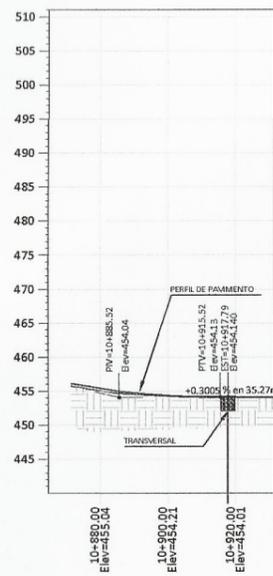
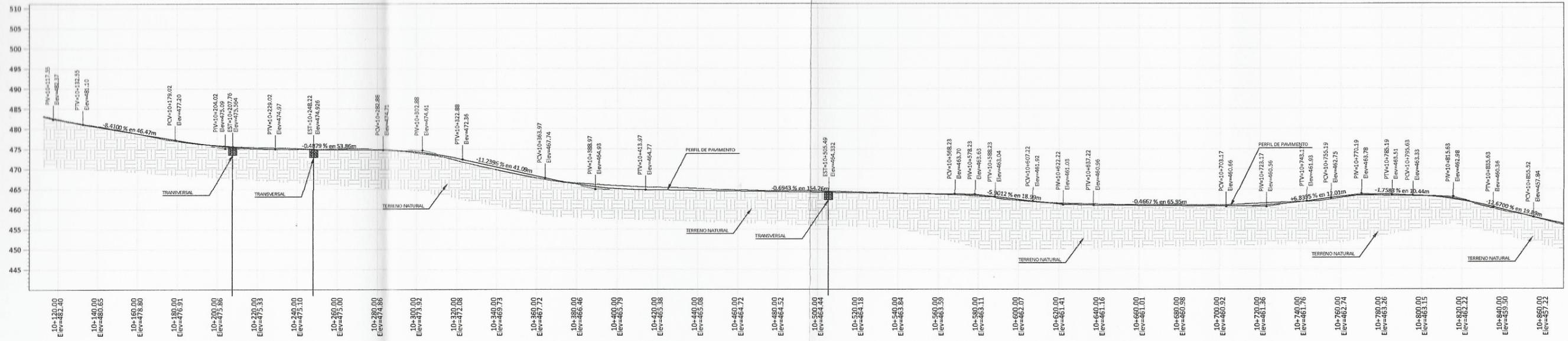


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRACTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
 EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
 HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA + PERFIL 9+300-10+120	DISEÑO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2016
REVISÓ:	CALCULO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DEBULO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

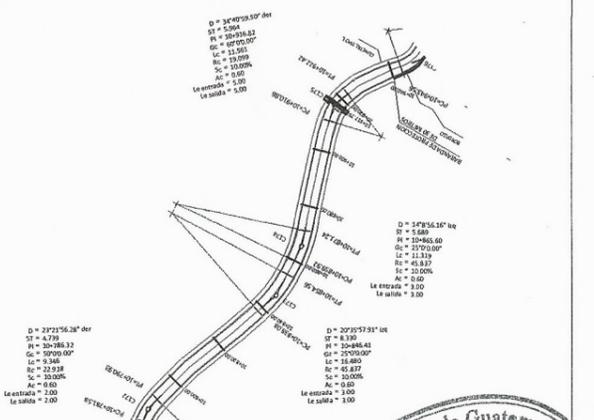
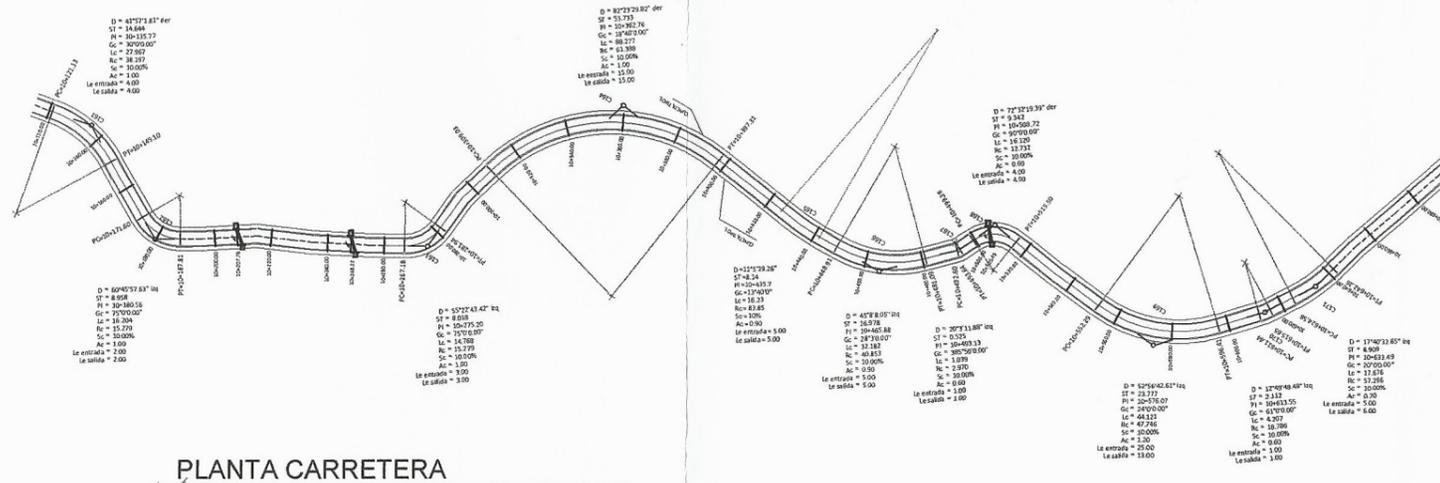
NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	INDICA CAMIÓN
	INDICA PAVIMENTO
	INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA PENDIENTE DE DISEÑO
	INDICA NÚMERO DE CURVA



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
$Sc = \%$	PENDIENTE DE DISEÑO
$c00$	NÚMERO DE CURVA

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C161	41°57'1.81"	38.20	27.97	14.64	27.35	30°0'0"
C162	60°45'57.63"	15.28	16.20	8.96	15.46	75°0'1"
C163	55°22'43.42"	15.28	14.77	8.02	14.20	75°0'1"
C164	82°23'29.82"	61.39	88.28	53.73	80.86	18°40'0"
C165	11°5'19.26"	83.85	16.23	8.14	16.20	13°40'0"
C166	45°8'8.05"	40.85	32.18	16.98	31.36	28°3'0"
C167	20°3'11.88"	2.97	1.04	0.53	1.03	25°50'5"
C168	72°32'19.39"	12.73	16.12	9.34	15.06	90°0'1"
C169	52°56'42.61"	47.75	44.12	23.78	42.57	24°0'0"
C170	12°49'48.48"	18.79	4.21	2.11	4.20	61°0'1"
C171	17°40'32.85"	57.30	17.68	8.91	17.61	20°0'0"
C172	23°21'56.28"	22.92	9.35	4.74	9.28	50°0'1"
C173	20°35'57.91"	45.84	16.48	8.33	16.39	25°0'0"
C174	14°8'56.16"	45.84	11.32	5.69	11.29	25°0'0"
C175	34°40'59.50"	19.10	11.56	5.96	11.39	60°0'1"



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL 10+120-10+940 DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

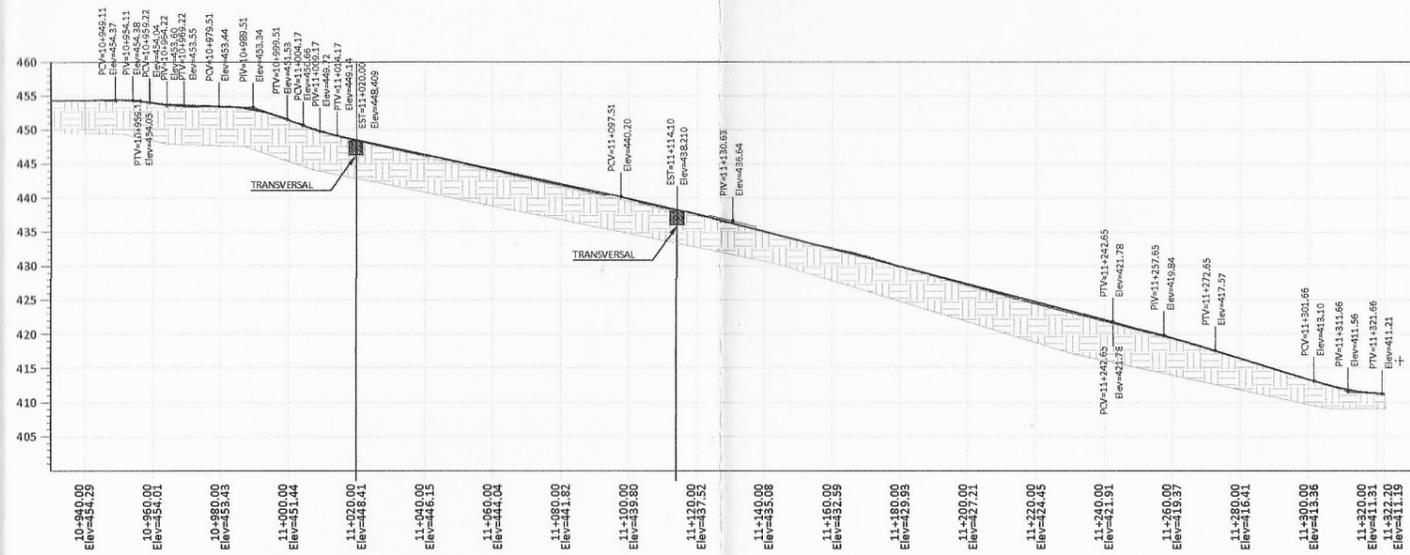
ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2019 CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

REVISÓ: DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

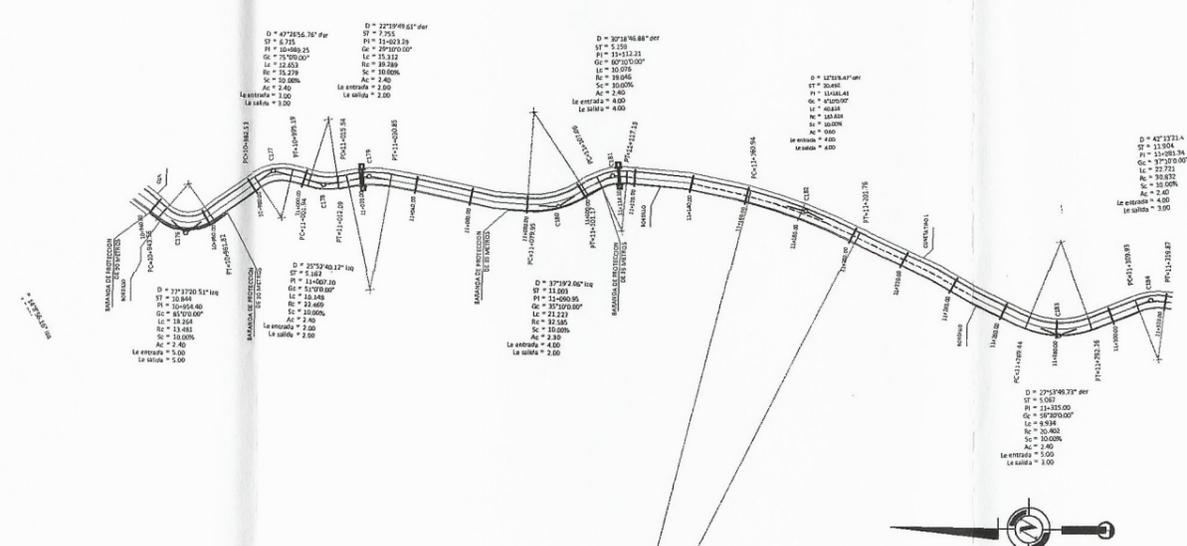
ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

17/36



PERFIL DE PROYECTO  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 5000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



PLANTA CARRETERA  
 ESCALA: 1:750

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C176	77°37'20.51"	13.48	18.26	10.84	16.90	85°0'1"
C177	47°26'56.76"	15.28	12.65	6.71	12.29	75°0'1"
C178	25°52'40.12"	22.47	10.15	5.16	10.06	51°0'1"
C179	22°19'49.61"	39.29	15.31	7.75	15.22	29°10'0"
C180	37°19'2.06"	32.59	21.22	11.00	20.85	35°10'0"
C181	30°18'46.88"	19.05	10.08	5.16	9.96	60°10'1"
C182	12°35'8.47"	185.82	40.82	20.49	40.74	06°10'0"
C183	42°13'21.43"	30.83	22.72	11.90	22.21	37°10'1"
C184	27°53'49.73"	20.40	9.93	5.07	9.84	56°10'1"

NOMENCLATURA	
	INDICA TRANSVERSAL
	CAMINAMIENTO HORIZONTAL
	TRANSVERSAL
$Sc = \%$	PENDIENTE DE DISEÑO
$c00$	NÚMERO DE CURVA

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

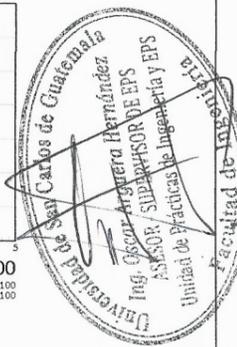
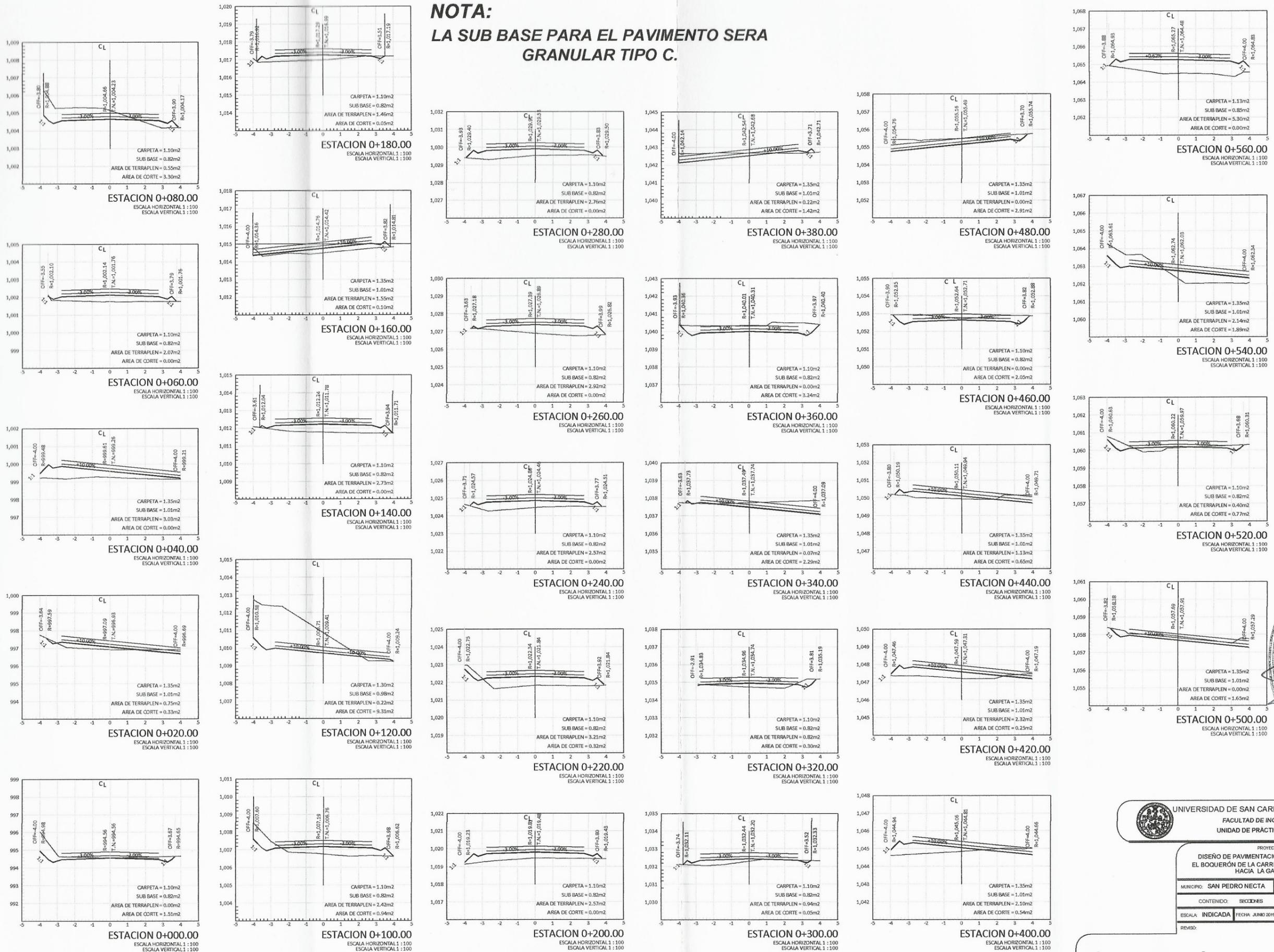
PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
 EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
 HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: PLANTA+PERFIL 10+940-11+322.00	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 F. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

18  
 36

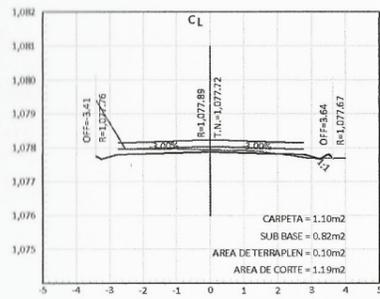
**NOTA:  
LA SUB BASE PARA EL PAVIMENTO SERA  
GRANULAR TIPO C.**



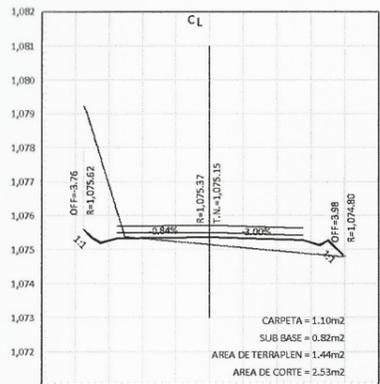
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
HACIA LA GARITA DE ISNUL

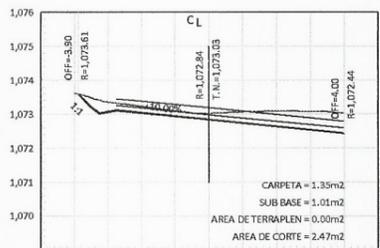
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN



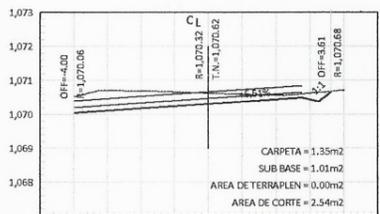
ESTACION 0+660.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



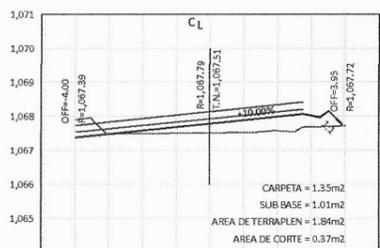
ESTACION 0+640.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



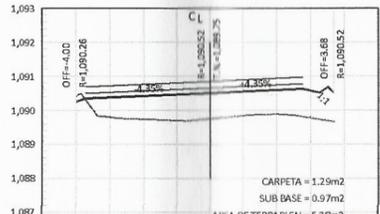
ESTACION 0+620.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



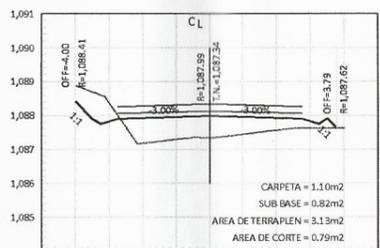
ESTACION 0+600.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



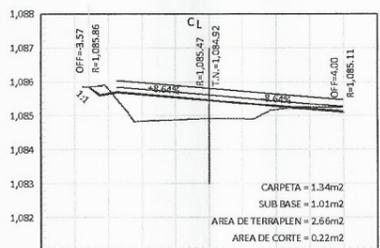
ESTACION 0+580.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



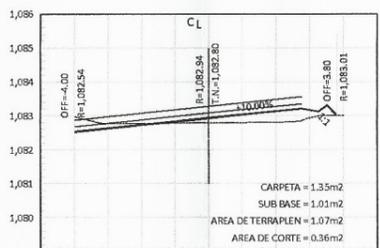
ESTACION 0+760.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



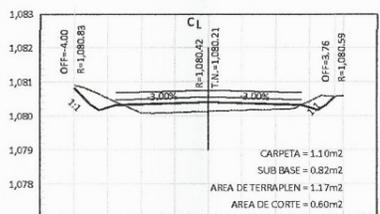
ESTACION 0+740.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



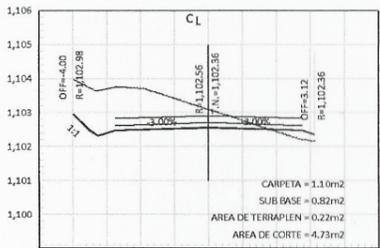
ESTACION 0+720.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



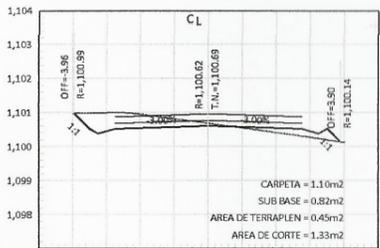
ESTACION 0+700.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



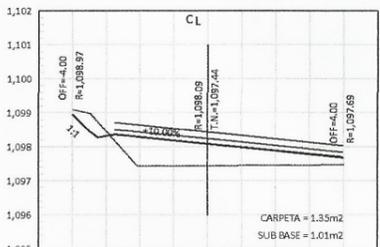
ESTACION 0+680.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



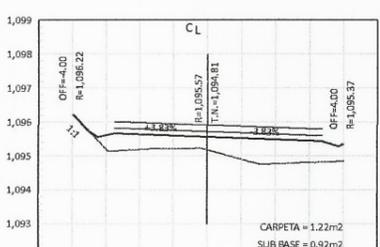
ESTACION 0+860.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



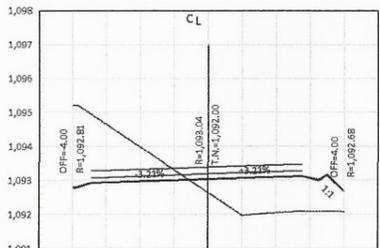
ESTACION 0+840.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



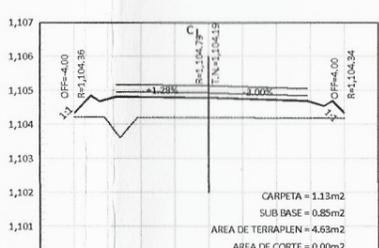
ESTACION 0+820.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



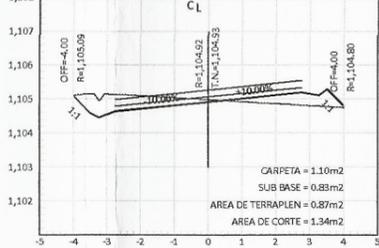
ESTACION 0+800.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 0+780.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 0+980.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 0+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



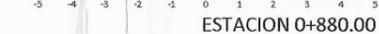
ESTACION 0+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



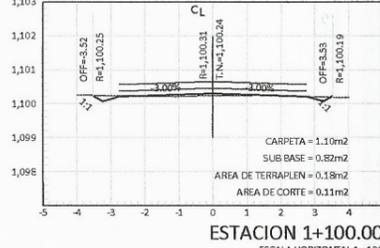
ESTACION 0+920.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



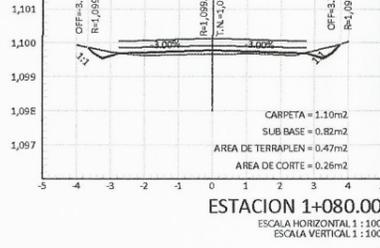
ESTACION 0+900.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 0+880.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 1+100.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



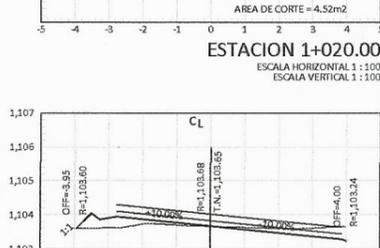
ESTACION 1+080.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 1+060.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



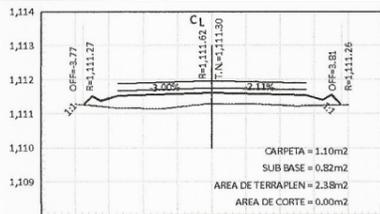
ESTACION 1+040.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



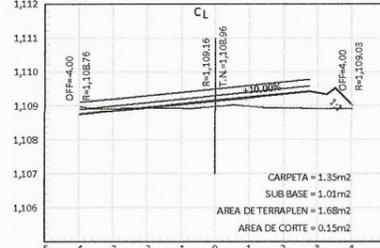
ESTACION 1+020.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 1+000.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



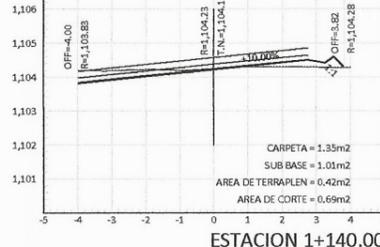
ESTACION 1+200.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



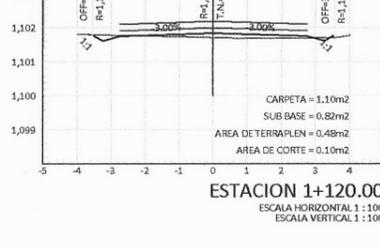
ESTACION 1+180.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



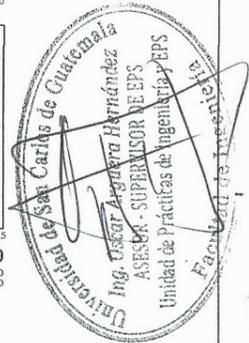
ESTACION 1+160.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 1+140.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



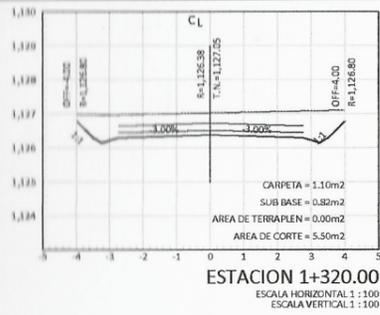
ESTACION 1+120.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



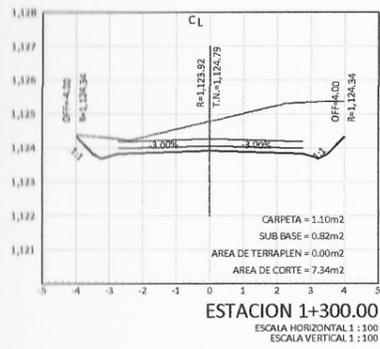
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRACTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA  
EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
HACIA LA GARITA DE ISNUL

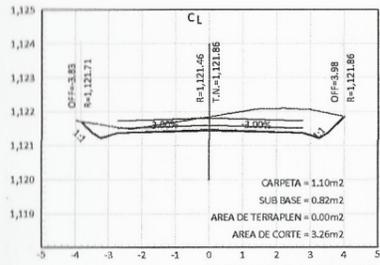
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPARTAMENTO: BUEHUETENANGO
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICKA ALEJANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019
REVISOR:	CALCULO: ERICKA ALEJANDRA CASTILLO DE LEON
	DESENHO: ERICKA ALEJANDRA CASTILLO DE LEON



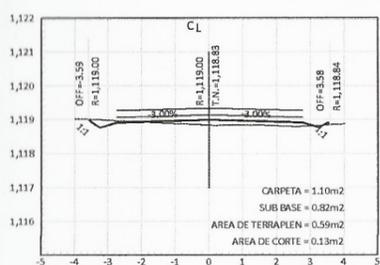
ESTACION 1+320.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



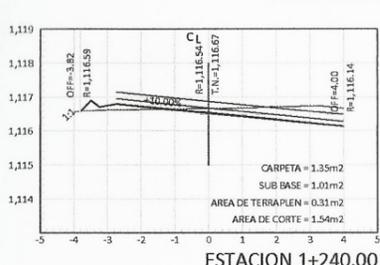
ESTACION 1+300.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



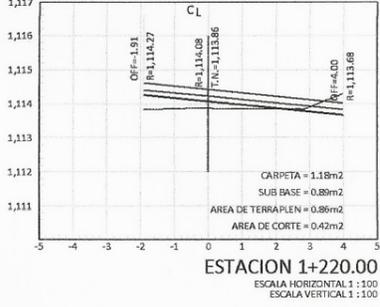
ESTACION 1+280.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



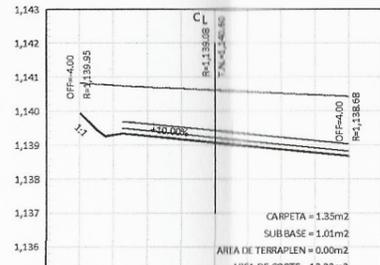
ESTACION 1+260.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



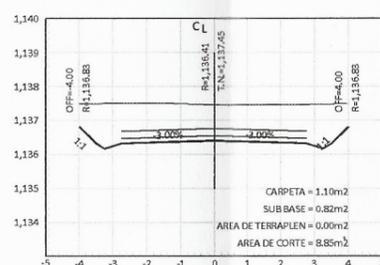
ESTACION 1+240.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



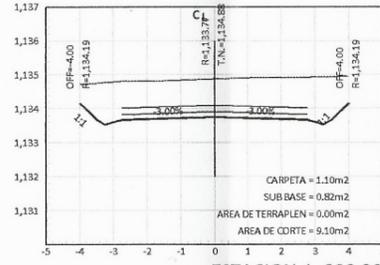
ESTACION 1+220.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



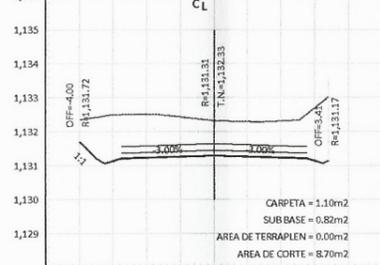
ESTACION 1+420.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



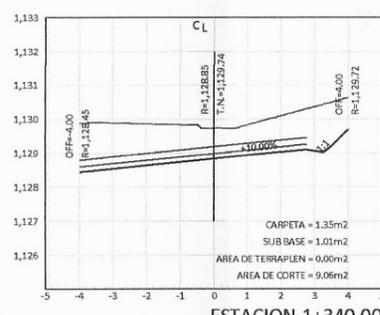
ESTACION 1+400.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



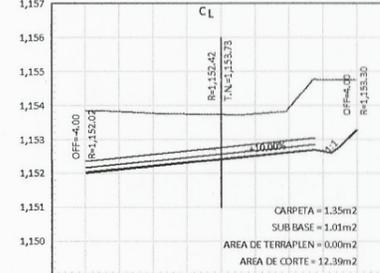
ESTACION 1+380.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



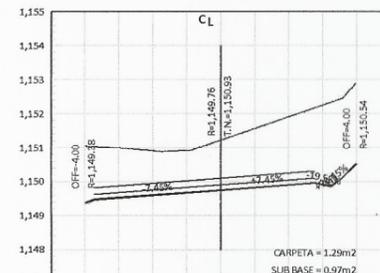
ESTACION 1+360.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



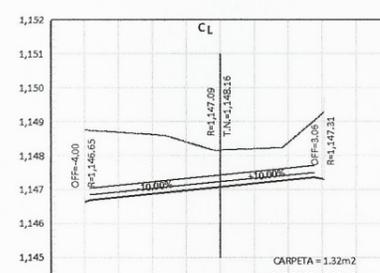
ESTACION 1+340.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



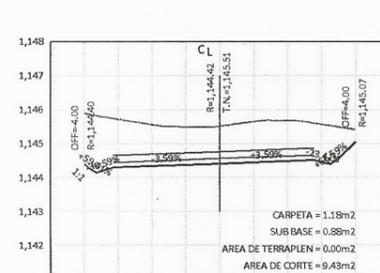
ESTACION 1+520.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



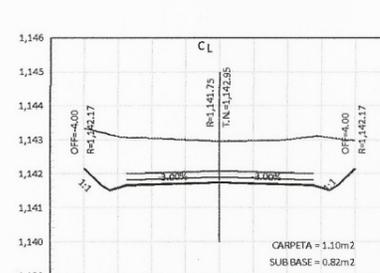
ESTACION 1+500.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



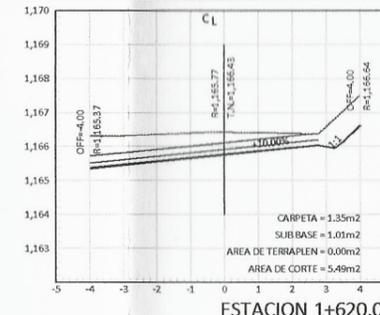
ESTACION 1+480.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



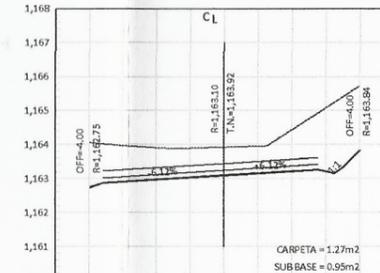
ESTACION 1+460.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



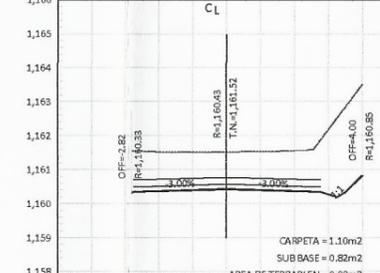
ESTACION 1+440.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



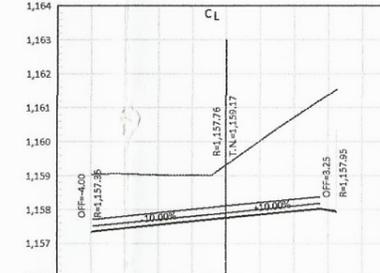
ESTACION 1+620.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



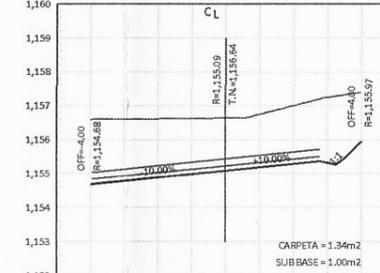
ESTACION 1+600.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



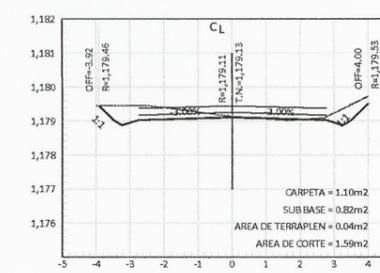
ESTACION 1+580.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



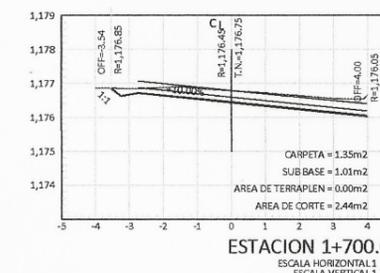
ESTACION 1+560.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



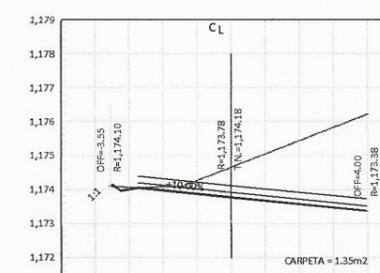
ESTACION 1+540.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



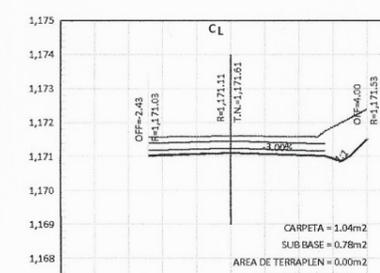
ESTACION 1+720.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



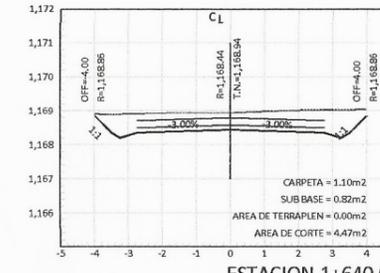
ESTACION 1+700.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



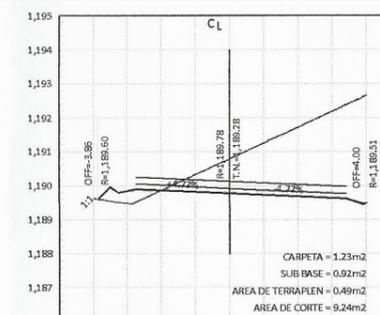
ESTACION 1+680.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



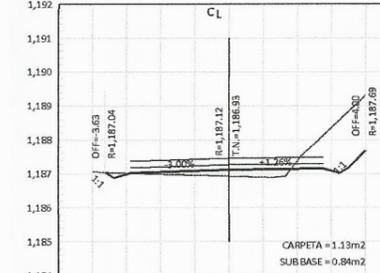
ESTACION 1+660.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



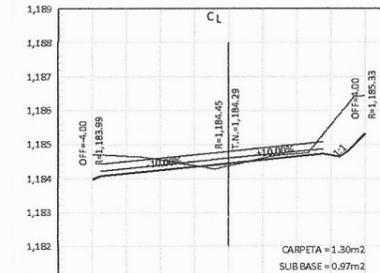
ESTACION 1+640.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



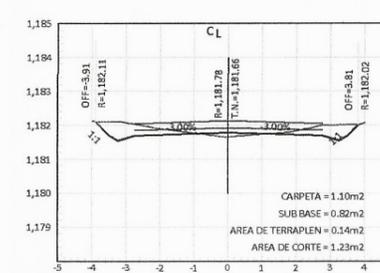
ESTACION 1+800.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



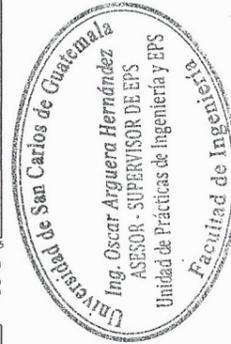
ESTACION 1+780.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 1+760.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



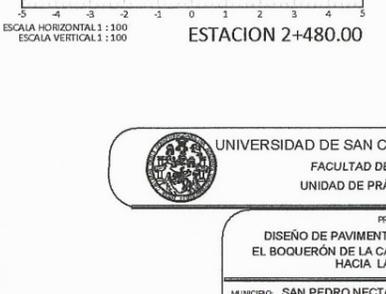
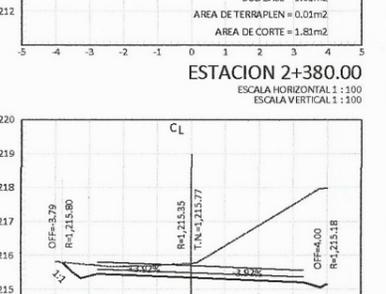
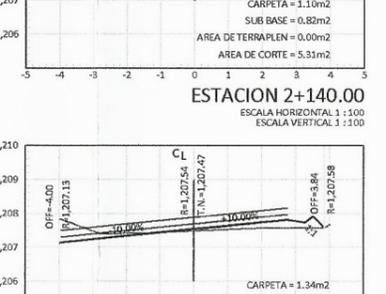
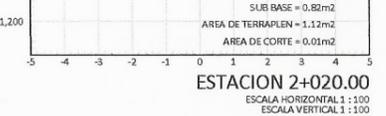
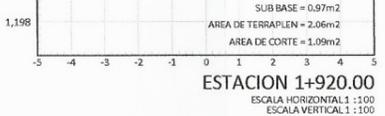
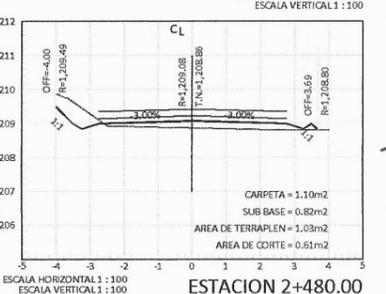
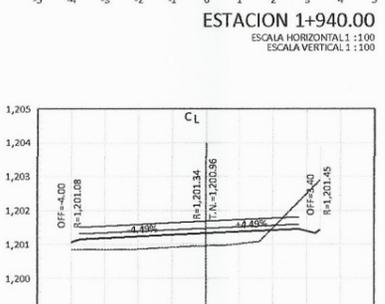
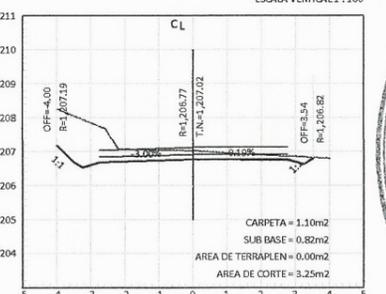
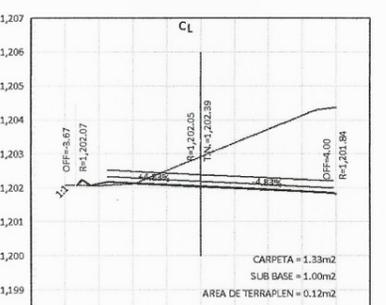
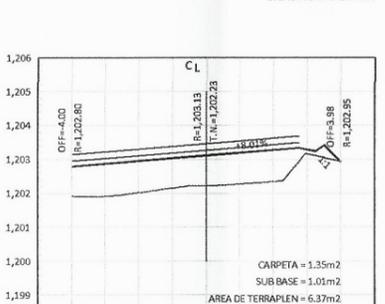
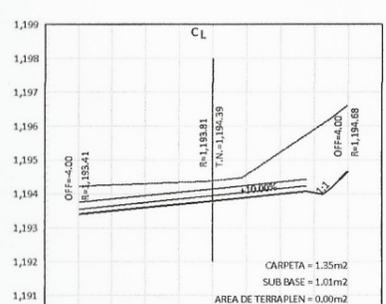
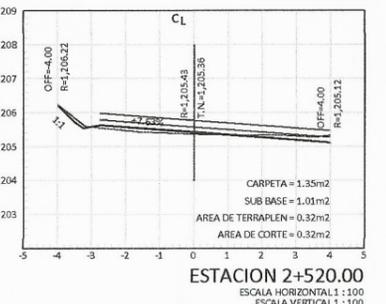
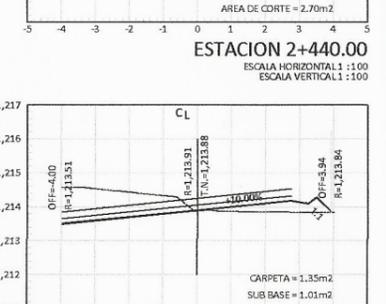
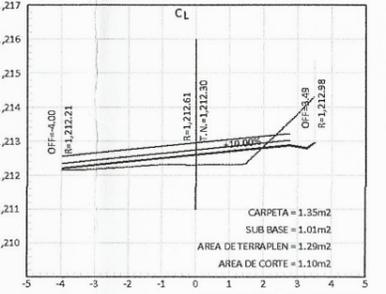
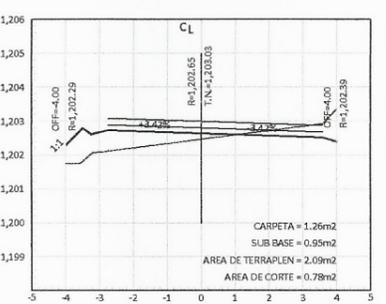
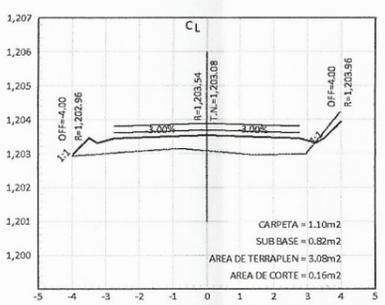
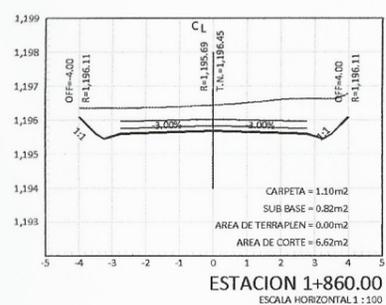
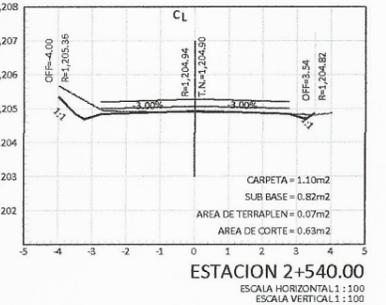
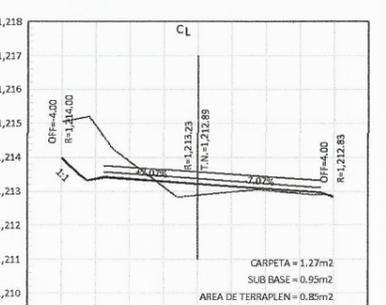
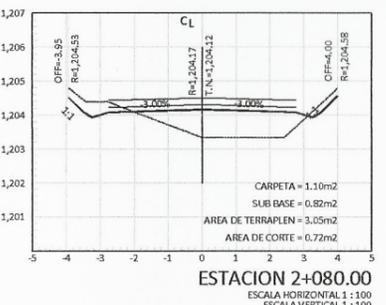
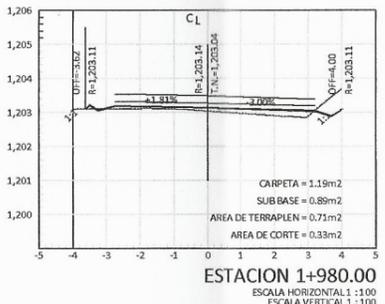
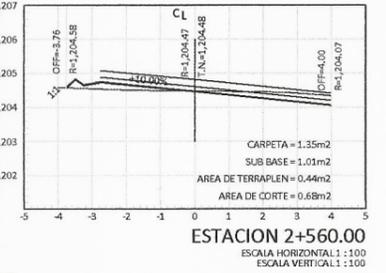
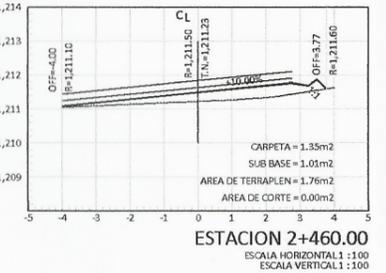
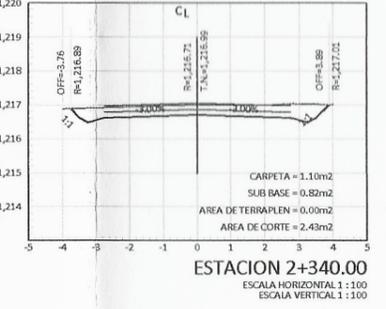
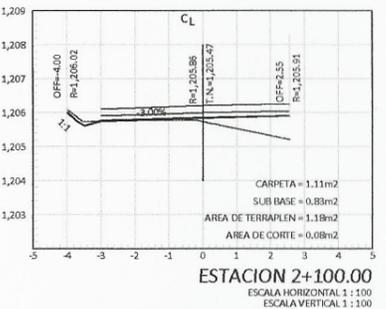
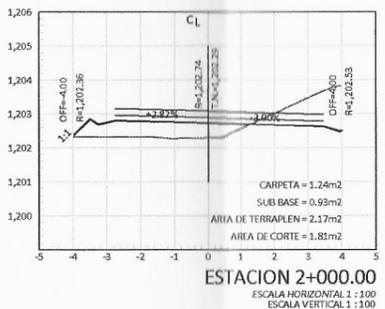
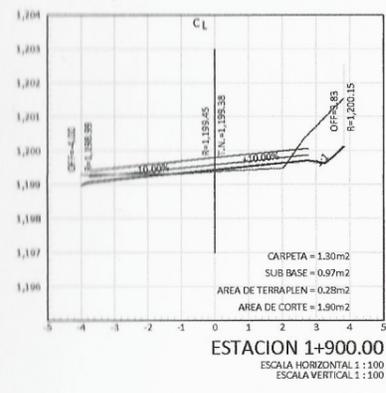
ESTACION 1+740.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

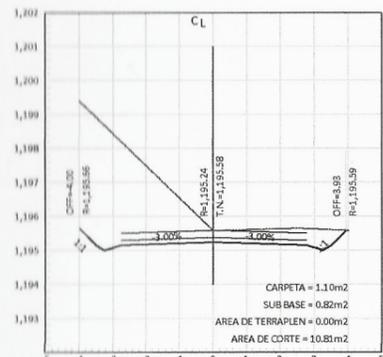
PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
HACIA LA GARITA DE INJUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DIBUJO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

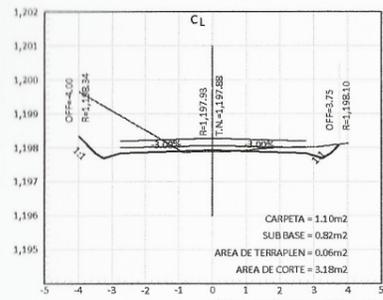


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

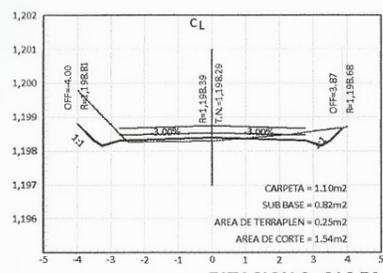
PROYECTO:		DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL	
MUNICIPIO:	SAN PEDRO NECTA	DEPARTAMENTO:	HUEHUETENANGO
CONTENIDO:	SECCIONES	DISEÑO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA:	INDICADA	FECHA:	JUNIO 2019
REVISÓ:		CALCULO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
		DIBUJO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN



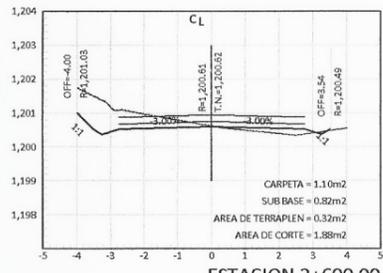
ESTACION 2+640.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



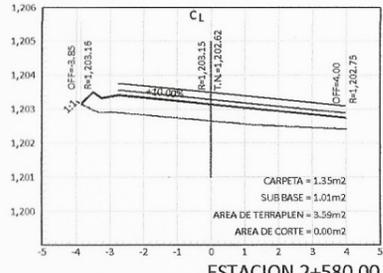
ESTACION 2+720.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



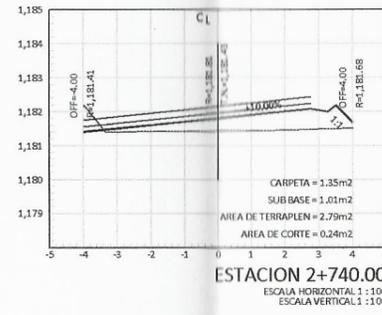
ESTACION 2+620.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



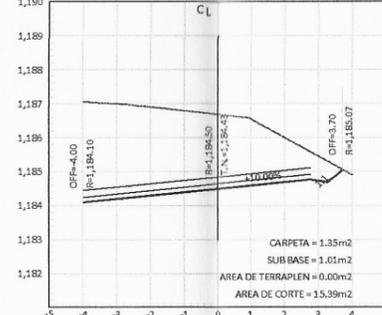
ESTACION 2+616.50  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



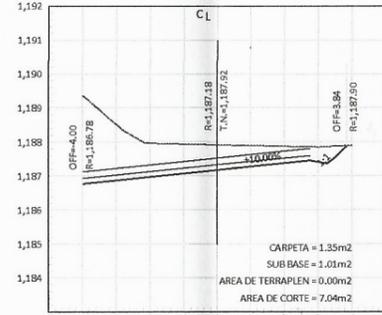
ESTACION 2+600.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



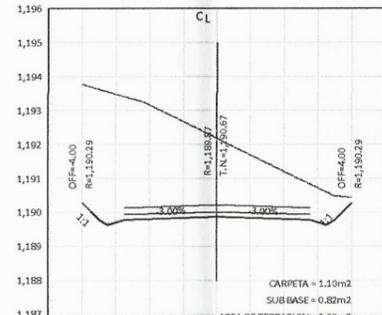
ESTACION 2+740.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



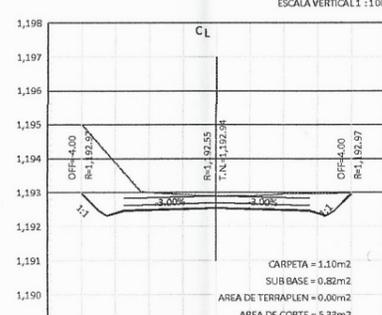
ESTACION 2+720.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



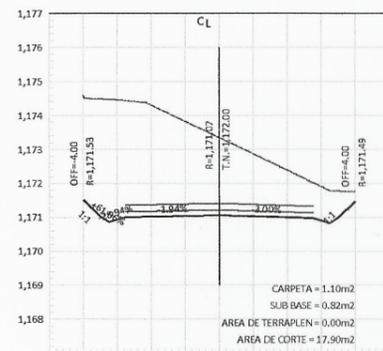
ESTACION 2+700.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



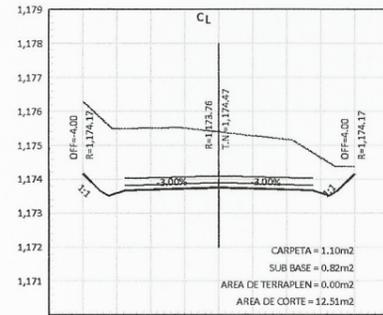
ESTACION 2+700.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



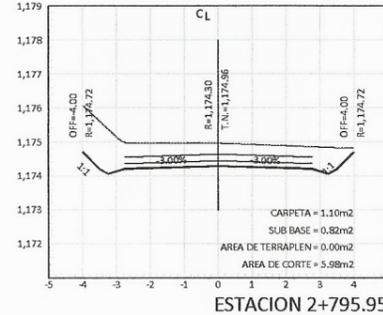
ESTACION 2+660.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



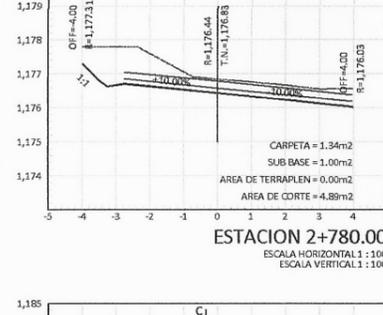
ESTACION 2+820.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



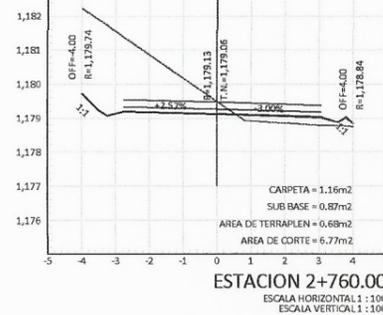
ESTACION 2+800.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



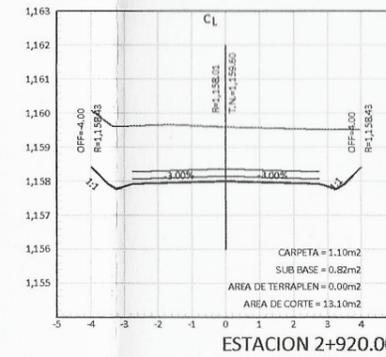
ESTACION 2+795.95  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



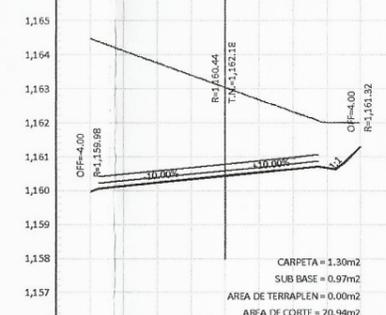
ESTACION 2+780.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



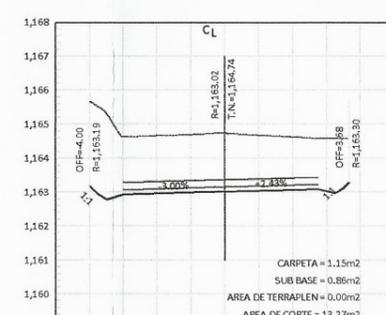
ESTACION 2+760.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



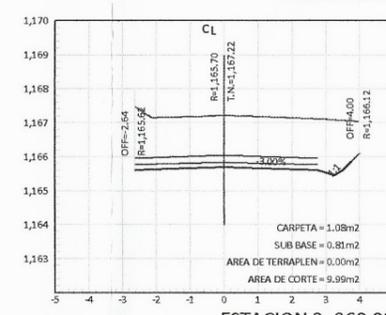
ESTACION 2+920.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 2+900.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



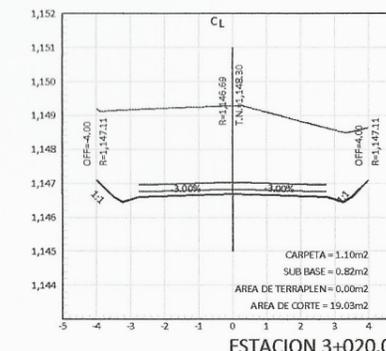
ESTACION 2+880.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



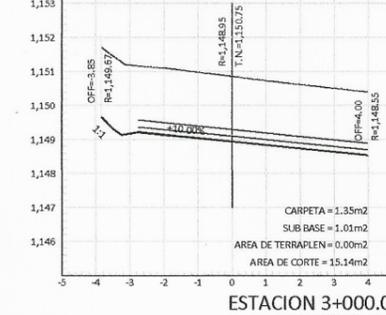
ESTACION 2+860.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



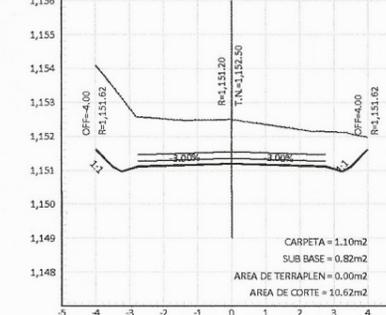
ESTACION 2+840.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



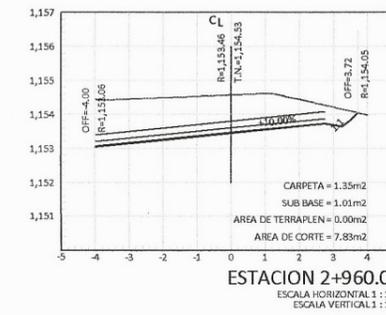
ESTACION 3+020.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 3+000.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



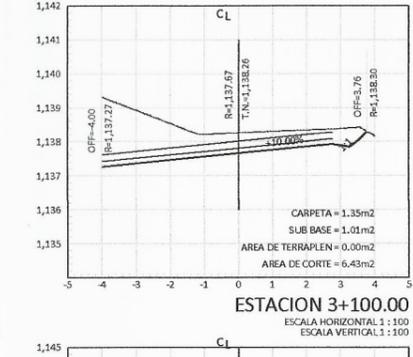
ESTACION 2+980.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 2+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



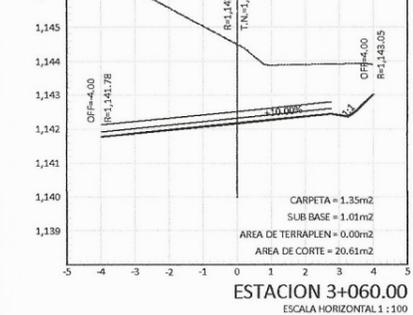
ESTACION 2+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



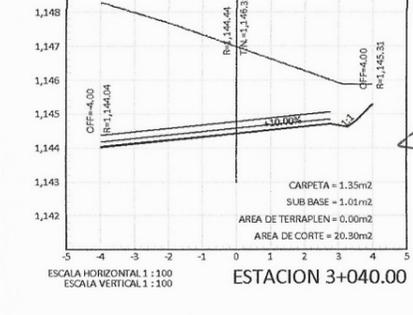
ESTACION 3+100.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



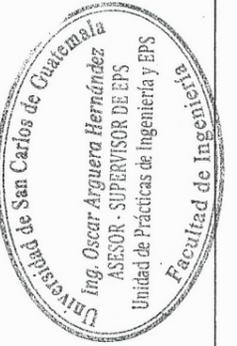
ESTACION 3+080.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



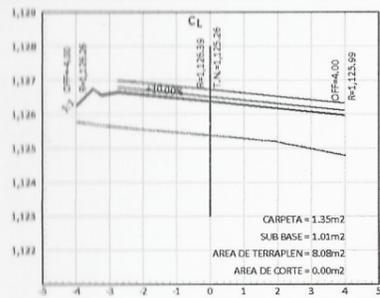
ESTACION 3+060.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



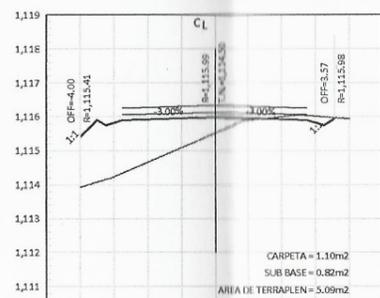
ESTACION 3+040.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



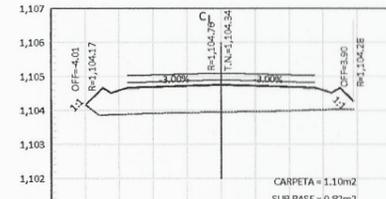
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL			
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO		
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN		
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN	
REVISO:		DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN	
F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN		F. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	



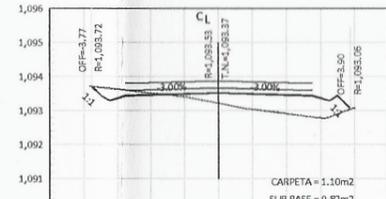
ESTACION 3+200.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



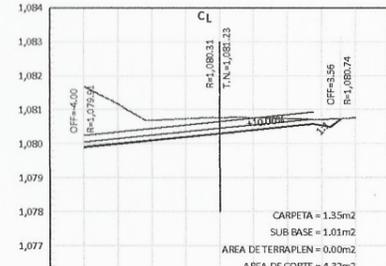
ESTACION 3+280.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



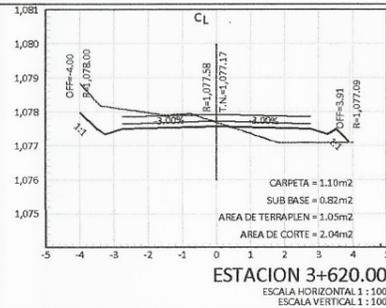
ESTACION 3+360.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



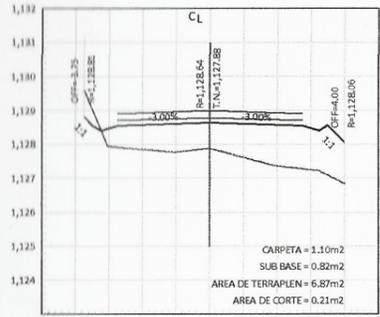
ESTACION 3+440.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



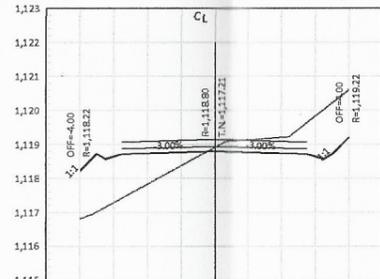
ESTACION 3+500.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



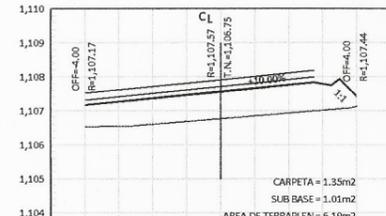
ESTACION 3+620.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



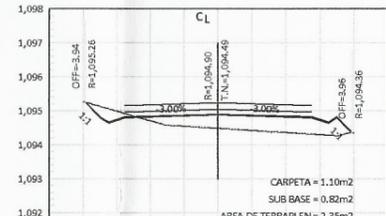
ESTACION 3+180.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



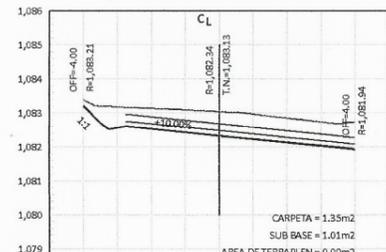
ESTACION 3+260.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



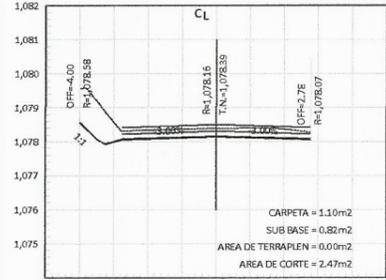
ESTACION 3+340.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



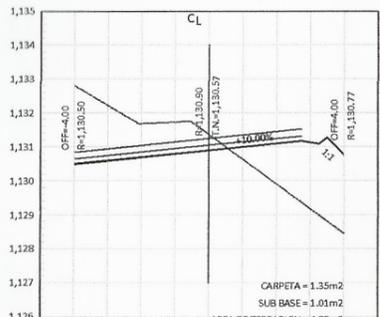
ESTACION 3+430.30  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



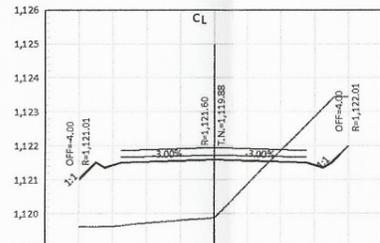
ESTACION 3+520.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



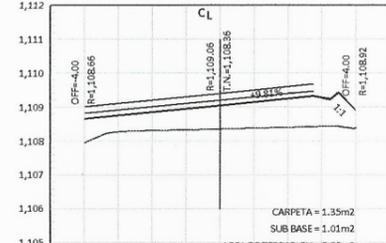
ESTACION 3+540.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



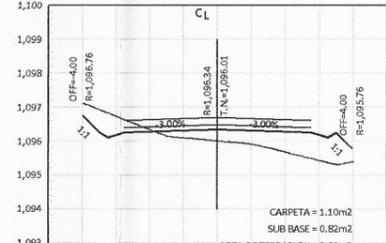
ESTACION 3+160.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



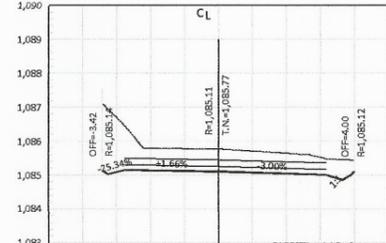
ESTACION 3+240.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 3+329.42  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



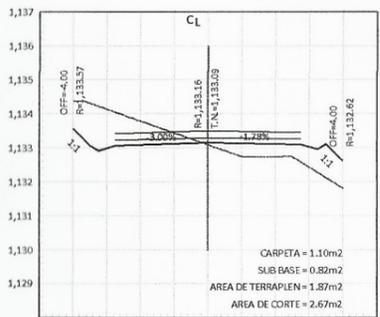
ESTACION 3+420.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



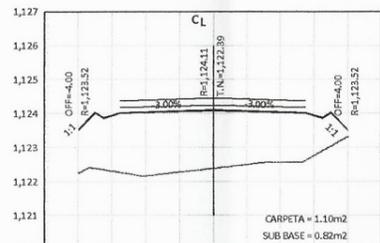
ESTACION 3+500.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



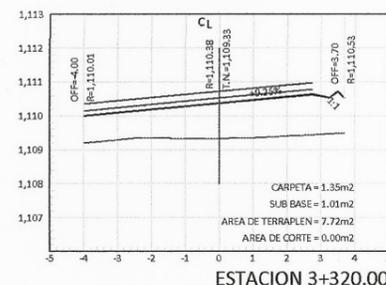
ESTACION 3+600.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



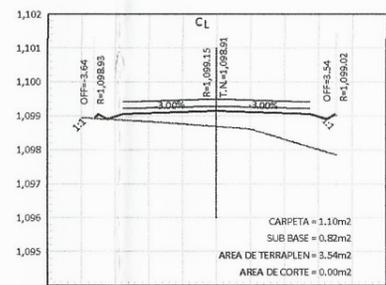
ESTACION 3+140.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



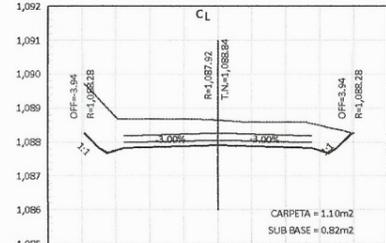
ESTACION 3+220.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 3+320.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



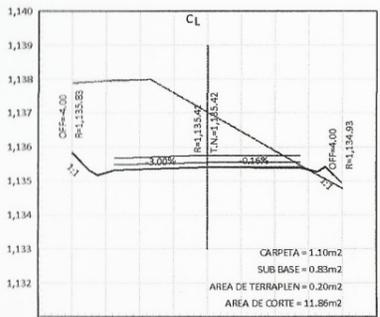
ESTACION 3+400.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



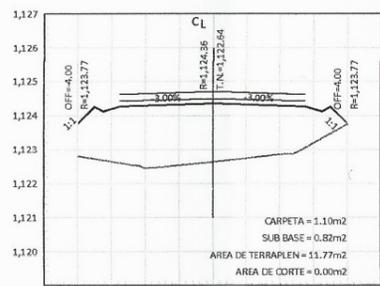
ESTACION 3+480.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



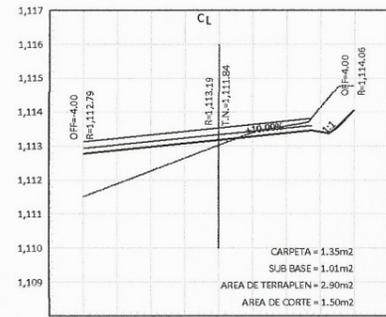
ESTACION 3+580.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



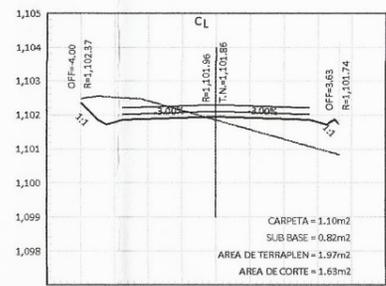
ESTACION 3+120.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



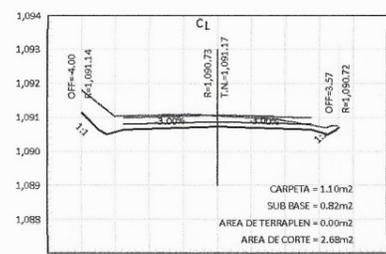
ESTACION 3+217.88  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



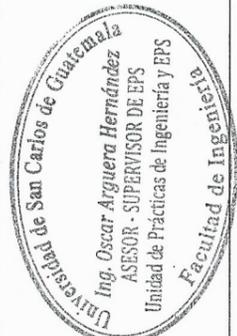
ESTACION 3+300.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 3+380.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 3+460.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

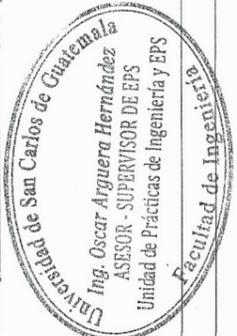
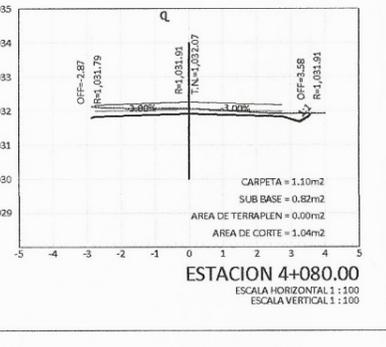
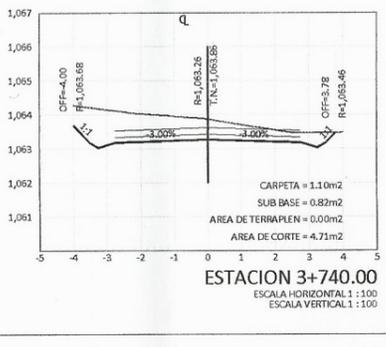
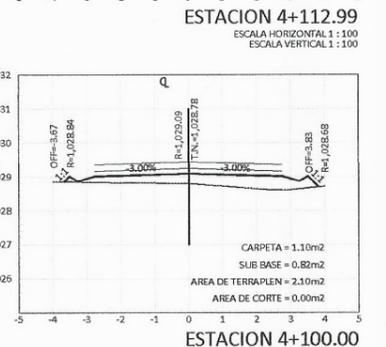
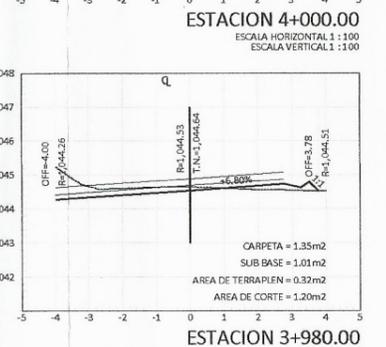
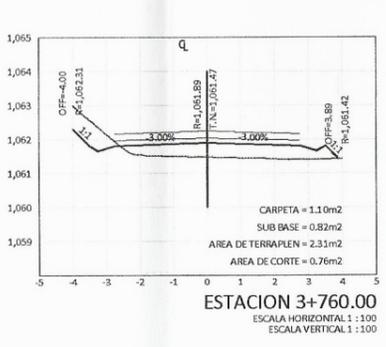
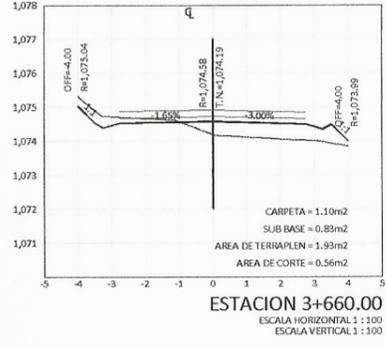
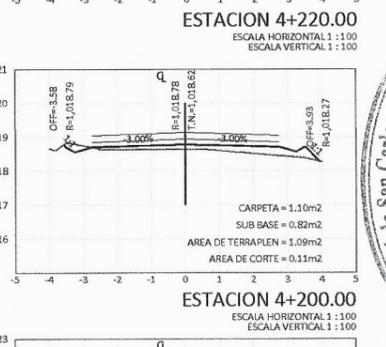
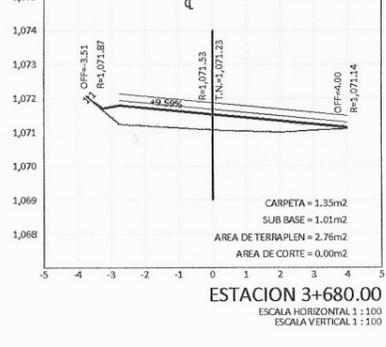
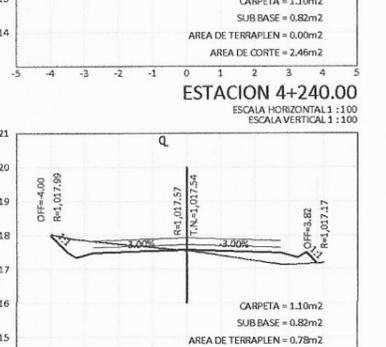
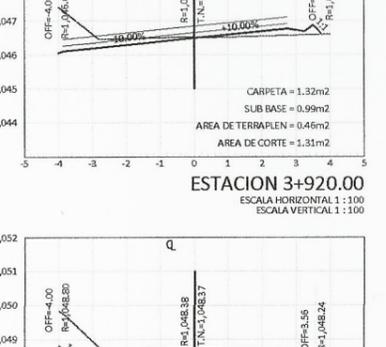
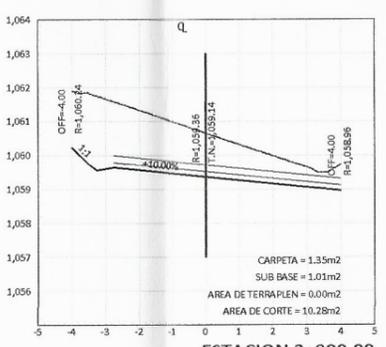
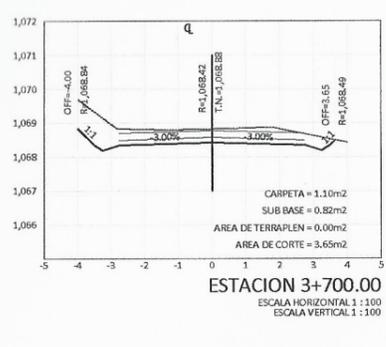
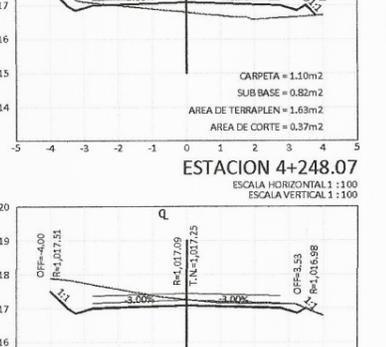
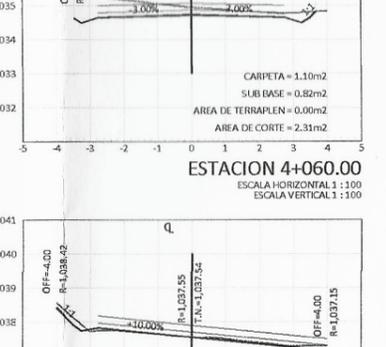
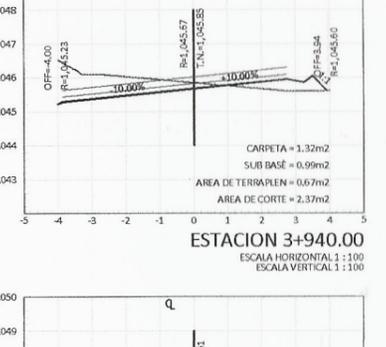
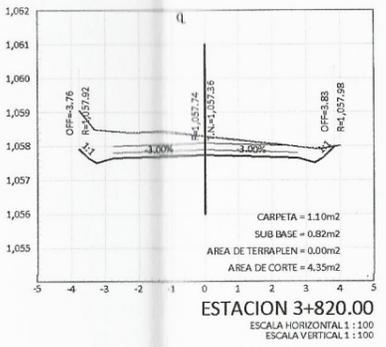
PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

CONTENIDO:	SECCIONES	DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019	CALCULO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
REVISO:		DIBUJO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

F. ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON F. ING OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

HUJIA 24 36



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO.

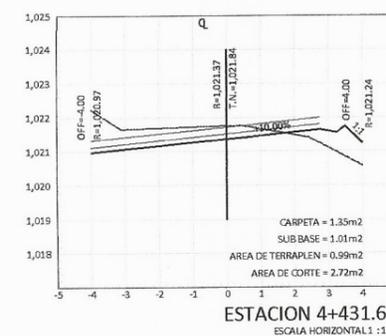
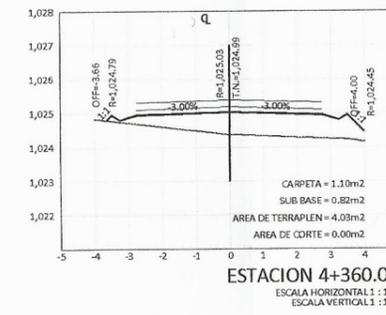
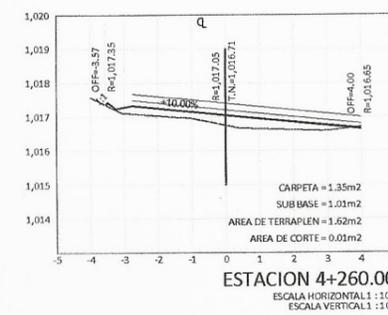
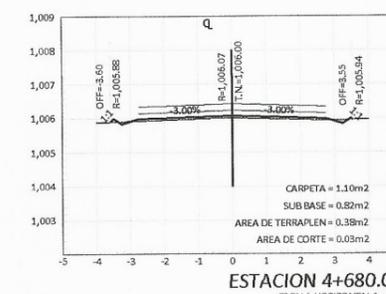
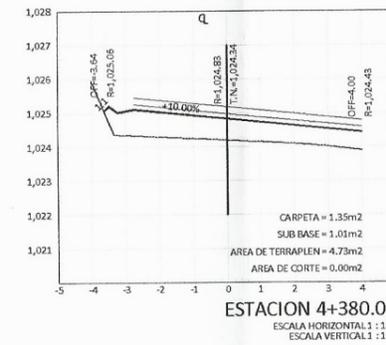
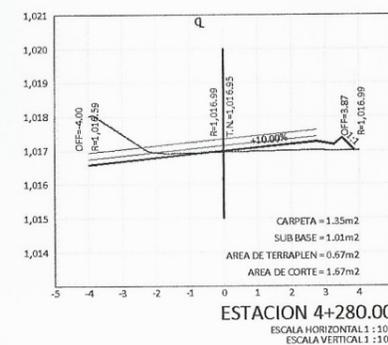
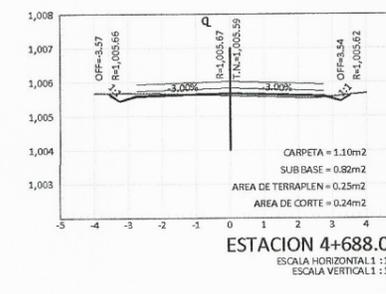
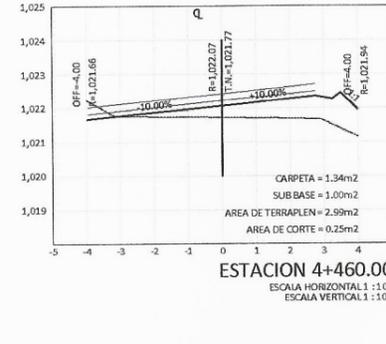
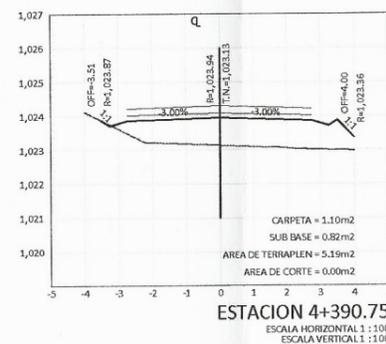
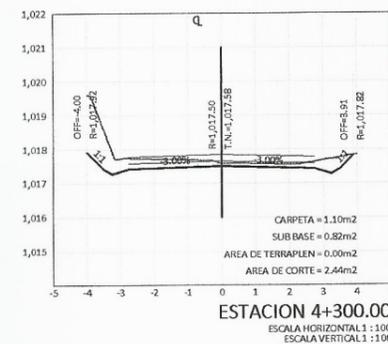
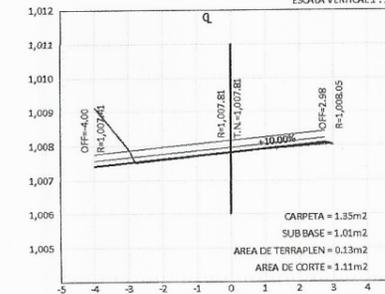
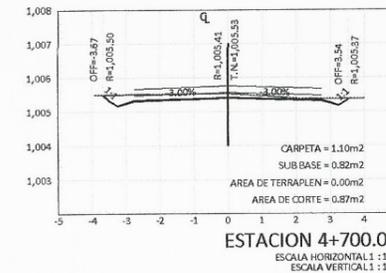
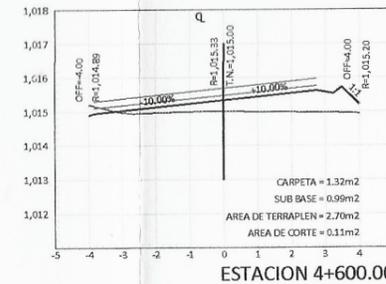
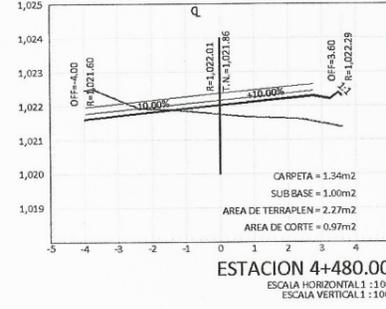
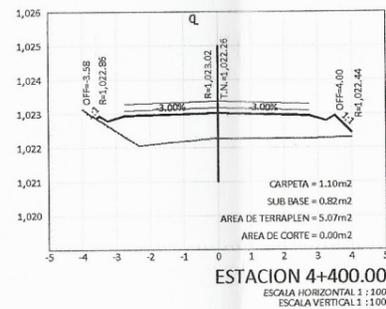
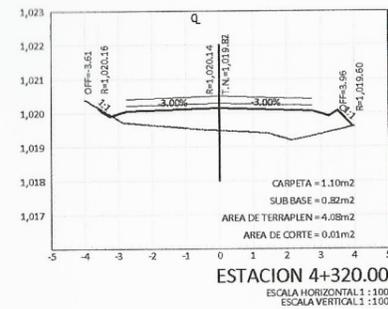
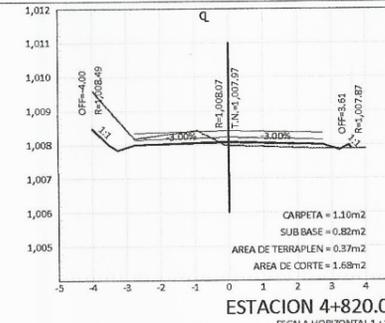
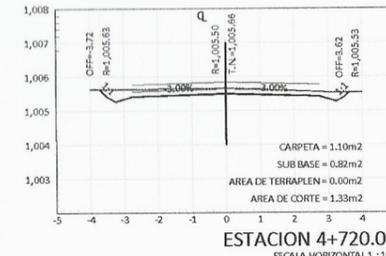
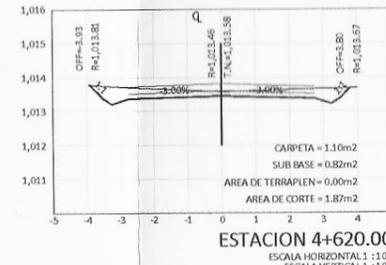
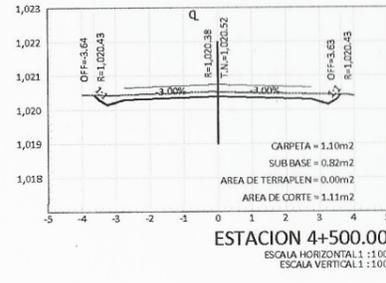
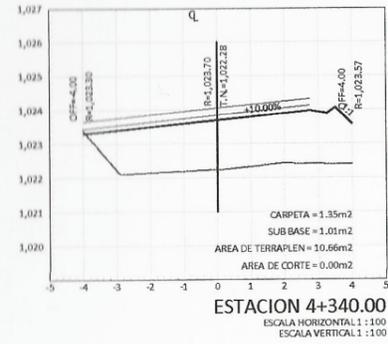
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

CONTENIDO: SECCIONES

ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2019

REVISÓ: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 CALCULO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

HOJA 25 DE 36



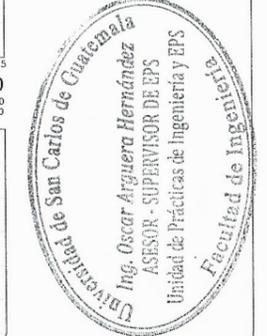
ESTACION 4+260.00  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

ESTACION 4+360.00  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

ESTACION 4+431.64  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

ESTACION 4+540.00  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

ESTACION 4+640.00  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

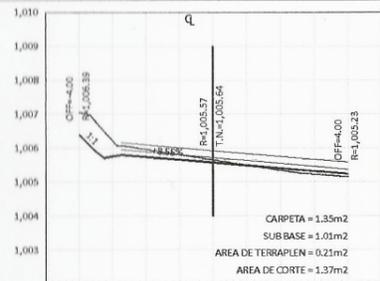


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

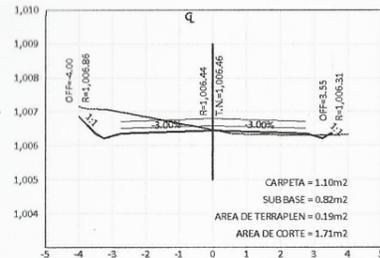
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
 MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO  
 CONTENIDO: SECCIONES  
 ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2009  
 REVISO: JESUS ENRIQUE ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

ING. OSCAR ARGUETA CASTILLO DE LEON

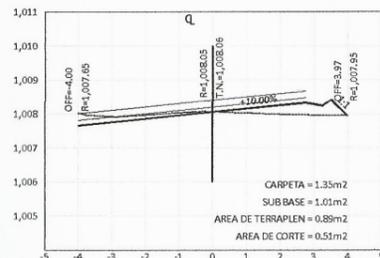
JESUS ENRIQUE ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 26  
 36



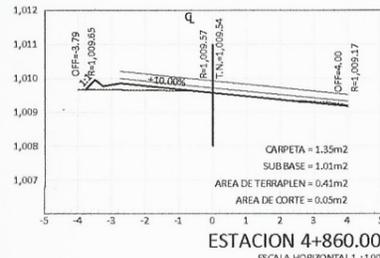
ESTACION 4+917.07  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



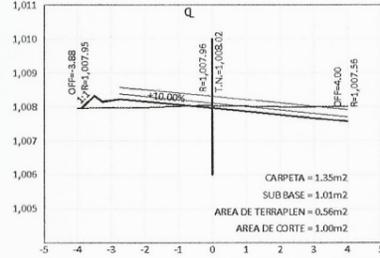
ESTACION 4+900.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



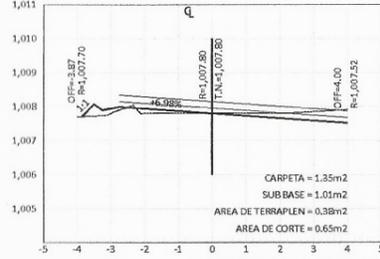
ESTACION 4+880.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



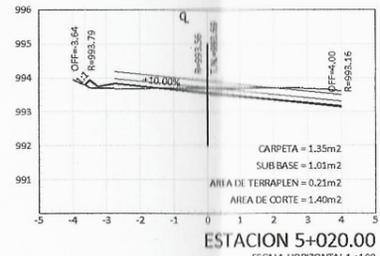
ESTACION 4+860.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



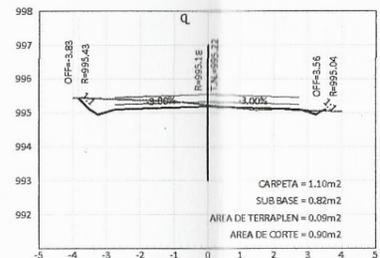
ESTACION 4+840.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



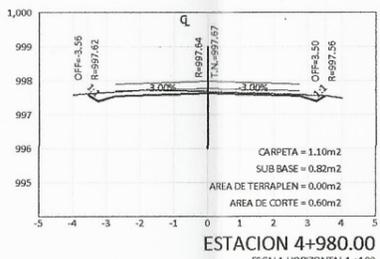
ESTACION 4+831.48  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



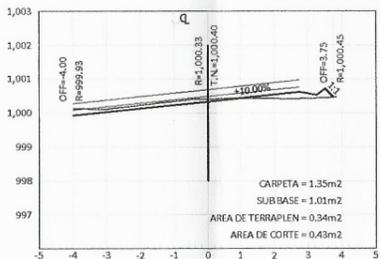
ESTACION 5+020.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



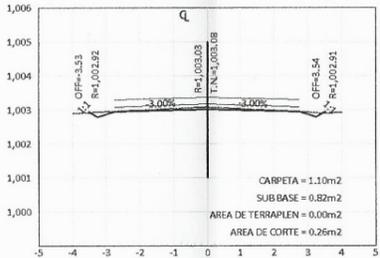
ESTACION 5+000.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 4+980.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



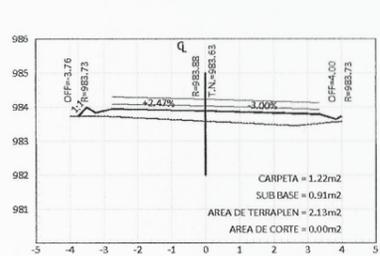
ESTACION 4+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



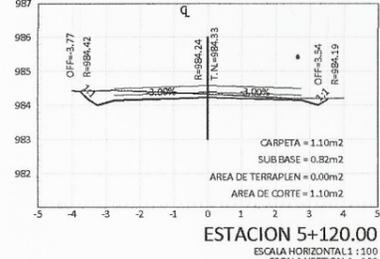
ESTACION 4+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



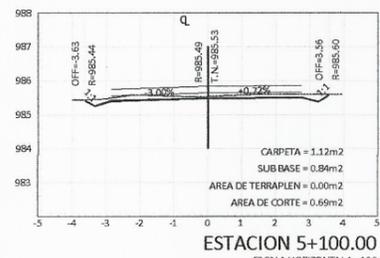
ESTACION 4+920.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



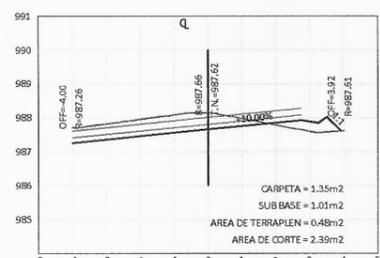
ESTACION 5+140.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



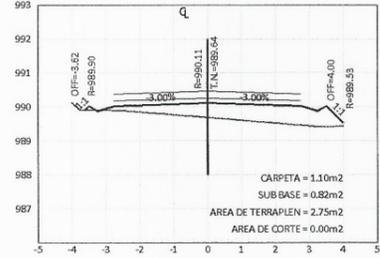
ESTACION 5+120.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



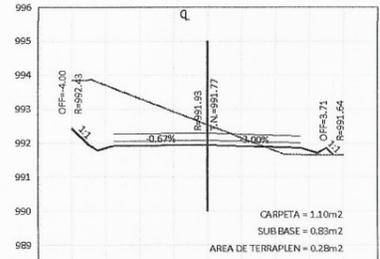
ESTACION 5+100.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 5+080.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



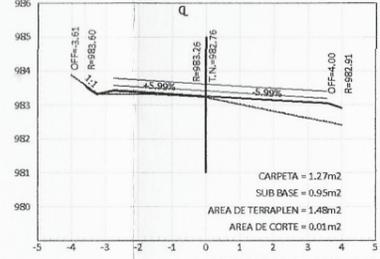
ESTACION 5+060.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



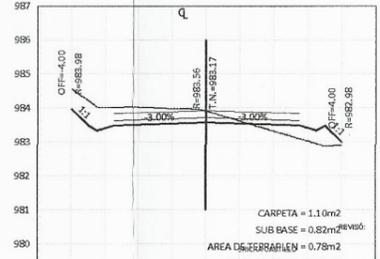
ESTACION 5+040.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



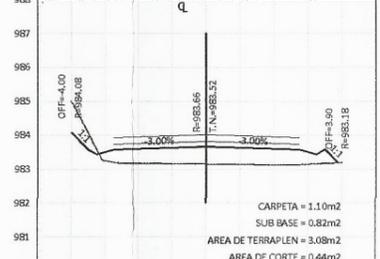
ESTACION 5+240.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



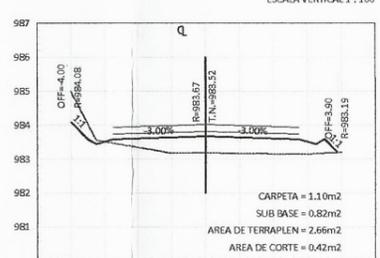
ESTACION 5+220.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



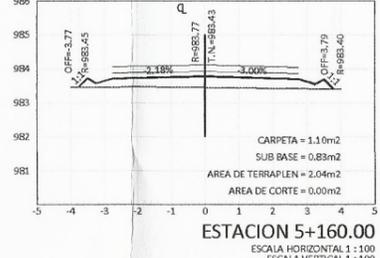
ESTACION 5+200.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



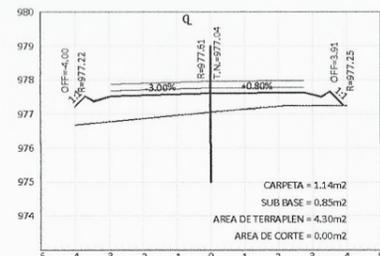
ESTACION 5+181.36  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



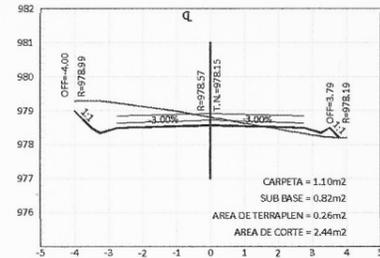
ESTACION 5+160.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



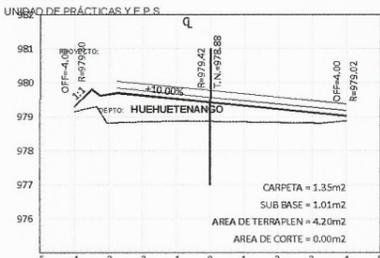
ESTACION 5+260.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



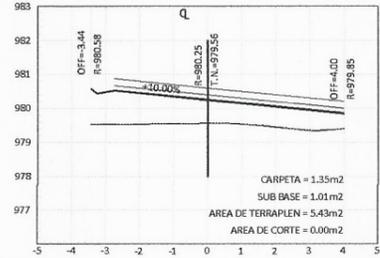
ESTACION 5+360.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



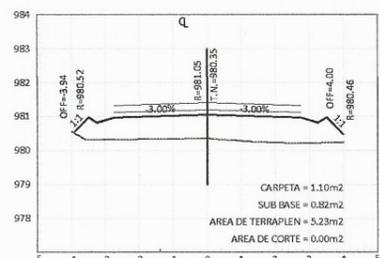
ESTACION 5+340.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 5+320.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



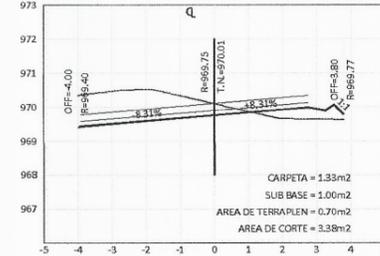
ESTACION 5+300.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



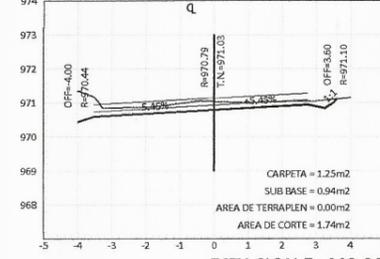
ESTACION 5+280.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 5+260.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



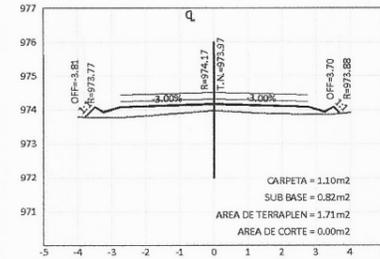
ESTACION 5+460.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



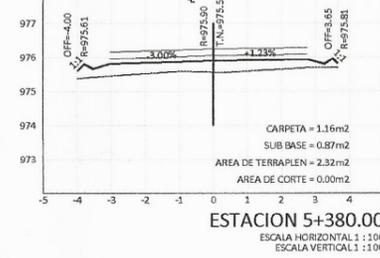
ESTACION 5+440.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 5+420.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100

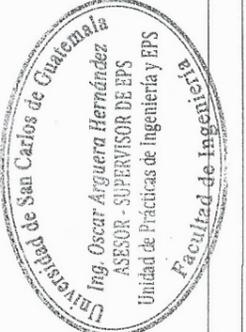


ESTACION 5+400.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 5+380.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100

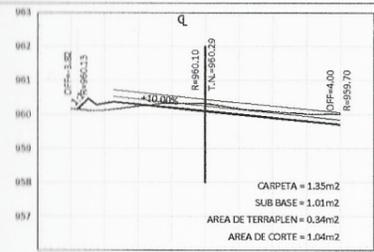
FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.  
 DEPTO. HUEHUETENANGO



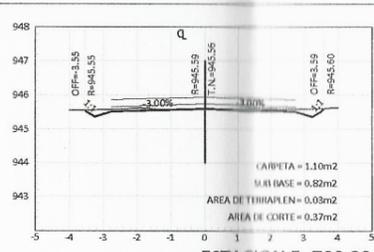
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
 MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO  
 CONTENIDO: SECCIONES  
 ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2018  
 REVISO:

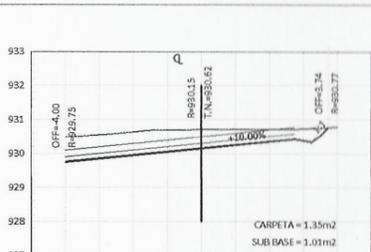
DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 DIBUJO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 NO. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ



ESTACION 5+580.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



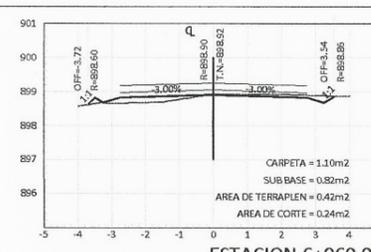
ESTACION 5+700.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



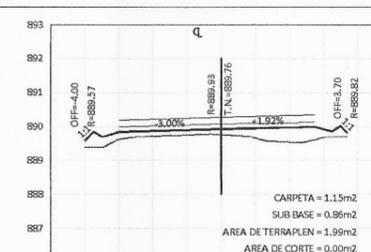
ESTACION 5+820.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



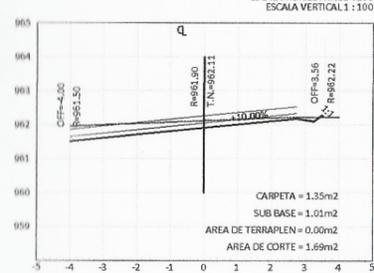
ESTACION 5+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



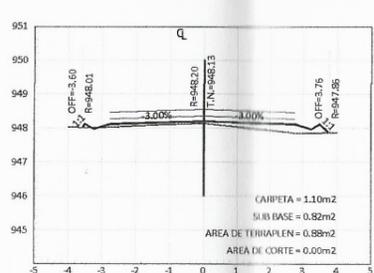
ESTACION 6+060.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 6+160.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 5+560.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



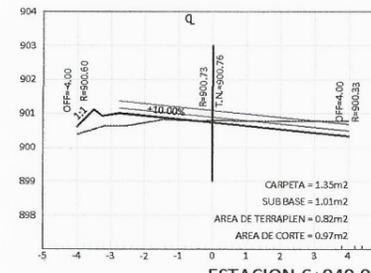
ESTACION 5+680.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 5+800.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



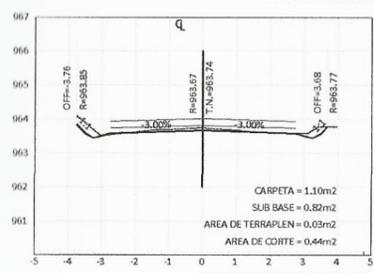
ESTACION 5+920.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



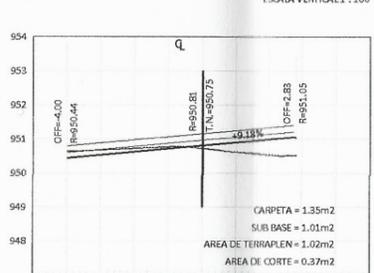
ESTACION 6+040.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 6+140.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



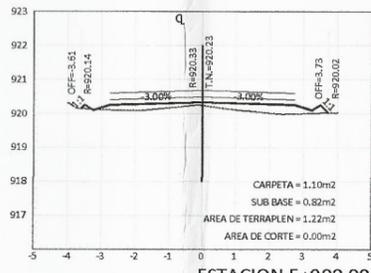
ESTACION 5+540.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



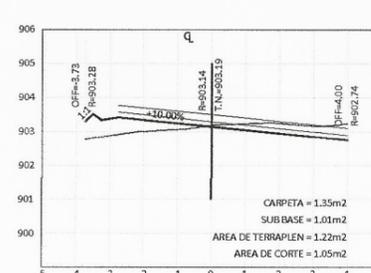
ESTACION 5+660.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 5+780.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



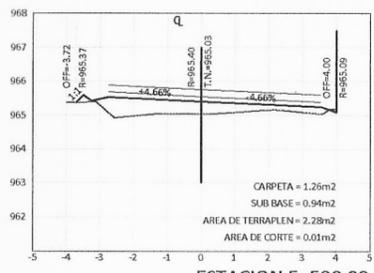
ESTACION 5+900.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



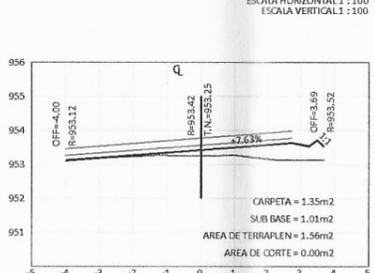
ESTACION 6+020.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 6+120.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



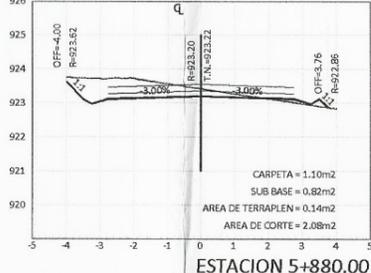
ESTACION 5+520.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



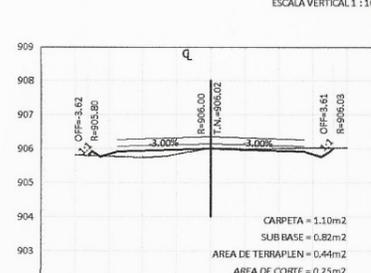
ESTACION 5+640.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



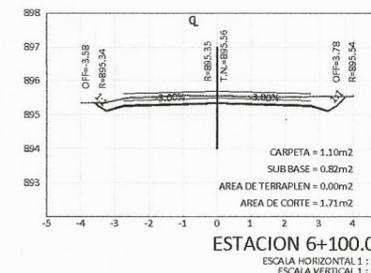
ESTACION 5+760.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



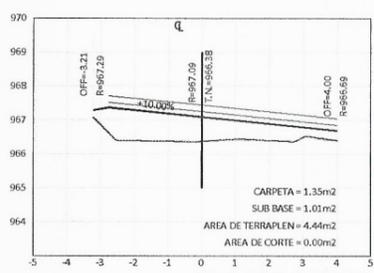
ESTACION 5+880.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



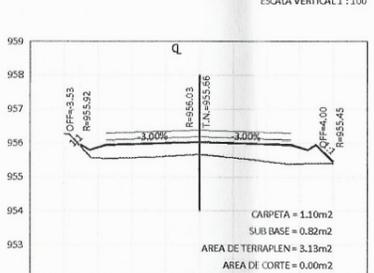
ESTACION 6+000.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 6+100.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



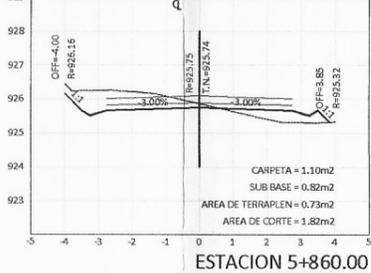
ESTACION 5+500.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 5+620.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



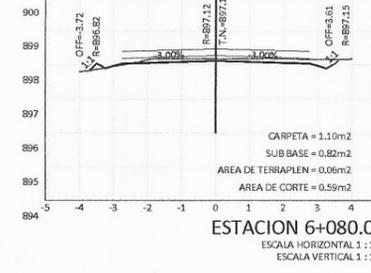
ESTACION 5+740.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



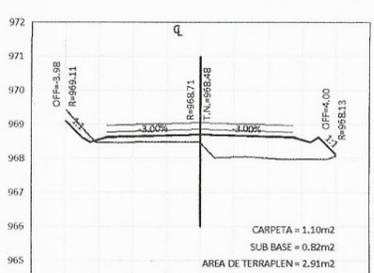
ESTACION 5+860.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



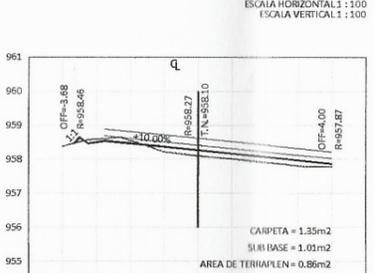
ESTACION 6+080.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



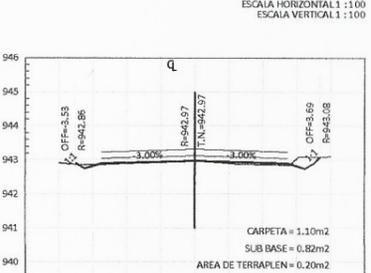
ESTACION 6+080.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



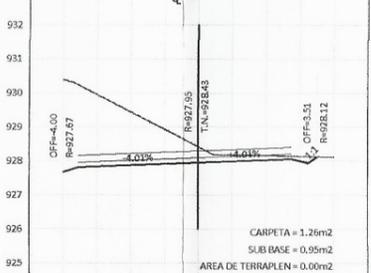
ESTACION 5+480.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



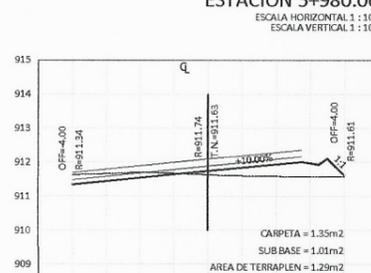
ESTACION 5+600.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



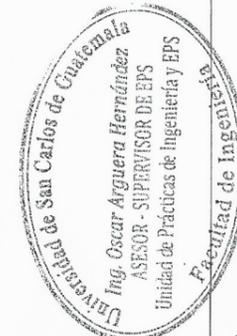
ESTACION 5+720.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



ESTACION 5+840.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



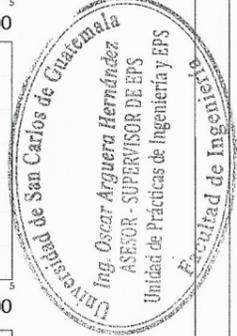
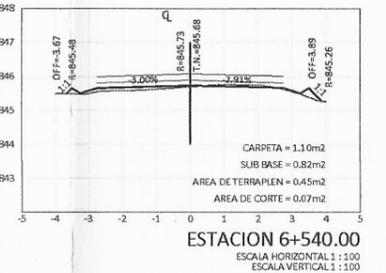
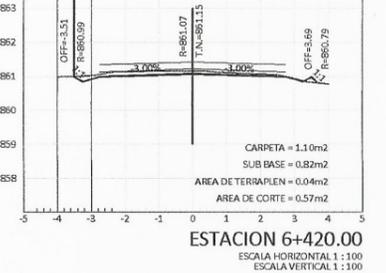
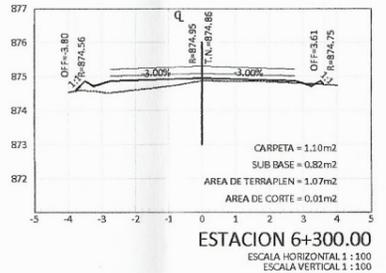
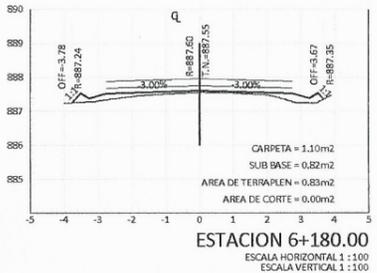
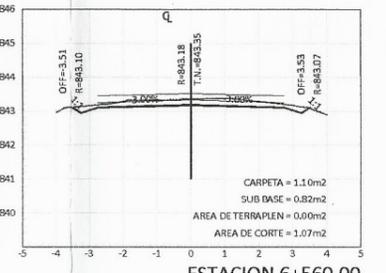
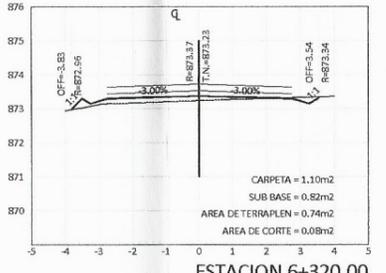
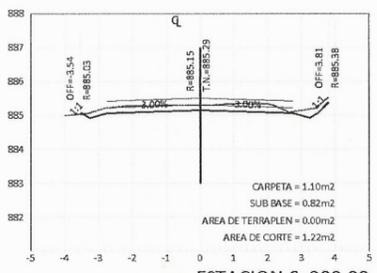
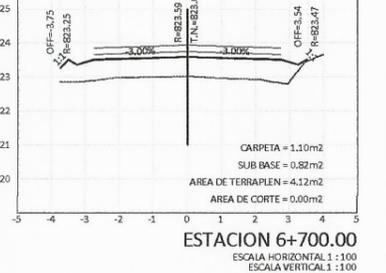
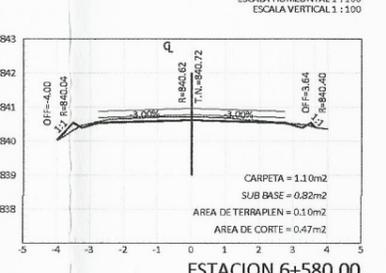
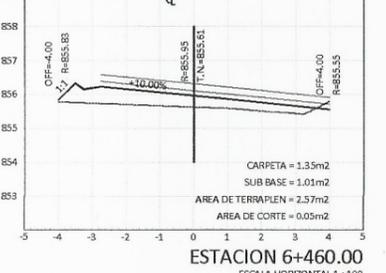
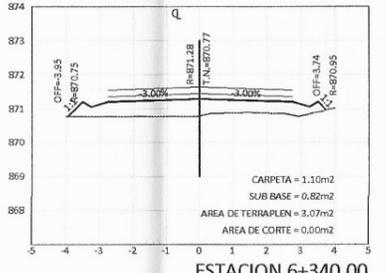
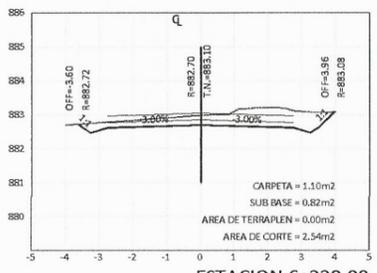
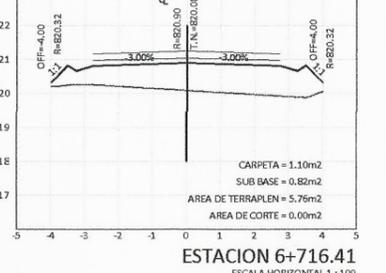
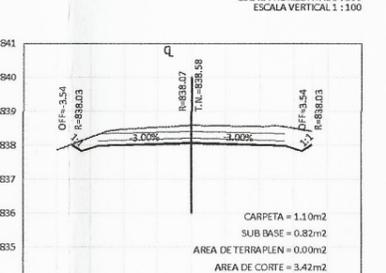
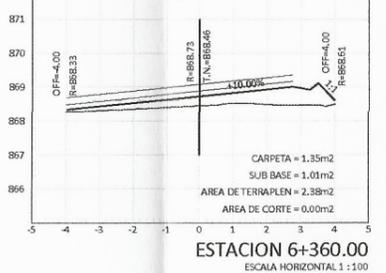
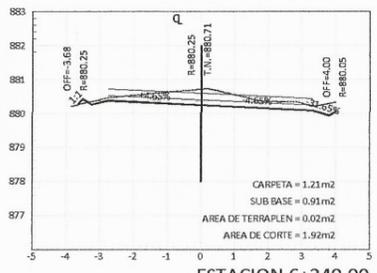
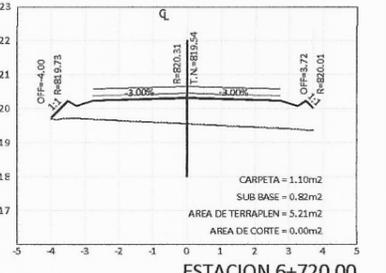
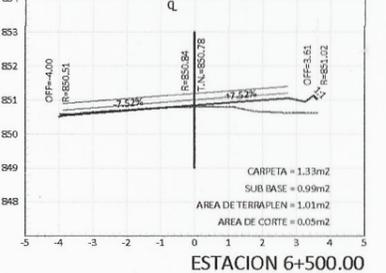
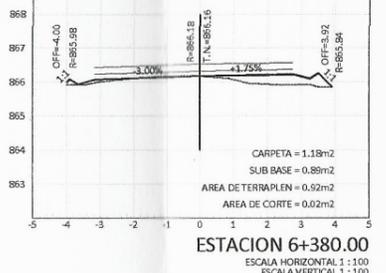
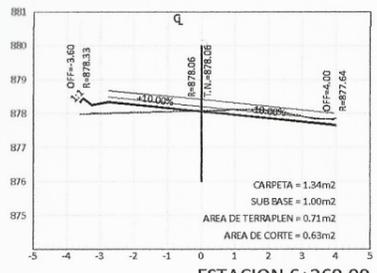
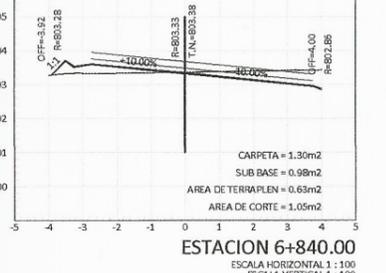
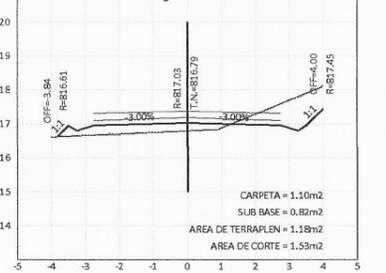
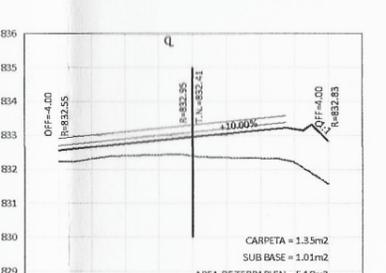
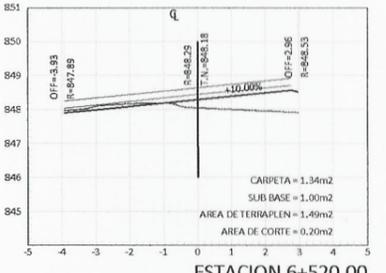
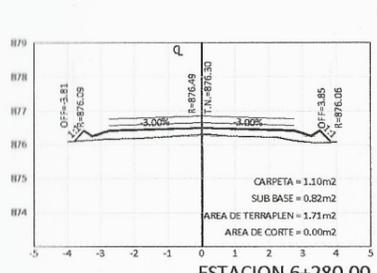
ESTACION 5+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100  
ESCALA VERTICAL 1 : 100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

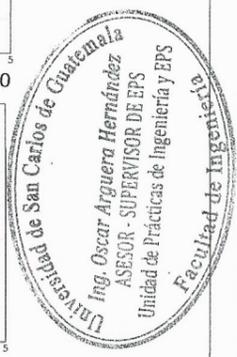
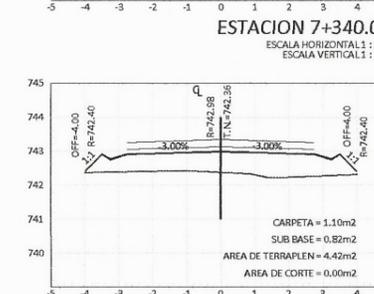
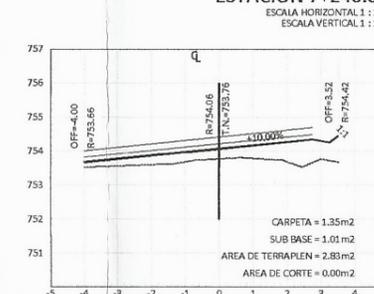
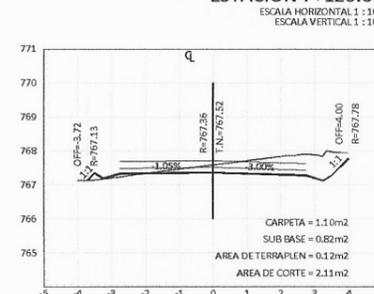
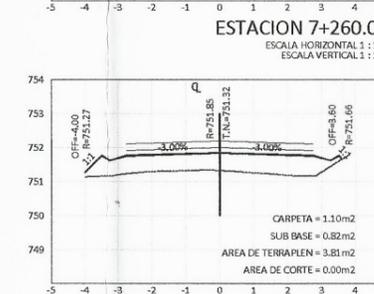
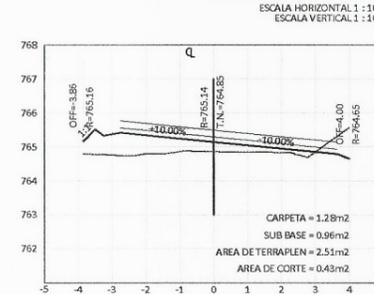
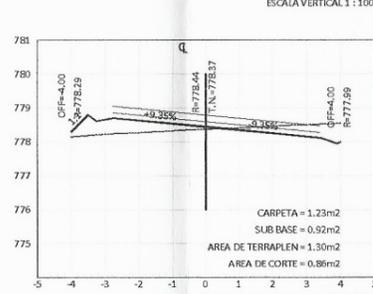
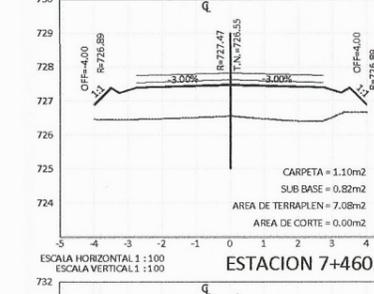
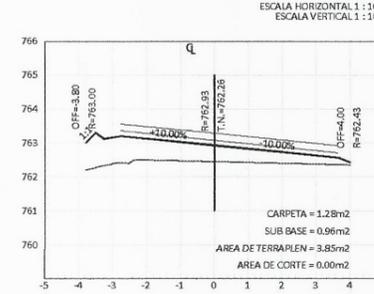
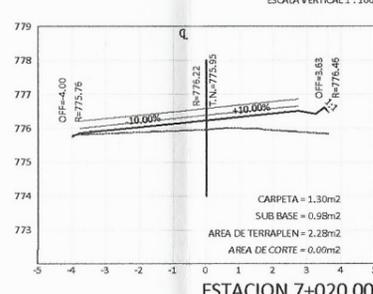
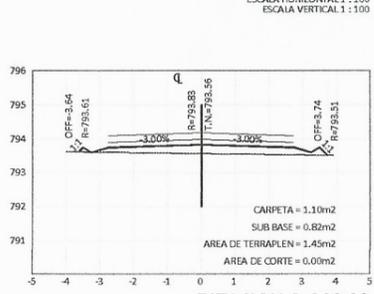
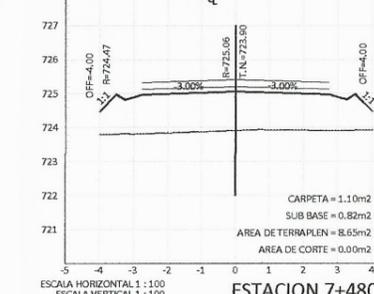
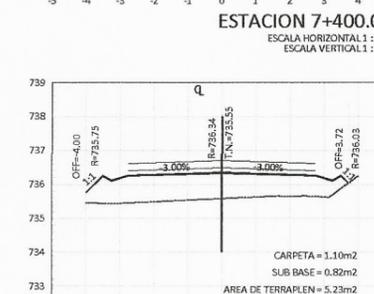
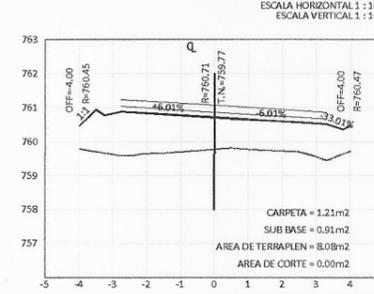
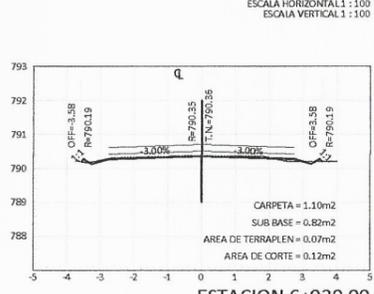
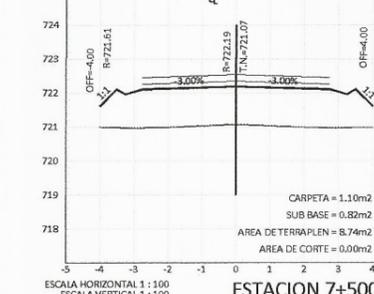
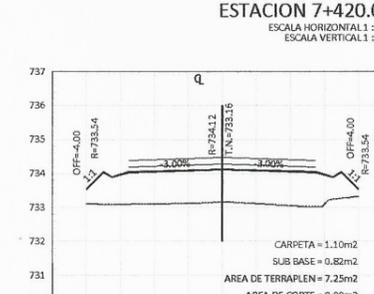
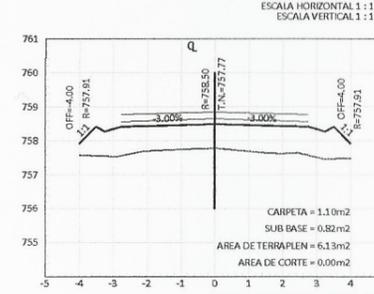
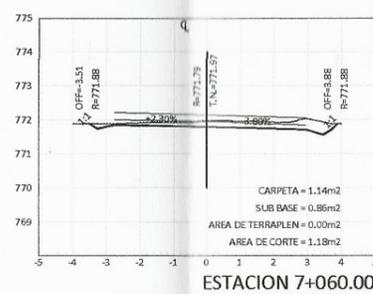
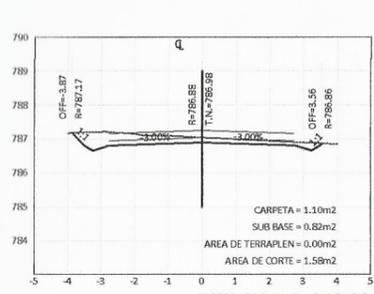
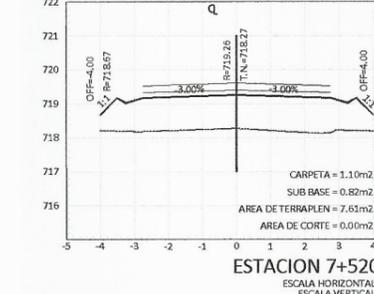
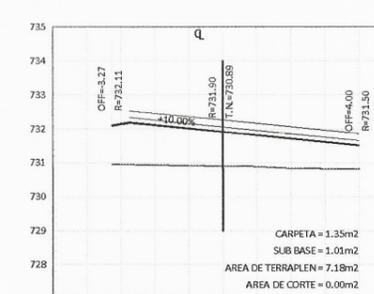
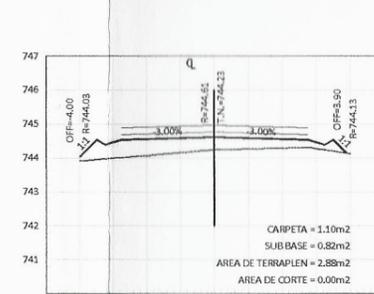
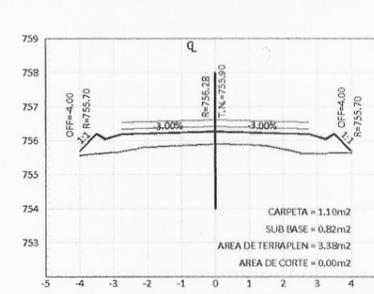
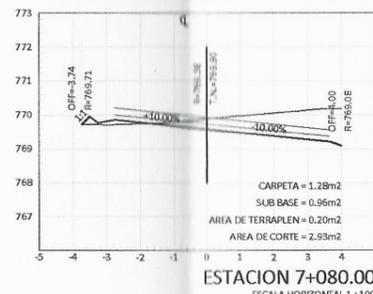
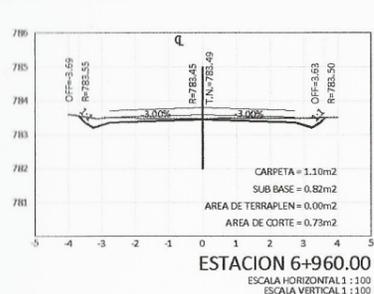
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPARTAMENTO: HUEHUETENANGO  
CONTENIDO: SECCIONES  
ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2019  
REVISÓ:  
DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
CALCULO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
NO. OSCR: ARQUETA HERNANDEZ



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO	
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPARTAMENTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA INDICADA	CALCULO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
REVISOR:	DIBUJO: ERICA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON



*[Handwritten signature]*

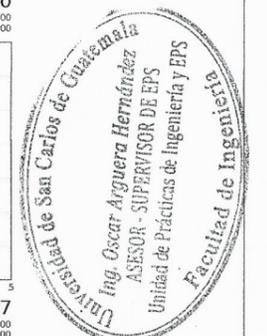
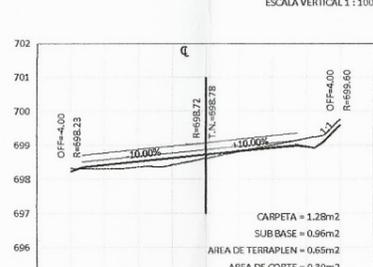
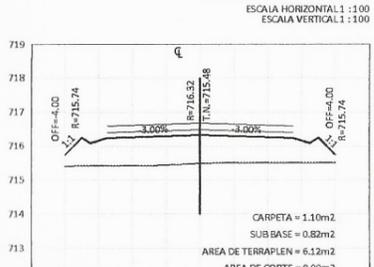
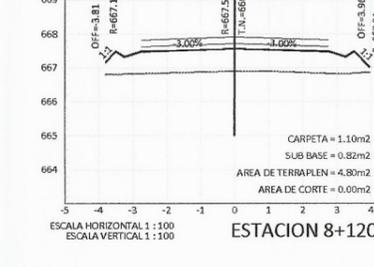
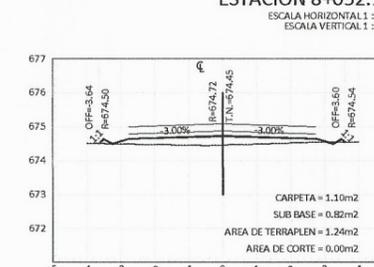
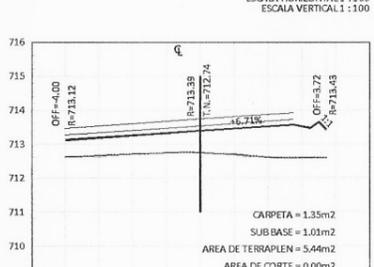
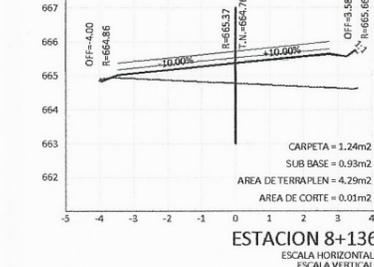
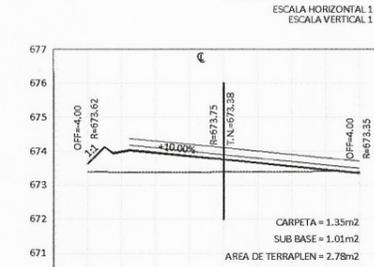
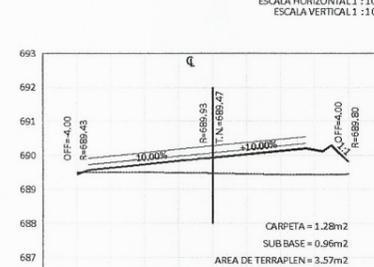
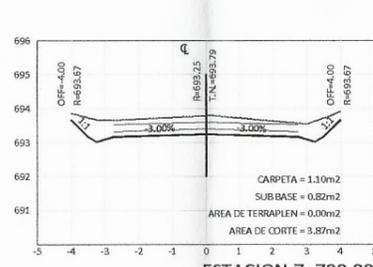
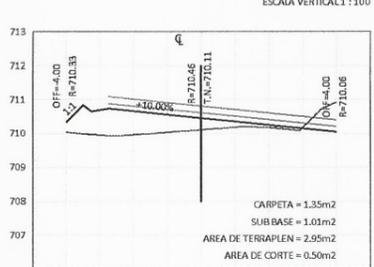
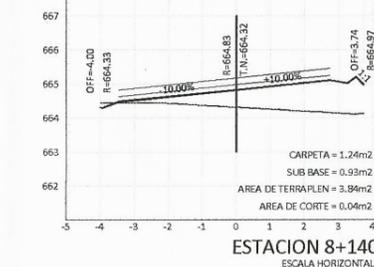
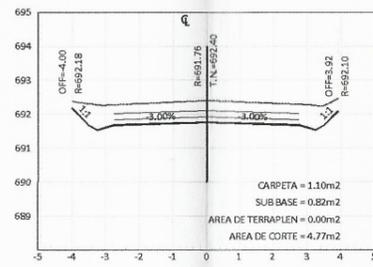
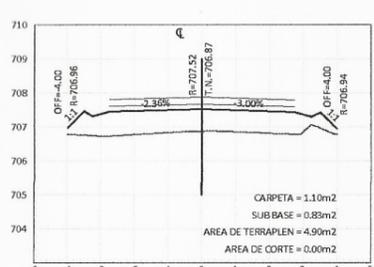
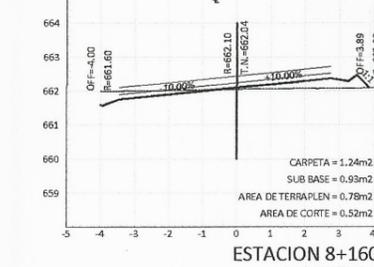
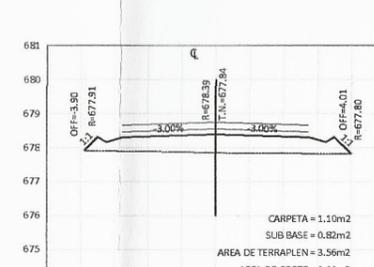
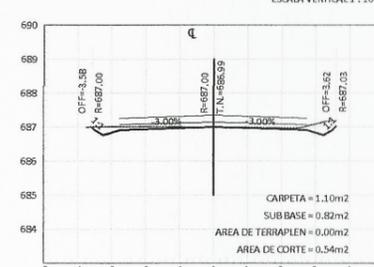
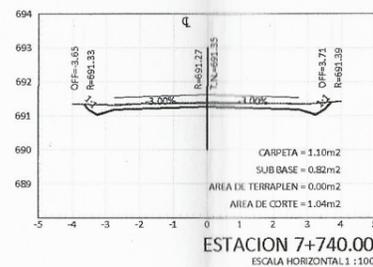
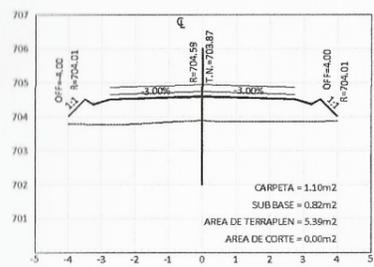
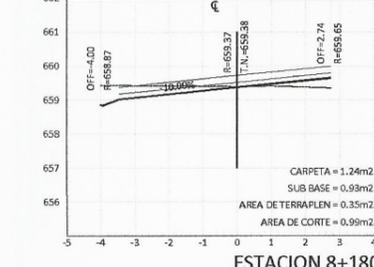
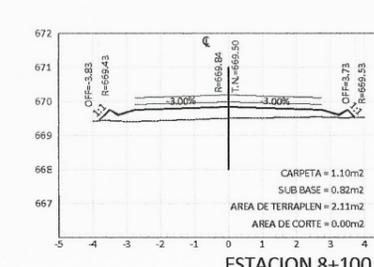
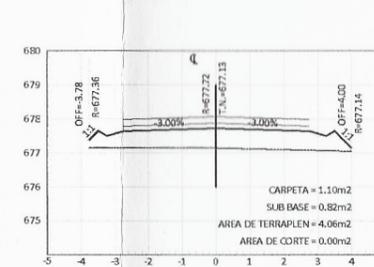
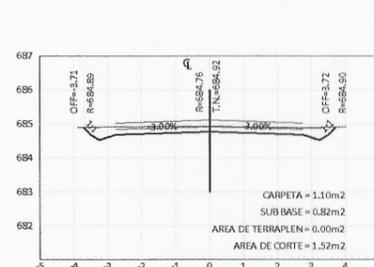
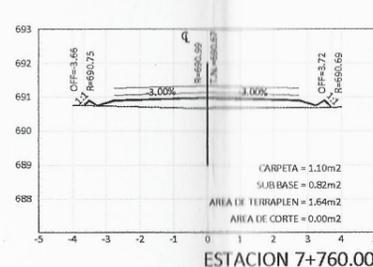
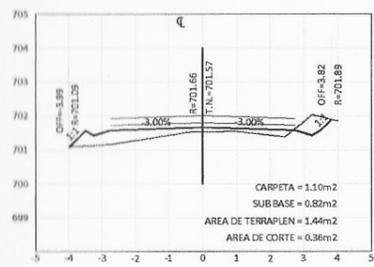
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARTIA SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	SEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
ESCALA INDICADA	FECHA: JUNIO 2019
REVISO:	ACORDO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON
	DESEÑO: ERICHA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON

NO. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

30  
36



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
HACIA LA GARITA DE ISNUL

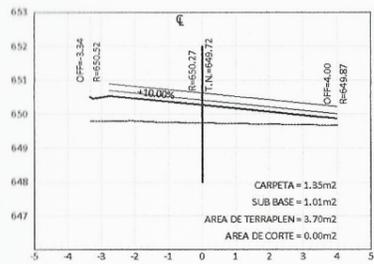
MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA DEPTO: HUEHUETENANGO

CONTENIDO: SECCIONES

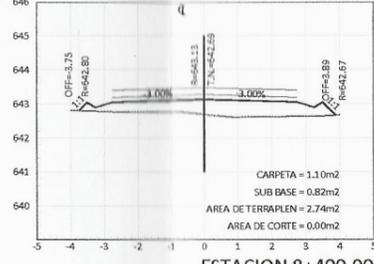
ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2019

REVISÓ: DISEÑÓ: ERIKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

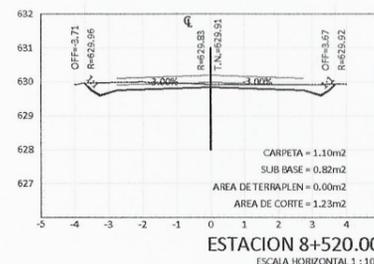
HOJA 31 DE 36



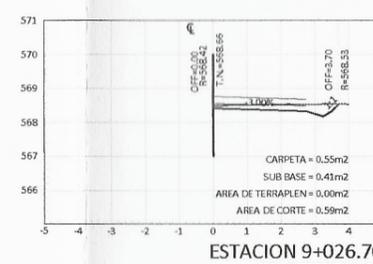
ESTACION 8+280.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



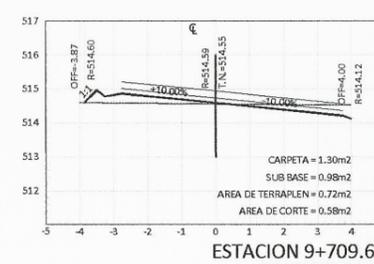
ESTACION 8+400.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



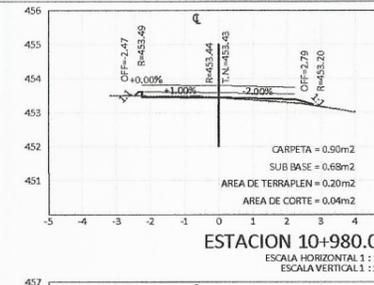
ESTACION 8+520.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



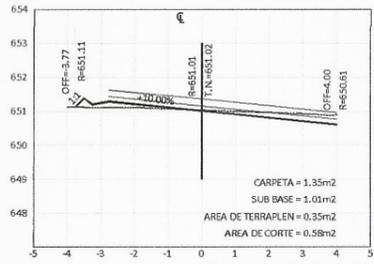
ESTACION 9+026.70  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



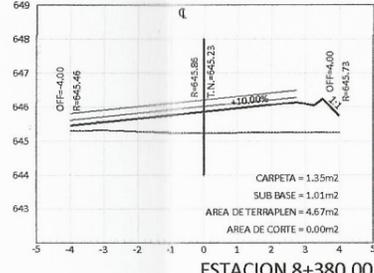
ESTACION 9+709.61  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



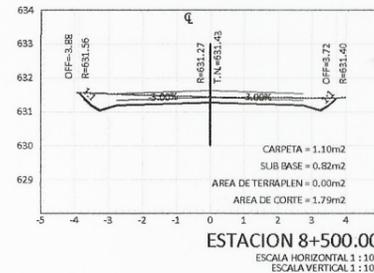
ESTACION 10+980.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+260.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+380.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



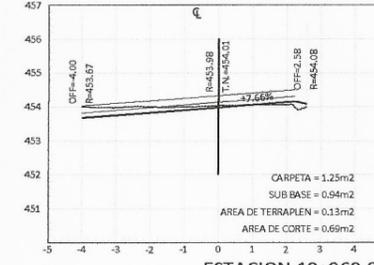
ESTACION 8+500.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



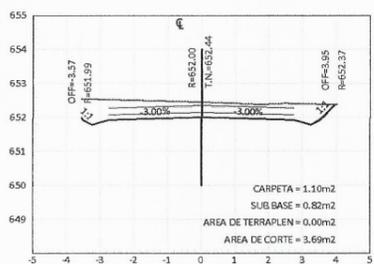
ESTACION 8+843.84  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



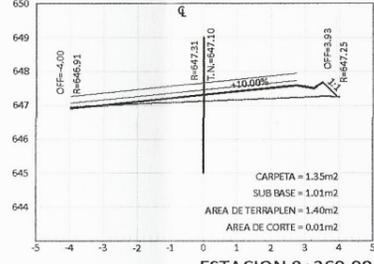
ESTACION 9+591.82  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



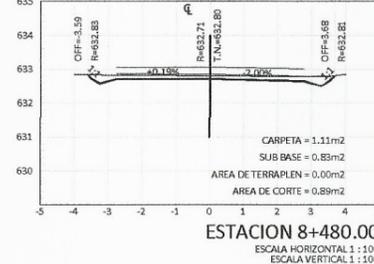
ESTACION 10+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+240.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+360.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



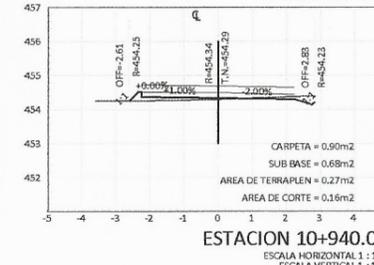
ESTACION 8+480.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



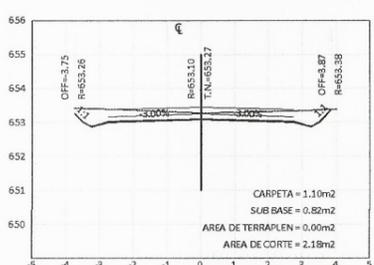
ESTACION 8+600.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



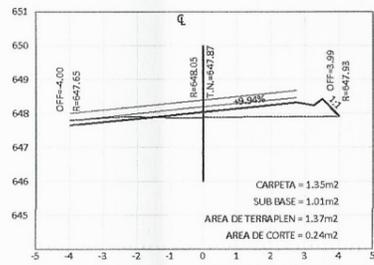
ESTACION 9+488.86  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



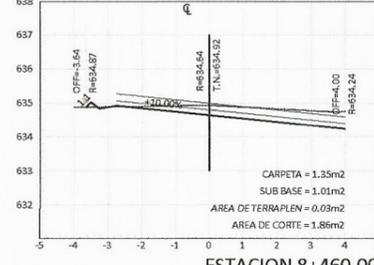
ESTACION 10+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+227.56  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+340.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



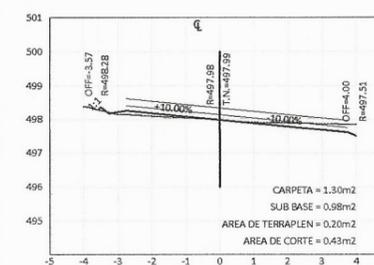
ESTACION 8+460.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



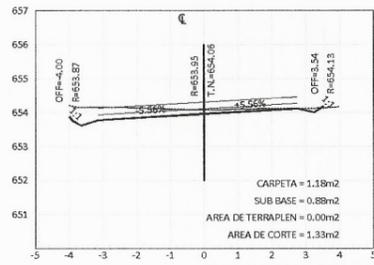
ESTACION 8+580.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



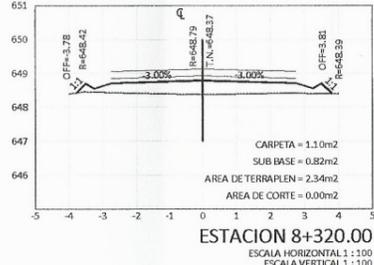
ESTACION 9+412.62  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



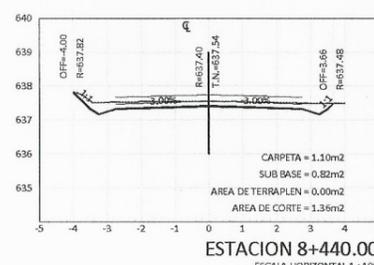
ESTACION 9+996.06  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



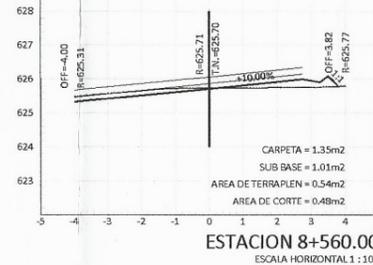
ESTACION 8+220.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+320.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



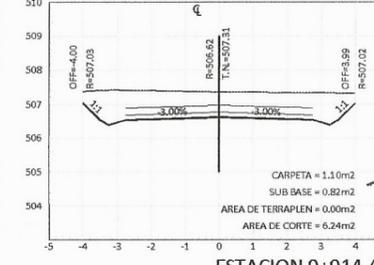
ESTACION 8+440.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



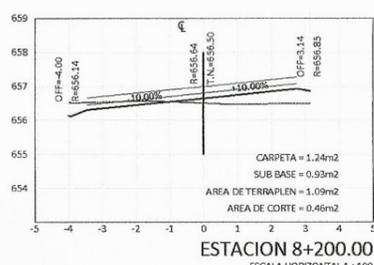
ESTACION 8+560.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



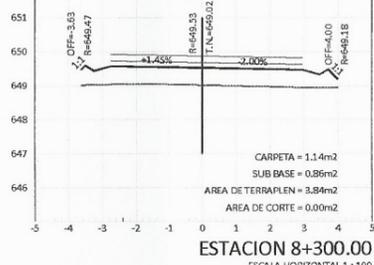
ESTACION 9+304.75  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 9+914.47  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+200.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+300.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+420.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100



ESTACION 8+540.00  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100

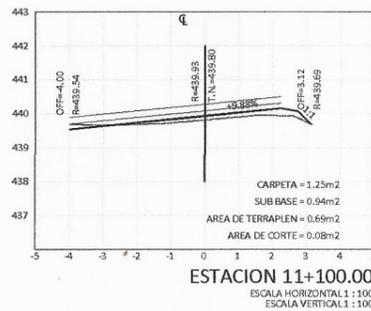
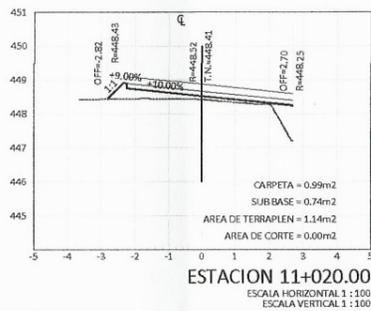
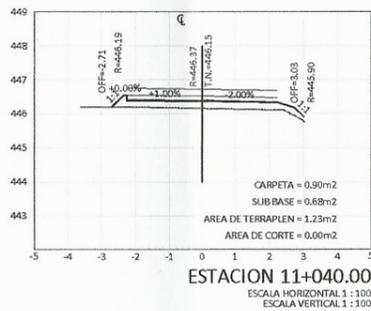
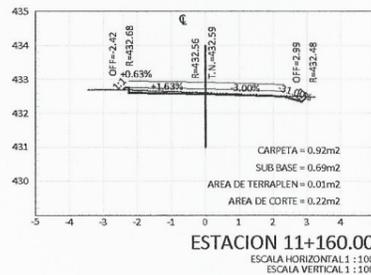
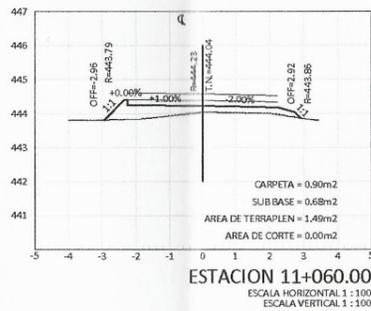


ESTACION 9+197.59  
ESCALA HORIZONTAL 1:100  
ESCALA VERTICAL 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA		DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO:	SECCIONES	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
REVISO:		DEBIDO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
H.C.A.	32	36

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



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

*(Handwritten signature)*

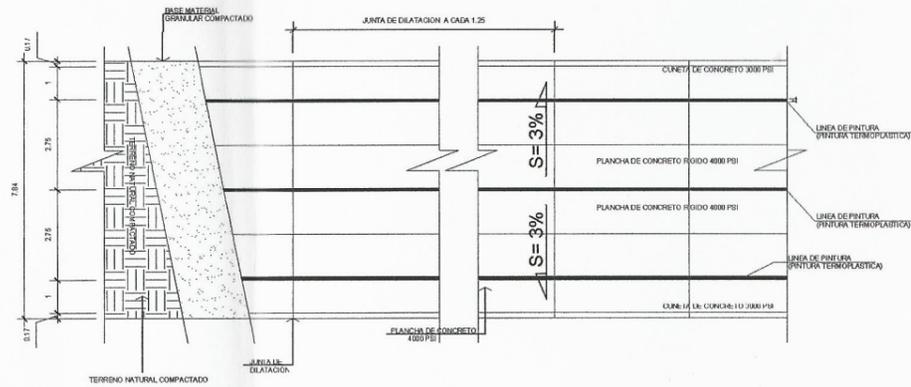
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
 EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
 HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPARTAMENTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: SECCIONES	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019
REVISO:	CALCULO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN
	DISEÑO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN

F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 F. INE. ESCANOR ARRIETA HERNANDEZ

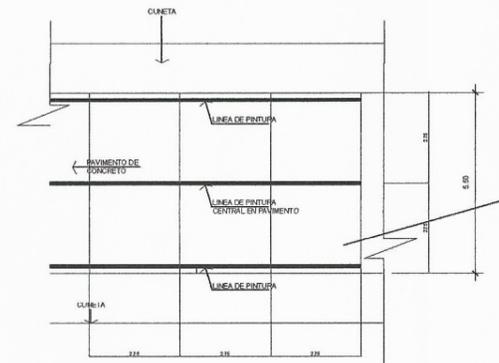
HOJA 33 DE 36



**EMPLANTILLADO**

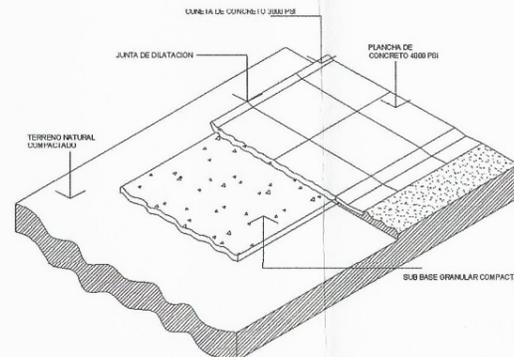
Pavimento de concreto

ESCALA 1:50



**DETALLE DE PAVIMENTO**

ESCALA 1:50



**ISOMETRICO**

Emplantillado

ESCALA 1:75

**ESPECIFICACIONES GENERALES para detalles constructivos PAVIMENTO HIDRAULICO**

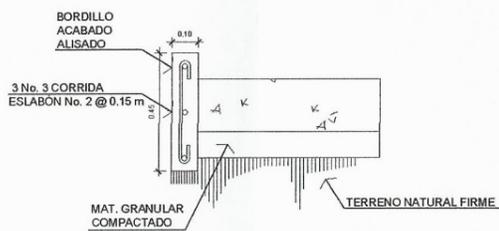
Consiste en la construcción sobre sub-rasante, base preparada y aceptada previamente de la carpeta o losa de pavimento de concreto, de acuerdo con los planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural, el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto.

El agua a usar la fundición estara libre de impurezas vegetales y/o minerales.

$F_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$   
 $F_y = \text{Grado } 40$   
 Tiempo de mezcla = 90 segundos

**MATERIALES**  
 Cemento Hidráulico: Estos cementos deben cumplir con los requisitos principales, con una clase de resistencia de 28 MPa (4000 psi) o mayor.  
 Agregado Grueso: Piedrín de Sólido 1". Deberá cumplir con los requisitos de AASHTO M 80 y ASTM C33.  
 Agregado Fino (Arena azul): El agregado fino a utilizar será arena de río, arena natural o manufacturada, cumplirá con los requisitos de la especificación AASHTO M 6-74.

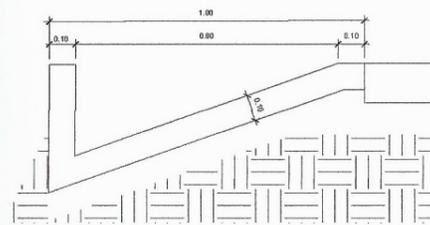
El concreto de la cuneta debe tener una resistencia de 3000PSI con los mismos requisitos del concreto de rodadura.



**DETALLE DE BORDILLO**

Cuneta de concreto 3000 psi

ESCALA 1:10



**DETALLE DE LA CUNETA TIPO L**

Cuneta de concreto 3000 psi

ESCALA 1:10

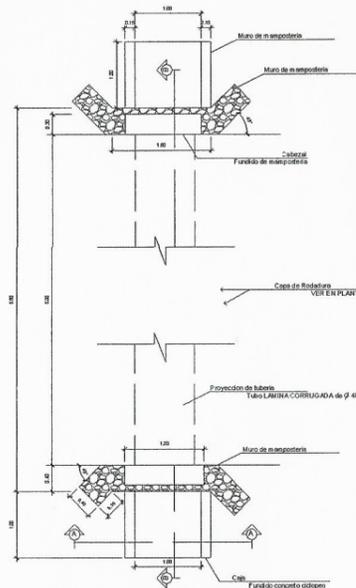
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: SAN PEDRO NECTA	DEPTO: HUEHUETENANGO
CONTENIDO: DETALLES	DISEÑO: ERICKA CASTILLO
ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO 2019
REVISÓ:	CALCULO: ERICKA CASTILLO
	DIBUJO: ERICKA CASTILLO

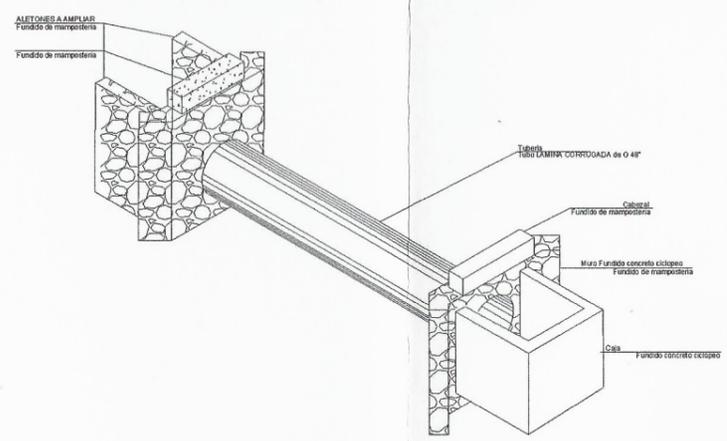
F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
 F. ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

HOJA 34 36



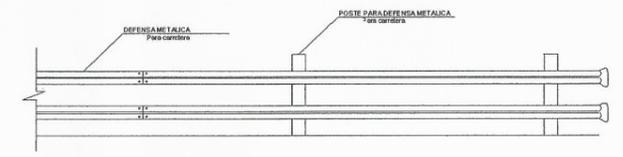
**PLANTA**  
DE TRANSVERSAL

ESCALA 1:50



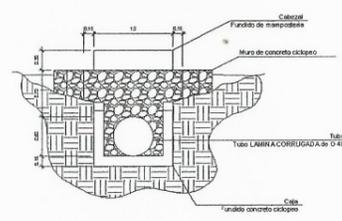
**ISOMETRICO**  
DE TRANSVERSAL

SIN ESCALA



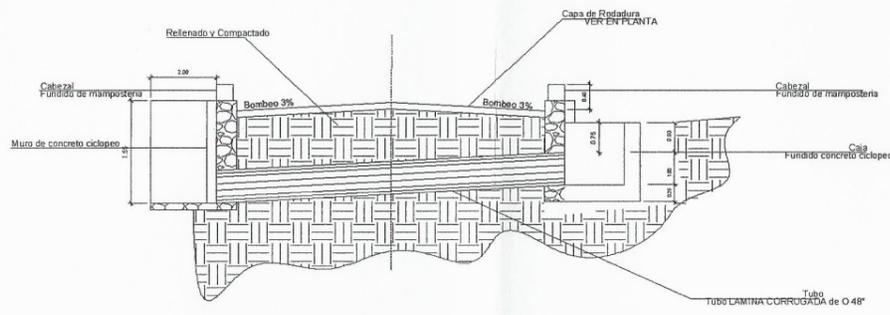
**ELEVACION**  
DEFENSA METALICA PREFABRICADA PARA CARRETERA

SIN ESCALA



**SECCION A - A**  
DE TRANSVERSAL

ESCALA 1:50



**SECCION B - B**  
DE TRANSVERSAL

ESCALA 1:50

**ESPECIFICACIONES GENERALES para detalles constructivos DRENAJE TRANSVERSAL**

La tubería de metal será de acero corrugado tipo copacero, formando un diámetro de 48" por medio de secciones circulares permeables.

Los pernos de acero para las planchas deben cumplir con lo estipulado en AASHTO M164.

**EXCAVACIÓN Y CIMENTACIÓN**

El ancho de zanja debe ser el mínimo que permita trabajar con libertad a los lados de la tubería y para la compactación completa del relleno debajo y alrededor de la misma. Las paredes de la zanja deben quedar lo mas verticales que sea posible, desde la cimentación hasta por lo menos la corona de la alcantarilla.

El suelo de apoyo de la tubería debe proporcionar una resistencia razonable uniforme a la carga impuesta, longitudinalmente y lateralmente. Cuando debido a la presencia de materiales suaves o inestables no se encuentre una base firme para la cimentación de la tubería, estos materiales se deben remover por lo menos dos veces el ancho de la tubería y una profundidad de 0.20m, se debe rellenar con grava u otro material apropiado, debidamente compactado que tenga un espesor mínimo de 30 cms.

**ESTRUCTURA DE MATERIAL DE RELLENO**

La estructura del material de relleno debe ser material granular permeable libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped u otro material. Debe cumplir con lo siguiente:

Dimensión máxima 50 mm

material que pasa el tamiz de 75 , AASHTO T27 Y T11 15% MAX

Limite liquido, AASHTO T89 30%

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

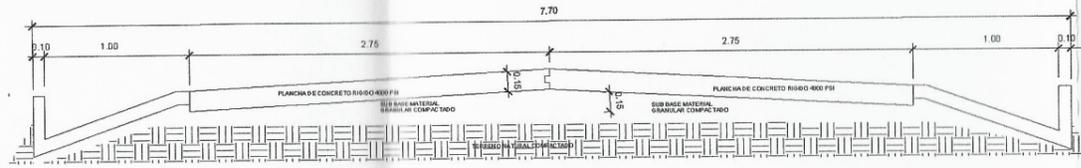
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA  
EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA  
HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO:	SAN PEDRO NECTA	DEPTO:	HUEHUETENANGO
CONTENIDO:	DETALLES	DISEÑO:	ERICKA CASTILLO
ESCALA:	INDICADA	FECHA:	JUNIO 2019
REVISO:		CALCULO:	ERICKA CASTILLO
		DIBUJO:	ERICKA CASTILLO

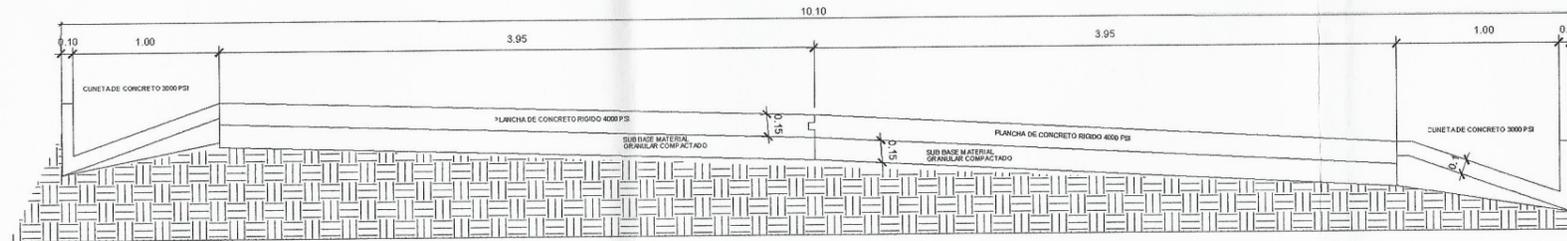
F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN  
F. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

HOJA 35 DE 36



**SECCION TIPICA**

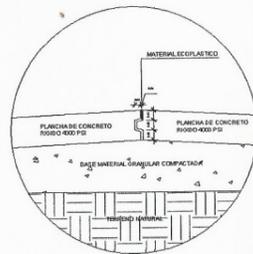
ESCALA 1:20



**SECCION TIPICA**

CAMINAMIENTO 0+160 SOBRE ANCHO DE 2.40 Mts

ESCALA 1:20



**DETALLE DE JUNTA**

ESCALA 1:10



**DETALLE DE JUNTA**

CUANDO LAS PLANCHAS SON ASERRADAS

SIN ESCALA

JUNTAS TRANSVERSALES @ 2.75 MTS Y JUNTAS LONGITUDINALES @ 2.75 MTS

**ESPECIFICACIONES GENERALES para detalles constructivos PAVIMENTO HIDRAULICO**

Consiste en la construcción sobre sub-rasante, base preparada y aceptada previamente de la carpeta o losa de pavimento de concreto, de acuerdo con los planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural, el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto.

El agua a usar la fundición estará libre de impurezas vegetales y/o minerales.

$F_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$   
 $F_y = \text{Grado 40}$   
 Tiempo de mezcla = 90 segundos

**MATERIALES**  
 Cemento Hidráulico: Estos cementos deben cumplir con los requisitos principales, con una clase de resistencia de 28 MPa (4000 psi) o mayor.  
 Agregado Grueso: Piedrín de Sólido 1". Deberá cumplir con los requisitos de AASHTO M 80 y ASTM C33.  
 Agregado Fino (Arena azul): El agregado fino a utilizar será arena de río, arena natural o manufacturada, cumplirá con los requisitos de la especificación AASHTO M 6-74.

**NOTAS:**  
 El área presupuestada en el renglon 6 (CAPA DE PAVIMENTO  $e = 0.20 \text{ m}$ ) incluye todos los sobre anchos de la curvas.  
 En las curvas C-50 y C-121 el sobre ancho deberá ser en su totalidad por fuera de esta.  
 En las curvas C-55, C119, C141 y C156 el sobre ancho deberá ser un 20% por dentro y un 80% fuera de estas.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICAS Y E.P.S.

PROYECTO:  
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL BOQUERÓN DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL

MUNICIPIO: <b>SAN PEDRO NECTA</b>	DEPTO: <b>HUEHUETENANGO</b>
CONTENIDO: <b>DETALLES</b>	DISEÑO: <b>ERICKA CASTILLO</b>
ESCALA: <b>INDICADA</b>	FECHA: <b>JUNIO 2019</b>
REVISÓ:	CALCULO: <b>ERICKA CASTILLO</b>
	DEBULO: <b>ERICKA CASTILLO</b>

F. ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN F. ING. OSCAR ANCHIETA HERNÁNDEZ

HOJA 36/36



# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo límites de Atterberg

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
---	--	---

---

No. 17111

INFORME No. 115 S.S.A. O.T.: 39,571

Interesado: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO HUEHUETENANGO"  
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90  
Ubicación: SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
FECHA: jueves, 04 de abril de 2019

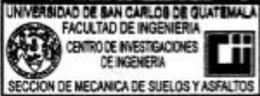
**RESULTADOS:**

MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	32.20	10.80	CL	ARENA ARCILLOSA COLOR MARRON

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS	Aterramiento,	Visa.	 Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes DIRECTOR CI/USAC
--	---------------	-------	--

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Edificio Emilio Beltránena, Ciudad Universitaria zona 12

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 2. Ensayo de granulometría



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



Informe No.: 116 S.S.A.      O.T.: 39,571

Interesado: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON      **No. 17112**

Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

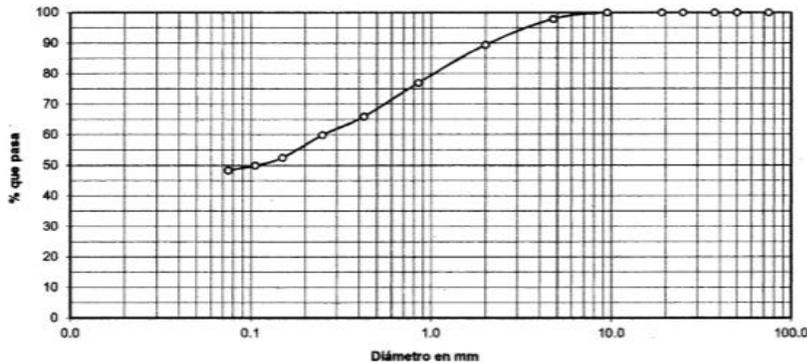
Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

Ubicación: SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO

Fecha: jueves, 04 de abril de 2019      Muestra: 1

Análisis con Tamices					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	89.45
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	77.00
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	65.99
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	59.90
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	52.51
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 µm	49.95
4	4.75 mm	97.95	200	75 µm	48.37



Descripción del suelo: ARENA ARCILLOSA COLOR MARRON

Clasificación: S.C.U.: SC      % de Grava: 2.05      D10: \* mm  
P.R.A.: A-6      % de Arena: 49.58      D30: \* mm  
% de finos: 48.37      D60: 0.25 mm

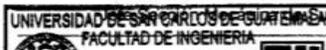
Observaciones Muestra proporcionada por el interesado.  
\* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

*Omar Enrique Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez

Visa.

*Edwin Jpsué Ipatá Reyes*  
Ing. Edwin Jpsué Ipatá Reyes  
DIRECTOR CI/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

### Anexo 3. Ensayo próctor modificado



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

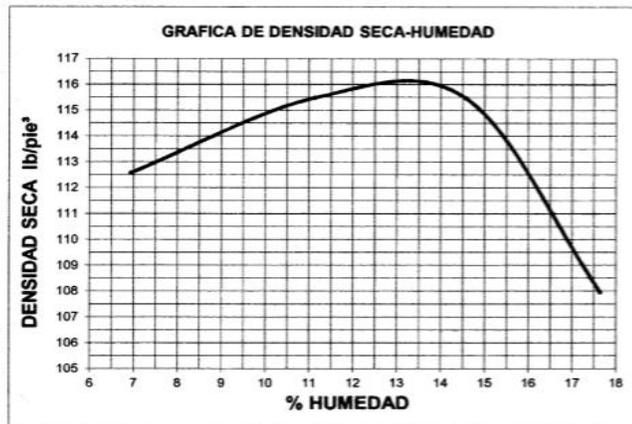


INFORME No. 117 S.S.A.

O.T.: 39,571

No. 17113

Interesado: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99  
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180  
 Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO HUEHUETENANGO"  
 Ubicación: SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
 Fecha: jueves, 04 de abril de 2019



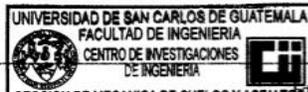
Descripción del suelo: ARENA ARCILLOSA COLOR MARRON  
 Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,862.33 Kg/m<sup>3</sup> 116.25 lb/ft<sup>3</sup>  
 Humedad óptima Hop.: 13.00 %  
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

*Omar Enrique Médrano Méndez*  
 Ing. Omar Enrique Médrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Visa.

*Edwin José Ixpatá Reyes*  
 Ing. Edwin José Ixpatá Reyes  
 DIRECTOR CI/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-  
 Edificio Emilio Beltránena, Ciudad Universitaria zona 12

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 4. Ensayo CBR



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



INFORME No. 118 S.S.A.

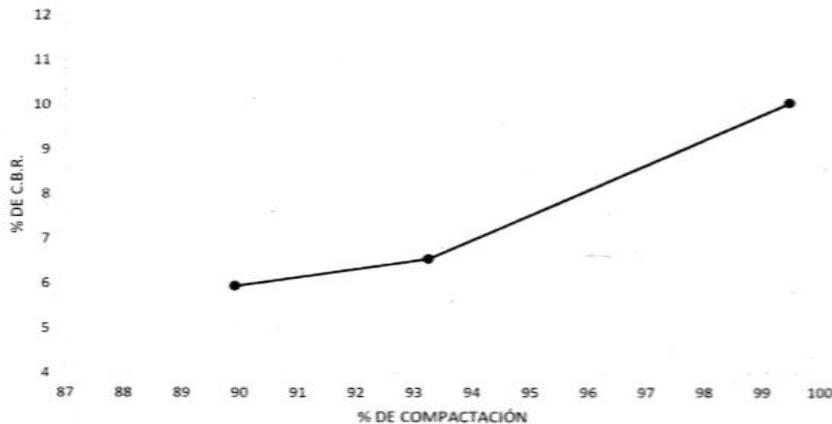
O.T. No. 39,571

No. 17114

Interesado: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEON  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Normas: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION PARA LA ALDEA EL BOQUERON DE LA CARRETERA INTERAMERICANA HACIA LA GARITA DE ISNUL, SAN PEDRO HUEHUETENANGO"  
 Ubicación: SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO  
 Descripción del suelo: ARENA ARCILLOSA COLOR MARRON  
 Fecha: jueves, 04 de abril de 2019

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ (Lb/pie <sup>3</sup> )			
1	10	13.00	104.54	89.9	0.50	5.94
2	30	13.00	108.41	93.3	0.46	6.54
3	65	13.00	115.63	99.5	0.94	10.02

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



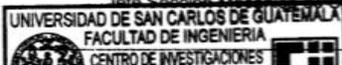
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Visa.

  
 Ing. Edwin Josue Ixpá Reyes  
 DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-

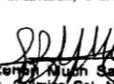
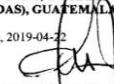
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 5. Examen fisicoquímico nacimiento número 1



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



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO			
O.T. No. 39568		INF. No. 27 701	
INTERESADO: <b>ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN, REGISTRO ACADÉMICO 2011 24056</b>		PROYECTO: <b>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL, SAN PEDRO NECTÁ, HUEHUETENANGO"</b>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Nima</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-24, 17 h 18 min.</u>	
FUENTE: <u>Nacimiento 1</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2019-03-25, 09 h 16 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>San Pedro Necta</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Huehuetenango</u>			
RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>-- °C</u>	
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>175,90 µmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>00,60 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,40 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>98,00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS	mg/L.	SUSTANCIAS	mg/L.
1. CALCIO (Ca)	17,64	6. CLORUROS (Cl)	11,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> )	0,012	7. MAGNESIO (Mg)	04,85
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	23,60	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> )	04,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,01
5. MANGANESO (Mn)	00,016	10. DUREZA TOTAL	64,00
HIDROXIDOS mg/L.	CARBONATOS mg/L.	BICARBONATOS mg/L.	ALCALINIDAD TOTAL mg/L.
00,00	00,00	76,00	76,00
OTRAS DETERMINACIONES <u>Amoniaco 0,02 mg/L.</u>			
OBSERVACIONES: <u>Desde el punto de vista de la calidad física y química los parámetros arriba indicados cumplen con la norma. Según Normas de Calidad para Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).</u>			
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21 <sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NG 0-1-19 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.			
Guatemala, 2019-04-22		 <b>ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN</b> MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	
Visa  <b>ING. EDWIN JOSUE XPATA REYES</b> DIRECTOR CII/USAC			
FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: <a href="http://cii.usac.edu.gt">http://cii.usac.edu.gt</a>			

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 6. Examen bacteriológico nacimiento número 1



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



EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 39 568		INF. No. A - 365 685	
INTERESADO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN REGISTRO ACADEMICO 2011 24056	PROYECTO: EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL, SAN PEDRO NECTA, HUICHUETENANGO"	DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERIA/USAC	
MUESTRA RECOLECTADA POR: Interesada	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2019-03-24, 17 h 18 min.	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2019-03-25, 09 h 16 min.	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: Aldea Nima	FUENTE: Nacimiento 1	CONDICIONES DE TRANSPORTE: Con refrigeración	
MUNICIPIO: San Pedro Necta	DEPARTAMENTO: Huichuetenango	SABOR: -----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: No hay
ASPECTO: Clara	OLOR: inodora	CLORO RESIDUAL: -----	
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
1,00 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
0,10 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GERMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		< 1,8	< 1,8
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I: Calidad Bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según Normas de Calidad para las Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud (OMS).			
Guatemala, 2019-04-22			
Visa	ING EDWIN JOSUE ESPATA REYES DIRECTOR CI/USAC	Zaira Miloh Benitez Ing. Químico Col. No. 420 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	

FACULTAD DE INGENIERIA --USAC--  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 7. Examen fisicoquímico nacimiento número 2



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



O.T. No. 39568				ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO				INF. No. 27 702			
INTERESADO: <b>ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN, REGISTRO ACADÉMICO 2011 24056</b>				PROYECTO: <b>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL, SAN PEDRO NECTÁ, HUEHUETENANGO"</b>							
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>				DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>							
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Nima</u>				FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-24; 17 h 22 min</u>							
FUENTE: <u>Nacimiento 2</u>				FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2019-03-25; 09 h 16 min</u>							
MUNICIPIO: <u>San Pedro Necta</u>				CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>							
DEPARTAMENTO: <u>Huehuetenango</u>											
RESULTADOS											
1. ASPECTO: <u>Claro</u>		4. OLOR: <u>Inodora</u>		7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>-- °C</u>							
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>		5. SABOR: <u>-----</u>		8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>180,50 µmhos/cm</u>							
3. TURBIDEZ: <u>00,26 UNT</u>		6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,44 unidades</u>		9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>101,00 mg/L</u>							
SUSTANCIAS			mg/L			SUSTANCIAS			mg/L		
1. CALCIO (Ca)			18,44			6. CLORUROS (Cl)			12,00		
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> )			0,015			7. MAGNESIO (Mg)			07,29		
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> )			23,00			8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> )			04,00		
4. CLORO RESIDUAL			--			9. HIERRO TOTAL (Fe)			00,01		
5. MANGANESO (Mn)			00,006			10. DUREZA TOTAL			76,00		
HIDROXIDOS mg/L			CARBONATOS mg/L			BICARBONATOS mg/L			ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00			00,00			82,00			82,00		

OTRAS DETERMINACIONES Amoníaco 0,01 mg/L

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física y química los parámetros arriba indicados cumplen con la norma. Según Normas de Calidad para Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR-NGQ 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2019-04-22

Visa  
ING. EDWIN JOSUE IXPATÁ REYES  
DIRECTOR CI/USAC



ING. ZELSON MUCH SANTOS  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA—USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115. Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 8. Examen bacteriológico nacimiento número 2



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



O.T. No. 39 568		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 365 686	
INTERESADO:	ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN REGISTRO ACADEMICO 2011 24056	PROYECTO:	EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE DCHIGUAL, ALDEA AJAL SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO"		
MUESTRA RECOLECTADA POR:	Interesada	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERIA/USAC		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Aldea Nima	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2019-03-24. 17 h 22 min.		
FUENTE:	Nacimiento 7	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2019-03-25. 09 h 16 min.		
MUNICIPIO:	San Pedro Necta	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Huehuetenango				
SABOR:	----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	No hay		
ASPECTO:	Clara	CLORO RESIDUAL	----		
OLOR:	Inodora				
<b>INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)</b>					
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA			
		FORMACION DE GAS			
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C		
10,00 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria		
1,00 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria		
0,10 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria		
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		< 1,8	< 1,8		
<p>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</p> <p>OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I: Calidad Bacteriológica, que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según Normas de Calidad para las Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud (OMS).</p>					
Guatemala, 2019-04-22					
Visa	ING EDWIN JOSUE ESPATA REYES DIRECTOR CII/USAC		Zenaida Much Sacton Ing. Químico Col. No. 322 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	LABORATORIO CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA LABORATORIO CERTIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANTARITA DRA. ALBA TABARINE MOLINA CII/USAC GUATEMALA	
<p>FACULTAD DE INGENIERIA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: <a href="http://cii.usac.edu.gt">http://cii.usac.edu.gt</a></p>					

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 9. Examen fisicoquímico nacimiento número 3



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



O.T. No. 39568		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 27 703	
INTERESADO: <b>ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN, REGISTRO ACADÉMICO 2011 24056</b>		PROYECTO: <b>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL, SAN PEDRO NECTÁ, HUEHUETENANGO"</b>			
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Nima</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-24; 17 h 28 min.</u>			
FUENTE: <u>Nacimiento 3</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2019-03-25; 09 h 16 min.</u>			
MUNICIPIO: <u>San Pedro Necta</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>			
DEPARTAMENTO: <u>Huehuetenango</u>					
RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>-- °C</u>			
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>176,10 µmhos/cm</u>			
3. TURBIEDAD: <u>00,20 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,36 unidades</u>	9. SÓLIDOS DESUELTOS: <u>99,00 mg/L</u>			
SUSTANCIAS		mg/L		SUSTANCIAS	
1. CALCIO (Ca)		16,83		6. CLORUROS (Cl)	
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> )		0,013		7. MAGNESIO (Mg)	
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> )		21,40		8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	
4. CLORO RESIDUAL		--		9. HIERRO TOTAL (Fe)	
5. MANGANESO (Mn)		00,013		10. DUREZA TOTAL	
HIDROXIDOS		CARBONATOS		BICARBONATOS	
mg/L		mg/L		mg/L	
00,00		00,00		74,00	
				ALCALINIDAD TOTAL	
				mg/L	
				74,00	

OTRAS DETERMINACIONES Amoníaco 0,02 mg/L

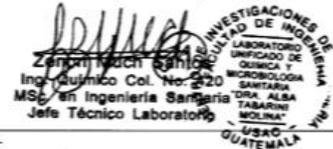
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física y química los parámetros arriba indicados cumplen con la norma. Según Normas de Calidad para Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2005, NORMAS COGUANOR NCO-4-810 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2019-04-22

Visa

ING. EDWIN JOSUE EXPATA REYES  
DIRECTOR CI/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA—USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

Anexo 10. Examen bacteriológico nacimiento número 3



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



EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 365 687	
O.T. No. 39 568			
INTERESADO: ERICKA ALEXANDRA CASTILLO DE LEÓN REGISTRO ACADÉMICO 2011 24056	PROYECTO: EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE IXCHIGUAL, ALDEA AJAL, SAN PEDRO NECTA, HUEHUETENANGO"		
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Aldes Nima</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-03-24, 17 h 28 min.</u>		
FUENTE: <u>Nacimiento 3</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-03-25, 09 h 16 min.</u>		
MUNICIPIO: <u>San Pedro Necta</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO: <u>Huehuetenango</u>			
SABOR: <u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u>		
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: <u>----</u>		
OLOR: <u>Inodora</u>			
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria
1,00 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria
0,10 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		< 1,8	< 1,8
<p>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</p> <p>OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I: Calidad Bacteriológica, que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según Normas de Calidad para las Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud (OMS).</p>			
Guatemala, 2019-04-22			
Visa	 ING EDWIN JOSUE DXPATA REYES DIRECTOR CII/USAC	 Zoraida Moch Santos Ing Químico Col. No. 420 MSd en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	

FACULTAD DE INGENIERIA—USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.