

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

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL
CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO,
MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**

José Daniel González Gómez

Asesorado por la Inga. Christa Classon de Pinto

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL
CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO,
MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ DANIEL GONZÁLEZ GÓMEZ
ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

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

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha septiembre de 2010.

José Daniel González Gómez



Guatemala, 03 de septiembre de 2012
Ref.EPS.DOC.1209.09.12

Inga. Sigríd Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Daniel González Gómez** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200313147**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Christa Del Rosario Classen de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil


c.c. Archivo
CCdP/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
30 de enero de 2013

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

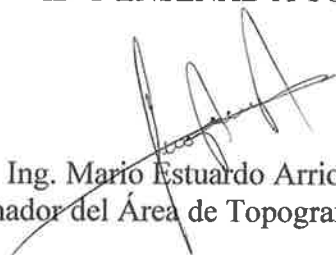
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Daniel González Gómez, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
1 de febrero de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Daniel González Gómez, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 06 de febrero de 2013
Ref.EPS.D.71.02.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Daniel González Gómez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Del Rosario Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid *Sigrid Calderón de León*
DIRECTORA
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SACdL/ra



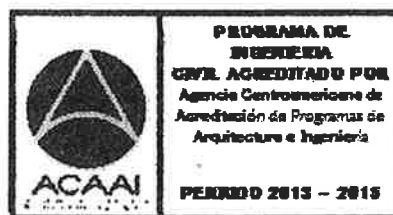
El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante José Daniel González Gómez, titulado DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

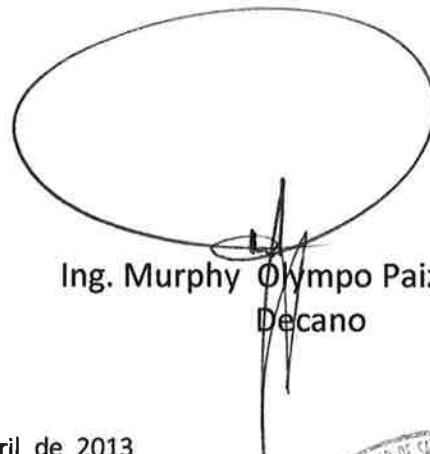


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 280.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **José Daniel González Gómez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de abril de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme vida y sabiduría en mi camino.
Mi esposa	Sandra Karina Sical, por su amor e inspiración para culminar mi carrera.
Mi hijo	José Javier, por ser un regalo maravilloso que Dios me ha dado y deseando inspirar tu vida también.
Mis padres	Isauro González y Rosmery Gómez, por ser un apoyo incondicional durante todos mis años de estudio y mi ejemplo en cada día de sus vidas.
Mis hermanos	Emily y Jorge González Gómez, por desafiarme a ser un buen ejemplo para ellos.
Mis abuelos	Por su cariño incondicional.
Mis pastores	Byron y Lilia De León, por sus consejos, cuidados y por bendecir mi vida espiritual.
Mis amigos	Por tantos momentos compartidos estos años y ser un apoyo en momentos de dificultad.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería	Por brindarme el conocimiento necesario para desempeñarme como un buen profesional de la ingeniería.
Municipalidad de Chimaltenango	Por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Inga. Christa Classon	Por su apoyo y asesoría para la realización de mi trabajo de graduación.
Ing. Ludwin Arnaldo Tacam	Por su apoyo en la realización de mi proyecto de graduación como encargado de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Chimaltenango.
Ing. Omar Medrano	Por su asesoría durante el proceso de ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería.
CUNDECH	Por su apoyo en la identificación de los proyectos presentados en este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO.....	1
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Características geográficas.....	2
1.2.1. Localización y extensión territorial.....	2
1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias.....	2
1.2.3. Vías de acceso.....	2
1.2.4. Clima	4
1.3. Características económicas.....	5
1.4. Características socioculturales.....	6
1.4.1. Población.....	6
1.4.2. Educación.....	6
1.4.3. Servicios básicos existentes.....	7
2. DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO.....	9
2.1. Descripción del proyecto y parámetros de diseño.....	9

2.1.1.	Bases del diseño.....	9
2.1.1.1.	Período de diseño.....	9
2.1.1.2.	Diseño geométrico de carreteras.....	10
2.1.1.3.	Alineamiento horizontal.....	10
2.1.1.3.1.	Cálculo de elementos de curva.....	12
2.1.1.4.	Alineamiento vertical.....	17
2.1.1.5.	Curvas de transición.....	25
2.1.1.6.	Peralte	26
2.1.1.7.	Sobre ancho de calzada en curvas	30
2.2.	Levantamiento topográfico.....	36
2.2.1.	Planimetría.....	36
2.2.2.	Altimetría.....	37
2.2.3.	Movimiento de tierras	38
2.2.3.1.	Determinación de áreas por el método gráfico.....	41
2.2.3.2.	Cálculo de volúmenes.....	41
2.3.	Definición de pavimentos.....	53
2.4.	Tipos de pavimentos.....	53
2.4.1.	Pavimentos flexibles.....	54
2.4.2.	Pavimentos rígidos.....	54
2.5.	Partes de un pavimento.....	55
2.5.1.	Base.....	55
2.5.1.1.	Tipos de base.....	56
2.5.2.	Subbase.....	56
2.5.3.	Rasante.....	56
2.5.4.	Subrasante.....	57
2.5.5.	Carpeta de rodadura.....	57
2.6.	Ensayo de suelos para pavimentos.....	58

2.6.1.	Granulometría.....	59
2.6.2.	Límites de Atterberg.....	60
2.6.2.1.	Límite líquido.....	60
2.6.2.2.	Límite plástico.....	61
2.6.2.2.1.	Índice plástico.....	61
2.6.3.	Ensayo de compactación (proctor modificado).....	61
2.6.4.	Ensayo de valor soporte CBR.....	62
2.6.5.	Ensayo equivalente de arena.....	62
2.6.6.	Resultado de los ensayos realizados.....	63
2.7.	Normas de diseño de pavimentos.....	63
2.7.1.	Normas de diseño para pavimentos flexibles.....	64
2.7.2.	Normas de diseño para pavimentos rígidos.....	64
2.7.3.	Criterio de diseño a utilizar.....	65
2.8.	Diseño del pavimento para la ruta entre el caserío Yerbabuena y la aldea Puerta abajo.....	67
2.8.1.	Análisis del tránsito de la ruta.....	67
2.8.2.	Tipo de pavimento a utilizar.....	67
2.8.3.	Diseño geométrico del pavimento.....	68
2.8.4.	Diseño estructural del pavimento.....	68
2.8.4.1.	Consideraciones para el diseño del pavimento rígido.....	76
2.8.4.2.	Diseño de cuneta	82
2.9.	Presupuesto.....	87
3.	DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO.....	89
3.1.	Bases del diseño.....	89

3.1.1.	Diámetros mínimos.....	90
3.1.2.	Velocidades mínimas y máximas.....	90
3.1.3.	Profundidad de tuberías.....	90
3.1.4.	Pozos de visita.....	91
3.1.5.	Tragantes.....	92
3.2.	Determinación del caudal del sistema pluvial.....	92
3.2.1.	Período de retorno.....	93
3.2.2.	Intensidad de lluvia.....	93
3.2.3.	Áreas tributarias.....	94
3.2.4.	Tiempo de concentración.....	95
3.2.5.	Pendiente del terreno.....	96
3.2.6.	Coefficiente de escorrentía.....	96
3.2.7.	Caudal de diseño.....	97
3.2.8.	Velocidad del flujo a sección llena.....	98
3.2.9.	Ejemplo de cálculo.....	99
3.3.	Presupuesto.....	108
3.4.	Análisis económico.....	110
3.4.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	110
3.4.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	112
3.5.	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).....	113
CONCLUSIONES.....		119
RECOMENDACIONES.....		121
BIBLIOGRAFÍA.....		123
APÉNDICES.....		125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa del municipio de Chimaltenango.....	3
2.	Sección típica de una carretera.....	10
3.	Planta de una curva horizontal.....	11
4.	Esquema grado de curvatura.....	12
5.	Elementos de curvas horizontales circulares simples.....	13
6.	Planta de curva vertical	18
7.	Comparación de factores de fricción transversal para diferentes tipos de carreteras.....	28
8.	Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.....	42
9.	Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras con distancia de paso de corte hacia relleno....	43
10.	Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras con distancia de paso de corte hacia sección con relleno y corte	44
11.	Dimensionamiento final de cuneta	86
12.	Cálculo de área tributaria con software gvSIG	99
13.	Valor Presente Neto (VPN).....	111
14.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	112

TABLAS

I.	Plantilla de diseño de curvas horizontales del proyecto.....	16
----	--	----

II.	Constante k en longitud mínima de curvas verticales	19
III.	Plantilla de diseño de curvas verticales del proyecto	23
IV.	Criterios de diseño de curvas verticales del proyecto	24
V.	Fricción transversal máxima para diseño en curvas	27
VI.	Radios mínimos y peraltes máximos	29
VII.	Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte.....	30
VIII.	Sobre ancho de calzada en curvas circulares (en metros)	31
IX.	Plantilla de diseño de curvas de transición	31
X.	Plantilla de diseño de peralte, longitudes de transición de peralte y bombeo, y sobre ancho.....	34
XI.	Cálculo del movimiento de tierras	45
XII.	Categorías de carga por eje	70
XIII.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.....	72
XIV.	Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA).....	73
XV.	Valores de k para diseño sobre bases de suelo-cemento (PCA)...	73
XVI.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	74
XVII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con juntas doveladas.....	75
XVIII.	Asentamiento al uso de estructura	79
XIX.	Resistencia del concreto con relación al agua cemento	79
XX.	Tipos de asentamiento dependiendo del agregado	80
XXI.	Porcentaje de arena dependiendo del tamaño del agregado	80
XXII.	Presupuesto de pavimento rígido.....	87
XXIII.	Tabla de intensidad de lluvia.....	94
XXIV.	Tiempos iniciales de concentración.....	95
XXV.	Coeficientes de escorrentía.....	97
XXVI.	Integración coeficiente de escorrentía.....	100

XXVII.	Cálculo hidráulico del drenaje pluvial.....	103
XXVIII.	Planilla de pozos de absorción.....	108
XXIX.	Presupuesto de drenaje pluvial.....	108
XXX.	Cálculo de Valor Presente Neto (VPN).....	111
XXXI.	Síntesis del Plan de supervisión y control del Impacto Ambiental.	114

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\emptyset	Diámetro
fqm	Factor de caudal medio
Δ	Grado de curvatura
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
hab	Habitantes
IP	Índice de plasticidad
km	Kilómetros
kph	Kilómetros por hora
psi	Libra por pulgada cuadrada
LL	Límite líquido
l/km-día	Litros por kilómetros al día
l/s	Litros por segundo
m	Metro
m²	Metros cuadrados
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros sobre segundo
mm/h	Milímetros por hora
K	Módulo de ruptura
MR	Módulo de ruptura
a	Parámetro de ajuste
b	Parámetro de ajuste
π	Pi
pvc	Policloruro de vinilo

“	Pulgadas
plg	Pulgadas
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidad
gvSIG	Sistema de Información Geográfica de Software Libre
Σ	Sumatoria
t	Tiempo

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Aguas pluviales	Son las aguas que provienen de las lluvias. Corren a través de las zonas urbanas y sus alrededores.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
CBR	California Bearing Ratio (Valor Soporte California).
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Colector	Es una tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas residuales o pluviales hacia el lugar de desfogue.
Cota Invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
DEOCSA	Distribuidora de Energía de Occidente Sociedad Anónima

DGC	Dirección General de Caminos.
Diámetro	Línea recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.
EIA	Estudio de Impacto Ambiental.
Grava	Conjunto de materiales procedentes de erosiones meteorológicas que se encuentra en yacimientos.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Junta	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debido a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.
Límites de consistencia	Son denominados límites de Atterberg, y sirven para encontrar las propiedades físicas y plásticas de los suelos arcillosos o arenosos.
Monografía	Breve descripción de las características económicas, sociales, físicas y culturales de una región o pueblo.

OMP	Oficina Municipal de Planificación.
PCA	Portland Concrete Association.
Período de diseño	Período durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
TPD	Tránsito promedio diario.
TPDA	Tránsito promedio diario anual.
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones.

RESUMEN

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado, se conoció la necesidad de proyectos para el caserío Yerbabuena, sobre todo en relacionado con el acceso que conduce desde este caserío hacia la aldea Puerta Abajo, ruta que además de tener una longitud considerable, en la actualidad ya aglutina una gran cantidad de familias, principalmente de agricultores, que padecen dificultades ante las pésimas condiciones del acceso a su comunidad.

Se ha diseñado la pavimentación de concreto para los 3,5 kilómetros de dicha ruta, implementando en toda su longitud un sistema de drenaje pluvial que ayudará a desfogar la precipitación sobre la ruta y lo que llega a esta desde las calles que desembocan en dicha ruta.

El pavimento de concreto tendrá 5,50 metros de ancho, con un espesor de 15 centímetros, cunetas a cada lado de la ruta y un bombeo pluvial de 3 por ciento en la sección típica, y de 6 por ciento en una sección en curva.

El sistema de drenaje pluvial se ha proyectado utilizando tubería de pvc para el colector principal, y un sistema de tragantes a lo largo de toda la ruta para conducir el agua de lluvia hacia dicho colector. Además, debido a la topografía del lugar y buscando el menor impacto ambiental, la descarga se realizará tanto en el río Yerbabuena, como en pozos de absorción.

Para el diseño del drenaje pluvial de la ruta se han aplicado recomendaciones y normas aprobadas por el Instituto de Fomento Municipal

(INFOM) y para el pavimento rígido se ha utilizado el método de diseño de la PCA, y la Dirección General de Caminos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el pavimento de concreto y drenaje pluvial de la ruta entre el caserío Yerbabuena, municipio de Chimaltenango y la aldea Puerta Abajo del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, para mejorar el acceso a dichas comunidades y con ello impactar positivamente en el desarrollo económico y social de sus habitantes.

Específicos

1. Contribuir al desarrollo de las comunidades por medio de la planificación de proyectos de infraestructura, en las áreas de vías terrestres y de hidráulica; así como colaborar en dar soluciones a los problemas que aquejan a las comunidades, por medio de propuestas, sugerencias y recursos técnicos que se posean.
2. Contribuir con la reducción de las inundaciones producidas por las lluvias en la ruta que conduce desde el caserío Yerbabuena hasta la aldea Puerta Abajo.
3. Mejorar las condiciones de acceso de los habitantes de dichas comunidades, con la ejecución del proyecto de pavimentación de la ruta.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho comprobado que las vías de acceso, se constituyen en un vínculo de desarrollo para las comunidades que gozan de un buen estado de dichos servicios, debido a su impacto positivo en el comercio, la salud y la seguridad como algunos de los factores más importantes.

El crecimiento poblacional en el área central del departamento de Chimaltenango, ha generado que muchas personas opten por habitar en aldeas y caseríos cercanos a las cabeceras municipales y carreteras principales que atraviesan este departamento. Este es el caso de las poblaciones del caserío Yerbabuena y la aldea Puerta Abajo, ubicadas en jurisdicción de los municipios de Chimaltenango y Zaragoza, que a pesar de su cercanía con las cabeceras de dichos municipios y con la carretera Interamericana, el acceso a las mismas se encuentra en mal estado.

Como parte de la mejora sustancial de dicho acceso para las poblaciones antes mencionadas, se proponen los siguientes proyectos; el primero es el diseño del pavimento para los 3,5 kilómetros del acceso que comunica al caserío Yerbabuena con la aldea El Llano y conecta con el casco urbano del municipio de Zaragoza. El segundo proyecto, es el diseño del drenaje pluvial de dicho tramo de pavimentación.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO

1.1 Antecedentes históricos

Su nombre original fue Bokop, pero en lengua mexicana se llamó Chimaltenango, compuesto por las voces Nahuatl Chimal (escudo) y tenango (lugar), de donde surgen las denominaciones de Lugar de Los Escudos o Lugar amurallado de escudos. En lengua cakchiquel Chimaltenango se dice Bocop o Bokop, que también significa escudo o rodela.

Se atribuye a don Pedro de Portocarrero, la fundación de la cabecera del departamento de Chimaltenango en 1526.

Chimaltenango, con el título de corregimiento del valle, perteneció a lo que hoy es Sacatepéquez, hasta el 23 de noviembre de 1752, en que se le confirió la calidad de Alcaldía Mayor (fue la ciudad-residencia del Alcalde Mayor), así quedaron establecidas dos alcaldías mayores, la de Chimaltenango propiamente dicha y la de los Amatitlanes y Sacatepéquez. Estas dos provincias componían el Valle de Guatemala, que desde la conquista estuvo bajo el gobierno de los alcaldes ordinarios de la capital, razón por la cual se denominaban corregidores del valle.

La cabecera departamental fue fundada por Acuerdo Gubernativo de fecha 29 de octubre de 1825, con el título de Villa. Fue elevado a la categoría de ciudad por acuerdo gubernativo con fecha 15 de mayo de 1926.

1.2 Características Geográficas

El municipio de Chimaltenango posee características propias de la región central del país, y debido a su ubicación dentro de un valle, sus características climáticas son especiales.

1.2.1. Localización y extensión territorial

El municipio de Chimaltenango, es la cabecera departamental de Chimaltenango y cuenta con una extensión territorial de 49 092 kilómetros cuadrados.

1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias

El municipio de Chimaltenango se ubica a 54 kilómetros de la ciudad capital, limitada al norte con San Martín Jilotepeque, al sur con San Andrés Itzapa, al oriente con El Tejar y al poniente con Zaragoza.

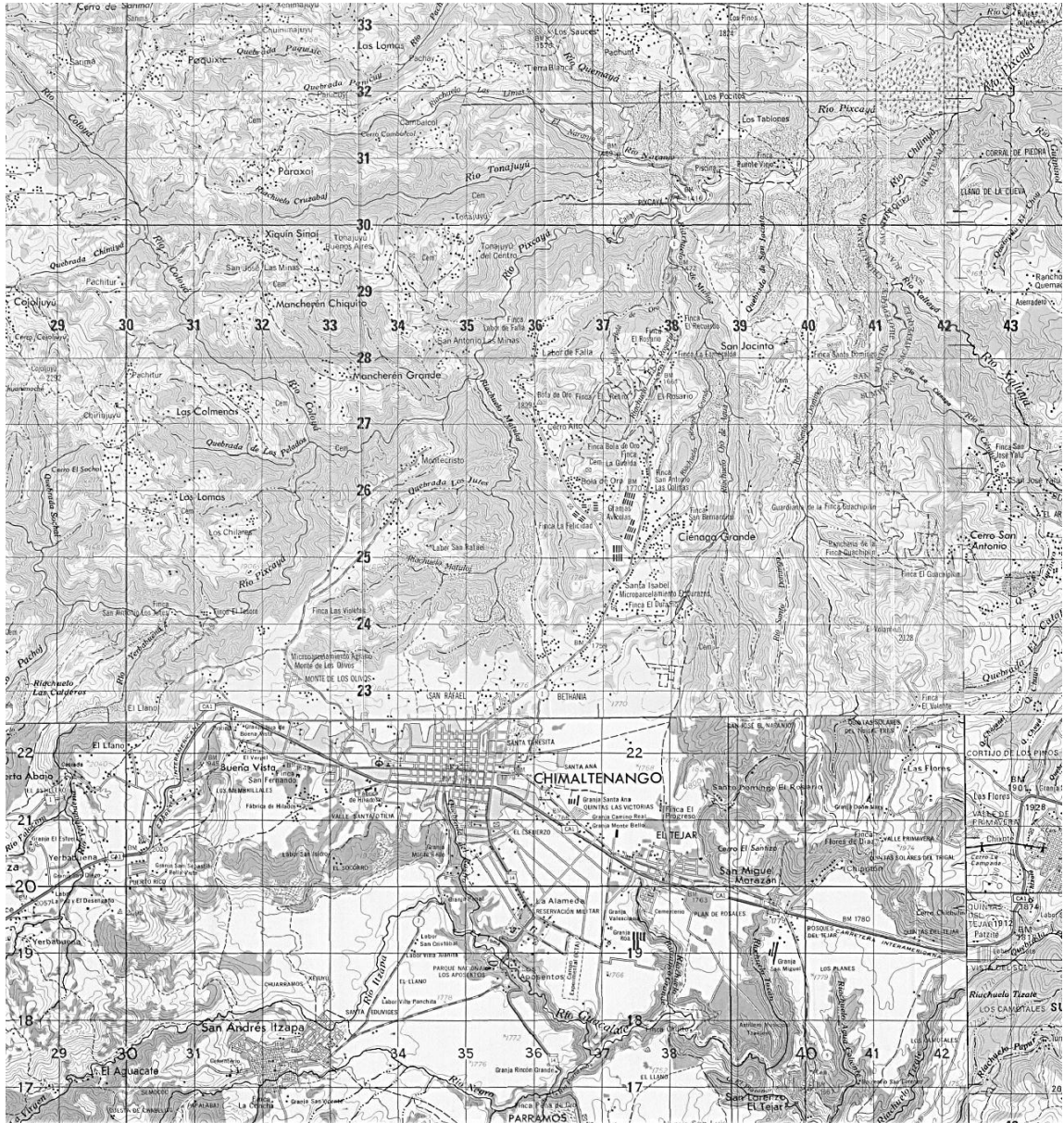
1.2.3. Vías de acceso

El municipio de Chimaltenango es atravesado de oriente a occidente por la carretera Interamericana CA-1 y este constituye un paso importante de acceso hacia el occidente del país.

También posee dos accesos secundarios importantes, el que conduce desde Sacatepéquez hacia la cabecera de Chimaltenango y la ruta RN-14 que conecta el municipio de Escuintla con el departamento de Chimaltenango a través del municipio de El Tejar, que en la actualidad se ha vuelto muy importante en el tránsito de mercadería hacia los puertos marítimos.

A su vez, cuenta con carreteras rurales que dan acceso a todas sus aldeas y rutas intermunicipales con los municipios vecinos.

Figura 1. Mapa del municipio de Chimaltenango



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Mapa del municipio de Chimaltenango.

1.2.4. Clima

Su clima es templado, debido a su ubicación y su altitud de 1 800 metros sobre el nivel del mar, está rodeado de colinas y barrancos ocupando gran parte de las llanuras del valle. El municipio se encuentra en la divisoria de aguas del departamento y debido a esto, los ríos ubicados en la zona norte, drenan hacia la cuenca del río Motagua y los de la zona sur hacia el océano Pacífico por medio de la cuenca del río Achiguate.

El INSIVUMEH cuenta en el departamento de Chimaltenango con las siguientes estaciones: estación tipo A Alameda ICTA Chimaltenango, estaciones tipo B en Santa Cruz Balanyá y San Martín Jilotepeque. Los datos obtenidos de la estación Alameda ICTA Chimaltenango para los diferentes parámetros de temperatura durante 2011, son los siguientes:

Temperatura media	18,3°C
Temperatura máxima promedio	23,5°C
Temperatura mínimo promedio	11,0°C
Temperatura máxima absoluta	29,0°C
Temperatura mínima absoluta	2,6°C
Dirección de viento	Norte
Velocidad de viento	5,6 km/h
Nubosidad	5 Octas
Evaporación	5,2 mm
Lluvia	1290,5 mm
Insolación	231,3 horas
Temperatura punto de rocío	15,07°C

1.3 Características económicas

El municipio de Chimaltenango tiene como principal fuente de producción y ocupación, la agricultura. Entre los principales cultivos se tiene: el maíz, café, frijol, frutas, hortalizas y otros. En menor escala tiene la ganadería equina y bovina, así como la agroindustria y artesanías.

Cercano a la cabecera municipal existen varias industrias creadas por la franja de desarrollo donde se emplean muchas personas, especialmente mujeres con escasa instrucción.

En los últimos 10 años, se ha observado una creciente ola de comercio dentro del municipio, que en la actualidad cuenta con dos mercados, el primero dedicado únicamente al comercio local, y el segundo, cumple la función de mercado terminal, en el cual se lleva a cabo la mayor parte de transacciones de productos de consumo diario y productos varios.

Los días principales de mercado en el municipio, son los lunes y viernes. También se cuenta con un mercado de animales, el cual ve su mayor actividad los días jueves y viernes, con ganado proveniente del municipio de Chimaltenango, y también de Zaragoza, Comalapa, Itzapa y otros.

En la actualidad se cuenta con más de 30 agencias bancarias, múltiples empresas de electrodomésticos, franquicias de restaurantes nacionales e internacionales y crecientes asociaciones de transporte urbano.

1.4 Características socioculturales

Estos aspectos tienen que ver con el tipo de sociedad y cultura en la que se desenvuelve una persona. En la actualidad el municipio de Chimaltenango posee características socioculturales muy variadas.

1.4.1 Población

Los habitantes del municipio, así como del resto del departamento, son en alto porcentaje indígenas, pertenecientes al grupo Kaqchikel. En la actualidad hay un grupo muy grande de población ladina originaria de la región, como también del resto del país, ya que debido a la proximidad con la ciudad capital, este municipio se ha convertido en un sitio ideal para pernoctar y durante el día estudiar, trabajar o comerciar en la ciudad de Guatemala.

Según el censo municipal elaborado por SEGEPLAN en el 2003 el municipio de Chimaltenango cuenta con una población de 74 077 habitantes.

1.4.2 Educación

El sistema educativo de Chimaltenango está regido por el Ministerio de Educación; dividido en áreas, sectores, y niveles.

Las modalidades de la escolaridad, están subdivididas en área urbana y rural. El área urbana cuenta en el sector oficial con un establecimiento de nivel pre primario y más de 10 en el sector privado. El nivel primario cuenta con 7 establecimientos, 12 en el nivel medio y 1 en el nivel superior. En el sector privado se cuenta con más de 20 centros educativos que integran la educación primaria, básicos y diversificado.

En la actualidad, el municipio cuenta con extensiones universitarias de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Universidad Mariano Gálvez, Universidad Panamericana, Universidad Rural, Universidad Galileo.

En el área rural se cuenta con 6 establecimientos de nivel pre primario, 8 del nivel primario completo, y 10 incompleto, todos pertenecientes al sector oficial.

1.4.3 Servicios básicos existentes

En la actualidad el municipio de Chimaltenango posee una gran cobertura de servicios básicos. El servicio de energía eléctrica es provisto por la empresa DEOCSA y cubre en un 90 por ciento el área urbana y rural.

El agua potable es provista para el casco urbano de Chimaltenango por la municipalidad, gracias a nacimientos de agua y pozos que prestan el servicio a la mayor parte de la población. En algunas áreas urbanas, como colonias o residenciales, se cuenta con pozos propios y tanques de almacenamiento privados. En aldeas, este servicio también es prestado a través de líneas de conducción administradas por los COCODES locales.

El drenaje en el área urbana, es principalmente de aguas negras, ya que el pluvial es prácticamente inexistente o usado para conducir ambos. Debido a la explosión demográfica a partir de la última década del siglo XX, muchas poblaciones nuevas dentro del área urbana y sobre todo, en el área rural, no poseen aún servicio de drenaje para aguas servidas.

2. DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

2.1. Descripción del proyecto y parámetros de diseño

El proyecto de pavimentación de la ruta entre el caserío Yerbabuena hacia la aldea Puerta Abajo, tiene un trayecto de 3,52 kilómetros con un alineamiento principal que inicia en las coordenadas geográficas WGS84, latitud 14°39'33,01"N y longitud 90°51'25,92"O y finaliza en las coordenadas latitud 14°39'17,27"N y longitud 90°52'53,60"O. El diseño incluirá además un diseño de drenaje pluvial en todo su recorrido.

2.1.1. Bases del diseño

Son los parámetros sobre los cuales se desarrollará el diseño principal del proyecto. En los proyectos de carreteras son muchos los aspectos a considerar para un diseño, los cuales se enumeran a continuación.

2.1.1.1. Período de diseño

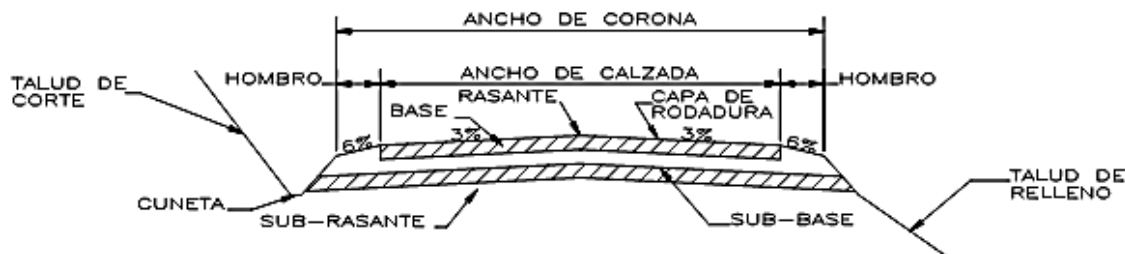
Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos de la SIECA, el período de diseño debe ser igual al período de análisis del tránsito de la ruta, ya que es difícil hacer la predicción del tránsito con suficiente

aproximación para un largo tiempo. Para un pavimento rígido se recomienda tomar 20 años como período de diseño, por lo cual este será el dato que se usará.

2.1.1.2. Diseño geométrico de carreteras

Un diseño geométrico óptimo de carreteras, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo. Sin embargo la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico adoptado. Estos criterios a su vez dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto.

Figura 2. Sección típica de una carretera



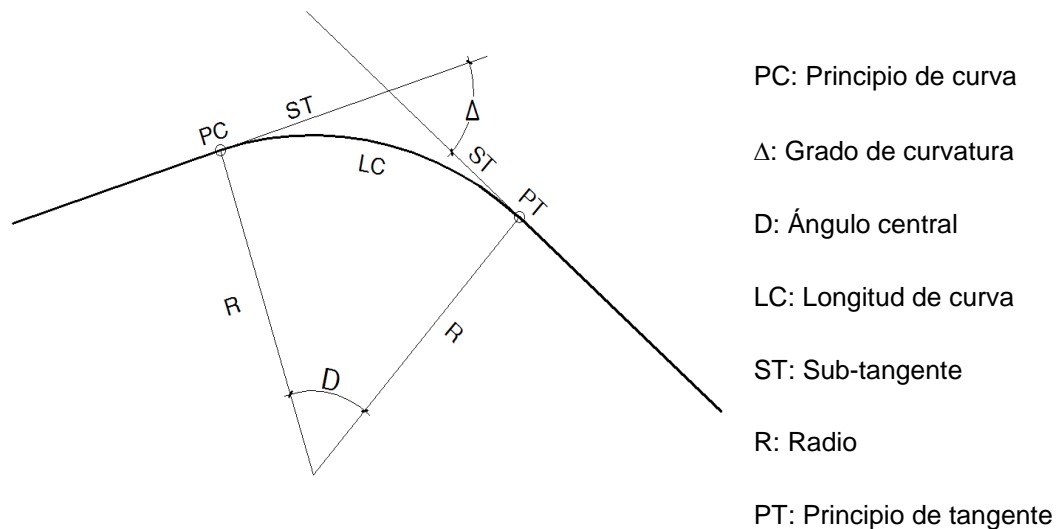
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

2.1.1.3. Alineamiento horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal, sus elementos, son los siguientes.

- Tangentes: son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal, que unen a las curvas circulares.
- Curvas circulares: son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva, hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- Curvas de transición: su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo tangente a otro tramo en curva. Este tipo de transición es muy importante, pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos de curva, más no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esta transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

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



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

2.1.1.3.1. Cálculo de elementos de curva

Para el cálculo de elementos de curva, es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador.

Con el grado (G) y el delta (Δ), se calculan los elementos de la curva. En Guatemala se define un grado de curva (G) como el ángulo central, las fórmulas se obtienen de los diferentes elementos de una curva circular.

Ejemplo de deducción de las fórmulas:

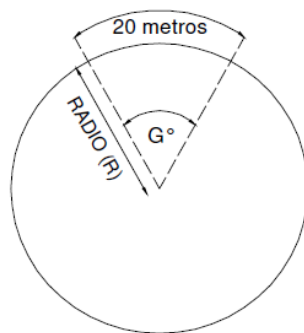
Datos:

$$\Delta = 78^{\circ} 45' 00''$$

$$G = 75^{\circ}$$

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

Figura 4. Esquema grado de curvatura



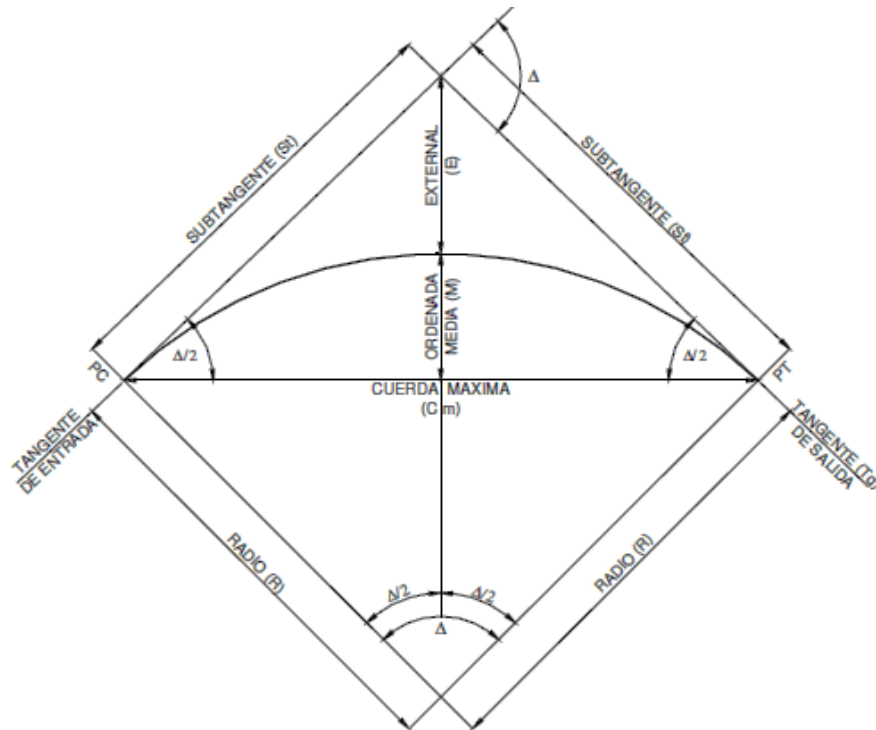
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

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

$$R = \frac{1\,145,9156}{75}$$

$$R = 15,2789 \text{ m}$$

Figura 5. **Elementos de curvas horizontales circulares simples**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

- Longitud de curva (LC): la longitud de curva, es la distancia, siguiendo la curva, desde el principio de curva (PC), hasta el principio de tangente (PT).

$$LC = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

$$LC = \frac{20 \times 78^{\circ}45'00''}{75}$$

$$LC = 21,00 \text{ m}$$

- Subtangente (St): es la distancia entre el PC y el punto de intersección (PI) o entre el PI y el PT, en curvas circulares simples forman un ángulo de 90° con el radio.

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

$$St = 15,2789 * \tan\left(\frac{78^{\circ}45'00''}{2}\right)$$

$$St = 12,5390 \text{ m}$$

- Cuerda máxima (Cm): Es la distancia entre una línea recta trazada entre el PC al PT.

$$Cm = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$Cm = 2 * 15,2789 * \text{sen}\left(\frac{78^{\circ}45'00''}{2}\right)$$

$$Cm = 19,3856 \text{ m}$$

- External (E): es la distancia comprendida entre el PI al punto medio de la curva.

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

$$E = 15,2789 * \left[\sec\left(\frac{78^{\circ}45'00''}{2}\right) - 1 \right]$$

$$E = 4,48 \text{ m}$$

- Ordenada Media (OM): es la distancia comprendida entre el PI al punto medio de la curva.

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

$$OM = 15,2789 * \left[1 - \cos\left(\frac{78^{\circ}45'00''}{2}\right) \right]$$

$$OM = 3,47 \text{ m}$$

Tabla I. **Plantilla de diseño de curvas horizontales del proyecto**

PC	PT	R	Δ	G	LC	St	Cm	E	OM
0+003,02m	0+009,94m	18,00	22,0363	63,66	6,923	3,505	6,880	0,338	0,332
0+013,66m	0+017,23m	18,00	11,3444	63,66	3,564	1,788	3,558	0,089	0,088
0+040,88m	0+043,12m	18,00	7,1329	63,66	2,241	1,122	2,239	0,035	0,035
0+070,93m	0+107,26m	20,00	104,0604	57,30	36,324	25,627	31,533	12,507	7,695
0+136,72m	0+164,74m	25,00	64,2083	45,84	28,016	15,685	26,573	4,513	3,823
0+176,54m	0+207,71m	22,00	81,1816	52,09	31,171	18,850	28,629	6,971	5,294
0+251,40m	0+251,90m	47,00	0,6092	24,38	0,500	0,250	0,500	0,001	0,001
0+320,90m	0+337,38m	47,00	20,0855	24,38	16,476	8,324	16,392	0,731	0,720
0+373,36m	0+387,76m	47,00	17,5570	24,38	14,402	7,258	14,346	0,557	0,551
0+391,46m	0+409,67m	31,00	33,6615	36,97	18,213	9,378	17,952	1,387	1,328
0+440,41m	0+457,28m	31,00	31,1819	36,97	16,871	8,650	16,664	1,184	1,141
0+476,89m	0+482,61m	31,00	10,5682	36,97	5,718	2,867	5,710	0,132	0,132
0+498,46m	0+508,70m	31,00	18,9288	36,97	10,241	5,168	10,195	0,428	0,422
0+529,16m	0+536,74m	31,00	14,0233	36,97	7,587	3,813	7,568	0,234	0,232
0+573,56m	0+575,78m	47,00	2,7023	24,38	2,217	1,109	2,217	0,013	0,013
0+607,44m	0+609,16m	47,00	2,0994	24,38	1,722	0,861	1,722	0,008	0,008
0+629,30m	0+635,47m	47,00	7,5217	24,38	6,170	3,089	6,166	0,101	0,101
0+643,58m	0+684,60m	18,00	130,5828	63,66	41,024	39,119	32,704	25,062	10,476
0+730,74m	0+737,94m	47,00	8,7739	24,38	7,197	3,606	7,190	0,138	0,138
0+757,32m	0+763,59m	47,00	7,6413	24,38	6,268	3,139	6,264	0,105	0,104
0+803,29m	0+807,89m	47,00	5,6136	24,38	4,605	2,304	4,603	0,056	0,056
0+867,06m	0+876,17m	55,00	9,4877	20,83	9,108	4,564	9,097	0,189	0,188
0+899,53m	0+917,67m	55,00	18,9044	20,83	18,147	9,157	18,065	0,757	0,747
0+953,59m	0+956,35m	75,00	2,1073	15,28	2,758	1,379	2,758	0,013	0,013
1+060,89m	1+063,69m	75,00	2,1413	15,28	2,803	1,402	2,803	0,013	0,013
1+135,68m	1+138,02m	75,00	1,7821	15,28	2,333	1,166	2,333	0,009	0,009
1+179,94m	1+187,82m	75,00	6,5230	15,28	8,539	4,274	8,534	0,122	0,121
1+228,02m	1+236,56m	75,00	6,5230	15,28	8,539	4,274	8,534	0,122	0,121
1+286,51m	1+290,02m	75,00	2,6801	15,28	3,508	1,754	3,508	0,021	0,021
1+348,79m	1+419,19m	150,00	26,8895	7,64	70,397	35,859	69,752	4,227	4,111
1+447,07m	1+470,48m	47,00	28,5322	24,38	23,405	11,951	23,164	1,496	1,449
1+510,60m	1+521,32m	47,00	13,0712	24,38	10,722	5,385	10,699	0,307	0,305
1+550,36m	1+559,47m	47,00	11,1068	24,38	9,111	4,570	9,097	0,222	0,221
1+726,91m	1+840,79m	64,00	101,9502	17,90	113,879	78,963	99,440	37,642	23,702
1+888,75m	1+898,52m	47,00	11,9140	24,38	9,773	4,904	9,756	0,255	0,254
1+940,34m	1+947,17m	47,00	8,3295	24,38	6,833	3,422	6,827	0,124	0,124
1+992,27m	1+995,53m	47,00	3,9741	24,38	3,260	1,631	3,259	0,028	0,028
2+032,67m	2+037,13m	47,00	5,4329	24,38	4,457	2,230	4,455	0,053	0,053
2+074,37m	2+086,31m	31,00	22,0733	36,97	11,943	6,046	11,869	0,584	0,573
2+122,93m	2+134,26m	31,00	20,9250	36,97	11,322	5,725	11,259	0,524	0,515
2+158,14m	2+161,48m	47,00	4,0654	24,38	3,335	1,668	3,334	0,030	0,030
2+170,70m	2+184,27m	18,00	43,1819	63,66	13,566	7,123	13,247	1,358	1,263

Continuación de la tabla I.

PC	PT	R	Δ	G	LC	St	Cm	E	OM
2+208,71m	2+224,55m	47,00	19,3125	24,38	15,842	7,997	15,767	0,675	0,666
2+265,81m	2+269,42m	47,00	4,4050	24,38	3,613	1,808	3,613	0,035	0,035
2+304,06m	2+306,61m	47,00	3,1136	24,38	2,554	1,277	2,554	0,017	0,017
2+395,47m	2+407,81m	47,00	15,0477	24,38	12,344	6,208	12,308	0,408	0,405
2+422,17m	2+498,74m	60,00	73,1130	19,10	76,564	44,489	71,474	14,695	11,804
2+530,98m	2+534,92m	47,00	4,8032	24,38	3,940	1,971	3,939	0,041	0,041
2+562,34m	2+566,97m	47,00	5,6500	24,38	4,635	2,319	4,633	0,057	0,057
2+575,69m	2+579,48m	47,00	4,6180	24,38	3,788	1,895	3,787	0,038	0,038
2+712,63m	2+716,90m	47,00	5,1974	24,38	4,263	2,133	4,262	0,048	0,048
2+807,34m	2+885,00m	78,00	57,0501	14,69	77,666	42,395	74,497	10,777	9,469
2+908,94m	2+917,71m	47,00	10,6947	24,38	8,773	4,399	8,760	0,205	0,205
2+996,01m	3+007,18m	47,00	13,6080	24,38	11,163	5,608	11,136	0,333	0,331
3+060,55m	3+070,44m	47,00	12,0532	24,38	9,887	4,962	9,869	0,261	0,260
3+107,63m	3+119,61m	47,00	14,6059	24,38	11,981	6,023	11,949	0,384	0,381
3+156,86m	3+171,01m	55,00	14,7448	20,83	14,154	7,116	14,115	0,458	0,455
3+193,39m	3+196,61m	55,00	3,3546	20,83	3,220	1,611	3,220	0,024	0,024
3+280,63m	3+294,02m	55,00	13,9526	20,83	13,394	6,730	13,360	0,410	0,407
3+325,11m	3+330,24m	55,00	5,3412	20,83	5,127	2,565	5,125	0,060	0,060
3+367,42m	3+370,73m	55,00	3,4466	20,83	3,308	1,655	3,308	0,025	0,025
3+385,83m	3+393,57m	55,00	8,0650	20,83	7,742	3,877	7,735	0,137	0,136
3+449,05m	3+451,73m	55,00	2,8000	20,83	2,688	1,344	2,688	0,016	0,016
3+488,40m	3+494,60m	55,00	6,4586	20,83	6,200	3,103	6,197	0,087	0,087

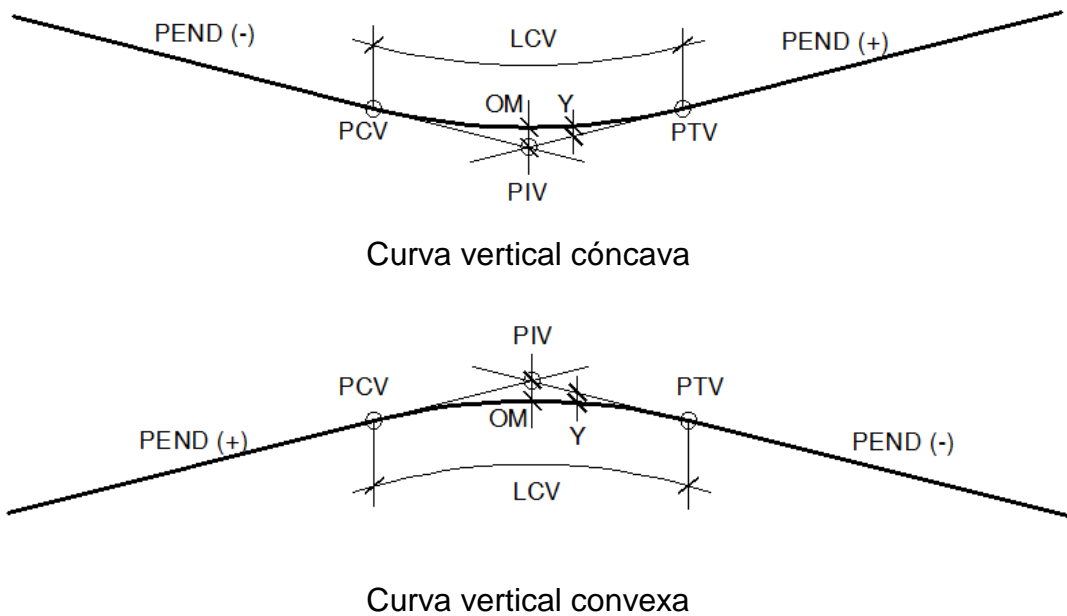
Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Alineamiento vertical

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Además 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.

Figura 6. **Planta de curva vertical**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

PCV: Principio de Curva Vertical

PEND: Pendiente

PTV: Principio de Tangente Vertical

PIV: Punto de Intersección Vertical

LCV: Longitud de Curva Vertical.

K: Constante de diseño

A: Diferencia algebraica de pendientes porcentuales

OM: Ordenada Máxima

Y: Corrección vertical en el estacionamiento indicado

Los valores de K, están en función de la velocidad de diseño y si la curva es cóncava o convexa.

- Criterio de seguridad: longitud mínima de curva vertical.

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

A = Diferencia algebraica de las pendientes, en %

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

Tabla II. **Constante k en longitud mínima de curvas verticales**

VELOCIDAD DE DISEÑO K.P.H.	VALOR DE "K" SEGUN TIPO DE CURVA	
	CONCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: elaboración propia.

- Criterio de drenaje:

$$K = LCV/A \leq 43$$

Donde:

A = Diferencia algebraica de las pendientes, en %

LCV = Longitud de Curva Vertical

- Criterio de apariencia (curvas cóncavas):

$$K = LCV/A \geq 30$$

Donde:

A = Diferencia algebraica de las pendientes, en %

LCV = Longitud de Curva Vertical

- Criterio de comodidad (curvas cóncavas):

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

Donde:

A = Diferencia algebraica de las pendientes, en %

LCV = Longitud de Curva Vertical

V = Velocidad de diseño

- Ejemplo de diseño de curva vertical:

Datos:

Curva vertical cóncava

Velocidad de diseño = 20 KPH

Punto de intersección vertical = 1+340,00

Elevación en metros = 823,00 m

Pendiente de entrada	=	-18,00%
Pendiente de salida	=	-3,00%

○ Cálculo:

▪ Criterio de seguridad:

$$A = [-3,0 - (-18)] = 15$$

$$K = 2$$

$$LCV = K * A = 2 * 15 = 30$$

LCV = 30 metros mínimo

▪ Criterio de drenaje:

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

$$K = \frac{30}{15} = 2 \leq 43$$

Cumple este criterio

▪ Criterio de apariencia:

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

$$K = \frac{30}{15} = 2 \geq 30$$

No cumple este criterio

▪ Criterio de comodidad:

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

$$K = \frac{30}{15} = 2$$

$$\frac{v^2}{395} = \frac{20^2}{395} = 1,012$$

$$2 \geq 1,012$$

Cumple este criterio

- Cálculo de la Ordenada Media:

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

$$OM = \frac{15*30}{800} = 0,5625$$

- Cálculo de la corrección vertical:

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2}$$

$$Y = \frac{0,5625}{\left(\frac{30}{2}\right)^2} = \frac{0,5625}{225} = 0,0025$$

Tabla III. Plantilla de diseño de curvas verticales del proyecto

PCV	PTV	K.P.H.	% ENTRADA	% SALIDA	A	LCV	OM	Y
0+041,81	0+042,58	20	10,00	9,23	0,770	30	0,0289	0,0001
0+096,10	0+096,15	20	9,23	9,18	0,050	30	0,0019	0,0000
0+144,54	0+146,18	20	9,18	10,00	0,820	30	0,0308	0,0001
0+213,33	0+214,07	20	10,00	9,26	0,740	30	0,0278	0,0001
0+291,29	0+297,61	30	9,26	6,10	3,160	30	0,1185	0,0005
0+382,90	0+390,26	40	6,10	4,26	1,840	30	0,0690	0,0003
0+447,54	0+470,42	30	4,26	9,98	5,720	30	0,2145	0,0010
0+499,85	0+506,75	30	9,98	6,53	3,450	30	0,1294	0,0006
0+536,16	0+544,92	30	6,53	8,72	2,190	30	0,0821	0,0004
0+684,10	0+650,66	20	8,72	10,00	1,280	30	0,0480	0,0002
0+706,52	0+713,92	30	10,00	6,30	3,700	30	0,1388	0,0006
0+801,83	0+812,43	30	6,30	1,00	5,300	30	0,1988	0,0009
0+868,43	0+876,99	40	1,00	-1,14	2,140	30	0,0803	0,0004
0+946,93	0+952,57	40	-1,14	-0,20	0,940	30	0,0353	0,0002
1+058,43	1+067,55	40	-0,20	-2,48	2,280	30	0,0855	0,0004
1+179,95	1+186,97	30	-2,48	-5,99	3,510	30	0,1316	0,0006
1+225,03	1+230,71	30	-5,99	-4,57	1,420	30	0,0533	0,0002
1+255,84	1+259,96	30	-4,57	-3,54	1,030	30	0,0386	0,0002
1+299,91	1+302,47	30	-3,54	-4,82	1,280	30	0,0480	0,0002
1+386,95	1+392,13	20	-4,82	-10,00	5,180	30	0,1943	0,0009
1+453,36	1+461,78	20	-10,00	-5,79	4,210	30	0,1579	0,0007
1+548,40	1+555,72	30	-5,79	-3,96	1,830	30	0,0686	0,0003
1+729,06	1+732,98	30	-3,96	-2,98	0,980	30	0,0368	0,0002
1+801,85	1+804,57	30	-2,98	-2,30	0,680	30	0,0255	0,0001
1+865,65	1+870,65	30	-2,30	-1,05	1,250	30	0,0469	0,0002
1+936,06	1+938,58	30	-1,05	-2,31	1,260	30	0,0473	0,0002
2+031,86	2+038,76	30	-2,31	-5,76	3,450	30	0,1294	0,0006
2+074,02	2+084,94	30	-5,76	-3,03	2,730	30	0,1024	0,0005
2+123,26	2+134,18	30	-3,03	-0,30	2,730	30	0,1024	0,0005
2+173,41	2+182,93	30	-0,30	2,08	2,380	30	0,0893	0,0004
2+208,42	2+225,54	30	2,08	6,36	4,280	30	0,1605	0,0007
2+268,38	2+276,06	30	6,36	8,28	1,920	30	0,0720	0,0003
2+417,99	2+420,51	20	8,28	9,54	1,260	30	0,0473	0,0002
2+511,42	2+511,74	20	9,54	9,38	0,160	30	0,0060	0,0000

Continuación de la tabla III.

PCV	PTV	K.P.H.	% ENTRADA	% SALIDA	A	LCV	OM	Y
2+632,33	2+633,84	20	9,38	7,87	1,510	30	0,0566	0,0003
2+716,71	2+717,25	20	7,87	8,14	0,270	30	0,0101	0,0000
2+830,05	2+830,17	20	8,14	8,20	0,060	30	0,0022	0,0000
2+889,26	2+898,34	30	8,20	3,66	4,540	30	0,1703	0,0008
2+960,74	2+960,94	30	3,66	3,56	0,100	30	0,0038	0,0000
3+143,47	3+145,95	40	3,56	2,94	0,620	30	0,0233	0,0001
3+334,07	3+338,79	40	2,94	1,76	1,180	30	0,0443	0,0002
3+431,97	3+445,41	40	1,76	4,00	2,240	30	0,0840	0,0004

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Criterios de diseño de curvas verticales del proyecto**

PCV	PTV	TIPO	K	LCV Min	C.Seguridad LCV ≥ LCV Min	C. Drenaje K ≤ 43	C. Apariencia K ≥ 30	V ² /395	C. Comodidad K ≥ V ² /395
0+041,81	0+042,58	CV	1	0,770	CUMPLE	38,96 ✓	38,96 ✓	1,01	38,96 ✓
0+096,10	0+096,15	CV	1	0,050	CUMPLE	600,00 ✗	600,00 ✓	1,01	600,00 ✓
0+144,54	0+146,18	CC	2	1,640	CUMPLE	36,59 ✓	36,59 ✓	1,01	36,59 ✓
0+213,33	0+214,07	CV	1	0,740	CUMPLE	40,54 ✓	40,54 ✓	1,01	40,54 ✓
0+291,29	0+297,61	CV	2	6,320	CUMPLE	9,49 ✓	9,49 ✗	2,28	9,49 ✓
0+382,90	0+390,26	CV	4	7,360	CUMPLE	16,30 ✓	16,30 ✗	4,05	16,30 ✓
0+447,54	0+470,42	CC	4	22,880	CUMPLE	5,24 ✓	5,24 ✗	2,28	5,24 ✓
0+499,85	0+506,75	CV	2	6,900	CUMPLE	8,70 ✓	8,70 ✗	2,28	8,70 ✓
0+536,16	0+544,92	CC	4	8,760	CUMPLE	13,70 ✓	13,70 ✗	2,28	13,70 ✓
0+684,10	0+650,66	CC	2	2,560	CUMPLE	23,44 ✓	23,44 ✗	1,01	23,44 ✓
0+706,52	0+713,92	CV	2	7,400	CUMPLE	8,11 ✓	8,11 ✗	2,28	8,11 ✓
0+801,83	0+812,43	CV	2	10,600	CUMPLE	5,66 ✓	5,66 ✗	2,28	5,66 ✓
0+868,43	0+876,99	CV	4	8,560	CUMPLE	14,02 ✓	14,02 ✗	4,05	14,02 ✓
0+946,93	0+952,57	CC	6	5,640	CUMPLE	31,91 ✓	31,91 ✓	4,05	31,91 ✓
1+058,43	1+067,55	CV	4	9,120	CUMPLE	13,16 ✓	13,16 ✗	4,05	13,16 ✓
1+179,95	1+186,97	CV	2	7,020	CUMPLE	8,55 ✓	8,55 ✗	2,28	8,55 ✓
1+225,03	1+230,71	CC	4	5,680	CUMPLE	21,13 ✓	21,13 ✗	2,28	21,13 ✓
1+255,84	1+259,96	CC	4	4,120	CUMPLE	29,13 ✓	29,13 ✗	2,28	29,13 ✓
1+299,91	1+302,47	CV	2	2,560	CUMPLE	23,44 ✓	23,44 ✗	2,28	23,44 ✓
1+386,95	1+392,13	CV	1	5,180	CUMPLE	5,79 ✓	5,79 ✗	1,01	5,79 ✓

Continuación de la tabla IV.

PCV	PTV	TIPO	K	LCV Min	C.Seguridad LCV ≥ LCV Min	C. Drenaje K ≤ 43	C. Apariencia K ≥ 30	V ² /395	C. Comodidad K ≥ V ² /395
1+453,36	1+461,78	CC	2	8,420	CUMPLE	7,13 ✓	7,13 ✗	1,01	7,13 ✓
1+548,40	1+555,72	CC	4	7,320	CUMPLE	16,39 ✓	16,39 ✗	2,28	16,39 ✓
1+729,06	1+732,98	CC	4	3,920	CUMPLE	30,61 ✓	30,61 ✓	2,28	30,61 ✓
1+801,85	1+804,57	CC	4	2,720	CUMPLE	44,12 ✗	44,12 ✓	2,28	44,12 ✓
1+865,65	1+870,65	CC	4	5,000	CUMPLE	24,00 ✓	24,00 ✗	2,28	24,00 ✓
1+936,06	1+938,58	CV	2	2,520	CUMPLE	23,81 ✓	23,81 ✗	2,28	23,81 ✓
2+031,86	2+038,76	CV	2	6,900	CUMPLE	8,70 ✓	8,70 ✗	2,28	8,70 ✓
2+074,02	2+084,94	CC	4	10,920	CUMPLE	10,99 ✓	10,99 ✗	2,28	10,99 ✓
2+123,26	2+134,18	CC	4	10,920	CUMPLE	10,99 ✓	10,99 ✗	2,28	10,99 ✓
2+173,41	2+182,93	CC	4	9,520	CUMPLE	12,61 ✓	12,61 ✗	2,28	12,61 ✓
2+208,42	2+225,54	CC	4	17,120	CUMPLE	7,01 ✓	7,01 ✗	2,28	7,01 ✓
2+268,38	2+276,06	CC	4	7,680	CUMPLE	15,63 ✓	15,63 ✗	2,28	15,63 ✓
2+417,99	2+420,51	CC	2	2,520	CUMPLE	23,81 ✓	23,81 ✗	1,01	23,81 ✓
2+511,42	2+511,74	CC	2	0,320	CUMPLE	187,50 ✗	187,50 ✓	1,01	187,50 ✓
2+632,33	2+633,84	CV	1	1,510	CUMPLE	19,87 ✓	19,87 ✗	1,01	19,87 ✓
2+716,71	2+717,25	CC	2	0,540	CUMPLE	111,11 ✗	111,11 ✓	1,01	111,11 ✓
2+830,05	2+830,17	CC	2	0,120	CUMPLE	500,00 ✗	500,00 ✓	1,01	500,00 ✓
2+889,26	2+898,34	CV	2	9,080	CUMPLE	6,61 ✓	6,61 ✗	2,28	6,61 ✓
2+960,74	2+960,94	CV	2	0,200	CUMPLE	300,00 ✗	300,00 ✓	2,28	300,00 ✓
3+143,47	3+145,95	CV	4	2,480	CUMPLE	48,39 ✗	48,39 ✓	4,05	48,39 ✓
3+334,07	3+338,79	CV	4	4,720	CUMPLE	25,42 ✓	25,42 ✗	4,05	25,42 ✓
3+431,97	3+445,41	CC	6	13,440	CUMPLE	13,39 ✓	13,39 ✗	4,05	13,39 ✓

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.5. Curvas de transición

Se denominan así, aquellas curvas que se colocan en los extremos de curvas simples y entre las ramas de curvas compuestas. Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobrelevación y la ampliación necesarias. Para lograr este cambio gradual, se usan las curvas de transición. De tal modo que el cambio de curvatura sea

suave y gradual y que la superelevación en todos los casos esté de acuerdo con los cambios de curvatura.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente, a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Cuando se use curva de transición, la longitud de la curva de transición no será menor que $L_{\text{mín}}$ ni mayor que $L_{\text{máx}}$ según las siguientes expresiones:

$$L_{\text{mín}} = 0,0178 \frac{V^3}{R}$$
$$L_{\text{máx}} = (24R)^{0,5}$$

Donde:

- R = Radio de la curva circular horizontal
- $L_{\text{mín}}$ = Longitud mínima de la curva de transición
- $L_{\text{máx}}$ = Longitud máxima de la curva de transición
- V = Velocidad de diseño en km/h

2.1.1.6. Peralte

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva, con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales, deben ser peraltadas. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8 por ciento y como valor excepcional 10 por ciento. En carreteras bien drenadas en

casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12 por ciento.

El mínimo radio (R_{\min}) de curvatura, es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte (e_{\max}) y el factor máximo de fricción (f_{\max}) seleccionados para una velocidad de diseño (V). El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (0.01 * e_{\max} + f_{\max})}$$

Los valores máximos de la fricción lateral se obtienen de la expresión:

$$f = \frac{V^2}{127R} - 0,01e$$

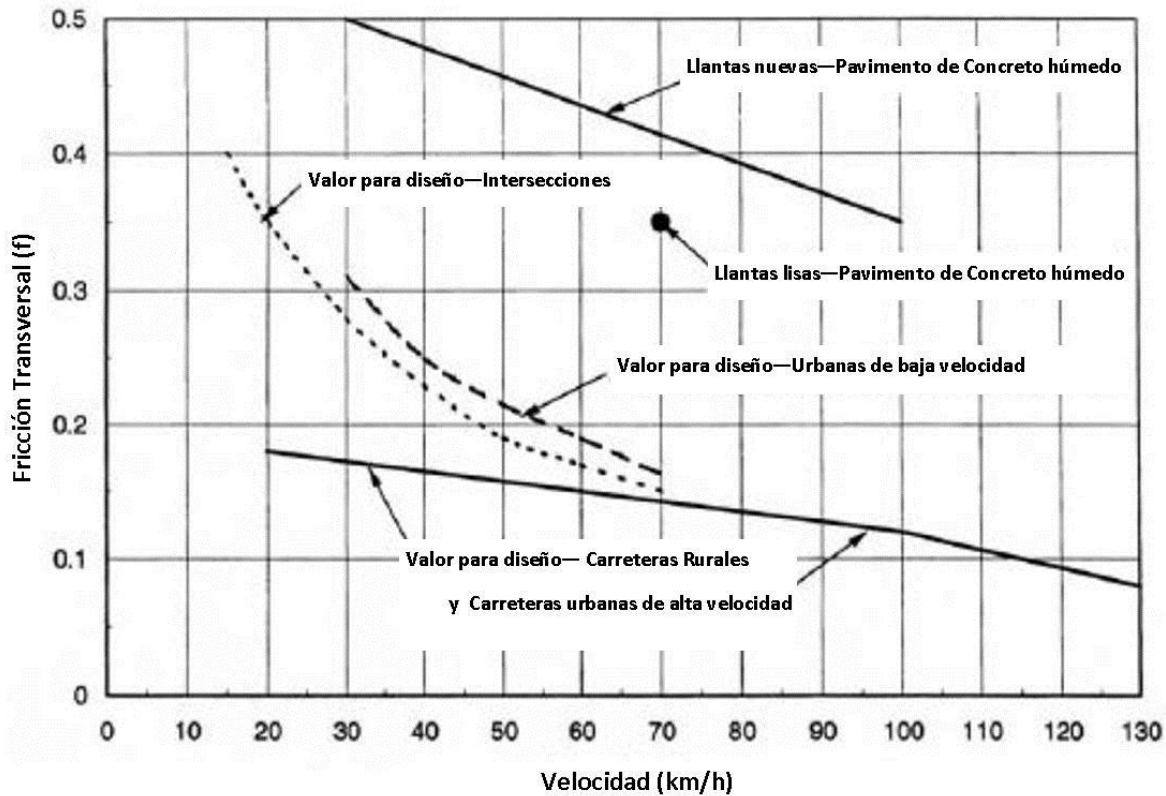
Interpolando valores cercanos a las velocidades utilizadas en el proyecto, se obtienen los siguientes datos de fricción transversal y se tabulan en la tabla V.

Tabla V. **Fricción transversal máxima para diseño en curvas**

Velocidad km/h	f_{\max}
20	0,18
30	0,17
40	0,17
50	0,16
60	0,15

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Comparación de factores de fricción transversal para diferentes tipos de carreteras



Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2001.
 Figura 3-11. p.137.

En función de las anteriores expresiones de R_{\min} y f_{\max} , en la tabla VI, se muestran algunos valores de radios mínimos y peraltes máximos para una velocidad de diseño dada. En esta misma tabla se muestran los valores de fricción transversal máxima.

Tabla VI. **Radio s mínimos y peraltes máximos**

Velocidad km/h	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción -f _{máx} -	Cálculo de Radio mínimo (m)	Redondeo de Radio mínimo (m)
20	4	0,18	14,3	15
30	4	0,17	33,7	35
40	4	0,17	60	60
50	4	0,16	98,4	100
60	4	0,15	149,1	150

Fuente: elaboración propia.

En carreteras cuyo TPDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad de diseño igual o menor a 30 kilómetros por hora, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 2,5 por ciento.

La variación de la inclinación de la sección transversal, desde la sección con bombeo normal en el tramo recto, hasta la sección con el peralte pleno, se desarrolla en una longitud de vía denominada transición. La longitud de transición del bombeo, es aquella en la que gradualmente, se desvanece el bombeo adverso. Se denomina longitud de transición de peralte a aquella longitud en la que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso, hasta que la inclinación corresponde a la del peralte.

En la tabla VII, se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función de la velocidad de diseño y del valor del peralte.

Tabla VII. **Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte**

Velocidad km/h	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de transición de peralte						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2001.

Figura 3-29. p.174.

El giro del peralte, se hará en general alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como por ejemplo, en terreno muy llano, puede realizarse el giro alrededor del borde interior cuando se desea resaltar la curva.

2.1.1.7. Sobre ancho de calzada en curvas

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes. En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. Asimismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

En la tabla VIII, se presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

Para velocidades de diseño menores a 50 kilómetros por hora, no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 metros. Tampoco se requerirá sobre ancho, cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 kilómetros por hora y el radio de curvatura sea mayor a 800 metros.

Tabla VIII. **Sobre ancho de calzada en curvas circulares (en metros)**

Velocidad km/h	Radio de curva										
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150
20	-	6,52	4,73	3,13	2,37	1,92	1,62	1,24	1,01	0,83	0,70
30			4,95	3,31	2,53	2,06	1,74	1,35	1,11	0,92	0,79
40					2,68	2,20	1,87	1,46	1,21	1,01	0,87
50								1,57	1,31	1,10	0,95
60									1,41	1,19	1,03

Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2001.

Figura 3-51. p. 215.

A continuación se presentarán las tablas de diseño de las curvas de transición, peraltes y sobre anchos del proyecto.

Tabla IX. **Plantilla de diseño de curvas de transición**

PC	PT	R	Velocidad	Lmín curva de T.	Lmáx curva de T.
0+003,02m	0+009,94m	18,00	20	7,91	20,785
0+013,66m	0+017,23m	18,00	20	7,91	20,785
0+040,88m	0+043,12m	18,00	20	7,91	20,785
0+070,93m	0+107,26m	20,00	20	7,12	21,909
0+136,72m	0+164,74m	25,00	20	5,70	24,495
0+176,54m	0+207,71m	22,00	20	6,47	22,978
0+251,40m	0+251,90m	47,00	20	3,03	33,586

Continuación de la tabla IX.

PC	PT	R	Velocidad	Lmín curva de T.	Lmáx curva de T.
0+320,90m	0+337,38m	47,00	30	10,23	33,586
0+373,36m	0+387,76m	47,00	30	10,23	33,586
0+391,46m	0+409,67m	31,00	30	15,50	27,276
0+440,41m	0+457,28m	31,00	30	15,50	27,276
0+476,89m	0+482,61m	31,00	30	15,50	27,276
0+498,46m	0+508,70m	31,00	30	15,50	27,276
0+529,16m	0+536,74m	31,00	30	15,50	27,276
0+573,56m	0+575,78m	47,00	20	3,03	33,586
0+607,44m	0+609,16m	47,00	20	3,03	33,586
0+629,30m	0+635,47m	47,00	20	3,03	33,586
0+643,58m	0+684,60m	18,00	20	7,91	20,785
0+730,74m	0+737,94m	47,00	30	10,23	33,586
0+757,32m	0+763,59m	47,00	30	10,23	33,586
0+803,29m	0+807,89m	47,00	30	10,23	33,586
0+867,06m	0+876,17m	55,00	40	20,71	36,332
0+899,53m	0+917,67m	55,00	40	20,71	36,332
0+953,59m	0+956,35m	75,00	40	15,19	42,426
1+060,89m	1+063,69m	75,00	40	15,19	42,426
1+135,68m	1+138,02m	75,00	30	6,41	42,426
1+179,94m	1+187,82m	75,00	30	6,41	42,426
1+228,02m	1+236,56m	75,00	30	6,41	42,426
1+286,51m	1+290,02m	75,00	30	6,41	42,426
1+348,79m	1+419,19m	150,00	20	0,95	60,000
1+447,07m	1+470,48m	47,00	20	3,03	33,586
1+510,60m	1+521,32m	47,00	20	3,03	33,586
1+550,36m	1+559,47m	47,00	30	10,23	33,586
1+726,91m	1+840,79m	64,00	30	7,51	39,192
1+888,75m	1+898,52m	47,00	30	10,23	33,586
1+940,34m	1+947,17m	47,00	30	10,23	33,586
1+992,27m	1+995,53m	47,00	30	10,23	33,586
2+032,67m	2+037,13m	47,00	30	10,23	33,586
2+074,37m	2+086,31m	31,00	30	15,50	27,276
2+122,93m	2+134,26m	31,00	30	15,50	27,276
2+158,14m	2+161,48m	47,00	30	10,23	33,586
2+170,70m	2+184,27m	18,00	30	26,70	20,785

Continuación de la tabla IX.

PC	PT	R	Velocidad	Lmín curva de T.	Lmáx curva de T.
2+208,71m	2+224,55m	47,00	30	10,23	33,586
2+265,81m	2+269,42m	47,00	30	10,23	33,586
2+304,06m	2+306,61m	47,00	30	10,23	33,586
2+395,47m	2+407,81m	47,00	20	3,03	33,586
2+422,17m	2+498,74m	60,00	20	2,37	37,947
2+530,98m	2+534,92m	47,00	20	3,03	33,586
2+562,34m	2+566,97m	47,00	20	3,03	33,586
2+575,69m	2+579,48m	47,00	20	3,03	33,586
2+712,63m	2+716,90m	47,00	20	3,03	33,586
2+807,34m	2+885,00m	78,00	30	6,16	43,267
2+908,94m	2+917,71m	47,00	30	10,23	33,586
2+996,01m	3+007,18m	47,00	30	10,23	33,586
3+060,55m	3+070,44m	47,00	30	10,23	33,586
3+107,63m	3+119,61m	47,00	30	10,23	33,586
3+156,86m	3+171,01m	55,00	40	20,71	36,332
3+193,39m	3+196,61m	55,00	40	20,71	36,332
3+280,63m	3+294,02m	55,00	40	20,71	36,332
3+325,11m	3+330,24m	55,00	40	20,71	36,332
3+367,42m	3+370,73m	55,00	40	20,71	36,332
3+385,83m	3+393,57m	55,00	40	20,71	36,332
3+449,05m	3+451,73m	55,00	40	20,71	36,332
3+488,40m	3+494,60m	55,00	40	20,71	36,332

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Plantilla de diseño de peralte, longitudes de transición de peralte y bombeo, y sobre ancho**

PC	PT	Peralte máximo $e(\%)_{\text{máx}}$	$f_{\text{máx}}$	$R_{\text{mín}}$	Transición de Peralte (m)	Transición de Bombeo (m)	Sobre ancho (m)
0+003,02m	0+009,94m	6	0,18	13,123	27	9	5,45
0+013,66m	0+017,23m	6	0,18	13,123	27	9	5,45
0+040,88m	0+043,12m	6	0,18	13,123	27	9	5,45
0+070,93m	0+107,26m	6	0,18	13,123	27	9	4,73
0+136,72m	0+164,74m	6	0,18	13,123	27	9	3,93
0+176,54m	0+207,71m	6	0,18	13,123	27	9	4,41
0+251,40m	0+251,90m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
0+320,90m	0+337,38m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
0+373,36m	0+387,76m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
0+391,46m	0+409,67m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
0+440,41m	0+457,28m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
0+476,89m	0+482,61m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
0+498,46m	0+508,70m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
0+529,16m	0+536,74m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
0+573,56m	0+575,78m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
0+607,44m	0+609,16m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
0+629,30m	0+635,47m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
0+643,58m	0+684,60m	6	0,18	13,123	27	9	5,45
0+730,74m	0+737,94m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
0+757,32m	0+763,59m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
0+803,29m	0+807,89m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
0+867,06m	0+876,17m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
0+899,53m	0+917,67m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
0+953,59m	0+956,35m	6	0,17	54,776	31	10	1,56
1+060,89m	1+063,69m	6	0,17	54,776	31	10	1,56
1+135,68m	1+138,02m	6	0,17	30,811	29	10	1,45
1+179,94m	1+187,82m	6	0,17	30,811	29	10	1,45
1+228,02m	1+236,56m	6	0,17	30,811	29	10	1,45
1+286,51m	1+290,02m	6	0,17	30,811	29	10	1,45
1+348,79m	1+419,19m	6	0,18	13,123	27	9	0,7
1+447,07m	1+470,48m	6	0,18	13,123	27	9	2,06

Continuación de la tabla X.

PC	PT	Peralte máximo $e(\%)_{m\acute{a}x}$	$f_{m\acute{a}x}$	$R_{m\acute{i}n}$	Transición de Peralte (m)	Transición de Bombeo (m)	Sobre ancho (m)
1+510,60m	1+521,32m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
1+550,36m	1+559,47m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
1+726,91m	1+840,79m	6	0,17	30,811	29	10	1,66
1+888,75m	1+898,52m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
1+940,34m	1+947,17m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
1+992,27m	1+995,53m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+032,67m	2+037,13m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+074,37m	2+086,31m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
2+122,93m	2+134,26m	6	0,17	30,811	38	10	3,31
2+158,14m	2+161,48m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+170,70m	2+184,27m	6	0,17	30,811	29	10	4,95
2+208,71m	2+224,55m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+265,81m	2+269,42m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+304,06m	2+306,61m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+395,47m	2+407,81m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
2+422,17m	2+498,74m	6	0,18	13,123	27	9	1,62
2+530,98m	2+534,92m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
2+562,34m	2+566,97m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
2+575,69m	2+579,48m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
2+712,63m	2+716,90m	6	0,18	13,123	27	9	2,06
2+807,34m	2+885,00m	6	0,17	30,811	27	10	1,39
2+908,94m	2+917,71m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
2+996,01m	3+007,18m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
3+060,55m	3+070,44m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
3+107,63m	3+119,61m	6	0,17	30,811	29	10	2,2
3+156,86m	3+171,01m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+193,39m	3+196,61m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+280,63m	3+294,02m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+325,11m	3+330,24m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+367,42m	3+370,73m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+385,83m	3+393,57m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+449,05m	3+451,73m	6	0,17	54,776	51	10	2,34
3+488,40m	3+494,60m	6	0,17	54,776	51	10	2,34

Fuente: elaboración propia.

2.2. Levantamiento topográfico

En todo proyecto vial, uno de los fundamentos más importantes, es la topografía. La aplicación de la planimetría y la altimetría es determinante para obtener a través de ellas las libretas de campo y planos que indiquen las condiciones geométricas del lugar de ejecución de un proyecto de este tipo.

2.2.1. Planimetría

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener una representación gráfica del terreno sobre un plano horizontal, suponiendo que no existe la curvatura terrestre. Esta representación o proyección se denomina plano.

La medida de polígonos por el método de ángulos de deflexión o desviación, es el método más utilizado, especialmente en poligonales abiertas, donde sólo hay que tomar algunos detalles al recorrer el itinerario. Desde luego, es el procedimiento casi exclusivamente aplicado en los levantamientos de carreteras, vías férreas, canales y tuberías de conducción de líquidos.

Se procedió a levantar el eje central y los sectores de interés, por medio de éste método, tomando lecturas a distancias visibles y en puntos estratégicos que servirán para la proyección futura de la pavimentación y drenaje pluvial.

Para un levantamiento topográfico de carreteras, el levantamiento debe ser considerado de primer orden, lo cual hace necesario tener que contar con teodolitos con una aproximación de 10 segundos como lo adecuado.

En el levantamiento topográfico, se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito marca Sokkisha TM20ES
- Cinta métrica de 200 metros.
- Una plomada
- Machete, trompos, clavos, martillo, pintura.

2.2.2. Altimetría

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener la diferencia de nivel entre puntos diferentes, cuyas distancias horizontales son conocidas. Por diferencia de nivel se entiende como una distancia medida verticalmente. La altimetría permite obtener los datos indispensables para representar sobre el papel la tercera dimensión del terreno.

La nivelación puede ser simple o compuesta. La nivelación compuesta, es aquella que entre cada punto de vuelta para la nivelación, existen puntos intermedios a los que se les desea conocer sus cotas, presentándose esta situación cuando previamente se ha trazado una poligonal a la cual se le desea conocer su perfil. Este tipo de nivelación además permite conocer pendientes de la subrasante y poder así diseñarla. La nivelación simple es aquella que consta únicamente de puntos de vuelta y cuyo objetivo es determinar la diferencia de nivel y cotas del punto inicial y final.

El aparato usado para este procedimiento se llama nivel, el cual determina diferencias de nivel (distancias verticales) entre puntos, y consta únicamente con movimiento horizontal.

Para la referencia de cualquier nivelación, será necesaria la altura de un punto que haya sido previamente nivelado o por medio de altímetros, pero lo más usual en Guatemala, es tener Bancos de Marca (BM) colocados por la Dirección General de Caminos o en su lugar por el Instituto Geográfico Militar (IGM). De haber un BM cercano, puede hacerse una nivelación simple para determinar la cota de referencia. La cota del BM servirá de referencia para la nivelación por realizar.

2.2.3. Movimiento de tierras

Es el renglón que proporciona una buena referencia en el costo directo de la carretera, ya que dependiendo de la experiencia del diseñador, se logrará realizar un balance óptimo entre el corte y el relleno, para lograr el costo mínimo, con la mejor calidad de la carretera.

Se debe balancear el corte con el relleno en una distancia no mayor de los 500 metros, y se debe dejar arriba el corte para facilitar el transporte del mismo, solamente en pendientes menores de 4 por ciento se permitirá que el corte quede pendiente abajo de los rellenos.

Además para el diseño se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Coeficiente de contracción e hinchamiento

Para el balance entre el corte y el relleno, se debe considerar que se necesita más material de corte para un relleno, debido a los cambios volumétricos sufridos por los suelos, esto debido a sus propiedades, humedad, tipo de compactación, etcétera. Las características del suelo en el tramo carretero, muestran cierta firmeza, es decir, es un material apropiado para el

relleno, pero debido a que al hacer relleno balanceando con el corte aumenta el costo de construcción, por el acarreo que implica y las grandes pendientes que los camiones tendrían que subir y bajar cargados, se opta por tener en mayor proporción el corte, tirando el material a los costados de la carretera.

Con base al coeficiente se puede determinar el relleno con la siguiente relación:

$$R = \frac{C}{(1 - C_c)}$$

Donde:

R = Relleno

C = Corte

C_c= Coeficiente de contracción e hinchamiento

En la Dirección General de Caminos se acostumbra usar un coeficiente en porcentaje que oscila entre 30 por ciento y 40 por ciento, el cual está en función de la clase del suelo. En este proyecto se utilizó un coeficiente del 35 por ciento para el cálculo del movimiento de tierras.

- Pendiente máxima

Es la pendiente máxima que se recomienda en el diseño de carreteras, depende de la economía, ubicación y clasificación de la carretera, esto definido por el tránsito promedio diario anual y el tipo de terreno.

La Dirección General de Caminos tiene especificados valores para pendientes, los cuales dependen del tipo de carretera, para el diseño del

proyecto, la pendiente máxima permitida fue del 10 por ciento, debido a que la carretera es tipo E.

- Pendiente mínima

El propósito de la pendiente mínima, es la funcionalidad del drenaje, para que sobre el diseño de la sub rasante, el drenaje no ocasione problemas a la carretera, se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 0,50 por ciento para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas. En el proyecto no se utilizó ésta pendiente mínima debido a la inclinación del terreno en toda su longitud, en la cual no había ni un solo tramo que fuera plano.

- Condiciones topográficas

Las condiciones topográficas de la región, determinan tres tipos de terrenos, según la clasificación usada en la Dirección General de Caminos, estas son:

- Terreno llano
- Terreno ondulado
- Terreno montañoso

El terreno que predominó en el proyecto, es el ondulado y algunos tramos montañosos con pendientes alrededor del 10 por ciento.

2.2.3.1. Determinación de áreas por el método gráfico

Después del dibujo de las secciones típicas, se procede a la medida de las áreas que están limitadas por los contornos de la sección típica y la sección transversal del nivel inferior de la capa vegetal, las áreas de corte y relleno que existan, deben cuantificarse haciendo uso de un planímetro polar graduado a la escala de la sección, o bien si se ha dibujado en un programa tipo CAD, se puede calcular el área de una región específica, para el caso del proyecto, se calculó el área gráficamente, generando secciones transversales y la sección de la rasante por medio del programa AutoCAD Civil 3D 2008.

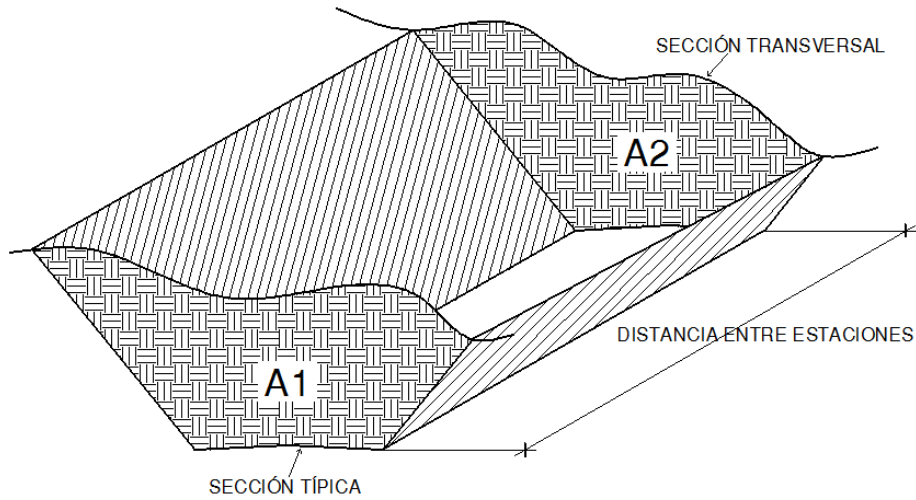
2.2.3.2. Cálculo de volúmenes

Entre 2 estaciones, el volumen es el de un prisma irregular, el área de sus bases, es la calculada en cada una de las estaciones y la altura del prisma es igual a la diferencia de estaciones; sucede cuando en las estaciones consideradas existe sólo corte o sólo relleno. La forma más rápida de calcular el volumen, es con base al producto de la semisuma de las áreas externas por la distancia de las estaciones.

En el caso de que los perfiles consecutivos que se consideran, sea uno en corte y el otro en relleno, o cuando se tiene una combinación de corte y relleno en una, y solo corte o relleno en otra, se debe considerar una distancia de paso, en la cual el volumen de corte pasará de corte hacia relleno o viceversa como se puede observar en las figuras 9 y 10.

La tabla del cálculo del movimiento de tierras y su balance se presenta en la tabla XI.

Figura 8. **Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} * L$$

Donde:

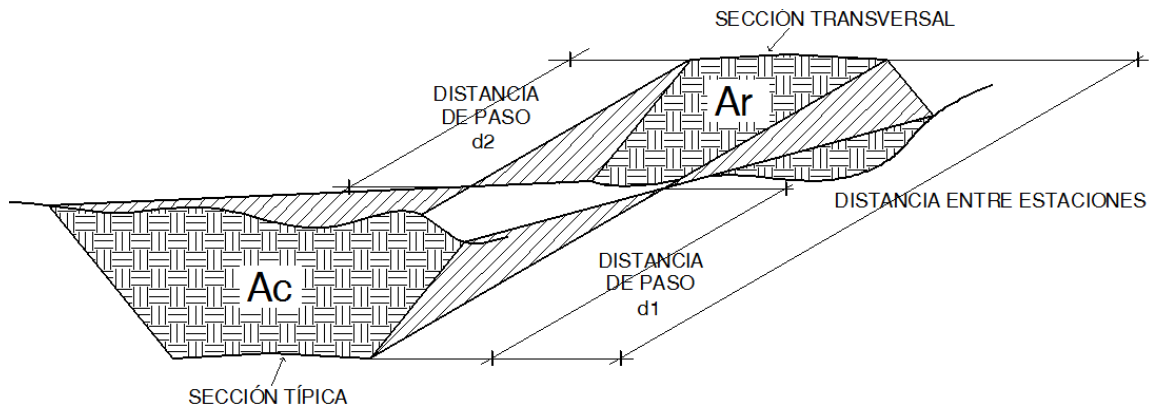
V = Volumen de tierra

A₁ = Área de sección no.1

A₂ = Área de sección no.2

L = Distancia entre estaciones

Figura 9. **Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras con distancia de paso de corte hacia relleno**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

$$d_1 = \frac{A_C}{A_C + A_r} * L \quad V_C = \frac{A_C}{2} * d_1 \quad V_R = \frac{A_r}{2} * d_2$$

Donde:

d_1 = distancia de paso 1

d_2 = distancia de paso 2

A_C = Área de corte

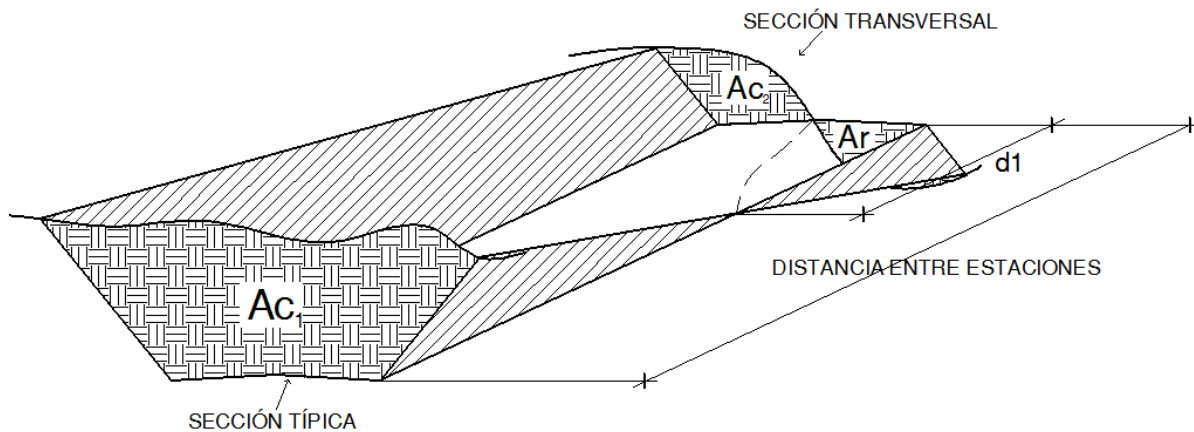
A_r = Área de relleno

V_C = Volumen de corte

V_r = Volumen de relleno

L = Distancia entre estaciones

Figura 10. **Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras con distancia de paso de corte hacia sección con relleno y corte**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

$$V_C = \frac{(A_{C1} + A_{C2})}{2} * L \quad d_1 = \frac{A_r}{A_r + A_{C1}} * L \quad V_R = \frac{A_r}{2} * d_1$$

Donde:

- d_1 = distancia de paso 1
- A_{C1} = Área de corte 1
- A_{C2} = Área de corte 2
- A_r = Área de relleno
- V_c = Volumen de corte
- V_r = Volumen de relleno
- L = Distancia entre estaciones

Tabla XI. Cálculo del movimiento de tierras

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
0+000	0,306	0,393					10000,00
			30	26,30	1,26	0,35	10024,36
0+030	1,447	0,000	30	85,58	0,00	0,35	10109,93
0+060	4,258	0,000	20	119,81	0,00	0,35	10229,74
0+080	7,723	0,000	10	94,25	0,00	0,35	10323,99
0+090	11,126	0,000	10	111,00	0,00	0,35	10434,98
0+100	11,073	0,000	20	236,12	0,00	0,35	10671,10
0+120	12,539	0,000	20	255,14	0,00	0,35	10926,24
0+140	12,975	0,000	10	128,50	0,00	0,35	11054,74
0+150	12,724	0,000	10	128,32	0,00	0,35	11183,06
0+160	12,940	0,000	40	497,06	0,00	0,35	11680,12
0+200	11,913	0,000	20	238,14	0,00	0,35	11918,26
0+220	11,901	0,000	20	235,38	0,00	0,35	12153,64
0+240	11,637	0,000	20	214,05	0,00	0,35	12367,69
0+260	9,768	0,000	20	162,97	0,00	0,35	12530,66
0+280	6,529	0,000	20	104,14	0,00	0,35	12634,80
0+300	3,885	0,000	20	66,72	0,00	0,35	12701,51
0+320	2,787	0,040	10	27,63	1,60	0,35	12726,68
0+330	2,738	0,279	10	22,35	4,60	0,35	12741,96
0+340	1,731	0,640	20	31,63	7,04	0,35	12762,76
0+360	1,432	0,064	20	32,71	2,74	0,35	12791,25
0+380	1,839	0,210	20	36,33	942,15	0,35	11378,12
0+400	1,794	94,005	20	30,89	927,28	0,35	9982,43
0+420	1,295	0,000	20	23,24	0,00	0,35	10005,67
0+440	1,029	0,015	10	11,45	0,85	0,35	10015,81
0+450	1,260	0,155	10	18,85	0,05	0,35	10034,59
0+460	2,510	0,000	20	33,41	0,11	0,35	10067,83
0+480	0,831	0,169	40	52,58	0,29	0,35	10119,97
0+520	1,798	0,000	10	15,92	0,06	0,35	10135,79
0+530	1,385	0,153					

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
0+530	1,385	0,153					
			10	19,58	0,04	0,35	10155,30
0+540	2,530	0,000					
			20	61,22	0,00	0,35	10216,52
0+560	3,592	0,000					
			20	79,74	0,00	0,35	10296,26
0+580	4,382	0,000					
			20	112,40	0,00	0,35	10408,66
0+600	6,858	0,000					
			20	137,31	0,00	0,35	10545,97
0+620	6,873	0,000					
			10	62,38	0,00	0,35	10608,34
0+630	5,602	0,000					
			10	50,53	0,00	0,35	10658,87
0+640	4,503	0,000					
			10	47,14	0,00	0,35	10706,01
0+650	4,925	0,000					
			10	71,28	0,00	0,35	10777,28
0+660	9,330	0,000					
			10	85,53	0,00	0,35	10862,81
0+670	7,775	0,000					
			10	80,53	0,00	0,35	10943,33
0+680	8,330	0,000					
			20	143,21	0,00	0,35	11086,54
0+700	5,991	0,000					
			20	98,02	0,00	0,35	11184,56
0+720	3,811	0,000					
			20	63,73	0,00	0,35	11248,29
0+750	2,562	0,000					
			10	22,76	0,00	0,35	11271,05
0+760	1,990	0,000					
			20	31,82	0,00	0,35	11302,87
0+780	1,192	0,000					
			20	24,90	0,00	0,35	11327,77
0+800	1,298	0,000					
			20	17,82	0,16	0,35	11345,35
0+820	0,484	0,151					
			20	11,38	2,29	0,35	11353,21
0+840	0,654	0,078					
			20	15,48	0,06	0,35	11368,59
0+860	0,894	0,000					
			10	11,19	0,00	0,35	11379,78
0+870	1,344	0,000					
			10	10,73	0,00	0,35	11390,51
0+880	0,801	0,000					
			20	9,26	0,59	0,35	11398,85
0+900	0,125	0,250					
			10	1,10	3,14	0,35	11395,12
0+910	0,094	0,377					
			10	1,73	2,67	0,35	11392,74
0+920	0,251	0,157					
			20	12,88	1,77	0,35	11402,90
0+940	1,037	0,020					
			20	17,05	0,21	0,35	11419,62
0+960	0,668	0,001					
			20	15,32	0,00	0,35	11434,94
0+980	0,864	0,000					

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
0+980	0,864	0,000					
			20	18,53	0,00	0,35	11453,47
1+000	0,989	0,000					
			20	22,11	0,00	0,35	11475,58
1+020	1,222	0,000					
			20	24,79	0,00	0,35	11500,37
1+040	1,257	0,000					
			20	28,93	0,00	0,35	11529,30
1+060	1,636	0,000					
			20	33,11	0,00	0,35	11562,41
1+080	1,675	0,000					
			20	34,50	0,00	0,35	11596,91
1+100	1,775	0,000					
			20	36,33	0,00	0,35	11633,24
1+120	1,858	0,001					
			30	52,22	4,79	0,35	11678,10
1+150	1,623	0,318					
			10	18,12	0,22	0,35	11695,88
1+160	2,000	0,000					
			20	44,84	0,00	0,35	11740,72
1+180	2,484	0,000					
			20	45,21	0,00	0,35	11785,93
1+200	2,037	0,000					
			20	34,80	0,00	0,35	11820,72
1+220	1,443	0,024					
			10	11,41	0,87	0,35	11830,79
1+230	0,838	0,150					
			10	12,01	1,17	0,35	11841,00
1+240	1,564	0,084					
			20	41,80	0,89	0,35	11881,43
1+260	2,616	0,005					
			20	40,08	0,17	0,35	11921,25
1+280	1,392	0,012					
			10	10,70	0,14	0,35	11931,73
1+290	0,747	0,016					
			10	8,48	0,00	0,35	11940,20
1+300	0,948	0,000					
			20	19,25	0,01	0,35	11959,44
1+320	0,977	0,029					
			20	16,38	0,84	0,35	11974,53
1+340	0,661	0,055					
			10	7,34	0,45	0,35	11981,17
1+350	0,806	0,035					
			10	8,32	0,01	0,35	11989,48
1+360	0,858	0,000					
			10	7,95	0,00	0,35	11997,43
1+370	0,732	0,005					
			10	7,40	0,62	0,35	12003,87
1+380	0,748	0,119					
			10	9,86	1,49	0,35	12011,44
1+390	1,223	0,178					
			10	20,06	0,05	0,35	12031,42
1+400	2,789	0,000					
			10	26,26	0,00	0,35	12057,68
1+410	2,463	0,012					
			10	24,20	0,07	0,35	12081,78
1+420	2,377	0,001					

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
1+420	2,377	0,001					
			20	38,61	0,25	0,35	12120,01
1+440	1,484	0,024					
			10	11,41	1,29	0,35	12129,44
1+450	0,797	0,233					
			10	9,51	7,48	0,35	12127,44
1+460	1,105	1,263					
			10	6,82	11,28	0,35	12116,90
1+470	0,258	0,993					
			10	2,89	10,11	0,35	12104,23
1+480	0,320	1,029					
			20	6,99	22,19	0,35	12077,09
1+500	0,379	1,190					
			20	8,60	24,47	0,35	12048,04
1+520	0,481	1,257					
			20	8,68	23,62	0,35	12020,38
1+540	0,387	1,105					
			20	6,86	15,29	0,35	12003,72
1+570	0,299	0,424					
			10	3,11	3,71	0,35	12001,12
1+580	0,322	0,317					
			20	6,36	6,27	0,35	11997,84
1+600	0,314	0,310					
			20	6,16	5,72	0,35	11995,20
1+620	0,302	0,262					
			20	6,74	4,81	0,35	11994,54
1+640	0,372	0,219					
			20	8,13	4,04	0,35	11996,45
1+660	0,441	0,185					
			20	9,73	3,57	0,35	12000,69
1+680	0,532	0,172					
			20	11,89	3,50	0,35	12007,20
1+700	0,657	0,178					
			20	12,99	4,15	0,35	12013,80
1+720	0,642	0,237					
			10	6,70	2,82	0,35	12016,16
1+730	0,697	0,327					
			10	8,39	1,73	0,35	12021,89
1+740	0,981	0,019					
			10	7,96	3,25	0,35	12024,85
1+750	0,611	0,631					
			10	6,49	6,08	0,35	12021,98
1+760	0,686	0,584					
			10	8,46	4,60	0,35	12023,37
1+770	1,005	0,335					
			10	10,51	1,95	0,35	12030,88
1+780	1,096	0,055					
			10	10,62	0,73	0,35	12040,37
1+790	1,027	0,091					
			10	8,63	1,08	0,35	12047,33
1+800	0,698	0,125					
			10	7,65	0,66	0,35	12053,97
1+810	0,832	0,006					
			10	7,08	0,50	0,35	12060,28
1+820	0,584	0,094					
			10	6,03	1,99	0,35	12063,26
1+830	0,622	0,303					

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
1+830	0,622	0,303					
			10	5,45	1,60	0,35	12066,26
1+840	0,468	0,016	20	18,93	0,00	0,35	12085,18
1+860	1,425	0,000	20	27,62	0,00	0,35	12112,80
1+880	1,337	0,000	20	21,68	0,00	0,35	12134,48
1+890	0,831	0,019	10	7,96	0,93	0,35	12141,00
1+900	0,760	0,167	20	15,62	0,29	0,35	12156,18
1+920	0,802	0,000	20	17,50	0,00	0,35	12173,68
1+940	0,948	0,000	20	18,87	0,00	0,35	12192,55
1+960	0,939	0,000	20	18,31	0,00	0,35	12210,86
1+980	0,892	0,000	20	16,61	0,00	0,35	12227,47
2+000	0,769	0,000	20	12,93	0,00	0,35	12240,40
2+020	0,524	0,005	30	13,32	0,89	0,35	12252,36
2+050	0,364	0,054	10	4,87	0,32	0,35	12256,74
2+060	0,610	0,010	20	13,87	7,04	0,35	12259,78
2+080	0,777	0,694	20	13,71	3,74	0,35	12267,73
2+100	0,594	0,000	20	11,28	2,36	0,35	12275,39
2+120	0,534	0,510	10	3,90	6,04	0,35	12270,00
2+130	0,246	0,698	10	2,86	6,15	0,35	12263,39
2+140	0,325	0,532	20	5,04	6,33	0,35	12258,69
2+160	0,179	0,101	20	6,22	5,81	0,35	12255,97
2+180	0,443	0,480	20	15,48	1,45	0,35	12269,22
2+200	1,105	0,000	10	8,49	0,12	0,35	12277,51
2+210	0,592	0,179	10	4,59	3,34	0,35	12276,96
2+220	0,325	0,488	20	15,09	7,13	0,35	12281,08
2+240	1,184	0,225	20	16,78	2,49	0,35	12294,03
2+260	0,494	0,024	20	13,87	0,46	0,35	12307,20
2+280	0,893	0,022	20	16,10	1,44	0,35	12321,08
2+300	0,717	0,122	20	19,25	2,10	0,35	12337,10
2+320	1,208	0,088					

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
2+320	1,208	0,088					
			20	28,10	0,05	0,35	12365,13
2+340	1,602	0,000					
			20	34,07	0,00	0,35	12399,20
2+360	1,805	0,000					
			20	32,92	0,00	0,35	12432,12
2+380	1,487	0,002					
			20	21,73	4,37	0,35	12447,13
2+400	0,686	0,435					
			20	34,85	5,63	0,35	12473,31
2+420	2,799	0,128					
			10	25,08	2,53	0,35	12494,50
2+430	2,217	0,378					
			10	20,55	4,45	0,35	12508,21
2+440	1,893	0,511					
			10	22,19	0,43	0,35	12529,75
2+450	2,545	0,000					
			10	29,67	0,00	0,35	12559,42
2+460	3,389	0,000					
			10	35,93	0,00	0,35	12595,34
2+470	3,796	0,000					
			10	44,36	0,00	0,35	12639,70
2+480	5,075	0,000					
			10	62,73	0,00	0,35	12702,42
2+490	7,470	0,000					
			10	79,11	0,00	0,35	12781,53
2+500	8,351	0,000					
			20	161,74	0,00	0,35	12943,27
2+520	7,823	0,000					
			20	141,49	0,00	0,35	13084,76
2+540	6,326	0,000					
			20	122,72	0,00	0,35	13207,48
2+560	5,946	0,000					
			20	108,36	0,00	0,35	13315,84
2+580	4,890	0,000					
			20	94,72	0,00	0,35	13410,56
2+600	4,582	0,000					
			20	86,57	0,00	0,35	13497,13
2+620	4,075	0,000					
			20	80,21	0,00	0,35	13577,34
2+640	3,946	0,000					
			20	85,80	0,00	0,35	13663,14
2+660	4,634	0,000					
			20	91,09	0,00	0,35	13754,23
2+680	4,475	0,000					
			20	80,92	0,00	0,35	13835,15
2+700	3,617	0,000					
			20	79,40	0,00	0,35	13914,55
2+730	4,323	0,000					
			10	48,33	0,00	0,35	13962,88
2+740	5,343	0,000					
			20	116,24	0,00	0,35	14079,12
2+760	6,281	0,000					
			20	127,16	0,00	0,35	14206,28
2+780	6,435	0,000					
			20	114,94	0,00	0,35	14321,22
2+800	5,059	0,000					

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
2+800	5,059	0,000					
2+810	3,687	0,007	10	43,73	0,04	0,35	14364,89
2+820	2,577	0,119	10	31,32	0,63	0,35	14395,24
2+830	4,755	0,000	10	36,66	0,01	0,35	14431,88
2+840	6,062	0,000	10	54,09	0,00	0,35	14485,97
2+850	4,719	0,000	10	53,91	0,00	0,35	14539,87
2+860	3,195	0,000	10	39,57	0,00	0,35	14579,44
2+870	3,186	0,000	10	31,91	0,00	0,35	14611,35
2+880	2,605	0,005	10	28,96	0,00	0,35	14640,30
2+900	4,436	0,000	20	70,41	0,00	0,35	14710,71
2+910	3,123	0,000	10	37,80	0,00	0,35	14748,51
2+920	3,348	0,000	10	32,36	0,00	0,35	14780,86
2+940	3,398	0,000	20	67,46	0,00	0,35	14848,32
2+960	4,542	0,000	20	79,40	0,00	0,35	14927,72
2+980	2,755	0,000	20	72,97	0,00	0,35	15000,69
3+000	2,192	0,028	20	49,47	0,00	0,35	15050,16
3+020	3,070	0,000	20	52,62	0,00	0,35	15102,77
3+040	3,289	0,000	20	63,59	0,00	0,35	15166,36
3+060	2,848	0,000	20	61,37	0,00	0,35	15227,73
3+070	1,985	0,000	10	24,17	0,00	0,35	15251,90
3+080	2,129	0,000	10	20,57	0,00	0,35	15272,47
3+100	1,737	0,000	20	38,66	0,00	0,35	15311,13
3+110	1,170	0,013	10	14,54	0,00	0,35	15325,66
3+120	1,206	0,000	10	11,88	0,00	0,35	15337,54
3+140	0,753	0,000	20	19,59	0,00	0,35	15357,13
3+160	0,734	0,108	20	14,87	0,14	0,35	15371,79
3+170	0,506	0,323	10	6,20	2,16	0,35	15374,68
3+180	0,629	0,000	10	5,68	0,55	0,35	15379,51
3+200	0,490	0,000	20	11,19	0,00	0,35	15390,70

Continuación de la tabla XI.

Estación	Área corte	Área relleno	Distancia	Volumen corte	Volumen relleno	Coefficiente contracción	Balance
3+200	0,490	0,000					
			20	15,30	0,00	0,35	15406,00
3+220	1,040	0,000					
			20	26,58	0,00	0,35	15432,58
3+240	1,618	0,000					
			20	37,51	0,00	0,35	15470,09
3+260	2,133	0,000					
			20	44,51	0,00	0,35	15514,60
3+280	2,318	0,000					
			10	22,76	0,00	0,35	15537,36
3+290	2,234	0,000					
			10	20,73	0,00	0,35	15558,09
3+300	1,912	0,000					
			20	36,08	0,00	0,35	15594,17
3+320	1,696	0,000					
			20	33,97	0,00	0,35	15628,14
3+340	1,701	0,000					
			20	43,65	0,00	0,35	15671,79
3+360	2,664	0,000					
			10	29,40	0,00	0,35	15701,18
3+370	3,215	0,000					
			10	33,01	0,00	0,35	15734,19
3+380	3,386	0,000					
			10	35,53	0,00	0,35	15769,72
3+390	3,720	0,000					
			10	33,30	0,00	0,35	15803,02
3+400	2,940	0,000					
			20	55,57	0,00	0,35	15858,59
3+420	2,617	0,000					
			20	47,80	0,00	0,35	15906,39
3+440	2,163	0,000					
			10	17,18	0,00	0,35	15923,56
3+450	1,272	0,000					
			10	11,86	0,00	0,35	15935,42
3+460	1,099	0,000					
			20	14,14	0,00	0,35	15949,56
3+480	0,315	0,000					
			10	2,06	0,30	0,35	15951,16
3+490	0,097	0,171					
			10	3,70	0,18	0,35	15954,58
3+500	0,643	0,000					
			10	4,83	0,00	0,35	15959,40
3+520	0,322	0,000					
TOTAL				9296,80	2169,31		

Fuente: elaboración propia.

- Excavación no clasificada.

$$\frac{\text{Volumen de relleno}}{1 - \text{Coeficiente contracción}} = \frac{2\,169,31 \text{ m}^3}{1 - 0,35} = 3\,337,40 \text{ m}^3$$

- Excavación no clasificada desperdicio.

Volumen de corte – Excavación no clasificada

$$9\,296,80 \text{ m}^3 - 3\,337,40 \text{ m}^3 = 5\,959,40 \text{ m}^3$$

2.3. Definición de pavimentos

Es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante, formada por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos, y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia al soporte estable del mismo.

El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

2.4. Tipos de pavimentos

Atendiendo a la forma de cómo se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen 2 tipos principales de pavimento; los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos.

2.4.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos están constituidos por mezclas asfálticas, en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula en todo el espesor del pavimento.

2.4.2. Pavimentos rígidos

Este tipo de pavimentos están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento, la mayor parte de capacidad estructural, es proporcionada por la losa de concreto.

En general consisten en una mezcla de cemento portland, arena de río, agregado grueso y agua, tendido en una sola capa, que al aplicarle cargas rodantes, no se deflece perceptiblemente, y al unir todos los elementos antes mencionados, conforme una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variable.

Los pavimentos de concreto están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y acortamiento, causados por las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas, bajo cargas de las ruedas.

- Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento, por efectos de los cambios de temperatura.

2.5. Partes de un pavimento

Según el tipo de pavimento a utilizar en un proyecto, se pueden encontrar diferentes partes que lo componen. Su estructura estará compuesta por las partes que ayuden a cumplir los parámetros de diseño establecidos.

2.5.1. Base

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la subbase, generalmente se usa en los pavimentos flexibles. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, debido a su función estructural, importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

Las funciones de la base en los pavimentos de concreto, en su orden de prioridad son las siguientes:

- Para prevenir el bombeo.
- Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles a sufrir este tipo de cambios.
- Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas.
- Aumentar la capacidad estructural del pavimento.
- Prevenir la desindexación que ocurre en las bases granulares bajo el tránsito.

2.5.1.1. Tipos de base

Las bases pueden ser de materiales granulares, tales como piedra o grava triturada, arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros.

2.5.2. Subase

Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito, proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la capa subrasante pueda soportar.

Esta capa puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso, dicho espesor debe ser menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros.

2.5.3. Rasante

Es la representación sobre un plano vertical de desarrollo del eje del pavimento. Este plano es paralelo al de la subrasante y la diferencia entre los mismos, está determinada por el espesor del pavimento a usar.

2.5.4. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal, que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada.

Dependiendo de sus características, puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

2.5.5. Carpeta de rodadura

En pavimentos rígidos, está constituida por losas de concreto de cemento portland simple o reforzado, diseñada de tal manera que soporte las cargas de tránsito. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

Es necesario que tengan otros elementos no estructurales, para proteger tanto esta capa como las inferiores, como juntas de dilatación rellenas con material elastomérico (para su impermeabilización), bordillos, cunetas o bien un sistema de alcantarillado pluvial, para el drenaje correcto del agua que pueda acumular en su superficie.

Ésta debe tener las siguientes funciones:

- Proveer un valor soporte elevado, para que resista muy bien las cargas concentradas que provienen de ruedas pesadas, trabajando a flexión y lo distribuye bien al material existente debajo.
- Textura superficial poco resbaladiza, aún cuando se encuentre húmeda, salvo que esté cubierta con lodo, aceite y otro material deslizante.
- Proteger la superficie sobre la cual está construido el pavimento de los efectos destructivos del tránsito.
- Prevenir a la superficie, de la penetración del agua.
- Buena visibilidad, por su color claro, de una mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos.
- Gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

2.6. Ensayo de suelos para pavimentos

Son aquellos que proveen las características físicas y mecánicas del suelo de la región donde se construirá el pavimento. Estos datos son necesarios para desarrollar el diseño del pavimento.

2.6.1. Granulometría

Es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. En la clasificación de suelos para uso en ingeniería, se acostumbra utilizar el análisis granulométrico, este ensayo constituye una parte de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

Según la Norma AASTHO T-27, T-11, el análisis se hace en dos etapas.

La primera, se realiza por medio de una serie de tamices convencionales para suelos de granos grandes y medianos o suelos granulares como: piedra triturada, grava y arenas.

El análisis consiste en pasar la mezcla que se analizará por mallas de aberturas conocidas, después se pesa el material retenido en cada una de las mallas y la información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, para poder comparar el suelo y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños gruesos presentes como una masa total. Los tamaños inferiores a la malla #200 se consideran finos.

La segunda, por un proceso de vía húmeda para suelo de granos finos como limos, limos-arenosos, limos-arcillosos y arcillas. Este análisis mecánico vía húmeda, se basa en el comportamiento de material granular en suspensión dentro de un líquido al sedimentarse.

Para suelos excesivamente finos, se deberá usar el método del hidrómetro, pero este caso no es muy aplicado a carreteras, pues los materiales finos son materiales poco recomendables para bases y subbases de pavimentos. Solamente en el caso en que más del 12 por ciento de la muestra pase a través

del tamiz no. 200, es necesario el procedimiento de la granulometría por hidrómetro según AASHTO T-88. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T-27.

2.6.2. Límites de Atterberg

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de este ensayo se debe al científico sueco Albert Mauritz Atterberg. Miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad.

2.6.2.1. Límite líquido

Este ensayo está basado en la Norma AASTHO T-89 y T-90 y consiste en obtener el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia de estado líquido a estado plástico. El límite líquido debe determinarse con muestras de suelo que hayan pasado la malla no. 40. Si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores de su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$L.L. = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121}$$

Donde:

L.L. = límite líquido

W = % de humedad

N = número de golpes

2.6.2.2. Límite plástico

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en cilindros de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse.

2.6.2.2.1. Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

IP = 0	suelo no plástico
IP = 7	suelo con baja plasticidad
$7 \leq IP \leq 17$	suelo medianamente plástico

2.6.3. Ensayo de compactación (proctor modificado)

Está basado en la Norma AASHTO T-180. La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se le llama contenido óptimo de humedad, para aquel método de compactación. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Previamente a la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz no. 4; entendiéndose por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas que hubiere.

2.6.4. Ensayo de valor soporte CBR

Basado en la Norma AASTHO T-193, este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua. El CBR 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 de suelo patrón de piedra triturada, de propiedades conocidas.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en 5 capas, aplicando 10, 30 y 65 golpes por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR.

2.6.5. Ensayo equivalente de arena

Este ensayo se basa en la Norma AASTHO T-176 y se utiliza para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar. Consiste en ensayar los materiales que pasan la malla no.4 en una probeta estándar parcialmente llena de una solución que propiciará la

sedimentación de los finos. Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

Este ensayo se lleva a cabo principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán como base, subbase, o ya sea como materiales de bancos de préstamos.

2.6.6. Resultado de los ensayos realizados

El suelo presenta las siguientes características:

Clasificación SCU:	ML
Clasificación PRA.:	A-5
Descripción:	Limo arenoso color café
LL:	45,8 %
IP:	7,5 %
Peso unitario máximo:	78,7 lb/pie ³
Humedad óptima:	38,5%
CBR:	10,20% al 95% de compactación

2.7. Normas de diseño de pavimentos

Existen para definir los métodos de diseño para pavimentos, tanto rígidos como flexibles. Aunque cada país posee normas de diseño, la mayoría procede de las normas de la AASHTO.

2.7.1. Normas de diseño para pavimentos flexibles

Existen varios métodos para diseñar pavimentos, muy diferentes entre sí, tanto en el enfoque del problema como en la confianza que pueden merecer. El problema es demasiado complejo y su estudio es aún muy reciente, para que se pueda haber llegado a un método que sea tan seguro y de una aceptación tan general, la confianza que se pueda depositar en cada uno de estos métodos, es proporcional al volumen de experiencia o de comprobaciones experimentales en que se basan y, al prestigio y credibilidad de las instituciones que los patrocinan. Debe tenerse presente que todos los métodos exigen una dosis abundante de sentido común, criterio y experiencia por parte del ingeniero que los aplica. A pesar de la gran variedad de métodos existentes, pueden clasificarse en cuatro grupos distintos.

- Basados en sistemas de clasificación de suelos, o sea en las características físicas del terreno.
- Basados en la resistencia del terreno a la penetración o CBR.
- Basados en las pruebas directas de carga sobre el terreno.
- Basados en la resistencia del terreno al corte.

2.7.2. Normas de diseño para pavimentos rígidos

Las principales normas para diseño de pavimentos rígidos, también se basan, de la misma manera que en los pavimentos flexibles, basados en las clasificaciones de suelo, características físicas del terreno, ensayos de campo etcétera.

Los 2 métodos más utilizados para el diseño de espesores del pavimento rígido son:

- Método de AASTHO.
- Método del PCA.

El método de AASHTO considera variables como lo son:

- Ejes simples equivalentes de 82 kilo-Newton a lo largo del período de diseño.
- Desviación normal estándar.
- Error estándar combinado.
- Variación del índice de serviciabilidad.
- Coeficiente de drenaje.
- Coeficiente de transmisión de carga.
- Módulo de elasticidad del concreto.
- Factor de pérdida del soporte.
- Módulo de reacción k.

El método de la PCA se aplica a diferentes tipos de pavimento rígido, tales como:

- Pavimentos de concreto simple sin dovelas.
- Pavimentos de concreto simple con dovelas.
- Pavimentos de concreto reforzado con dovelas.
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

2.7.3. Criterio de diseño a utilizar

Para el presente proyecto, se utilizará para el diseño del pavimento rígido, el método proporcionado por la Portland Cement Association (PCA)

debido a que los datos requeridos para diseñar el espesor de la losa por este método, son conocidos en el medio, contrario al método de AASHTO.

Para esto, la PCA ha diseñado 2 métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, el método de capacidad y el método simplificado.

- Método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.
- Método simplificado: este es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico, clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles (ver tabla II). Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de 20 años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

El método de capacidad sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método asume que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1,3 según sea el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los camiones.

El método simplificado, incluye en el análisis solamente al tráfico promedio diario de camiones (TPDC), el cual incluye solo camiones de 6 llantas y unidad simples de 3 ejes, excluyendo pic cups, paneles y otros tipos de vehículos livianos. Sólo se utiliza el número de ejes simples o tándem esperado para la vida útil del proyecto.

Además el método simplificado de la PCA, permite el uso o no, de hombros o bordillos. El uso de hombros o bordillo de concreto, es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor en algunos casos de una pulgada o más. La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto.

2.8. Diseño del pavimento para la ruta entre el caserío Yerbabuena y la aldea Puerta Abajo

Se desarrollan a continuación los diferentes aspectos técnicos que se consideraron para realizar el diseño del pavimento del proyecto. Todos estos, basados en el método de diseño de la PCA.

2.8.1. Análisis del tránsito de la ruta

El análisis del tránsito de la ruta que comunica el caserío Yerbabuena y la aldea Puerta Abajo, se realizó tomando en cuenta la experiencia vivida durante el levantamiento topográfico del lugar, en el cual se puede determinar que la clasificación de esta, según la tabla I es de categoría no.1.

2.8.2. Tipo de pavimento a utilizar

Se utilizará pavimento rígido de concreto. Esto es debido a que se procurará mantener uniformidad con calles que ya se encuentran con este tipo de pavimento en las poblaciones que son atravesadas por esta ruta y mayor conocimiento de los materiales a utilizar en su construcción

2.8.3. Diseño geométrico del pavimento

El diseño geométrico seguirá al máximo el alineamiento existente, limitando a un mínimo las modificaciones recomendadas debido a la falta de derecho de vía en la ruta. Se observarán cuidadosamente las normas de diseño geométrico de la Dirección General de Caminos, las cuales están basadas en las normas de la American Association States Highways for Transportation Officials (AASHTO).

Se determinó utilizar la sección típica E (figura 22) de la Dirección General de Caminos. En la actualidad la superficie de rodadura de la ruta existente, está constituida por una subrasante de terracería y una rasante de balasto.

No se utilizarán drenajes transversales, debido a que se diseñará para toda la ruta un drenaje pluvial propio, el cual desembocará en el río Yerbabuena, localizado en la aldea Puerta Abajo y en pozos de absorción diseñados para aliviar el agua que viene en las cunetas que se encuentran a lo largo de la carretera. Se utilizarán cunetas para dirigir el agua hacia el drenaje pluvial de la ruta.

2.8.4. Diseño estructural del pavimento

A continuación se enumeran los pasos a seguir para el diseño estructural del pavimento rígido del presente proyecto.

- Se determina la categoría de la vía principal del proyecto

Se debe hacer un conteo de tránsito promedio de vehículos. Como no se cuenta con datos de conteo de tránsito de alguna institución oficial, se ha

realizado un conteo sobre estimado de vehículos que circulan por la vía principal durante el período en el que se realizó el levantamiento topográfico de la ruta, el cual fue de aproximadamente 3 semanas.

En este conteo, 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.

Es conveniente para propósitos de diseño calcular el número total de vehículos pesados esperados durante el período de diseño.

En la vía a pavimentar, se determinaron los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{TPD} &= 120 \text{ vehículos en ambos sentidos.} \\ \text{TPDC} &= 20\% \text{ TPD} = 24 \text{ vehículos} \end{aligned}$$

Donde:

TPD = Tránsito promedio diario

TPDC = Tránsito promedio diario de camiones

Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones, se clasifica la vía según la tabla XII, y se concluye que debe clasificarse en la categoría 1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias.

Tabla XII. **Categorías de carga por eje**

CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE						
CATEGORÍA POR EJE		TPDA	TPPD		CARGA MÁXIMA POR EJE (Toneladas métricas)	
Cargados	Descripción		%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 – 5000	5 – 18	40 – 1000	26	44
3	Calles arteriales, carreteras primarias (medio), súper carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3000 – 12000 en 2 carriles 3000 – 5000 en 4 carriles	8 – 30	500 – 1000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras (altas) interestatales urbanas (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 – 20000 en 2 carriles 3000 – 150000 en 4 carriles o más	8 – 30	1500 – 8000	34	60

Las descripciones, alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

TPPD: Camiones de dos ejes, camiones de cuatro llantas excluidos.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p.148.

- Se decide el tipo de junta a utilizar en el pavimento

La junta seleccionada es del tipo dovela, tipo macho hembra; por las ventajas que ofrece este tipo de junta, disminuye el espesor del pavimento.

- Decidir si se incluyen o no hombros en el diseño

En el diseño no se contempla la integración de bordillo a lo largo de la ruta, debido al diseño de la cuneta que servirá para dirigir el agua de lluvia hacia los tragantes y el drenaje pluvial de la carretera.

- Determinar el módulo de ruptura del concreto

El módulo se estimó como el 15 por ciento de la resistencia del concreto a compresión f'_c , debido a que este es un valor usual en concretos de 3 000 a 4 000 libras por pulgada cuadrada (psi). Por lo tanto el valor aproximado, se toma así:

$$0,15 \times 4\,000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$$

- Determinar el módulo de reacción k de la subrasante

Se puede encontrar un valor aproximado a través del porcentaje de CBR, en la tabla XIII. Según la clasificación del suelo y el porcentaje del CBR obtenido, que es igual a 10,20 por ciento al 95 por ciento de compactación, definimos k igual a 201 libras por pulgada cúbica.

Tabla XIII. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.T.S.M.																
GP																
GW																
CM																
GC																
GW																
SM																
SP																
SC																
CH ML																
CH CL																
OL																
MH																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O.																
A-1-a																
A-1-b																
A-2-4 A-2-5																
A-2-6 A-2-7																
A-3																
A-4																
A-5																
A-6																
A-7-5 A-7-6																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN																
E-1																
E-2																
E-3																
E-4																
E-5																
E-6																
E-7																
E-8																
E-9																
E-10																
E-11																
E-12																
VALOR DE RESISTENCIA (R)																
5 10 20 30 40 50 60 70																
MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (k) LBS/PULG ³																
100 150 200 250 300 400 600 700																
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG ²																
10 20 30 40 50 60																
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p.5.

- Determinar si se utilizará base, según los criterios del diseñador

Debido a que el valor del módulo de reacción k de la subrasante es muy bajo debido a las características del terreno, el valor aproximado de k , cuando se utiliza una base, se puede obtener de las tablas XIV y XV, bases granulares y bases de suelo cemento, respectivamente.

Tabla XIV. **Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)**

Sub-rasante Valor de k (PCI)	Valores de k sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos. p.68.

Tabla XV. **Valores de k para diseño sobre bases de suelo cemento (PCA)**

Sub-rasante Valor de k (PCI)	Valores de k sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	----

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos. p.68.

En este proyecto se usará una capa granular de un espesor de 4 pulgadas, y según la tabla XIV, el valor de k se obtiene por interpolación lineal:

$$(320 - 220)/(300 - 200) = (k - 220)/(201 - 200)$$

$$k = (1) \times (1) + 220$$

$$k = 221 \text{ lb/plg}^3$$

- Determinar el valor soporte del suelo

Con este valor de k según la tabla XVI, se determina que el tipo de suelo de subrasante es alto.

Tabla XVI. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k**

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE k (PCI)
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250 – 400

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p.149.

- Determinar el espesor de la losa

Para una vía de categoría 1 con juntas tipo doveta, se utiliza la tabla XVII. Al no incluir bordillo en el diseño, con un soporte sub rasante sub base alto, módulo de ruptura igual a 600 libras por pulgada cuadrada (psi) y el valor del

tránsito promedio diario de camiones definido como 24, el valor que indica la tabla es de 6 pulgadas (15,24 cm).

Por razones de construcción se determina un espesor de 15 centímetros como espesor de losa.

Tabla XVII. **TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con juntas doveladas**

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
	Espesor de la losa Pulg.	SopORTE BAJO	Sub-rasante MEDIO (TPPD)	Sub-base ALTO	Espesor de la losa Pulg.	SopORTE BAJO	Sub-rasante MEDIO (TPPD)	Sub-base ALTO
MR = 650PSI	4.5			0.1	4 4.5		0.2 8	0.9 25
	5 5.5	0.1 3	0.8 15	3 45	5 5.5	30 320	130	330
	6 6.5	40 330	160	430				
	5 5.5		0.1 3	0.4 9	4 4.5		0.2 1	0.1 5
	6 6.5	8 76	36 300	98 760	5 5.5	6 73	27 290	75 730
MR = 600PSI	7	520			6	610		
	5.5 6 6.5	0.1 1 13	0.3 6 60	1 18 160	4.5 5 5.5		0.2 4 57	0.6 13 150
	7 7.5	110 620	400		6	130	480	
	5.5							
	6							

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga

NOTA: Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pic cups, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0,3X7 días indica dos camiones pesados por semana). TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p.149.

2.8.4.1. Consideraciones para el diseño del pavimento rígido

- **Subrasante**

Por el estudio de suelos efectuado, se sabe que el material existente necesita incrementar su módulo de reacción (k) por medio de una capa granular. La sub rasante existente se reacondicionará.

El reacondicionamiento consiste en la eliminación de cualquier tipo de vegetación existente, así como escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, con el objeto de regularizar y mejorar mediante estas operaciones, las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

La subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de ± 3 por ciento de la humedad óptima, hasta lograr el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180.

- **Base**

Para el diseño del pavimento rígido, se ha establecido la utilización de una base tipo granular con un espesor de 4 pulgadas (10 centímetros). La capa de base deberá conformarse, ajustándose a los alineamientos y secciones

típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100 por ciento de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

Cuando el espesor a compactar exceda de 300 milímetros, el material debe ser colocado, tendido y compactado en 2 ó más capas, nunca menores de 100 milímetros. Se establece una tolerancia en menos del 3 por ciento respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa base.

- Carpeta de rodadura

Para el dimensionamiento de la losa de concreto hidráulico, se ha establecido un módulo de ruptura del concreto de 600 libras por pulgada cuadrada (psi), y la resistencia nominal a la compresión de 4 000 libras por pulgada cuadrada (psi) a los 28 días.

Se ha definido la categoría de la carretera (tabla I), como categoría 1, ya que es una carretera rural. El módulo de reacción (k), de la subrasante en combinación con la base, tiene un soporte alto y se ha decidido que por las características geométricas del pavimento, se utilizarán cunetas a ambos lados de la carretera para encauzar el agua pluvial a los tragantes, y las juntas serán del tipo dovela.

Se utilizarán juntas transversales a cada 4,50 metros y las juntas longitudinales, instaladas en el centro de la calle a cada 2,75 metros.

- Diseño de la mezcla
 - Dosificación

A la dosificación adecuada de las cantidades de elementos en una mezcla, se le llama proporcionamiento. Este consiste en utilizar cantidades adecuadas de agregados, cemento y agua para obtener la resistencia especificada, cuando el concreto alcance su mayoría de fraguado. Para este método se necesita saber de antemano:

- Tipo de estructura.
- La resistencia que se desea obtener del concreto (f'_c).
- El tamaño máximo del agregado grueso a utilizar.

La resistencia de diseño f'_c será utilizada para encontrar la resistencia promedio requerida, la cual tiene un margen de seguridad, porque representa el incremento de la resistencia original en cierto porcentaje, por lo general de 25 por ciento. Dicho incremento se debe a cierta incertidumbre de la calidad y procedencia de los agregados que se utilizarán y al control de calidad de la mezcla.

Para el diseño se consideró una resistencia a compresión del concreto de 4 000 libras por pulgada cuadrada (281 kg/cm^2) a los 28 días. Para obtener esta resistencia se siguieron los siguientes pasos:

- ✓ Se busca en la tabla XVIII el revenimiento correspondiente a pavimentos, que es de 8 centímetros.

Tabla XVIII. **Asentamiento al uso de estructura**

Tipo de Estructura	Asentamiento (revenimiento)
Para cimientos, muros reforzados, vigas, paredes reforzadas, y columnas	10 cm
Para pavimentos y losas	8 cm
Concreto masivo	5 cm

Fuente: ACI. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91). 1991. p.21.

- ✓ Se busca en la tabla XIX, de acuerdo a la resistencia a compresión, la correspondiente relación agua-cemento, que es de 0,44.

Tabla XIX. **Resistencia del concreto con relación al agua cemento**

Resistencia (f'c) kg/cm ²	Relación A/C
325	0,31
316	0,38
281	0,44
246	0,51
211	0,58
176	0,67

Fuente: ACI. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91). 1991. p.24.

- ✓ Se escoge el tipo de agregado a utilizar, en este caso es de 1 pulgada.
- ✓ De acuerdo al tipo de agregado en la tabla XX se busca la cantidad de agua, que es de 195 litros por metro cúbico.

Tabla XX. **Tipos de asentamiento dependiendo del agregado**

Asentamiento en cm	Cantidad de agua (l/m ³)				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: ACI. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91). 1991. p.23.

- ✓ De acuerdo al tamaño de agregado se encuentra en la tabla XXI el porcentaje de arena sobre el total de agregado; en este caso es el 42 por ciento.

Tabla XXI. **Porcentaje de arena dependiendo del tamaño del agregado**

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

Fuente: ACI. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91). 1991. p.26.

- ✓ Se calcula la cantidad de cemento a utilizar por metro cúbico, de la siguiente manera:

$$\text{Cemento} = \frac{195 \text{ l/m}^3}{0,44}$$

$$\text{Cemento} = 443,18 \text{ kg/m}^3$$

- ✓ Se calcula la cantidad de agregado total a utilizar restando la cantidad de cemento y cantidad de agua:

$$\text{Agregado} = 2\ 400 - 443,18 - 195$$

$$\text{Agregado} = 1\ 761,82 \text{ kg/m}^3$$

- ✓ Se calcula la cantidad de arena del total del agregado:

$$\text{Arena} = 1\ 761,82 \times 0,42 = 739,96 \text{ kg/m}^3$$

- ✓ Con todas las cantidades se determina la proporción a utilizar:

$$\text{Cemento} = \frac{443,18}{443,18} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{739,96}{443,18} = 1,67$$

$$\text{Piedrín} = \frac{1021,86}{443,18} = 2,31$$

Proporción a utilizar: 1 : 1.7 : 2.3 : 0.44

La proporción también se puede expresar en función del peso unitario de cada material:

$$\frac{443,18 \text{ kg/m}^3}{42,5 \text{ kg/saco}} = 10,42 \text{ sacos de cemento}$$

$$\frac{739,96 \text{ kg/m}^3}{1\ 400 \text{ kg/m}^3} = 0,53 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$

$$\frac{1\ 021,86 \text{ kg/m}^3}{1\ 600 \text{ kg/m}^3} = 0,64 \text{ m}^3 \text{ de piedrín}$$

Por lo tanto, para obtener 1 metro cúbico de concreto, se deben mezclar:

- ✓ 10,5 sacos de cemento
- ✓ $\frac{1}{2}$ m³ de arena
- ✓ $\frac{2}{3}$ m³ de piedrín
- ✓ 195 litros de agua (aproximadamente 10,25 cubetas de agua).

2.8.4.2. Diseño de cuneta

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

Para lograr esto, la tormenta máxima (caudal de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de

agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

El método racional está representado por la fórmula:

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

Donde:

Q = Caudal pluvial, en $\frac{m^3}{s}$

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia

A = Área en hectáreas

Para la intensidad de lluvia, se consulta en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio, la cual está dada por las fórmulas:

$$I = \frac{a}{t + b} \quad t = \left(\frac{0,886 * L^3}{H} \right)^{0,385} * 60$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/h.

a y b = Datos proporcionados por el INSIVUMEH.

t = Tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud en el cauce principal en km.

H = Diferencia de elevaciones entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

El caudal se determina por la fórmula de Manning:

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

$$Q = V * A$$

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

Donde:

V =	Velocidad en m/s
R =	Radio hidráulico
S =	Pendiente
Q=	Caudal en m ³ /s
n=	Coefficiente de rugosidad
A=	Área del flujo en el canal en m ²

Para el diseño de la cuneta se utilizará una sección trapezoidal y se diseñará para un tramo crítico de la ruta.

El radio hidráulico viene dado por:

$$R_H = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

R _H =	Radio hidráulico
A =	Área flujo
P _m =	Perímetro mojado

- Tramo a drenar de PV1 a PV2:

Área a drenar = 4,3977 Ha.

L	= 0,02897 km.
H	= 1,16 m
S	= 4%
a	= 2,201
b	= 10,17
n	= 0,015
C	= 0,338

- Tiempo de concentración:

$$t = \left(\frac{0,886 * 0,02897^3}{1,15} \right)^{0,385} * 60 = 0,90499 \text{ minutos}$$

- Intensidad de lluvia:

$$I = \frac{2201}{0,90499 + 10,17} = 198,736 \text{ mm/h}$$

- Caudal:

$$Q = \frac{0,338 * 198,736 * 4,3977}{360} = 0,8205 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se asume que el caudal se conducirá por medio de 2 cunetas, una a cada lado de la vía principal, por lo que se conducirá la mitad del caudal en cada una, el cual será de 0,41 metros cúbicos sobre segundo, verificando que el diseño del canal cumple para el caudal que se conducirá a través de él. Para hallar el área óptima se hacen iteraciones para obtener el valor de A y Pm que cubran el caudal a conducir.

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

A=0,072 y Pm=0,82 entonces

$$Q = \frac{1}{0,015} \left(\frac{0,072}{0,82} \right)^{2/3} * 0,04^{1/2} * 0,072 = 0,1896 \text{ m}^3/\text{s} < 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

A=0,101 y Pm=0,906

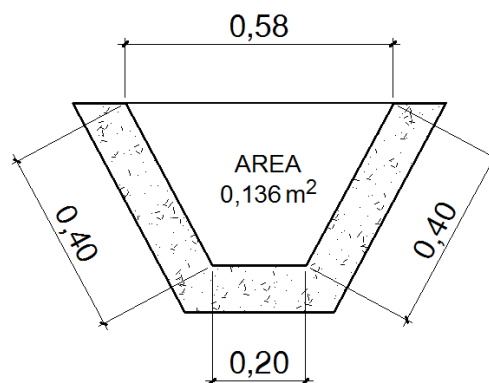
$$Q = \frac{1}{0,015} \left(\frac{0,101}{0,906} \right)^{2/3} * 0,04^{1/2} * 0,101 = 0,3119 \text{ m}^3/\text{s} < 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si A=0,136 y Pm=0,994

$$Q = \frac{1}{0,015} \left(\frac{0,136}{0,994} \right)^{2/3} * 0,04^{1/2} * 0,136 = 0,4815 \text{ m}^3/\text{s} > 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

Esta es la sección que cumple con el caudal a drenar:

Figura 11. **Dimensionamiento final de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD Civil 3D 2008.

2.9. Presupuesto

Se calcula tomando en cuenta la cantidad de materiales, precio de los mismos, mano de obra calificada, mano de obra no calificada, alquiler de maquinaria, transporte de materiales y transporte de maquinaria entre otros.

Tabla XXII. **Presupuesto de pavimento rígido**

PROYECTO		PAVIMENTO RÍGIDO DE LA RUTA ENTRE CASERÍO YERBABUENA Y ALDEA PUERTA ABAJO			
UBICACIÓN		Caserío Yerbabuena y Aldea Puerta Abajo, Municipio de Chimaltenango			
No.	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
1	3,52	km	Replanteo topográfico	Q 16,28	Q 57 301,11
2	2,06	Ha	Limpieza, chapeo y destronque	Q 2,37	Q 48 845,10
TOTAL PRELIMINARES					Q 106 146,21
No.	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
3	3 337,40	m ³	Excavacion no clasificada	Q 54,25	Q 181 066,33
5	5 959,40	m ³	Excavacion no clasificada desperdicio	Q 48,36	Q 288 216,88
6	19 363,08	m ²	Reacondicionamiento de sub rasante	Q 12,27	Q 237 581,31
7	1 936,31	m ³	Suministro e instalación de base de selecto de 10 cm. de espesor compactada al 95%	Q 251,95	Q 487 853,79
8	19 363,08	m ²	Pavimento rígido de concreto hidráulico de 15 cm. de espesor (incluye juntas de contracción)	Q 293,14	Q 5 676 040,77
9	7 041,12	m. lineal	Cunetas de concreto de 10 cm. de espesor	Q 180,41	Q 1 270 297,05
TOTAL DE PAVIMENTO					Q 8 141 056,13
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 8 247 202,33

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERÍO YERBABUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

3.1. Bases del diseño

El drenaje pluvial tiene la finalidad de evitar que el agua llegue a la carretera y desalojar la que inevitablemente siempre llega. Toda el agua que llega en exceso a la carretera, tiene 2 orígenes; puede ser de origen pluvial o de corrientes superficiales, es decir, ríos.

El agua de escorrentía superficial, por lo general se encuentra con la carretera en sentido casi perpendicular a su trazo, por lo que se utiliza para esto, drenaje transversal, según el caudal que se presente. El agua pluvial debe encauzarse hacia las orillas de la carretera con una pendiente adecuada en sentido transversal; a esta se le llama bombeo normal y generalmente es del 3 por ciento.

El desfogue principal del sistema de drenaje pluvial se encuentra en las coordenadas geográficas WGS84 latitud 14°39'37.07"N y longitud 90°52'17.61"O, el cual se ubica en las cercanías al río Yerbabuena. El detalle del desfogue se puede ver en los planos de detalles del drenaje.

3.1.1. Diámetros mínimos

En el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, se toma como diámetro mínimo 12 pulgadas en tubería de concreto y 10 pulgadas en tubería de pvc, según normas del INFOM. Un cambio de diámetro en el diseño, está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo que toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

3.1.2. Velocidades mínimas y máximas

Es recomendable, en tubería de concreto, que la velocidad del flujo en líneas de alcantarillado pluvial, no sea mayor de 3,00 metros por segundo (m/s), para proporcionar una acción de auto limpieza, es decir, capacidad de arrastre de partículas. La velocidad de flujo mínima, será de 0,60 metros por segundo (m/s).

En el caso de alcantarillado pluvial, bajo estas condiciones deberán instalarse rejillas o construirse estructuras que eviten el ingreso de material rocoso de gran tamaño.

3.1.3. Profundidad de tuberías

La profundidad mínima para instalar la tubería, debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño a los conductos, ocasionados por las cargas vivas y de impacto. En todo diseño de un sistema de drenaje pluvial, se deben respetar las profundidades mínimas ya establecidas. La profundidad mínima se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera:

Tráfico normal	=	1,00 metros
Tráfico pesado	=	1,20 metros

3.1.4. Pozos de visita

Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero. Dentro del período de diseño. Se diseñan en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro.
- Cambio de pendiente.
- Cambios de dirección horizontal, para diámetros menores de 24 pulgadas.
- Las intersecciones de dos o más tuberías.
- Los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros de hasta 24 pulgadas.
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y las que salen de un pozo de visita, será como mínimo de 0,03 metros. Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de Cotas Invert, será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

Siempre que la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale de un pozo de visita sea mayor de 0,70 metros, deberá diseñarse un

accesorio especial (un derivador de caudal que funcione como disipador de energía), que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia, de lo contrario se producirían caudales máximos que destruyen el sistema.

3.1.5. Tragantes

Los tragantes son las aberturas que en las superficies de las calles o en los bordillos, dan acceso a las aguas pluviales a los tubos de drenaje. Por los sistemas combinados y de tormenta, se diseñarán tragantes para localizarlos en los siguientes casos:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra, a 3,00 metros antes de la esquina.
- En los puntos intermedios de las cuadras, cuando el caudal acumulado provoque un tirante superior a 0,10 metros.
- Únicamente en aquellas calles que cuenten con pavimento, que hayan recibido o que vayan a recibir algún tipo de tratamiento para estabilizar su superficie.
- Únicamente cuando las calles cuenten con bordillo o que se conozcan las cotas definitivas de la rasante.

3.2. Determinación del caudal del sistema pluvial

Las aguas pluviales y de escorrentía son recogidas por el sistema de tragantes y dirigidas hacia el sistema de tuberías diseñadas para el proyecto. Este caudal pluvial se determina a través de datos meteorológicos y coeficientes de diseño que se enumeran a continuación.

3.2.1. Período de retorno

Según las normas del INFOM, es recomendable proyectar un período entre 30 y 40 años. Se utilizará el mínimo que es de 30 años.

3.2.2. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora.

La intensidad de lluvia se determina a través de registros pluviográficos elaborados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), con base en estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de las cabeceras departamentales. Este tipo de información es por lo común insuficiente en localidades muy pequeñas, pero se puede hacer uso de información de localidades vecinas o de características similares.

Se ha adoptado como norma general para los sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la república, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada 5 ó 10 años en promedio.

Debido a que en el municipio no existe una estación hidrométrica, se utilizaron datos proporcionados por el INSIVUMEH, obtenidos de la estación más cercana, la cual se encuentra en el municipio de Santa Cruz Balanya, Chimaltenango.

Tabla XXIII. **Tabla de intensidad de lluvia**

	1 año	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala (Zona Atlántica)		$\frac{2\ 838}{t + 18}$	$\frac{3\ 706}{t + 22}$	$\frac{4\ 204}{t + 23}$	$\frac{4\ 604}{t + 24}$
Ciudad de Guatemala (Zona Pacífica)					$\frac{6\ 889}{t + 40}$
Bananera, Izabal		$\frac{5\ 771}{t + 48,89}$	$\frac{7\ 103,95}{t + 53,80}$	$\frac{7\ 961}{t + 56,63}$	$\frac{3\ 667,77}{t + 58,43}$
Labor Ovalle Quetzaltenango		$\frac{977,7}{t + 3,80}$	$\frac{1\ 128,5}{t + 3,24}$	$\frac{1\ 323,5}{t + 3,49}$	
El Pito Chicolá, Suchitepequez		$\frac{11\ 033,6}{t + 101,10}$	$\frac{11\ 618,7}{t + 92,19}$	$\frac{13\ 455,4}{t + 104,14}$	
La Fragua Zacapa		$\frac{3\ 700,5}{t + 50,69}$	$\frac{3\ 990,5}{t + 41,75}$	$\frac{4\ 040}{t + 37,14}$	
Chimaltenango Balanya	$\frac{1\ 538}{t + 16,68}$	$\frac{1\ 712}{t + 8,70}$	$\frac{2\ 201}{t + 10,17}$		

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
INSIVUMEH.

3.2.3. **Áreas tributarias**

Las áreas tributarias se calculan en hectáreas, tomando a escala las distancias y dividiendo las manzanas en triángulos, cuyos lados salgan a partir de un punto central hacia los extremos del tramo entre pozos de visita.

De acuerdo con las observaciones e inspecciones hechas en el lugar, se determinó que la longitud promedio que aportaba al drenaje de la ruta en ambos lados, varía en toda la ruta debido a la topografía del lugar, y se calculará haciendo uso de fotogrametría por medio del programa gvSIG.

3.2.4. Tiempo de concentración

Es el tiempo que emplea el agua superficial en descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección a estudiar. En tramos iniciales, el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará según la tabla IX.

Tabla XXIV. **Tiempos iniciales de concentración**

Tiempos de entrada en minutos									
1<	20,00	19,00	18,00	17,00	16,00	15,00	14,00	13,00	12,00
1%	19,00	18,00	17,00	16,00	15,00	14,00	13,00	12,00	11,00
2%	18,00	17,00	16,00	15,00	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00
3%	17,00	16,00	15,00	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00
4%	16,00	15,00	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00
5%	15,00	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00
6%	14,50	13,50	12,50	11,50	10,50	9,50	8,50	7,50	6,50
7%	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00	6,00
8%	13,50	12,50	11,50	10,50	9,50	8,50	7,50	6,50	5,50
9%	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00	6,00	5,00
10%	12,50	11,50	10,50	9,50	8,50	8,00	6,50	5,50	4,50
10>	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00	6,00	5,00	4,00
C	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90

Fuente: Reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes. EMPAGUA.

El tiempo de concentración en minutos de tramos consecutivos, se calculará así:

$$T_C = T_1 + \frac{L}{60 \cdot V_1}$$

Donde:

T_C = Tiempo de concentración hasta el tramo considerado.

T_1 = Tiempo de concentración hasta el tramo anterior.

L = Longitud del tramo anterior en metros.

V_1 = Velocidad a sección llena del tramo anterior.

3.2.5. Pendiente del terreno

Esta se calcula a partir de los niveles de terreno en el inicio y el final del tramo a calcular. Es de vital importancia, pues el caudal y el diámetro de la tubería deberán variarse en función de la pendiente para guardar las velocidades máximas y mínimas de diseño. Se calcula de la siguiente forma:

$$S = \frac{\text{Cota de terreno final} - \text{Cota de terreno inicial}}{\text{Longitud del tramo}} * 100$$

3.2.6. Coeficiente de escorrentía

Es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de la alcantarilla natural o artificial. Esto se debe a la evaporación, infiltración, retención en oquedades del suelo, etcétera. Por lo que existirá diferente tipo de coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor, cuanto más impermeable sea la superficie. Los diferentes tipos de coeficientes se obtendrán de la tabla XXV.

El coeficiente de escorrentía promedio se calculará así:

$$C = \frac{\sum(c * a)}{\sum a}$$

Donde:

- c = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales.
- a = Áreas parciales (hectáreas).
- C= Coeficiente de escorrentía promedio del área drenada.

Tabla XXV. **Coefficientes de escorrentía**

Tipo de Superficie	C
Comercial	
Centro de la Ciudad	0,70 – 0,75
Periferia	0,50 – 0,70
Residencial	
Casas individuales	0,30 – 0,50
Colonias	0,40 – 0,60
Condominios	0,60 – 0,75
Residencial sub-urbana	0,25 – 0,40
Industrial	
Pequeñas fábricas	0,50 – 0,80
Grandes fábricas	0,60 – 0,90
Parque y cementerios	0,10 – 0,25
Campos de recreo	0,20 – 0,35
Campos	0,10 – 0,30
Techos	0,10 – 0,30
Pavimentos	0,70 – 0,90
Concreto y asfalto	0,85 – 0,90
Piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0,75 – 0,90
Piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0,40 – 0,75
Calles	
Terracota	0,25 – 0,60
De arena	0,15 – 0,30
Parques, jardines, paradas, etc.	0,05 – 0,25
Bosques y tierra cultivada	0,01 – 0,20

Fuente: Evaluación de Tragantes Pluviales para la Ciudad de Guatemala. Ing. Joram Matías Gil Larroj. 1984.

3.2.7. Caudal de diseño

Para la determinación del caudal pluvial, se utilizará el método racional, cuya fórmula general es la siguiente:

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

Donde:

Q = Caudal pluvial, en $\frac{m^3}{s}$

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia

A = Área en hectáreas

3.2.8. Velocidad del flujo a sección llena

Se debe asumir un flujo uniforme y permanente para cada sección de la tubería para poder calcular la velocidad del flujo. La característica principal de un flujo permanente y uniforme en un canal abierto, es que la superficie del flujo es paralela a la pendiente de la tubería. Para la tubería circular, se asume condiciones de canal abierto y la velocidad de flujo se calculará con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{0,003429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad a sección llena en $\frac{m}{s}$.

D = Diámetro de la sección circular en pulgadas.

S = Pendiente del terreno en $\frac{m}{s}$.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning con valor de 0,015 para tubos de 24 pulgadas y menores, y 0,013 para tubos mayores de 24 pulgadas.

3.2.9. Ejemplo de cálculo

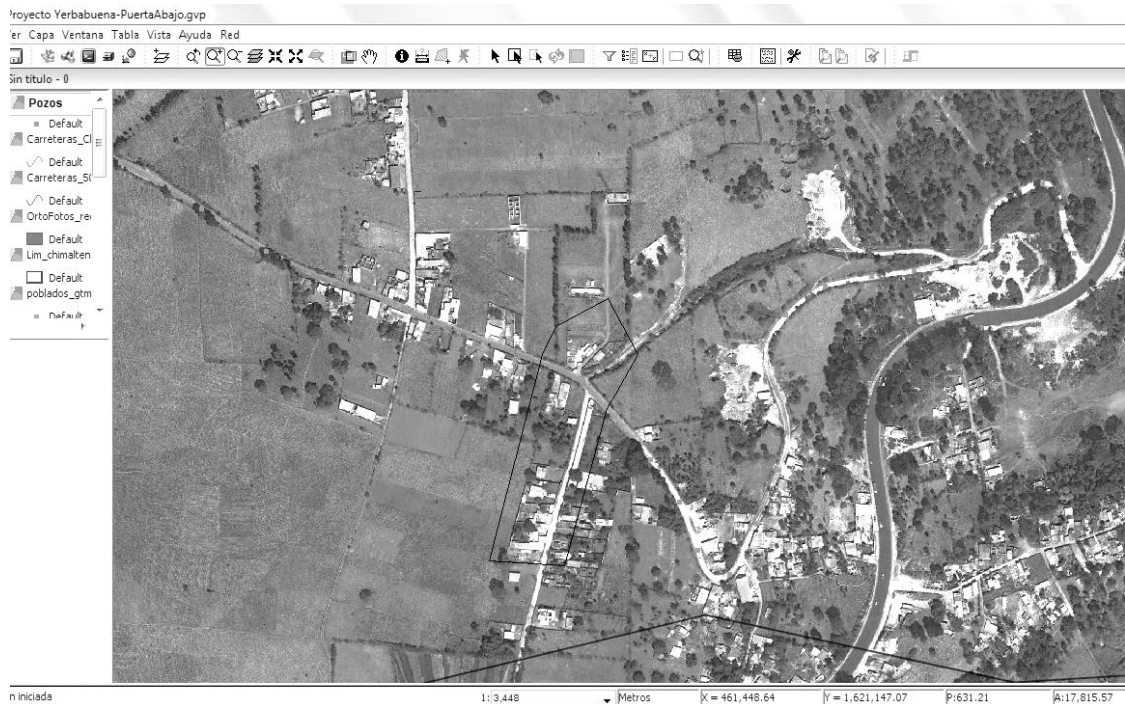
Para este ejemplo se desarrollará el diseño del tramo entre los pozos 31-32 ubicados en el alineamiento 0+870 del proyecto y que desfoga en el río Yerbabuena.

- Pendiente del terreno:

$$S\% = \frac{163,10 - 162,34}{77,05} * 100 = 1,00\%$$

- Área tributaria: 17 809 m² calculado con el programa gvSIG

Figura 12. Cálculo de área tributaria con software gvSIG



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Picture Manager 2010.

- Integración del coeficiente de escorrentía:

Se tabula cada tipo de superficie con su coeficiente de escorrentía indicado y el área aproximada que cubre para el área tributaria del tramo a diseñar.

Tabla XXVI. **Integración coeficiente de escorrentía**

Áreas Tributarias	C	A	c*a
Techos	0,30	0,2671	0,08013
Patios	0,25	0,6233	0,155825
Tierra cultivada	0,20	0,6233	0,12466
Calles a pavimentar	0,90	0,2671	0,24039
Sumatoria		1,7808	0,601005
		C =	0,3375

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo de concentración:

Al ser un tramo inicial se obtendrá el tiempo de concentración interpolando el valor para C, de la tabla XXIV se obtiene:

$$T = 14 - (10 * (0,3375 - 0,30)) = 13,63 \text{ minutos}$$

- Intensidad de lluvia:

$$I = \frac{2201}{((13,63)+10,71)} = 90,45 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

- Caudal de diseño:

$$q = \frac{0,3375 \cdot 90,45 \cdot 1,7808}{360} \cdot 1\,000 = 151,01 \text{ l/s}$$

- Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{(0,003429) \cdot (18^{2/3}) \cdot (1^{1/2})}{0,10} = 2,355 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q = \left(\frac{\pi(18 \cdot 0,0254)^2}{4} \right) \cdot (2,355) \cdot 1\,000 = 386,65 \text{ l/s}$$

- Relación q/Q y v/V

$$q/Q = \frac{151,01}{386,65} = 0,39055$$

El valor de la relación de la velocidad de gasto y la velocidad a sección llena, es obtenido por medio de las tablas de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular (sin corrección por variaciones en aspereza con la profundidad).

$$v/V = 0,93839$$

- Velocidad de diseño:

$$v = 0,93839 \cdot 2,355 = 2,21 \text{ m/s}$$

Por tanto:

$$Q > q; \text{ pues } 386,65 > 151,01$$

$$0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} > v > 3,00 \frac{\text{m}}{\text{s}}; v = 2,21$$

Entonces cumple con la velocidad mínima y máxima Las líneas de conducción, debido a la topografía del lugar, se dividirán en 3. La primera abarca desde el pozo de visita no.1 hasta el no.30 y desfogará en el río Yerbabuena. El segundo tramo abarca desde el pozo de visita no.31 hasta el no.51 y de la misma manera desfogará en el río Yerbabuena. El tercer tramo abarca desde el pozo de visita no. 52 hasta el no.71 y la descarga se hará en pozos de absorción calculados de la siguiente manera:

- Se calcula el caudal de diseño y el tiempo de concentración respectivo para cada tramo, y con estos valores se propondrá una altura de pozo, sabiendo que el diámetro a utilizar será de 2,00 metros.

Ejemplo:

De PV no.52 al PV no.53

Caudal de diseño: 0,0652 m³/s

Tiempo de concentración: 13,63 min.

Caudal a drenar: 0,0652*13,63*60 = 53,32 m³

Se propone un pozo de altura de 17 metros, con lo cual se calculará así:

Área del pozo: $\pi*r^2 = 3,1416*1^2 = 3,1416 \text{ m}^2$

Altura del pozo: 17

Volumen total para pozo de absorción= 3,1416*17 = 53,40 m³

Por lo cual el pozo cumple con el volumen que buscamos drenar.

Tabla XXVII. **Calculo hidráulico del drenaje pluvial**

Tramo	Terreno (m)				Area a drenar (Ha)								Coeficiente C					Tempo concentración (min)	Intensidad de lluvia (mm/h)
	de POZO	a PV	COTAS TERRENO		S% Terreno	A1: Techos	A2: Patios	A3: Cultivos	A4: Carretera	Area del tramo	Area acumulada	C1	C2	C3	C4	C			
			INICIO	FINAL													Distancia horizontal		
1	1	2	196.54	195.38	28.97	0.040	0.6597	1.5392	1.5392	0.6597	4.3977	4.3977	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.63	90.45
2	2	3	195.38	193.79	41.10	0.039	0.0402	0.0937	0.0937	0.0402	0.2678	4.6655	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	14.742	86.48
3	3	4	193.79	192.05	82.46	0.021	0.1384	0.3230	0.3230	0.1384	0.9228	5.5883	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	16.08	82.16
4	4	5	192.05	190.03	81.75	0.025	0.1745	0.4072	0.4072	0.1745	1.1633	6.7516	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	18.582	75.14
5	5	6	190.03	187.31	92.33	0.029	0.0925	0.2157	0.2157	0.0925	0.6164	7.3680	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	19.463	72.95
6	6	7	187.31	184.72	81.40	0.032	0.1104	0.2576	0.2576	0.1104	0.7360	8.1040	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	20.477	70.57
7	7	8	184.72	181.17	100.00	0.036	0.1627	0.3797	0.3797	0.1627	1.0848	9.1888	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	21.03	69.35
8	8	9	181.17	179.28	52.85	0.036	0.0847	0.1976	0.1976	0.0847	0.5647	9.7535	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	21.734	67.84
9	9	10	179.28	176.66	67.04	0.039	0.1018	0.2376	0.2376	0.1018	0.6789	10.4324	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	22.112	67.06
10	10	11	176.66	174.88	23.80	0.075	0.0424	0.0990	0.0990	0.0424	0.2828	10.7152	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	22.603	66.07
11	11	12	174.88	172.94	23.76	0.082	0.0369	0.0860	0.0860	0.0369	0.2458	10.9610	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	22.778	65.73
12	12	13	172.94	170.79	26.21	0.082	0.0312	0.0729	0.0729	0.0312	0.2083	11.1693	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	22.954	65.38
13	13	14	170.79	166.72	50.03	0.081	0.0973	0.2270	0.2270	0.0973	0.6486	11.8179	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	23.149	65.00
14	14	15	166.72	162.41	53.02	0.081	0.0685	0.1598	0.1598	0.0685	0.4565	12.2744	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	23.432	64.47
15	15	16	162.41	159.10	41.95	0.079	0.0525	0.1224	0.1224	0.0525	0.3497	12.6241	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	23.736	63.90
16	16	17	159.10	155.75	41.94	0.080	0.0396	0.0923	0.0923	0.0396	0.2638	12.8879	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	23.978	63.45
17	17	18	155.75	152.95	30.38	0.092	0.0301	0.0702	0.0702	0.0301	0.2005	13.0884	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	24.222	63.01
18	18	19	152.95	150.10	30.38	0.094	0.0301	0.0702	0.0702	0.0301	0.2005	13.2889	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	24.399	62.69
19	19	20	150.10	147.25	30.37	0.094	0.0312	0.0728	0.0728	0.0312	0.2080	13.4969	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	24.577	62.38
20	20	21	147.25	144.38	30.38	0.094	0.0282	0.0658	0.0658	0.0282	0.1880	13.6849	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	24.755	62.06
21	21	22	144.38	141.20	31.98	0.099	0.0345	0.0806	0.0806	0.0345	0.2303	13.9152	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	24.934	61.75
22	22	23	141.20	138.00	31.99	0.100	0.0233	0.0545	0.0545	0.0233	0.1556	14.0708	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.123	61.42
23	23	24	138.00	135.60	28.36	0.085	0.0224	0.0523	0.0523	0.0224	0.1495	14.2203	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.312	61.10
24	24	25	135.60	132.55	36.76	0.083	0.0227	0.0529	0.0529	0.0227	0.1511	14.3714	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.442	60.88
25	25	26	132.55	129.50	36.76	0.083	0.0367	0.0856	0.0856	0.0367	0.2445	14.6159	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.61	60.60
26	26	27	129.50	126.46	36.75	0.083	0.0271	0.0632	0.0632	0.0271	0.1806	14.7965	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.779	60.32
27	27	28	126.46	123.49	36.76	0.081	0.0353	0.0824	0.0824	0.0353	0.2354	15.0319	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.949	60.04
28	28	29	123.49	120.06	55.24	0.062	0.0424	0.0988	0.0988	0.0424	15.3143	15.3143	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	26.119	59.76
29	29	30	120.06	119.18	38.81	0.023	0.0254	0.0592	0.0592	0.0254	0.1692	15.4835	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	26.376	59.35

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XXVII.

Tramo	Caudal de diseño		Diámetro	% del tubo	Sección llena (Hazen-Williams)		Relaciones hidráulicas			Velocidad de diseño	Cotas invert		Profundidad de pozos		Ancho de zanja	Excavación	
	de PV	a PV			V (m/s)	Q (l/s)	φ/Q	d/D	v/v		Inicio	Final	Inicio	Final			(m)
1	1	2	372,89	18	1,25	2,63312	432,288	0,86261	0,71645	1,12505	2,96	193,41	193,07	3,13	2,31	1,46	107,50
2	2	3	378,24	20	1,00	2,52651	512,08	0,73864	0,63935	1,09411	2,76	192,37	191,97	3,01	1,82	1,51	142,95
3	3	4	430,43	20	1,15	2,70938	549,145	0,78382	0,66663	1,10684	3,00	191,27	190,34	2,52	1,71	1,51	256,88
4	4	5	475,60	30	1,05	3,39242	1547,07	0,30742	0,38053	0,87998	2,99	188,91	188,07	3,14	1,96	1,76	357,24
5	5	6	503,87	30	1,01	3,32718	1517,31	0,33208	0,39681	0,89861	2,99	186,26	185,35	3,77	1,96	1,76	454,10
6	6	7	536,19	36	1,00	3,73654	2455,08	0,21184	0,31746	0,8004	2,99	183,40	182,61	3,91	2,11	1,91	454,18
7	7	8	597,37	36	0,93	3,60532	2367,59	0,25231	0,34244	0,83338	3,00	179,97	179,06	4,75	2,11	1,91	639,41
8	8	9	620,33	36	0,90	3,54669	2329,09	0,26634	0,35239	0,84598	3,00	177,63	177,17	3,54	2,11	1,91	272,21
9	9	10	655,86	36	0,86	3,46698	2276,74	0,28807	0,36745	0,86447	3,00	175,11	174,55	4,17	2,11	1,91	387,67
10	10	11	663,72	36	0,85	3,44677	2263,47	0,29323	0,37097	0,86869	2,99	172,96	172,77	3,70	2,11	1,91	118,74
11	11	12	675,39	36	0,84	3,42643	2250,11	0,30016	0,37566	0,87426	3,00	171,01	170,83	3,87	2,11	1,91	121,99
12	12	13	684,63	36	0,83	3,40598	2236,68	0,30609	0,37964	0,87894	2,99	168,88	168,68	4,06	2,11	1,91	140,29
13	13	14	720,20	40	0,82	3,63174	2944,37	0,2446	0,33688	0,82621	3,00	164,89	164,50	5,90	2,22	2,02	390,63
14	14	15	741,82	40	0,80	3,58717	2908,24	0,25507	0,34442	0,8359	3,00	160,60	160,19	6,12	2,22	2,02	426,40
15	15	16	756,22	40	0,79	3,56468	2890	0,26167	0,3491	0,84184	3,00	157,20	156,88	5,21	2,22	2,02	296,80
16	16	17	766,64	40	0,78	3,54205	2871,65	0,26697	0,35284	0,84653	3,00	153,84	153,53	5,26	2,22	2,02	298,72
17	17	18	773,14	40	0,77	3,51927	2853,19	0,27098	0,35564	0,85002	2,99	150,95	150,73	4,80	2,22	2,02	198,38
18	18	19	781,02	40	0,77	3,51927	2853,19	0,27374	0,35757	0,85241	3,00	148,10	147,88	4,85	2,22	2,02	199,80
19	19	20	789,25	40	0,76	3,49634	2834,6	0,27844	0,36083	0,85642	2,99	145,25	145,03	4,85	2,22	2,02	199,72
20	20	21	796,22	40	0,75	3,49634	2834,6	0,28089	0,36253	0,85849	3,00	142,38	142,16	4,87	2,22	2,02	200,36
21	21	22	805,56	40	0,75	3,47327	2815,89	0,28608	0,36609	0,86282	3,00	139,20	138,98	5,18	2,22	2,02	221,09
22	22	23	810,26	40	0,75	3,47327	2815,89	0,28775	0,36723	0,8642	3,00	136,00	135,78	5,20	2,22	2,02	220,83
23	23	24	814,57	44	0,76	3,72571	3654,87	0,22287	0,3201	0,80398	3,00	133,48	133,28	4,52	2,32	2,12	186,41
24	24	25	820,28	44	0,75	3,70112	3630,75	0,22593	0,32313	0,80806	2,99	130,49	130,23	5,11	2,32	2,12	268,65
25	25	26	830,36	44	0,75	3,70112	3630,75	0,2287	0,3252	0,81083	3,00	127,44	127,18	5,11	2,32	2,12	268,65
26	26	27	836,73	44	0,74	3,67636	3606,46	0,23201	0,32765	0,8141	2,99	124,44	124,14	5,10	2,32	2,12	268,20
27	27	28	846,11	44	0,74	3,67636	3606,46	0,23461	0,32957	0,81664	3,00	121,43	121,17	5,03	2,32	2,12	265,74
28	28	29	858,03	44	0,73	3,65144	3582,01	0,23954	0,33319	0,8214	3,00	118,13	117,74	5,36	2,32	2,12	428,13
29	29	30	861,49	44	0,73	3,65144	3582,01	0,24051	0,3339	0,82232	3,00	117,13	116,86	2,93	2,32	2,12	201,23

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XXVII.

Tramo	Terreno (m)				Area a drenar (Ha)							Coeficiente C				Tiempo concentración (min)	Intensidad de lluvia (mm/h)	
	POZO	de P	a P	Distancia horizontal	S% Terreno	A1: Techos	A2: Patios	A3: Cultivos	A4: Carretera	Area del tramo	Area acumulada	C1	C2	C3	C4			C
31	32	163.10	162.34	77.05	0.010	0.2671	0.6233	0.6233	0.2671	1.7809	1.7809	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.63	90.45
32	33	162.34	162.11	98.24	0.002	0.2668	0.6225	0.6225	0.2668	1.7785	3.5594	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	16.946	79.58
33	34	162.11	160.96	89.31	0.013	0.2970	0.6931	0.6931	0.2970	1.9803	5.5397	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	21.181	69.02
34	35	160.96	159.02	46.17	0.042	0.0959	0.2238	0.2238	0.0959	0.6393	6.1790	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	24.557	62.41
35	36	159.02	156.48	44.41	0.057	0.0927	0.2164	0.2164	0.0927	0.6183	6.7973	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	25.901	60.12
36	37	156.48	153.54	73.32	0.040	0.1497	0.3492	0.3492	0.1497	0.9978	7.7951	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	27.21	58.04
37	38	153.54	152.15	44.65	0.031	0.0736	0.1718	0.1718	0.0736	0.4909	8.2860	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	28.32	56.39
38	39	152.15	149.14	43.70	0.069	0.0574	0.1339	0.1339	0.0574	0.3825	8.6685	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	29.006	55.42
39	40	149.14	145.87	34.02	0.096	0.0620	0.1447	0.1447	0.0620	0.4133	9.0818	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	29.682	54.49
40	41	145.87	142.62	34.01	0.096	0.0437	0.1019	0.1019	0.0437	0.2911	9.3729	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	30.119	53.91
41	42	142.62	139.76	47.24	0.061	0.0951	0.2220	0.2220	0.0951	0.6342	10.0071	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	30.557	53.34
42	43	139.76	137.07	47.24	0.057	0.0742	0.1731	0.1731	0.0742	0.4946	10.5017	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	30.987	52.78
43	44	137.07	133.45	89.48	0.040	0.1445	0.3372	0.3372	0.1445	0.9635	11.4652	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	31.424	52.24
44	45	133.45	129.95	89.48	0.039	0.1462	0.3411	0.3411	0.1462	0.9746	12.4398	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	31.883	51.68
45	46	129.95	127.78	72.19	0.030	0.0779	0.1818	0.1818	0.0779	0.5195	12.9593	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	32.366	51.11
46	47	127.78	126.31	64.94	0.023	0.0498	0.1163	0.1163	0.0498	0.3323	13.2916	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	32.742	50.65
47	48	126.31	125.50	69.17	0.012	0.0771	0.1799	0.1799	0.0771	0.5141	13.8057	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	33.091	50.25
48	49	125.50	123.17	97.99	0.024	0.3086	0.7201	0.7201	0.3086	2.0573	15.8630	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	33.467	49.82
49	50	123.17	120.84	44.17	0.053	0.0885	0.2064	0.2064	0.0885	0.5898	16.4528	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	33.897	49.34
50	51	120.84	119.18	70.52	0.024	0.2617	0.6106	0.6106	0.2617	1.7445	18.1973	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	34.093	49.13

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XXVII.

Tramo	Caudal de diseño (l/s)	Diámetro (pulg.)	% del tubo	Sección llena (Hazen-Williams)		Relaciones hidráulicas			Velocidad de diseño (m/s)	Cotas invert		Profundidad de pozos		Ancho de zanja (m)	Excavación (m³)
				V (m/s)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V		Inicio	Final	Inicio	Final		
31	151.01	18	1.00	2.35514	386.65	0.39055	0.43399	0.93839	2.21	161.44	160.68	1.66	1.66	1.46	182.14
32	265.57	18	1.00	2.35514	386.65	0.68684	0.60877	1.07759	2.54	160.65	159.68	1.69	2.43	1.46	289.75
33	358.44	18	1.30	2.68527	440.849	0.81306	0.68471	1.11421	2.99	159.65	158.51	2.46	2.45	1.46	313.30
34	361.52	20	1.25	2.82472	572.523	0.63146	0.57651	1.05767	2.99	157.87	157.31	3.09	1.71	1.51	160.44
35	383.10	20	1.22	2.79062	565.611	0.67732	0.6032	1.07433	3.00	155.29	154.77	3.73	1.71	1.51	174.60
36	424.17	26	1.14	3.21318	1100.63	0.38539	0.43078	0.9351	3.00	152.50	151.68	3.98	1.86	1.66	346.19
37	438.06	26	1.11	3.17062	1086.05	0.40335	0.44191	0.94638	3.00	150.77	150.29	2.77	1.86	1.66	164.29
38	450.38	26	1.09	3.14193	1076.22	0.41848	0.45119	0.95553	3.00	147.74	147.28	4.41	1.86	1.66	217.53
39	463.94	28	1.07	3.27063	1299.29	0.35708	0.41292	0.91631	3.00	144.31	143.96	4.83	1.91	1.71	185.09
40	473.70	28	1.06	3.25531	1293.2	0.3663	0.41878	0.92257	3.00	141.05	140.71	4.82	1.91	1.71	184.05
41	500.38	32	1.04	3.52466	1828.84	0.2736	0.35748	0.85229	3.00	138.22	137.75	4.40	2.01	1.81	261.56
42	519.69	32	1.01	3.47345	1802.27	0.28835	0.36765	0.8647	3.00	135.52	135.06	4.24	2.01	1.81	254.34
43	561.48	40	1.00	4.01058	3251.51	0.17268	0.28121	0.74886	3.00	132.10	131.23	4.97	2.22	2.02	632.36
44	602.65	40	0.94	3.8884	3152.45	0.19117	0.29629	0.77085	3.00	128.55	127.73	4.90	2.22	2.02	626.20
45	620.92	40	0.92	3.84682	3118.74	0.19909	0.30257	0.77978	3.00	126.21	125.56	3.74	2.22	2.02	420.10
46	631.19	40	0.91	3.82585	3101.74	0.2035	0.30602	0.78461	3.00	124.66	124.09	3.12	2.22	2.02	337.30
47	650.38	40	0.89	3.78358	3067.47	0.21203	0.31257	0.7937	3.00	123.88	123.28	2.43	2.22	2.02	313.00
48	740.94	44	0.82	3.86999	3796.4	0.19517	0.29948	0.77539	3.00	121.64	120.85	3.86	2.32	2.12	624.55
49	761.08	44	0.80	3.8225	3749.82	0.20296	0.3056	0.78403	3.00	118.86	118.52	4.31	2.32	2.12	291.80
50	838.09	44	0.74	3.67636	3606.46	0.23239	0.32793	0.81447	2.99	117.37	116.86	3.47	2.32	2.12	416.54

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XXVII.

Tramo	Terreno (m)			Area a drenar (Ha)								Coeficiente C				Tiempo concentración	Intensidad de lluvia (mm/h)		
	POZO	de PV	a PV	COTAS TERRENO		S% Terreno	Distancia horizontal	A1: Techos	A2: Patios	A3: Cultivos	A4: Carretera	Area del tramo acumulada	C1	C2	C3			C4	C
				INICIO	FINAL														
52	52	53	163.05	162.33	52.87	0.014	0.1154	0.2692	0.1154	0.7690	0.7690	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.63	90.45	
53	54	55	159.47	156.28	48.45	0.066	0.1015	0.2369	0.1015	0.6768	0.6768	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.625	90.45	
54	56	57	150.39	145.59	54.42	0.088	0.0667	0.1557	0.0667	0.4448	0.4448	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.625	90.45	
55	57	58	145.59	140.93	54.42	0.086	0.0378	0.0882	0.0378	0.2521	0.6969	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	14.496	87.32	
56	59	60	138.29	134.21	44.31	0.092	0.0704	0.1644	0.0704	0.4696	0.4696	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.625	90.45	
57	60	61	134.21	130.84	72.40	0.047	0.1049	0.2449	0.1049	0.6996	1.1692	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	14.17	88.46	
58	62	63	128.10	125.17	46.06	0.064	0.0622	0.1452	0.0622	0.4149	0.4149	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.625	90.45	
59	63	64	125.17	121.55	40.37	0.090	0.0434	0.1012	0.1012	0.434	0.7039	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	14.218	88.30	
60	64	65	121.55	117.78	40.37	0.093	0.0434	0.1012	0.1012	0.434	0.2890	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	14.794	86.30	
61	66	67	114.95	111.03	39.78	0.099	0.0500	0.1167	0.0500	0.3333	0.3333	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.625	90.45	
62	67	68	111.03	106.42	49.23	0.094	0.0781	0.1821	0.0781	0.5204	0.8537	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	14.057	88.87	
63	69	70	103.36	101.42	22.01	0.088	0.0278	0.0649	0.0278	0.1853	0.1853	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.625	90.45	
64	70	71	101.42	99.23	22.53	0.097	0.0087	0.0202	0.0087	0.0578	0.2431	0.3	0.25	0.2	0.9	0.3375	13.945	89.27	

Tramo	Caudal de diseño		Diámetro	S% del tubo	Sección llena (Hazen-Williams)		Relaciones hidráulicas			Velocidad de diseño		Cotas invert		Profundidad de pozos		Ancho de zanja	Excavación (m³)
	de PV	a PV			V (m/s)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	(m/s)	(m/s)	Inicio	Final	Inicio	Final		
52	52	53	65.21	18	1.40	2.78663	457.491	0.14253	0.25506	0.70874	1.98	161.39	160.67	1.66	1.66	1.46	122.93
53	54	55	57.39	18	5.00	5.26624	864.576	0.06638	0.17455	0.56684	2.99	156.95	154.62	2.52	1.66	1.46	141.28
54	56	57	37.72	18	7.25	6.3414	1041.09	0.03623	0.13016	0.47337	3.00	147.77	143.93	2.62	1.66	1.46	164.09
55	57	58	57.05	20	5.25	5.78896	1173.32	0.04862	0.15002	0.51683	2.99	142.00	139.23	3.59	1.70	1.51	208.76
56	59	60	39.82	20	7.00	6.68451	1354.84	0.02939	0.11773	0.44461	2.97	135.50	132.50	2.79	1.71	1.51	144.08
57	60	61	96.97	20	3.25	4.55473	923.166	0.10504	0.21887	0.64868	2.95	131.43	129.13	2.78	1.71	1.51	238.14
58	62	63	35.18	20	6.40	6.39162	1295.47	0.02716	0.11336	0.43418	2.78	126.31	123.46	1.79	1.71	1.51	116.69
59	63	64	58.27	20	5.20	5.76133	1167.72	0.0499	0.15191	0.52083	3.00	121.86	119.84	3.31	1.71	1.51	145.81
60	64	65	80.33	24	4.24	5.87478	1714.63	0.04685	0.14735	0.51115	3.00	117.62	115.98	3.93	1.80	1.61	176.30
61	66	67	28.26	20	9.00	7.57953	1536.24	0.0184	0.09416	0.38614	2.93	112.75	109.30	2.20	1.73	1.51	112.39
62	67	68	71.13	20	4.25	5.20853	1055.68	0.06737	0.17583	0.56934	2.97	106.73	104.71	4.30	1.71	1.51	213.63
63	69	70	15.71	18	8.80	6.98646	1146.99	0.0137	0.08188	0.35321	2.47	101.56	99.76	1.80	1.66	1.46	50.79
64	70	71	20.35	18	9.70	7.33503	1204.21	0.0169	0.09043	0.37633	2.76	99.59	97.57	1.83	1.66	1.46	51.92

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Planilla de pozos de absorción

Tramo	De pozo	A pozo	Caudal diseño	Tiempo	Q drenar m ³	L pozo	Radio pozo	Q pozo	Cantidad pozos
52	52	53	0,0652	13,63	53,31	17	1	53,4071	1
53	54	55	0,0574	13,63	46,91	15	1	47,1239	1
54	56	58	0,0570	14,50	49,62	16	1	50,2655	1
55	59	61	0,0970	14,17	82,44	26	1	81,6814	1
56	62	65	0,0803	14,79	71,31	23	1	72,2566	1
57	66	68	0,0711	14,06	59,99	20	1	62,8319	1
58	69	71	0,0203	13,94	17,02	6	1	18,8496	1

Fuente: elaboración propia.

3.3. Presupuesto

En el caso del drenaje pluvial, incluye instalación de tubería, construcción de pozos de visita y tragantes, mano de obra no calificada, alquiler de maquinaria, movimiento de tierra, transporte de materiales, etcétera.

Tabla XXIX. Presupuesto de drenaje pluvial

PROYECTO	DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE CASERÍO YERBABUENA Y ALDEA PUERTA ABAJO				
UBICACIÓN	Caserío Yerbabuena y Aldea Puerta Abajo, Municipio de Chimaltenango				
No.	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
1	3 500,00	m. lineal	Replanteo Topográfico	Q 6,39	Q 22 352,56
			TOTAL PRELIMINARES		Q 22 352,56
No.	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
2	17 976,82	m ³	Excavación de zanja para tubería principal (incluye excavacion pozos de visita y de absorción)	Q 54,25	Q 975 310,38
3	480,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 18" pvc	Q 584,90	Q 280 751,75
4	544,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 20" pvc	Q 656,95	Q 357 382,31

Continuación de la tabla XXIX.

No.	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
5	39,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 24" pvc	Q 695,38	Q 27 119,78
6	158,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 26" pvc	Q 833,37	Q 131 672,48
7	65,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 28" pvc	Q 899,20	Q 58 448,07
8	171,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 30" pvc	Q 993,90	Q 169 956,24
9	91,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 32" pvc	Q 1 146,32	Q 104 315,06
10	362,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 36" pvc	Q 1 492,13	Q 540 151,75
11	728,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 40" pvc	Q 2 077,52	Q 1 512 431,87
12	460,00	m. lineal	Instalación de tubería Ø 44" pvc	Q 2 374,26	Q 1 092 159,56
TOTAL DE TUBERÍA PRINCIPAL					Q 5 249 699,26
No.	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
13	15,00	Unidad	Construcción de pozos de visita de 1,50 m de diámetro y 2,35 m. de altura	Q 7 214,82	Q 108 222,26
14	9,00	Unidad	Construcción de pozos de visita de 1,50 m. de diámetro y 4,10 m. de altura (caída > 0,70 m)	Q 11 556,22	Q 104 005,94
15	4,00	Unidad	Construcción de pozos de visita de 1,75 m. de diámetro y 3,89 m. de altura (caída > 0,70 m)	Q 12 491,68	Q 49 966,74
16	22,00	Unidad	Construcción de pozos de visita de 2,00 m de diámetro y 4,52 m de altura (caída > 0,70 m)	Q 15 974,64	Q 351 442,16
17	10,00	Unidad	Construcción de pozos de visita de 2,25 m. de diámetro y 4,48 m. de altura (caída > 0,70 m)	Q 16 333,89	Q 163 338,89
18	7,00	Unidad	Construcción de pozos de absorción de 2,00 m de diámetro y 17,50 m. de altura	Q 37 919,99	Q 265 439,90
19	142,00	Unidad	Tragantes	Q 5 005,88	Q 710 834,27
TOTAL OBRAS COMPLEMENTARIAS					Q 1 753 250,16
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 7 025 301,97

Fuente: elaboración propia.

3.4. Análisis económico

Este análisis trata del tiempo en el cual será reembolsado el costo del proyecto, el tiempo de reembolso debe ser el menor que se pueda para que empiece a generar ganancias. Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el Valor Presente Neto (VPN) y su comparación con la Tasa Interna de Retorno (TIR).

3.4.1. Valor Presente Neto (VPN)

Al investigar diferentes situaciones económicas, se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta. Así las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo, se consideran como desembolso o ingresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado, etcétera.

Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores futuros de rescate de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento; para el presente proyecto, se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa activa de interés promedio para préstamos, que en el mercado actual es de 13,44 por ciento. El procedimiento a realizar es el siguiente:

La inversión total para el proyecto de pavimentación y drenaje pluvial es de Q. 15 272 504,30. Para esto se emplearán los servicios técnicos para la limpieza y mantenimiento de ambos proyectos con una inversión mensual de

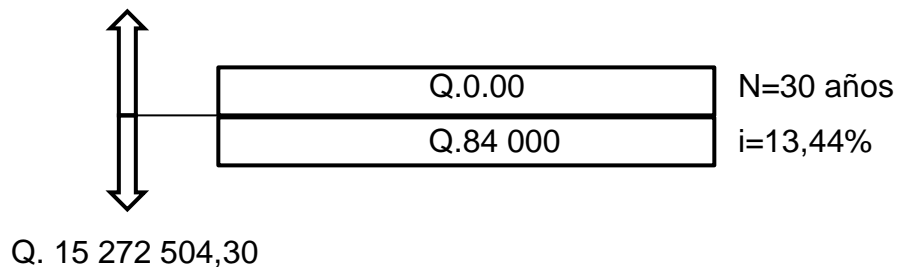
Q.7 000,00 como mínimo, para el mantenimiento. No se estiman ingresos por ser un área muy transitada y pública. El período de diseño es de 30 años.

Tabla XXX. **Cálculo de Valor Presente Neto (VPN)**

	OPERACIÓN	RESULTADO
Costo Inicial		Q 15,272,504.30
Ingreso Inicial	Q -	Q -
Costo Anual	Q 7,000.00	Q 84,000.00
Ingreso Anual	Q -	Q -
Vida Útil		30 años

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Valor Presente Neto (VPN)**



Fuente: elaboración propia.

Se utiliza el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos:

$$\text{VPN} = - \text{Costo inicial} + \text{ingreso inicial} - \text{costo anual} * (1 + \text{tasa de interés})^n + \text{ingreso anual} * (1 + \text{tasa de interés})^n$$

$$\text{VPN} = (- \text{Q. 15 272 504,30}) - \text{Q. 84 000} * (1 + 0,1344)^{30}$$

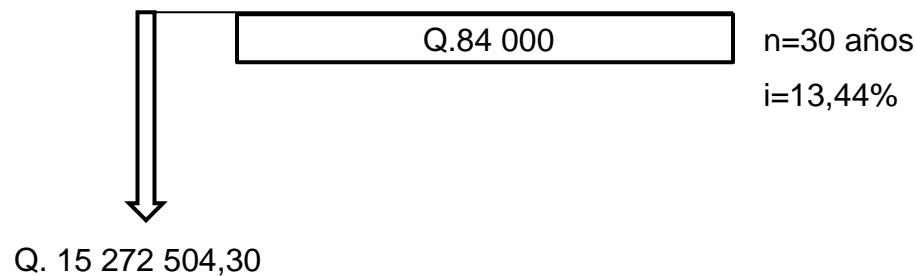
$$\text{VPN} = - \text{Q. } 18\,964\,539,40$$

El Valor Presente Neto (VPN), es negativo ya que la inversión inicial es muy alta y el ingreso es nulo. Lo recomendable sería no aceptar la ejecución del proyecto. Pero con la ejecución del mismo se beneficiará directamente a todos los vecinos, transeúntes, turistas y visitantes, por lo cual su carácter social es muy importante, al ser una ruta alterna que conecta el municipio de Chimaltenango con el municipio de Zaragoza.

3.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El costo del proyecto, además del costo de mantenimiento genera la siguiente gráfica para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Figura 14. Tasa Interna de Retorno (TIR)



Fuente: elaboración propia.

Con los anteriores datos, se plantea y soluciona la ecuación de valores utilizando el VPN para diferentes valores de tasa de interés.

- Utilizando una tasa de interés de 13.44% se obtiene

$$\text{VPN} = - \text{Q. } 17\,866\,792,78$$

- Utilizando una tasa de interés de 19% se obtiene

$$VPN = - Q. 30\,785\,230,52$$

- Utilizando una tasa de interés de 26% se obtiene

$$VPN = - Q. 101\,450\,351,26$$

Como se observa en estos resultados, no se encuentra ningún resultado positivo con el aumento de la tasa de interés, lo cual significa que, como no existe ningún ingreso inicial, ni anual, este proyecto no presenta una Tasa Interna de Retorno (TIR).

3.5. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente.

Los objetivos generales del EIA son:

- Proveer a los niveles de decisión, información sobre los efectos ambientales del proyecto propuesto, para evaluar las distintas opciones sobre su ejecución.
- Producir, en la medida de lo posible, proyectos adecuados ambientalmente.

Para este proyecto se presenta una matriz de recomendaciones para mitigar el impacto ambiental del proyecto. Este proyecto busca que una vez finalizado, tenga un efecto positivo en salud, y en la disminución de la

contaminación, pero durante el período que dure la construcción, puede darse cierta alteración ambiental, por lo cual es necesario establecer cuidados y supervisión estricta durante cada proceso de ejecución del proyecto y también sobre algunos procesos durante la puesta en funcionamiento, tanto del sistema de drenaje pluvial como del pavimento de concreto.

Tabla XXXI. **Síntesis del Plan de supervisión y control del Impacto Ambiental**

IMPACTO	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Alteraciones sobre el recurso hídrico, superficial y subterráneo	Prohibición de lavado de camiones y mezcladoras de concreto en lugares no especificados por la inspección. Traslado de aguas residuales.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Evitar acopios de materiales innecesarios o por tiempos prolongados	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Descarga del caudal del drenaje pluvial sobre el río sobre el cual se ha diseñado el desfogue	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Ejecutar correctamente la explotación de canteras.	Contratista de obra	Cantera	Etapa de construcción
	Control del uso de lubricantes y aceites. Lavado de equipos en zonas permitidas.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Utilización de pozos de absorción para realimentar los mantos subterráneos de agua.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción

Continuación de la tabla XXXI.

IMPACTO	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Alteraciones sobre el recurso hídrico, superficial y subterráneo	Ejecución correcta de las juntas entre tuberías para evitar socavamientos. Control en niveles y pendientes	Contratista de obra – empresa supervisora	Zona de obra	Etapa de construcción
Calidad del aire	Control permanente sobre la carburación de los vehículos	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Optimizar el movimiento de maquinarias y camiones	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Mantener la humedad necesaria en lugares de almacenamiento de materiales.	Contratista de obra	Zona de obra y canteras	Etapa de construcción
	Mantener con humedad vías de circulación de terracería	Contratista de obra – operador de maquinaria	Zona del proyecto	Etapa de construcción
	Durante la carga y descarga de materiales sueltos, mantener condiciones de humedad de estos	Contratista de obra – operador de maquinaria	Zona de obra y canteras	Etapa de construcción
Generación de olores	Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Almacenamiento en contenedores cerrados de residuos sólidos.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Control permanente sobre la carburación de vehículos	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Traslado de residuos sólidos resultante de la limpieza de tragantes	Municipalidad	Zona del proyecto	Etapa de funcionamiento

Continuación de la tabla XXXI.

IMPACTO	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Contaminación sonora	Optimizar el movimiento de maquinarias y camiones	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción
	Uso de protección auditiva por parte de los operarios	Supervisión	Zona de obra	Etapa de construcción
	Consensuar horas de trabajo con la población	Contratista de obra – Supervisión	Zona de proyecto	Etapa de construcción
Alteraciones sobre las característica físico-químicas del suelo	Almacenamiento de contenedores cerrados de residuos sólidos	Contratista de obra	Zona de obra y área de galeras principales	Etapa de construcción
	Prohibición del lavado de camiones y mezcladoras de concreto en lugares no autorizados por la supervisión	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Ejecutar una correcta explotación de canteras. Restitución de suelos	Contratista de obra	Canteras	Etapa de construcción
	Mantener estabilidad de taludes y excavaciones	Contratista de obra	Canteras	Etapa de construcción
	Traslado de residuos sólidos resultantes de la limpieza	Municipalidad	Zona de obra	Etapa de funcionamiento
Erosión de suelos	Extracción correcta y controlada de la cubierta vegetal	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
Sobre la flora	Reforestación de especies erradicadas	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Reubicación en lo posible de los árboles erradicados	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción

Continuación de la tabla XXXI.

IMPACTO	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Sobre la fauna	Disminución de ruidos y vibraciones producidos por los trabajos y circulación de vehículos	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
Sobre el medio perceptivo ó paisaje	Recuperación de zonas utilizadas para las galerías de los trabajadores. Retiro de instalaciones provisionales.	Contratista de obra	Zona de obra y galerías principales	Etapa de construcción
Sobre el tránsito y medios de transporte	Correcta señalización de desvíos. Indicación de velocidades máximas. Colocación de barreras de protección y de iluminación nocturna. Empleo de banderilleros	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción
	Colocación de pasarelas o puentes de ingreso a propiedades	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Garantizar la seguridad de visitantes y pobladores	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Aunque el valor soporte del suelo reporta valores muy bajos, con la utilización de una capa granular, el valor soporte del suelo aumenta, con lo cual el espesor de la losa de concreto disminuye a un espesor de 15 centímetros. Integrando también juntas doveladas para optimizar el diseño.
2. Debido a que no se puede obtener un ancho mayor para el derecho de paso en el diseño del pavimento, por la existencia de construcciones en el trayecto de la ruta, el diseño se ha regido a los anchos mínimos de la sección típica utilizada.
3. Debido a la topografía del lugar y la ubicación cercana del río Yerbabuena, se ha diseñado el drenaje pluvial de la ruta, de tal manera que en lugar de drenaje transversal para la carretera, se utilice un solo colector al centro de la ruta a través de toda su longitud, en la cual se desfogará la lluvia que caerá sobre la ruta y la que desfogan las calles que convergen en ella.
4. Debido a que el desfogue del sistema de drenaje pluvial será sobre el río Yerbabuena y también a través de pozos de absorción, el impacto ambiental en ningún caso será negativo al área del proyecto, sino que establecerá una solución técnica y segura para la evacuación de la precipitación de una manera amigable con el medio ambiente.

5. El análisis económico a través del cálculo del Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno, indican que la inversión no se recupera a través del período de diseño, ya que no se tiene un ingreso mensual ni anual fijo, por lo cual se puede definir este como un proyecto de beneficio social.

RECOMENDACIONES

1. Para poder cumplir con el período de diseño de ambos proyectos, es necesario dar el mantenimiento conveniente para ambos.
2. En la ejecución de estos proyectos, debe contarse con una supervisión profesional, que verifique el cumplimiento de las especificaciones técnicas, reglamentos y normas vigentes.
3. Para que en ambos proyectos se pueda garantizar la calidad de estos, es importante el uso de materiales de calidad, a los cuales debe aplicarse ensayos que verifiquen esto y también mediante los certificados de calidad y garantía que deben entregar los proveedores.
4. Es importante la gestión de este proyecto dentro del consejo departamental de desarrollo, el cual gestionará el apoyo gubernamental y también a través de los COCODES para el apoyo de la comunidad, antes, durante y después de la finalización del proyecto.
5. Las autoridades municipales deben hacer uso inmediato de este estudio, para que en el más corto plazo se pueda llevar a cabo dichos proyectos y así beneficiar a las comunidades que se encuentran en el trayecto de este tramo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. *Especificaciones técnicas para diseño de carreteras*. Guatemala: DGC, Departamento Técnico de Ingeniería, 1978. 118 p.
2. HUN AGUILAR, Ligia Elizabeth. *Diseño del pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea Santa María Cauqué, del municipio de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 165 p.
3. Instituto Nacional de Estadística. *XI Censo de Población y VI de Habitación República de Guatemala*. Guatemala: INE 2002. 66 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM 2001. 30 p.
5. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. *Intensidades de precipitación en la República de Guatemala y Mapa de Isolineas*. Guatemala: Departamento de Investigación y servicios hídricos, INSIVUMEH 2002. 21 pag.

6. MORALES CUSTODIO, Ana José. *Diseño de abastecimiento de agua potable, pavimento rígido, drenaje sanitario y pluvial del barrio El Recuerdo, y drenaje sanitario y pluvial para la colonia Las Victorias, municipio de Jocotenango, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 158 p.
7. SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. 1a. Edición. México D.F: Limusa, 1997. 208 p.
8. SIECA-USAID. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: SIECA, 2002. 289 p.

APÉNDICES

Figura 15. Ensayo de compactación

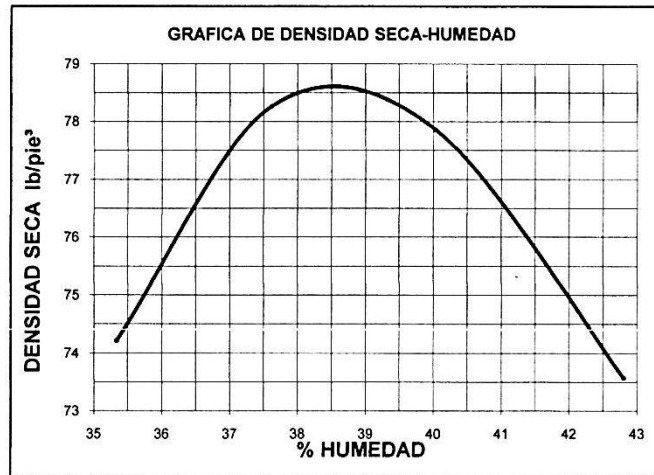


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 19125

INFORME No. 0146 S.S. O.T. No.: 28,265
 Interesado: José Daniel González Gómez
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
 Proyecto: EPS-Diseño de pavimento de concreto del acceso principal de la Aldea Puerta
 Ubicación: Municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango.
 Fecha: 12 de mayo de 2011



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café.
 Densidad seca máxima γ_d : 1,259 Kg/m³ 78.6 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 38.5 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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. Sección Mecánica de Suelos. Informe no.0146 S.S. Orden de trabajo no.28 265

Figura 16. Ensayo de razón Soporte California (CBR)



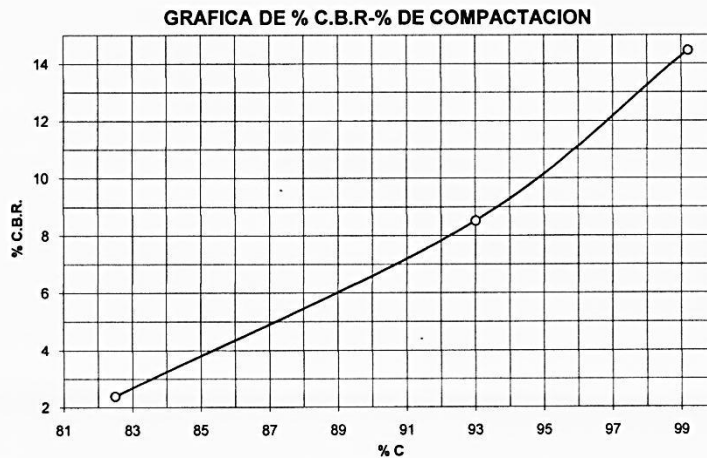
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 19126

INFORME No.: 0147 S.S. O.T. No.: 28,265
 Interesado: José Daniel González Gómez
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS-Diseño de pavimento de concreto del acceso principal de la Aldea Puerta Abajo.
 Ubicación: Municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango.
 Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café.
 Muestra No.: 1
 Fecha: 12 de mayo de 2011

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma < \gamma_{b/pie^3}$			
1	10	38.70	64.8	82.5	1.30	2.4
2	30	38.70	73.1	93.0	1.74	8.5
3	65	38.70	78.0	99.2	1.52	14.5



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Carro Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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. Sección Mecánica de Suelos. Informe no.0146 S.S. Orden de trabajo no.28 265

Figura 17. Ensayo de granulometría



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



Nº 19127

INFORME No. 0148 S.S.

O.T. No. 28,265

Interesado: José Daniel González Gómez

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Proyecto: EPS-Diseño de pavimento de concreto del acceso principal de la Aldea Puerta Abajo.

Ubicación: Municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango.

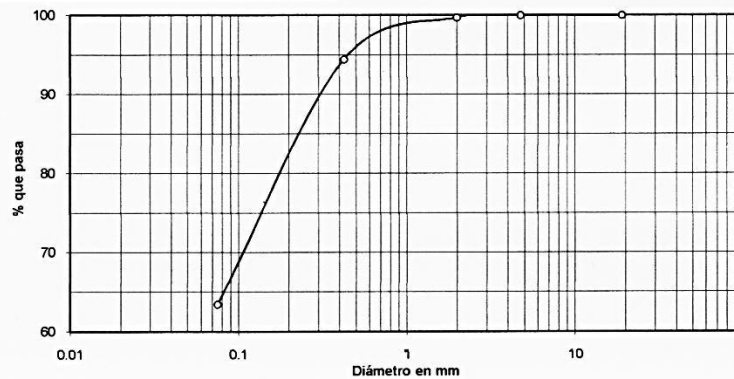
Fecha: 12 de mayo de 2011

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19	100.00
4	4.75	99.98
10	2	99.72
40	0.425	94.46
200	0.075	63.42

% de Grava: 0.02

% de Arena: 36.56

% de finos: 63.42



Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café.

Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A-5

Observaciones: Muestra tomada en el terreno interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC




Ing. Omar Enrique Medraño Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos


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. Sección Mecánica de Suelos. Informe no.0146 S.S. Orden de trabajo no.28 265

Figura 18. Ensayo de límites de Atterberg



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



Nº 19128

INFORME No. 0149 S.S. O.T.: 28,265

Interesado: José Daniel González Gómez
 Proyecto: EPS-Diseño de pavimento de concreto del acceso principal de la Aldea Puerta
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90
 Ubicación: Municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango.
 FECHA: 12 de mayo de 2011


RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	45.8	7.5	ML	Limo arcillo arenoso color café.

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD


Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrand Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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. Sección Mecánica de Suelos. Informe no.0146 S.S. Orden de trabajo no.28 265

Figura 19. **Ensayo de Peso Unitario Suelto (PUS)**



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



Nº 19129

INFORME No.: 0150 S. S.

O.T.: 28,265

INTERESADO: José Daniel González Gómez
PROYECTO: EPS-Diseño del Bulevar Principal del Centro Universitario.

ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)
Norma: A.A.S.T.H.O T-19
UBICACIÓN: La Villa del Municipio de Chimaltenango, Departamento de Chimaltenango.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arcillo arenoso color café

FECHA: 12 de mayo de 2011

RESULTADO DEL ENSAYO:

P.U.S.= 918 kg/m³

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,







Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Figura 20. Ensayo de equivalente de arena

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
		Nº 19130		
INFORME No.: 0151 S. S.		O.T.: 28,265		
INTERESADO:	José Daniel González Gómez			
PROYECTO:	EPS-Diseño del Bulevar Principal del Centro Universitario.			
ASUNTO:	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA			
Norma:	A.A.S.T.H.O T-176			
UBICACIÓN:	La Villa del Municipio de Chimaltenango, Departamento de Chimaltenango.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo arcillo arenoso color café			
FECHA:	12 de mayo de 2011			
<u>RESULTADO DEL ENSAYO:</u>				
<table border="1" data-bbox="446 1045 662 1073"><tr><td>E.A=</td><td>16</td></tr></table>			E.A=	16
E.A=	16			
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado				
Atentamente,				
Vo. Bo.				
Inga. Telma Mariçela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		  Ing. Omar Enrique Méndez Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos		
<hr/>				
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://cii.usac.edu.gt				

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. USAC. Sección Mecánica de Suelos. Informe no.0146 S.S. Orden de trabajo no.28 265

Figura 21. Características geométricas para el diseño de carreteras

TPD	Carretera	Velocidad de diseño KPH	Ancho de calzada	Ancho de terracería		Derecho de vía (m)	Radio mínimo (m)	Pendiente máxima (%)	Distancia visib. Parada		Distancia Visib. Paso														
				Corte (m)	Relleno (m)				*Mínima (m)	* Recomendada (m)	*Mínima (m)	* Recomendada (m)													
3 000 a 5 000	Tipo A Regiones Llanas Onduladas Montañasas	100 80 60	2 x 7,20	25	24	50	375 225 110	3 4 5	160 110 70	200 150 100	700 520 350	750 550 400													
													1 500 a 3 000	Tipo B Regiones Llanas Onduladas Montañasas	80 60 40	7,20	13	12	25	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200
500 a 900	Tipo D Regiones Llanas Onduladas Montañasas	80 60 40	6,00	11	10	25	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200													
													100 a 500	Tipo E Regiones Llanas Onduladas Montañasas	50 40 30	5,50	9,5	8,5	25	75 47 30	8 9 10	55 40 30	70 50 35	260 180 110	300 200 150
10 a 100	Tipo F Regiones Llanas Onduladas Montañasas	40 20 20	5,50	9,5	8,5	15	47 30 18	8 9 10	40 30 20	50 35 25	180 110 50	200 150 100													

Notas:

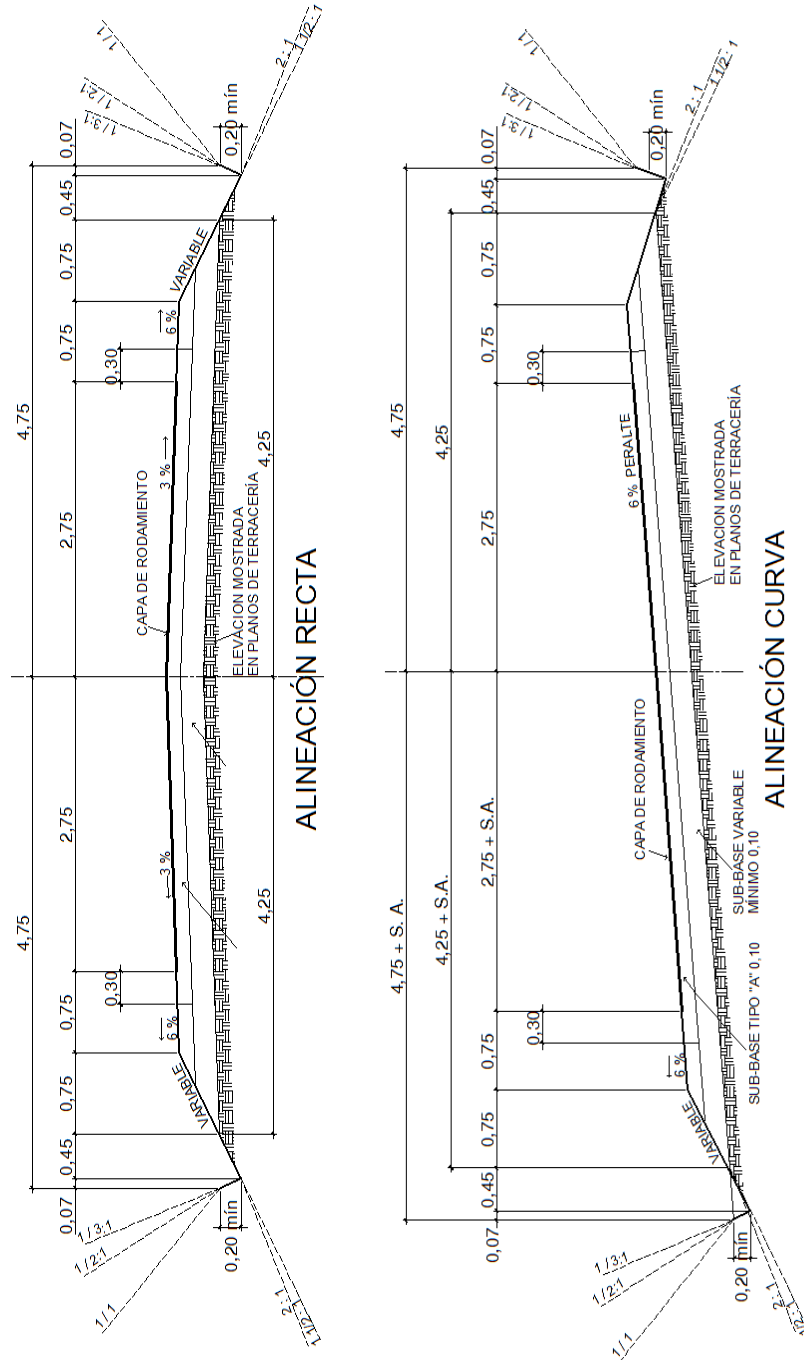
1. TPD promedio de tráfico diario
2. La sección típica para carreteras tipo A, incluye isla central de 1,50 de ancho
3. Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo A, en donde el ancho es doble
4. La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser para carreteras tipo A, Hormigón, Concreto asfáltico (frio o caliente) o tratamiento superficial múltiple; para tipo B y C Concreto asfáltico (frio o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo D, tratamiento superficial doble; para tipo E, tratamiento superficial simple y para tipo F, recubrimiento de material selecto. Los recubrimientos para las carreteras, desde tipo A al E, dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.
5. Valores límites recomendados para las características de la carretera en estado final

Estructuras
Carga H-15 S-12
Altura libre 4,75
Ancho de rodadura 7,9
Concreto clase A 3000 psi
Acero de refuerzo 18000 psi
Acero estructural 33000 psi

*Distancia de visibilidad de parada igual a longitud de curva vertical.

Fuente: Dirección General de Caminos. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. 1989. Tabla 6. p.84

Figura 22. Sección típica E



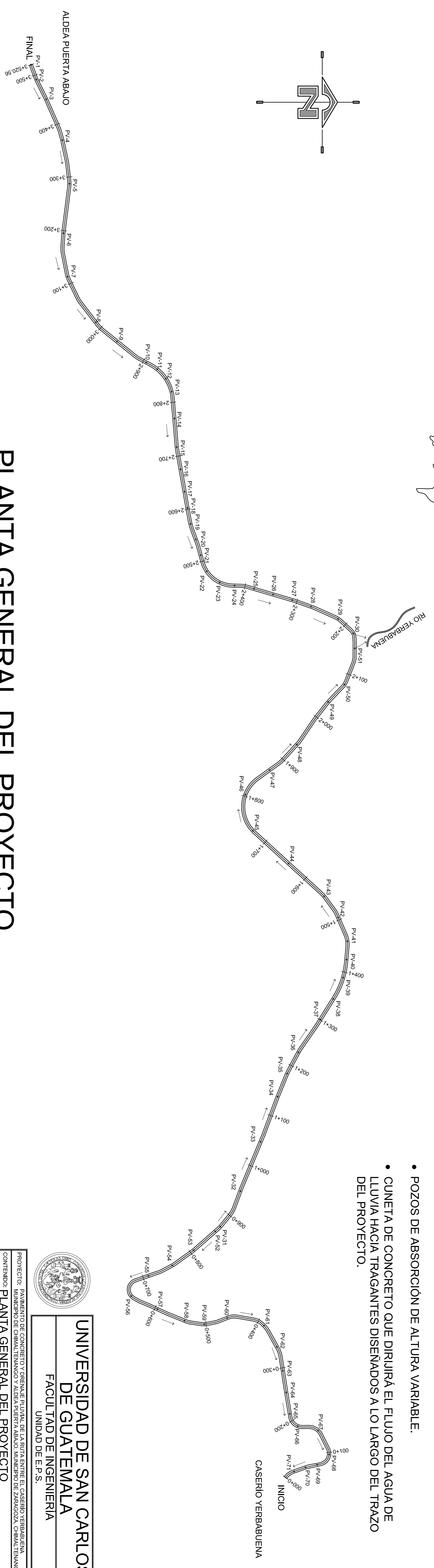
Fuente: Dirección General de Caminos. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. 1989. Figura 20. p.148.

PLANOS DEL PROYECTO



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO:

- PAVIMENTACIÓN DE 3.5 KM DE CARRETERA ENTRE EL CASERIO YERBABUENA Y LA ALDEA PUERTA ABAJO.
- ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO: 25 CM
- ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO: 15 CM
- ESPESOR TOTAL DE LA BASE: 10 CM
- SUBRASANTE: CBR DE DISEÑO DE 38.70% SEGÚN LABORATORIO AASHTO T-193 CONSTRUIDA SEGÚN ESPECIFICACIONES PARA PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE.
- BASE GRANULAR: CBR DETERMINADO POR LA AASHTO T-193 MÍNIMO DE 70% EFECTUADO CON MUESTRA SATURADA AL 95% Y OTRAS ESPECIFICACIONES APLICABLES.
- LOSA DE CONCRETO: EL CONCRETO A UTILIZAR DEBERÁ TENER UN MÓDULO DE RUPTURA MÍNIMO DE 600 PSI Y UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE 4000 PSI A LOS 28 DÍAS CON UNA PROPORCIÓN DE 1:1.5:1.5
- EL CBR INDICADO ES EL CORRESPONDIENTE A 0.01 PUL.G. DE PENETRACIÓN, SEGÚN EL MÉTODO AASHTO T-193 EN UNA MUESTRA COMPACTADA AL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA OBTENIDA EN EL LABORATORIO, OBTENIDA POR EL MÉTODO AASHTO T-180.
- NO SE USARÁ DRENAJE TRANSVERSAL, YA QUE EL DESFOGUE DEL AGUA PLUVIAL SERÁ POR MEDIO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DISEÑADO PARA ESTE PROYECTO.
- EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS TENDRÁ UNA RESISTENCIA DE 4000 PSI
- 3.5 KM DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA RUTA ENTRE EL CASERIO YERBABUENA Y LA ALDEA PUERTA ABAJO.
- 3 RAMALES PRINCIPALES, 2 DESEMBOCAN EN EL RÍO YERBABUENA Y EL RESTANTE POR MEDIO DE SISTEMA DE POZOS DE ABSORCIÓN.
- TUBERÍA A UTILIZAR: PVC TIPO RIB LOC CON DIÁMETROS DESDE 18" HASTA 44".
- POZOS DE VISITA A CADA 100 METROS O EN LOS CAMBIOS DE DIÁMETRO DE LA TUBERÍA Y/O DIRECCIÓN DEL RAMAL.
- POZOS DE ABSORCIÓN DE ALTURA VARIABLE.
- CUNETAS DE CONCRETO QUE DIRIJERÁ EL FLUJO DEL AGUA DE LLUVIA HACIA TRAGANTES DISEÑADOS A LO LARGO DEL TRAZO DEL PROYECTO.

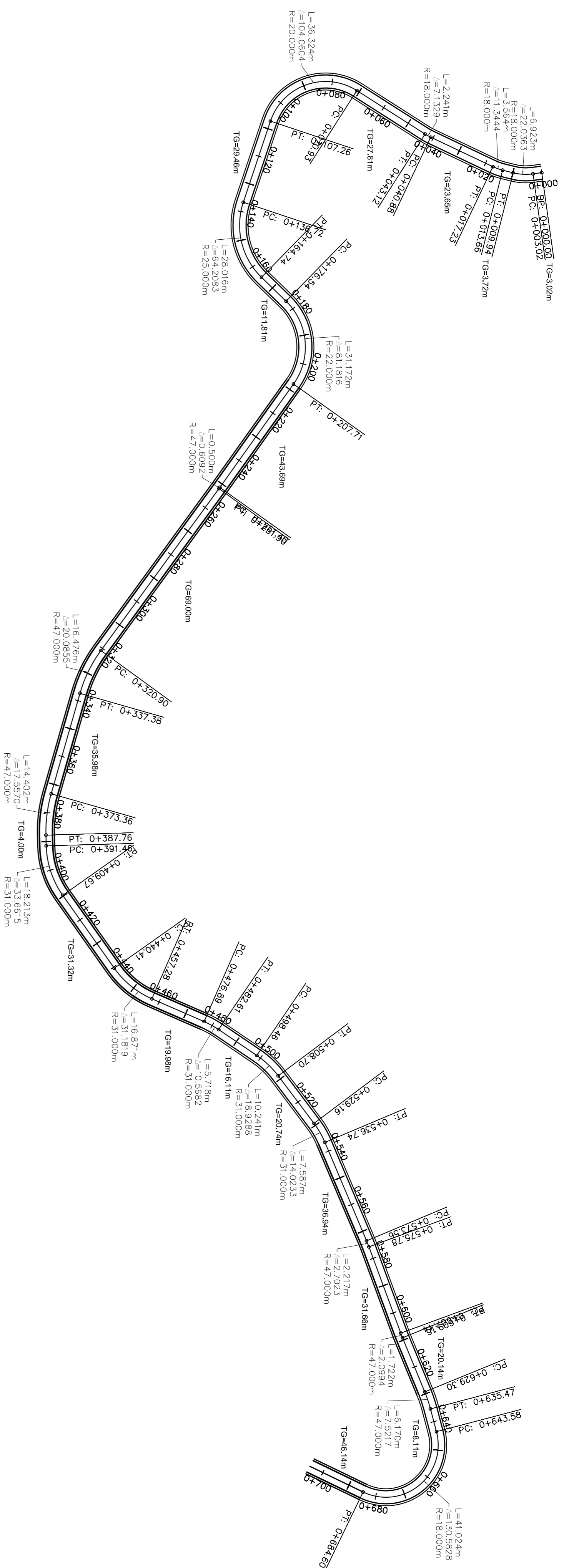
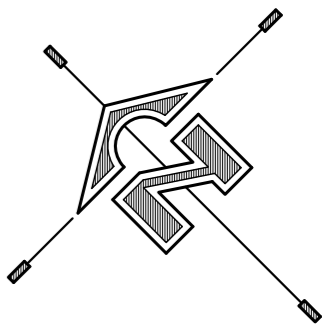


PLANTA GENERAL DEL PROYECTO

ESCALA 1:3750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

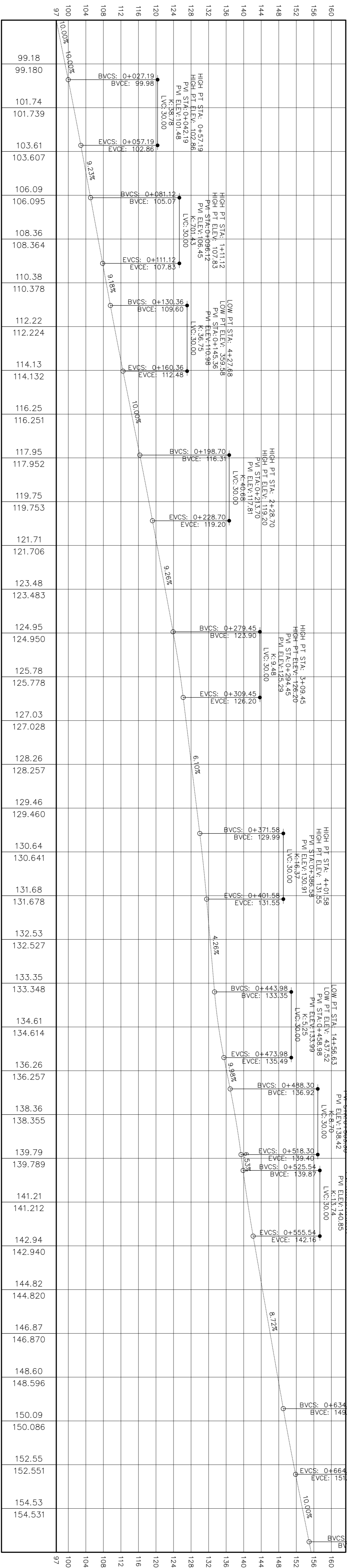
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO YERBABUENA Y LA ALDEA PUERTA ABAJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.		FECHA: H O A	
CONTENIDO: PLANTA GENERAL DEL PROYECTO		1	
PAVIMENTO DE CONCRETO + DRENAJE PLUVIAL		17	
DIBUJOS: J.D. GONZALEZ		CALCULO: J.D. GONZALEZ	
INGA, CHRISTA GLASSON DE RINTO		INDICADA: E	



PLANTA 0+000 A 0+700

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
+	ALINEACION PRINCIPAL
---	PERCENTAJE DE PENDIENTE DE LA RASANTE



PERFIL 0+000 A 0+700

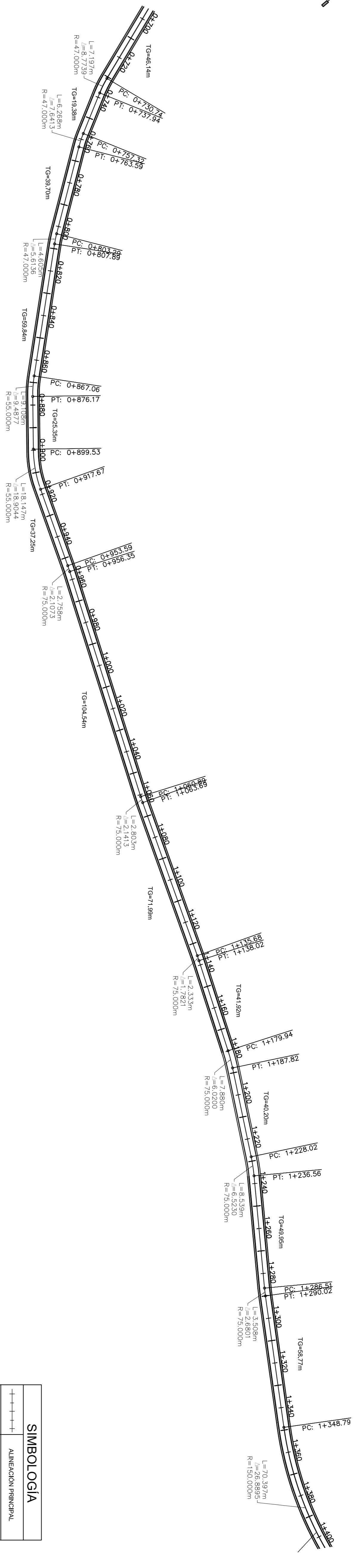
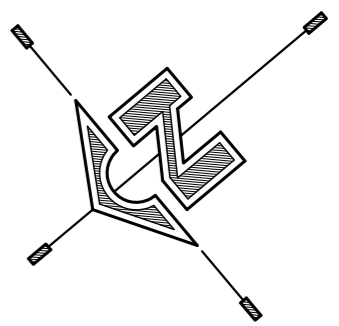
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DISEÑO DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 0+000 A 0+700
PAVIMENTO DE CONCRETO

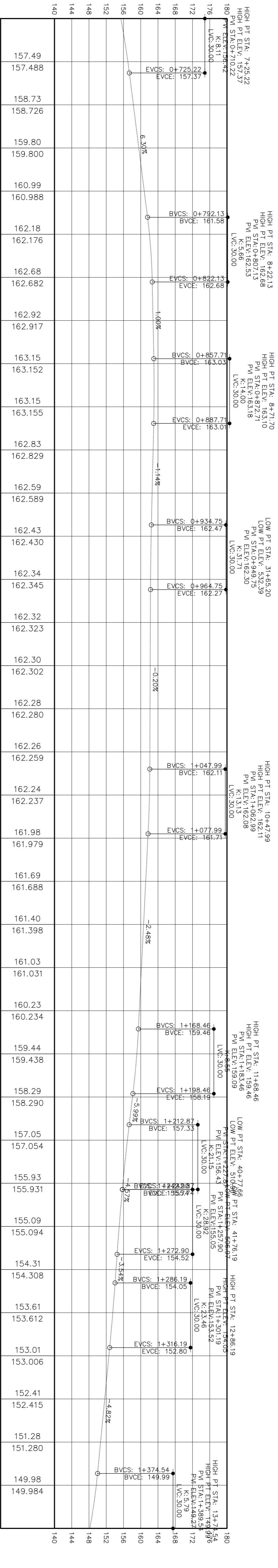
PROYECTO:	PAVIMENTO DE CONCRETO Y DISEÑO DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO:	PLANTA - PERFIL EST. 0+000 A 0+700 PAVIMENTO DE CONCRETO
FECHA:	JUNIO 2011
HOJA:	2
INDICADA:	17



PLANTA 0+700 A 1+400

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
+	ALINEACION PRINCIPAL
—	PERCENTAJE DE PENDIENTE DE LA RASANTE



PERFIL 0+700 A 1+400

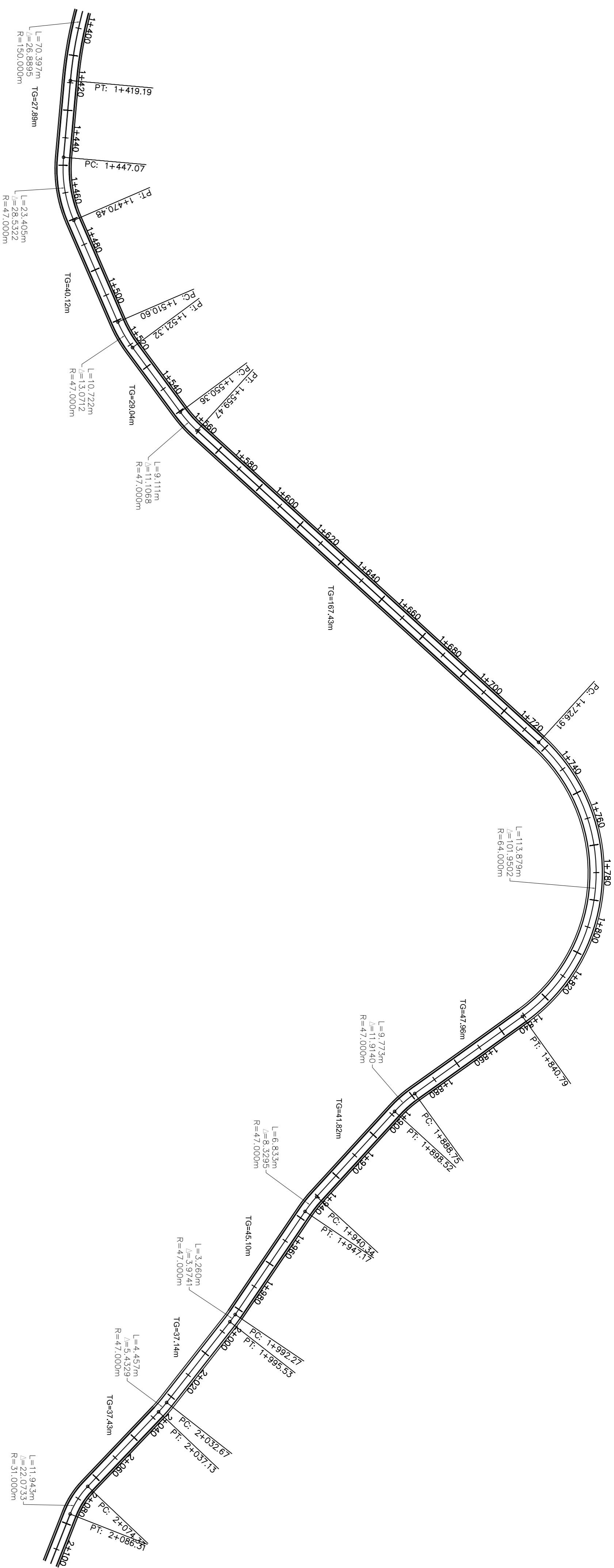
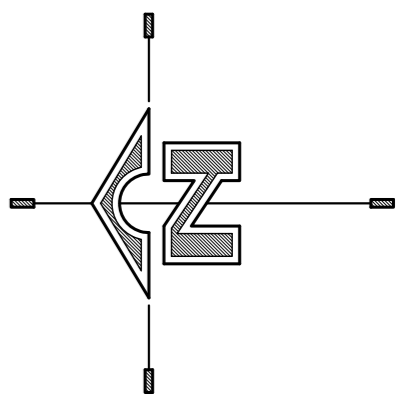
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DISEÑO DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 0+700 A 1+400
PAVIMENTO DE CONCRETO

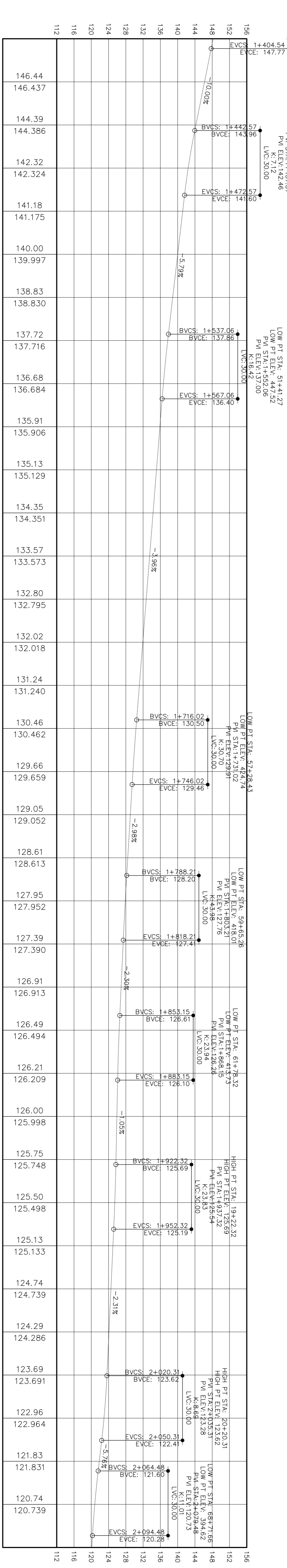
INGA, CHRISTA GLASSON DE RINTO	DIBUJOS	FECHA:	HOJA
J.D. GONZALEZ	J.D. GONZALEZ	JUNIO 2011	3
J.D. GONZALEZ	ESCALA:		
J.D. GONZALEZ	INDICADA		17



PLANTA 1+400 A 2+100

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
+	ALINEACION PRINCIPAL
---	PERCENTAJE DE PENDIENTE DE LA MASANTE



PERFIL 1+400 A 2+100

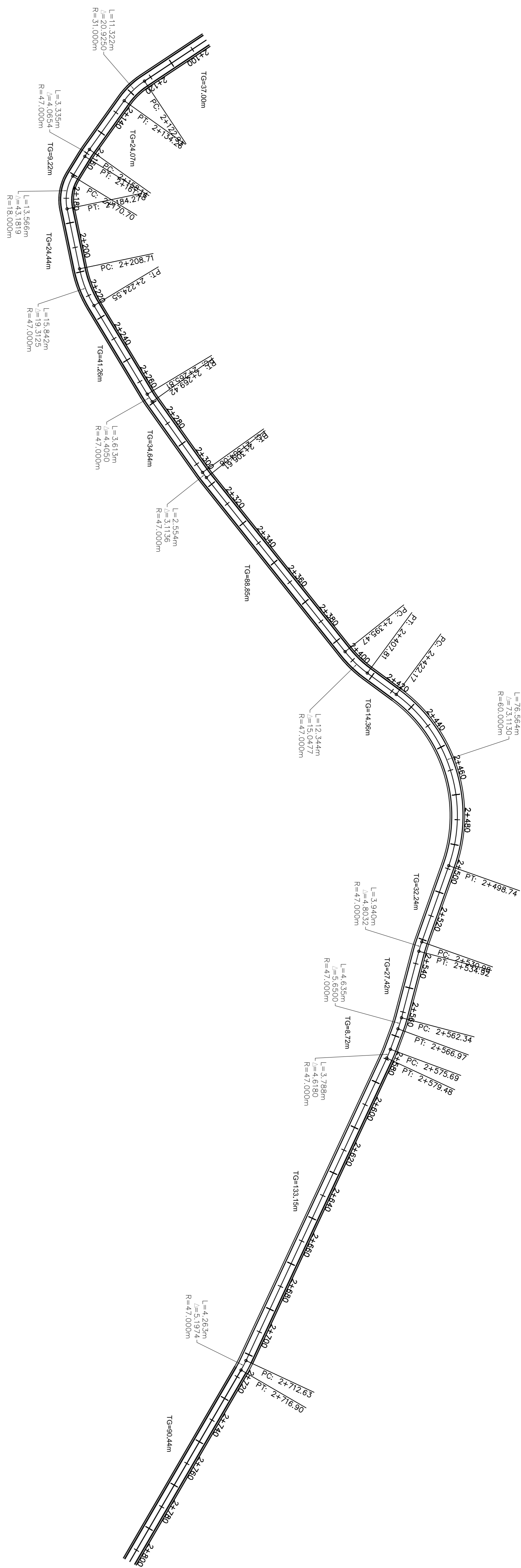
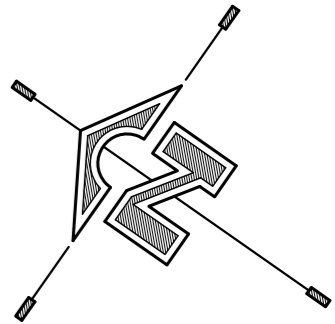
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

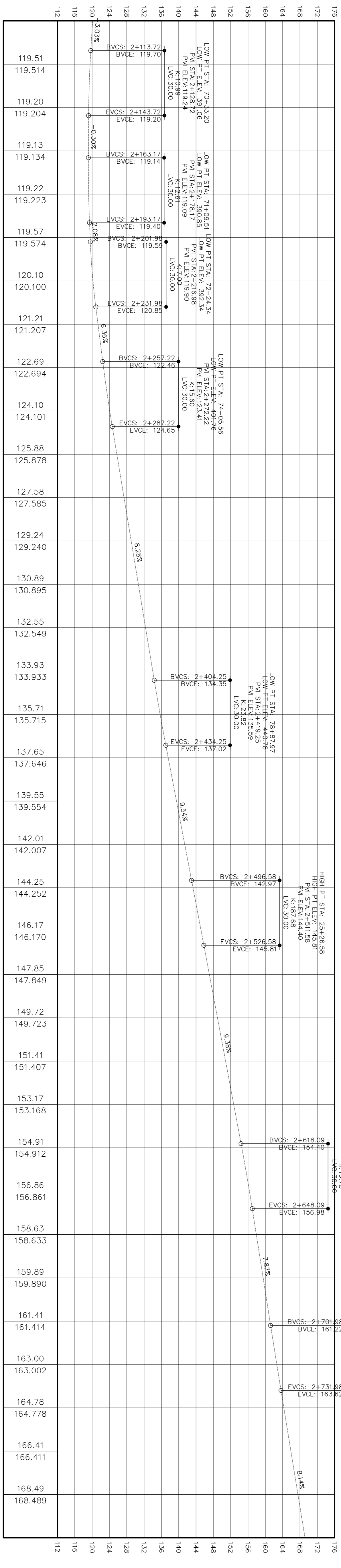
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y ORDENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO YERBA BUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAD, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 1+400 A 2+100
PAVIMENTO DE CONCRETO

PROYECTO:	PAVIMENTO DE CONCRETO Y ORDENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO YERBA BUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABAD, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO:	PLANTA - PERFIL EST. 1+400 A 2+100 PAVIMENTO DE CONCRETO
FECHA:	JUNIO 2011
INDICADA:	E 17



PLANTA 2+100 A 2+800

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL 2+100 A 2+800

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

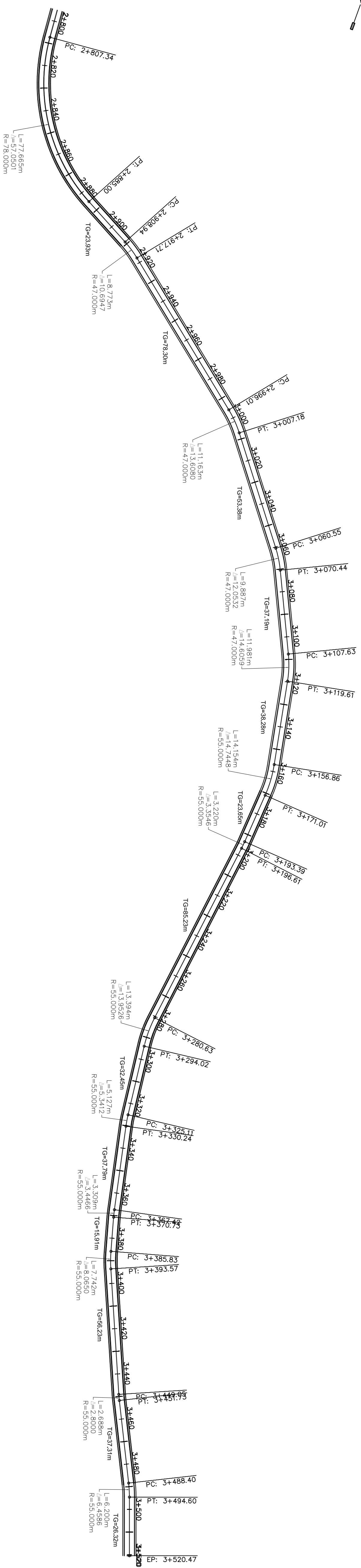
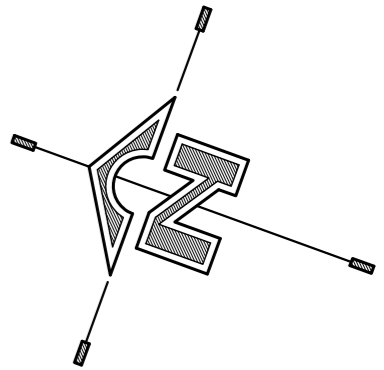
SIMBOLOGIA	
+	ALINEACION PRINCIPAL
+	PERCENTAJE DE PENDIENTE DE LA RASANTE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

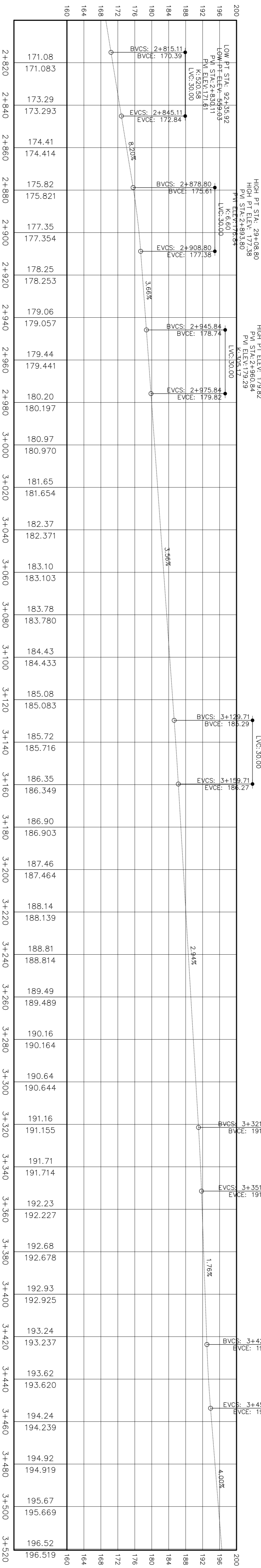
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DISEÑO DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO YERBA BUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 2+100 A 2+800
PAVIMENTO DE CONCRETO

PROYECTO:	PAVIMENTO DE CONCRETO Y DISEÑO DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO YERBA BUENA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO:	PLANTA - PERFIL EST. 2+100 A 2+800 PAVIMENTO DE CONCRETO
FECHA:	JUNIO 2011
HOJA:	5
INDICADA:	D 17



PLANTA 2+800 A 3+520.56

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL 2+800 A 3+520.56

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

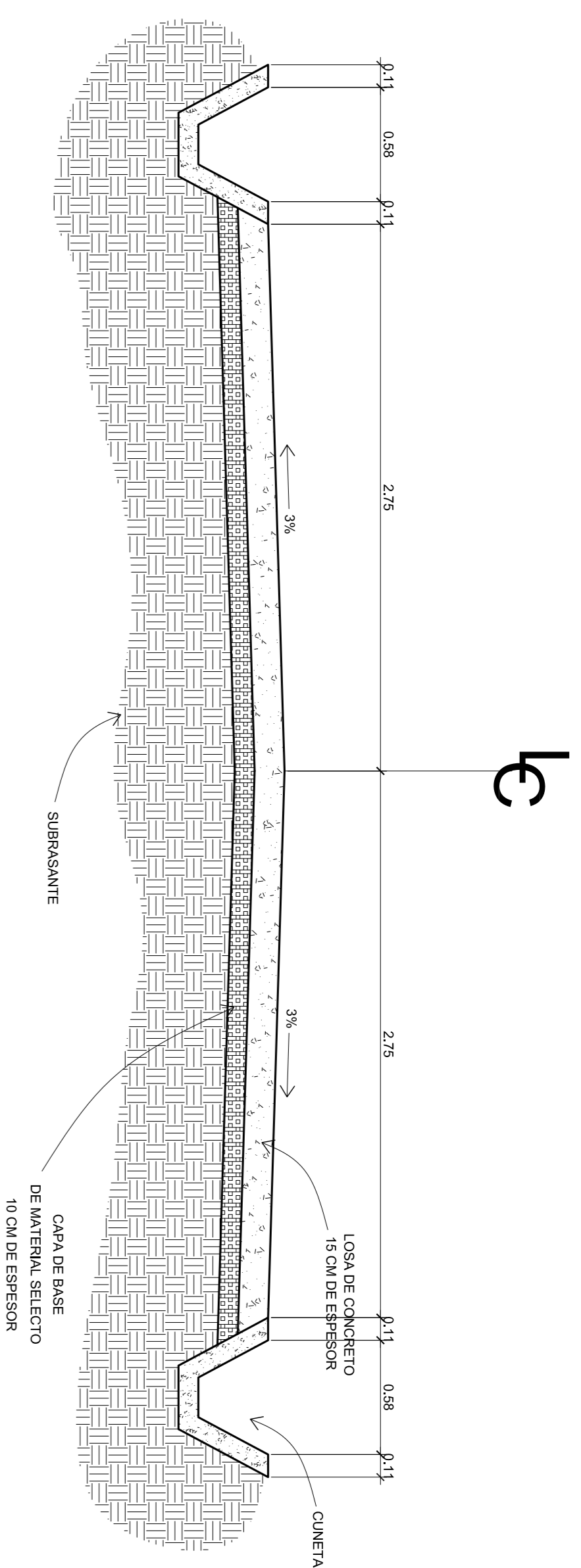
SIMBOLOGIA	
-----	ALINEACION PRINCIPAL
-----	PERCENTAJE DE PENDIENTE DE LA BASANTE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

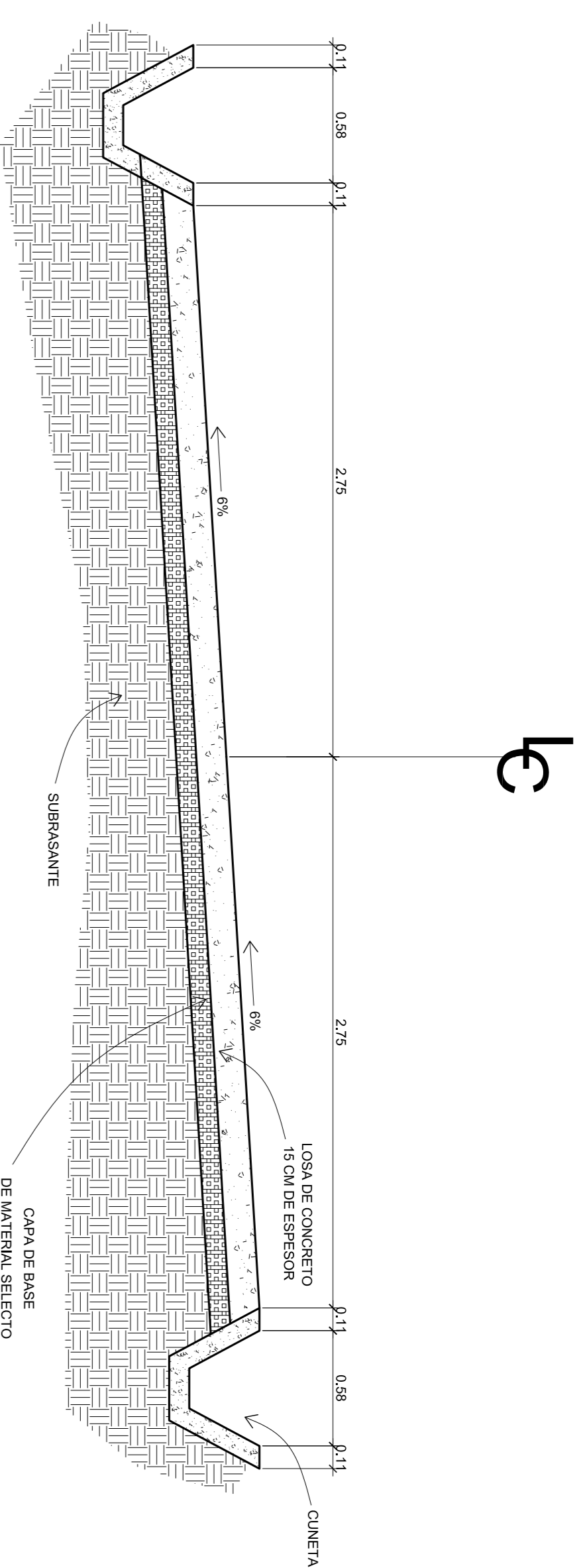
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y ORDENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 2+800 A 3+520.56
PAVIMENTO DE CONCRETO

INGA, CHRISTA GLASSON DE RINTO	DIBUJOS	FECHA:	HOJA
	J.D. GONZALEZ	JUNIO 2011	6
	CALCULO:	ESCALA:	A
	J.D. GONZALEZ	INDICADA	17



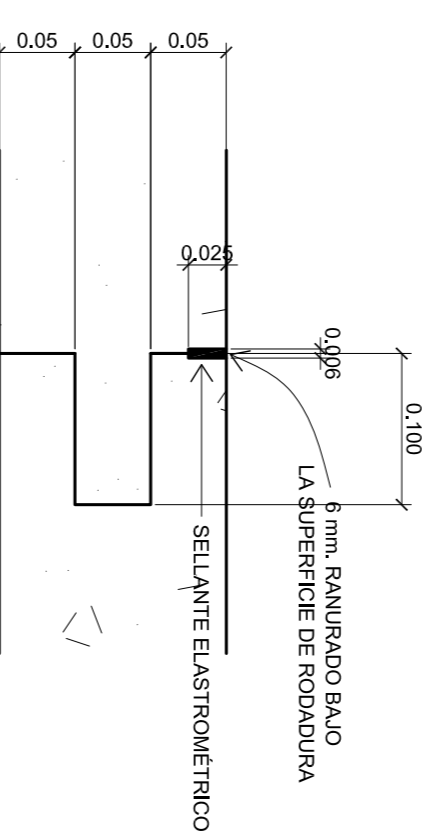
SECCIÓN TÍPICA FINAL

ESCALA 1:25



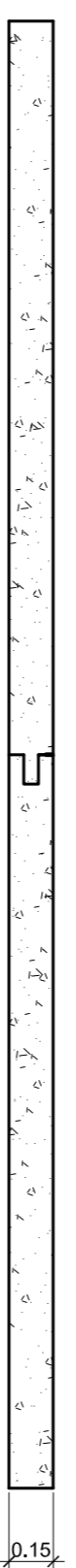
SECCIÓN TÍPICA EN CURVA

ESCALA 1:25



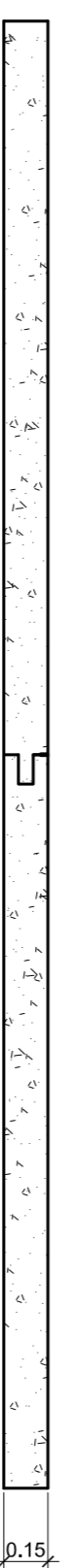
DETALLE DE JUNTA

ESCALA 1:5



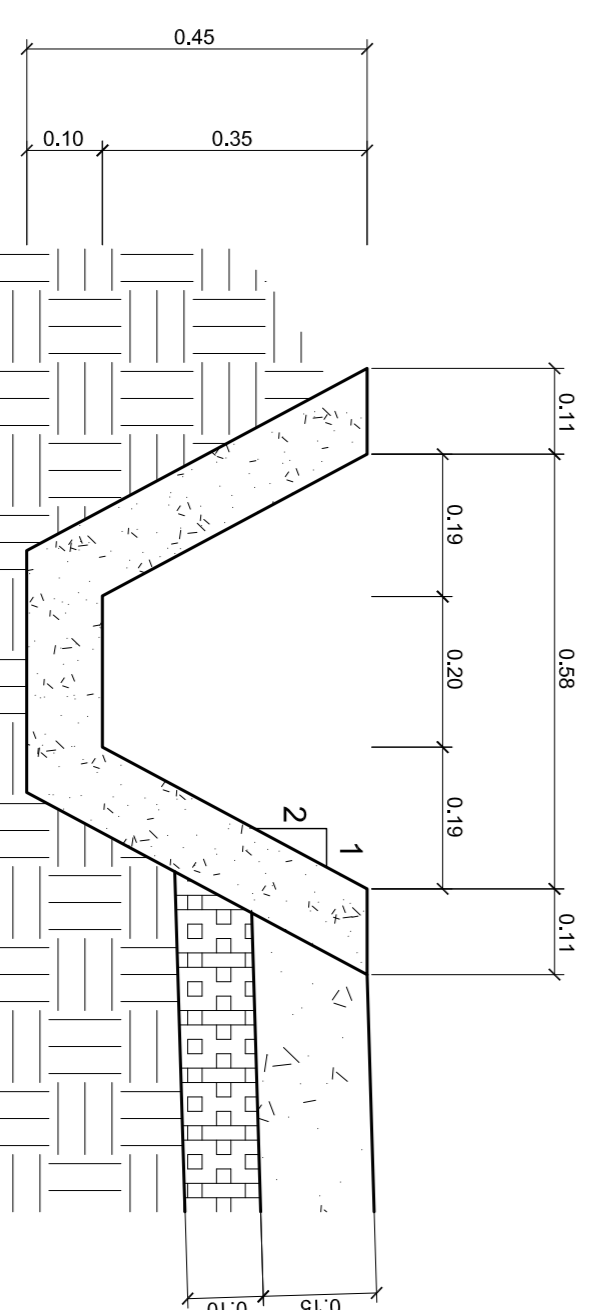
JUNTA TRANSVERSAL @ 4.50 m.

ESCALA 1:25



JUNTA LONGITUDINAL @ 2.75 m.

ESCALA 1:25



DETALLE DE CUNETETA

ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES:

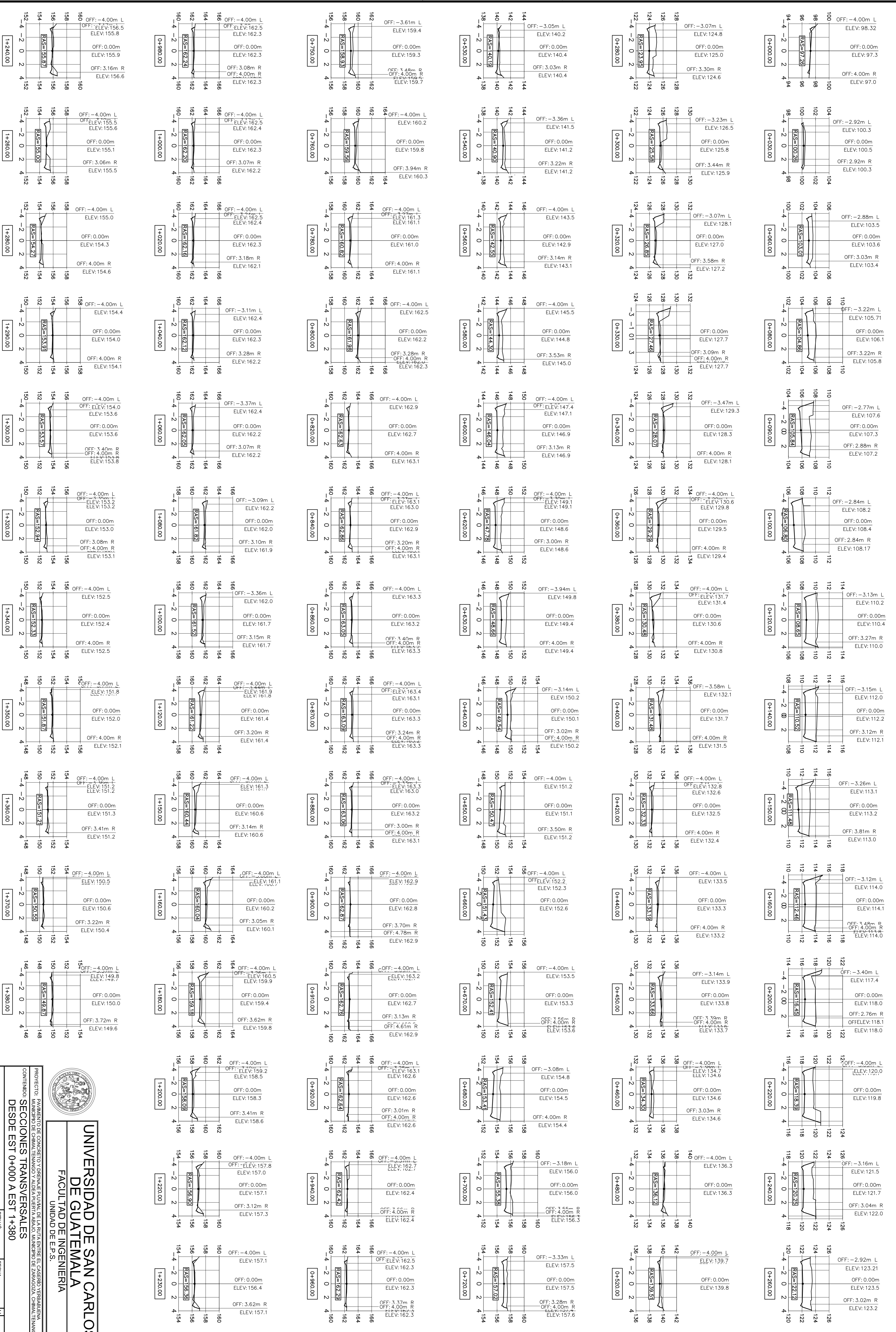
- CALLES RESIDENCIALES, CARRETERAS RURALES Y SECUNDARIAS.
- TTPD=ARRIBA DE 25
- CARGA MÁXIMA POR EJE: SENCILLO 22 KIP, DOBLE 36 KIP.
- ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO: 25 CM
- ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO: 15 CM
- ESPESOR TOTAL DE LA BASE: 10 CM
- JUNTAS LONGITUDINALES A LO LARGO DE LA CALLE, A LA MITAD DE LA MISMA (2.75 M)
- JUNTAS TRANSVERSALES A CADA 4.50 M
- SUBRASANTE: CBR DE DISEÑO DE 38.70% SEGÚN LABORATORIO AASHTO T-193 CONSTRUIDA SEGUN ESPECIFICACIONES PARA PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE.
- BASE GRANULAR: CRB DETERMINADO POR LA AASHTO T-193 MÍNIMO DE 70% EFECTUADO CON MUESTRA SATURADA AL 95% Y OTRAS ESPECIFICACIONES APLICABLES.
- LOSA DE CONCRETO: EL CONCRETO A UTILIZAR DEBERÁ TENER UN MÓDULO DE RUPTURA MÍNIMO DE 600 PSI Y UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE 4000 PSI A LOS 28 DÍAS CON UNA PROPORCIÓN DE 1:1.5:1.5
- EL CBR INDICADO ES EL CORRESPONDIENTE A 0.01 PULG. DE PENETRACIÓN; SEGUN EL METODO AASHTO T-193 EN UNA MUESTRA COMPACTADA AL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA OBTENIDA EN EL LABORATORIO, OBTENIDA POR EL METODO AASHTO T-180.
- NO SE USARÁ DRENAJE TRANSVERSAL, YA QUE EL DESFOGUE DEL AGUA PLUVIAL SERÁ POR MEDIO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DISEÑADO PARA ESTE PROYECTO.
- EL CONCRETO UTILIZADO EN LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS TENDRÁ UNA RESISTENCIA DE 4000 PSI



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

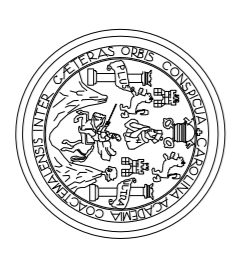
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJUELA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABALDO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: DETALLES DE PAVIMENTO DE CONCRETO Y JUNTAS DEL PAVIMENTO

INGA. CHRISTA GLASSON DE RINTO	DIBUJOS:	FECHA:	H O R A
	J.D.GONZALEZ	JUNIO2011	7
	CALCULO:	ESCALA:	
	J.D.GONZALEZ	INDICADA	17



SECCIONES TRANSVERSALES

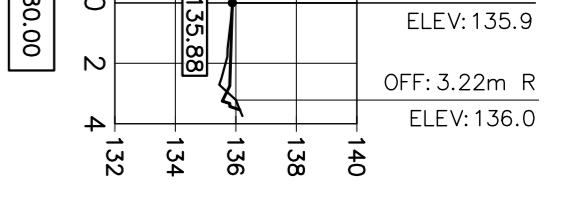
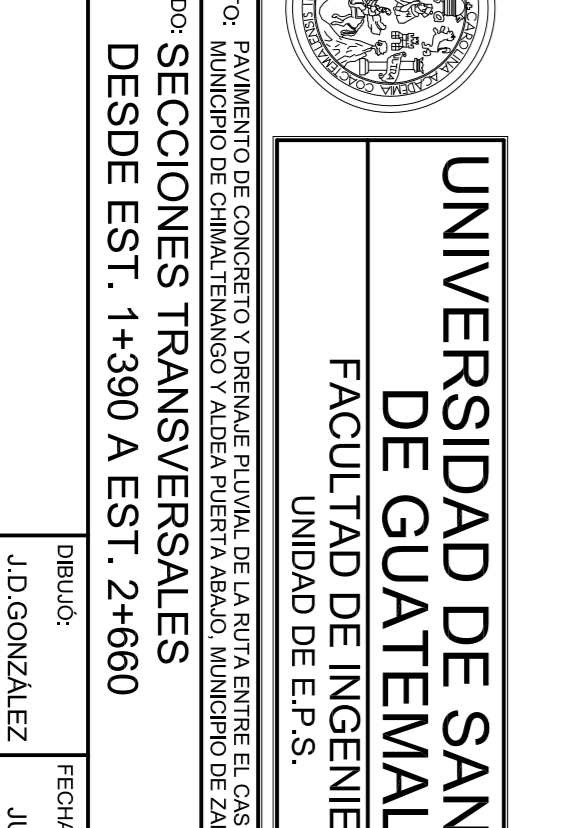
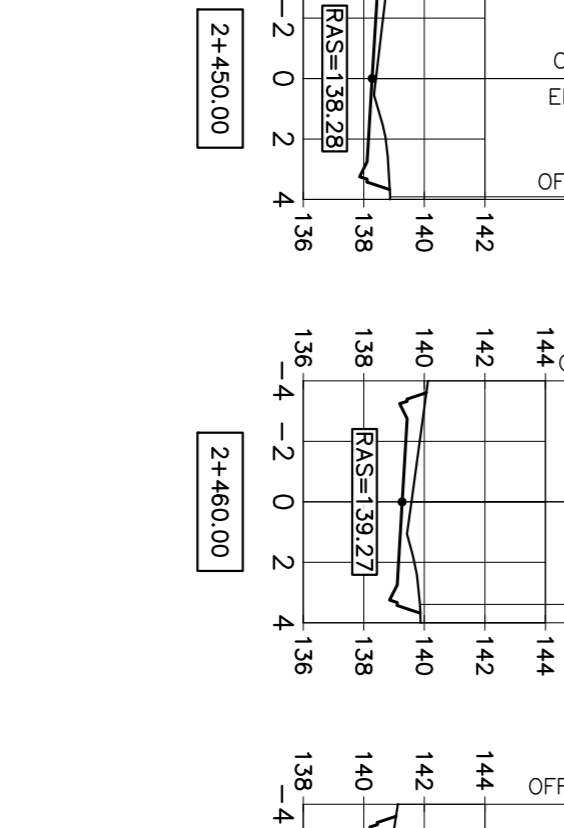
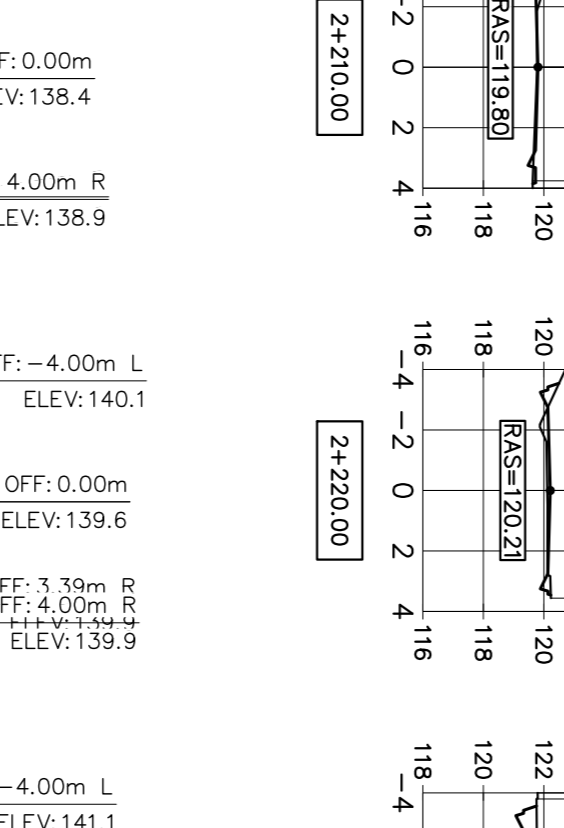
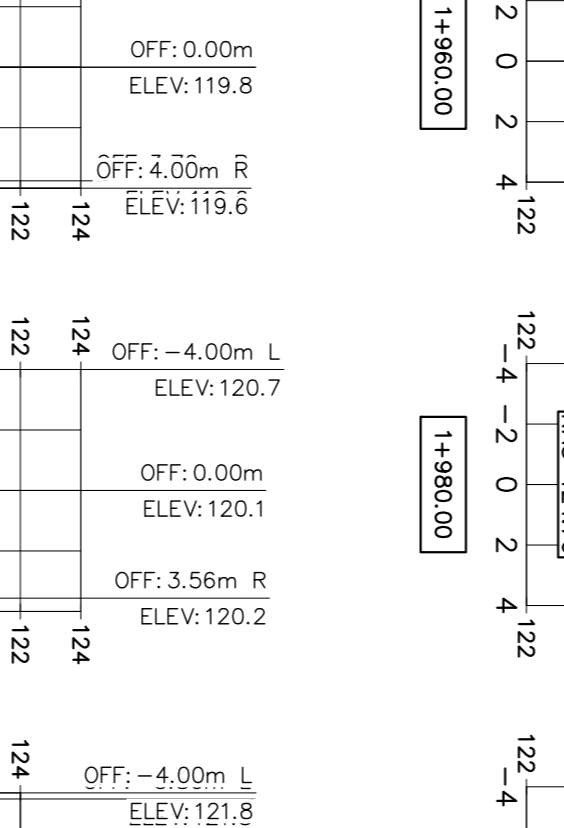
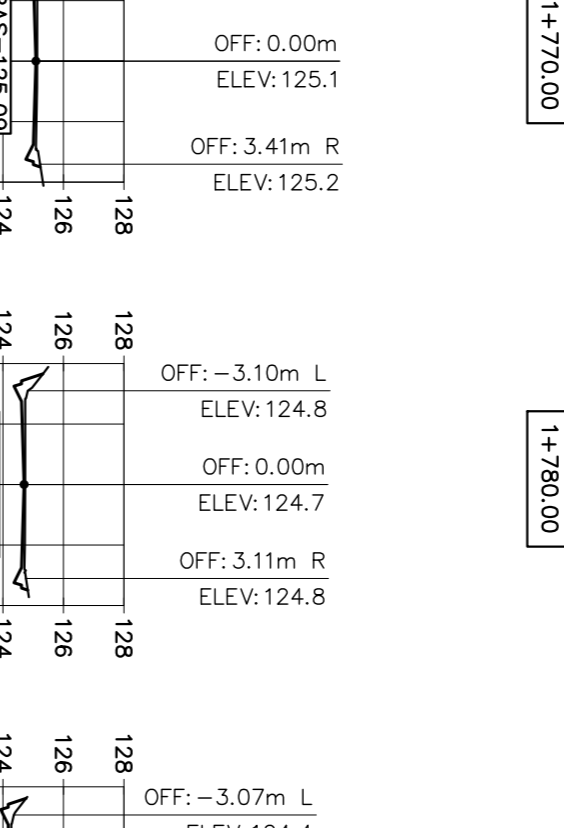
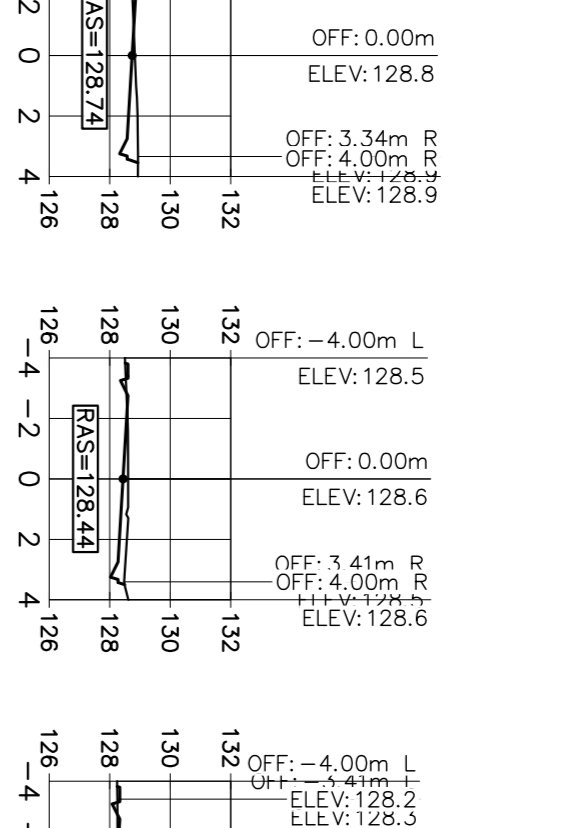
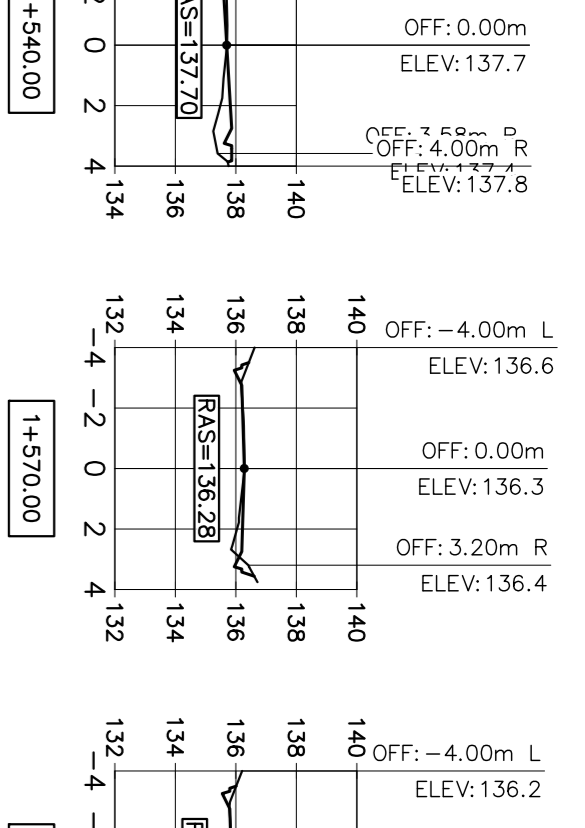
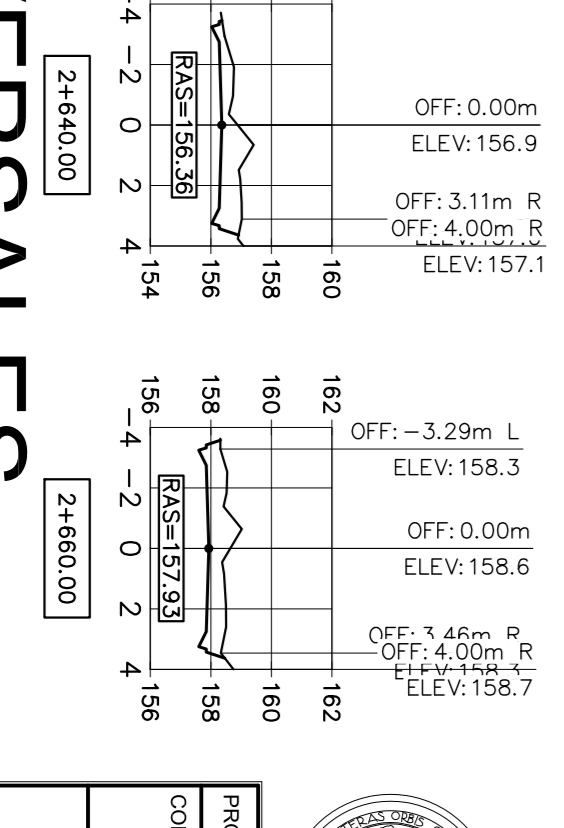
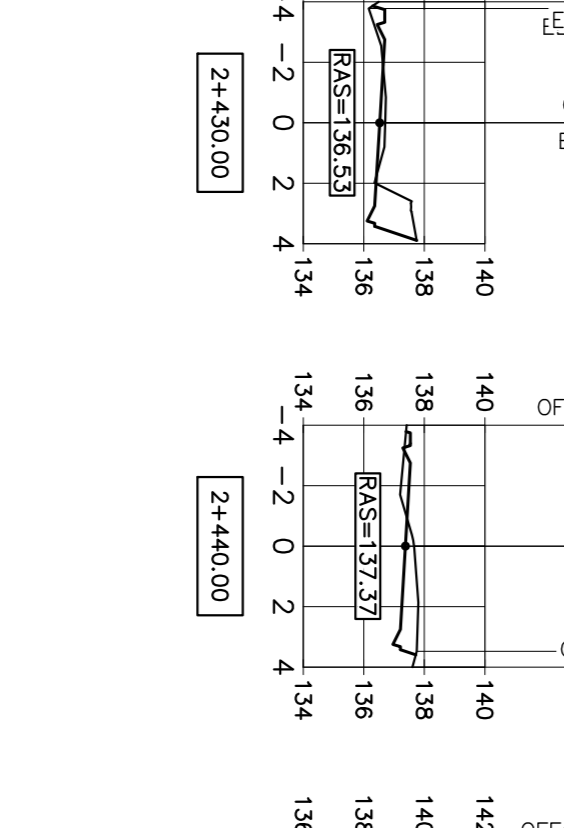
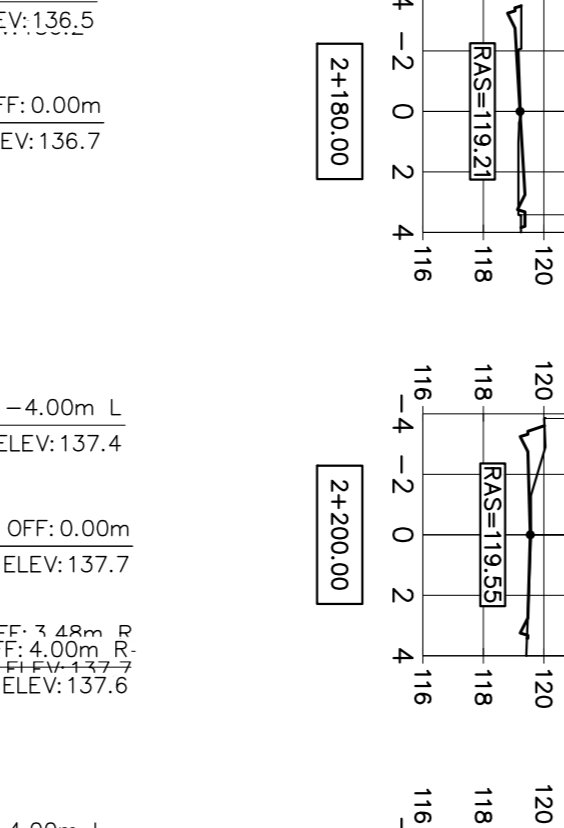
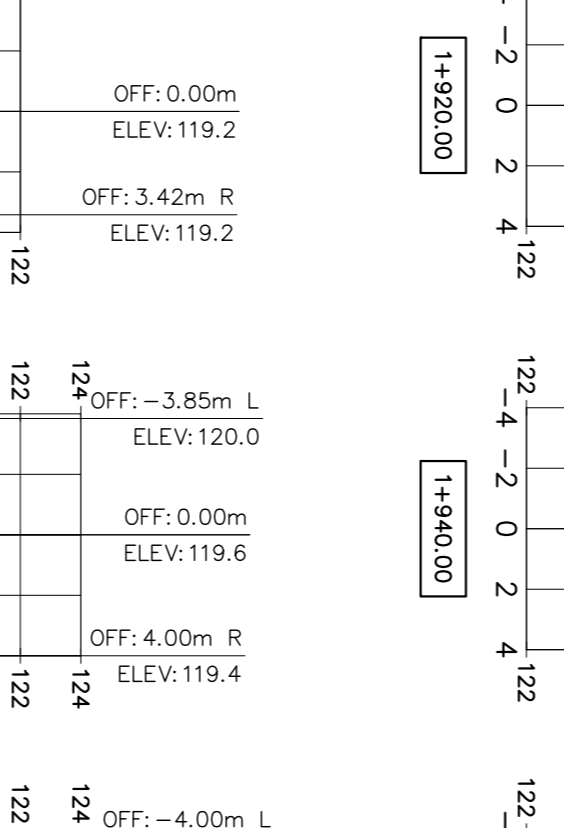
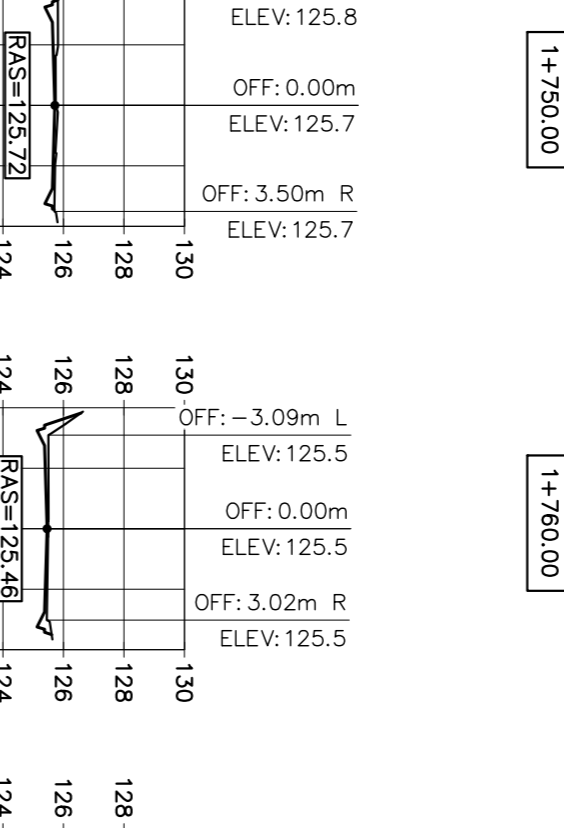
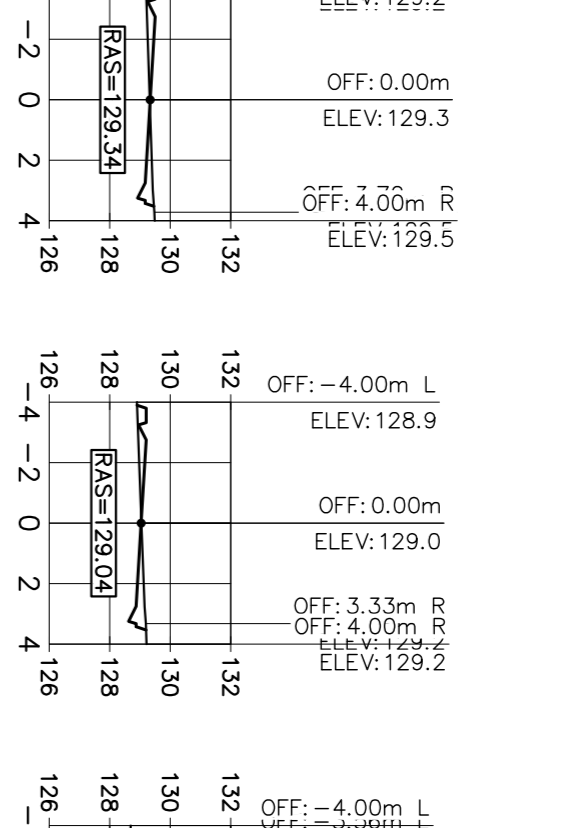
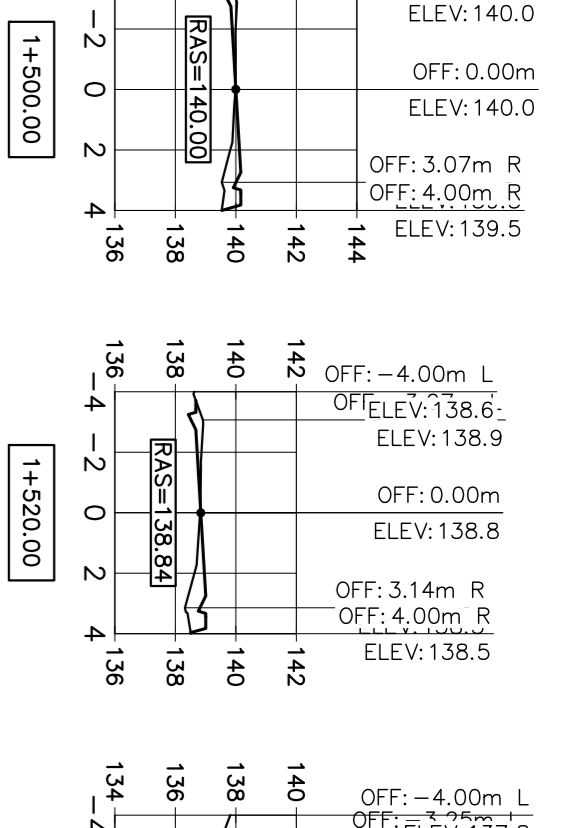
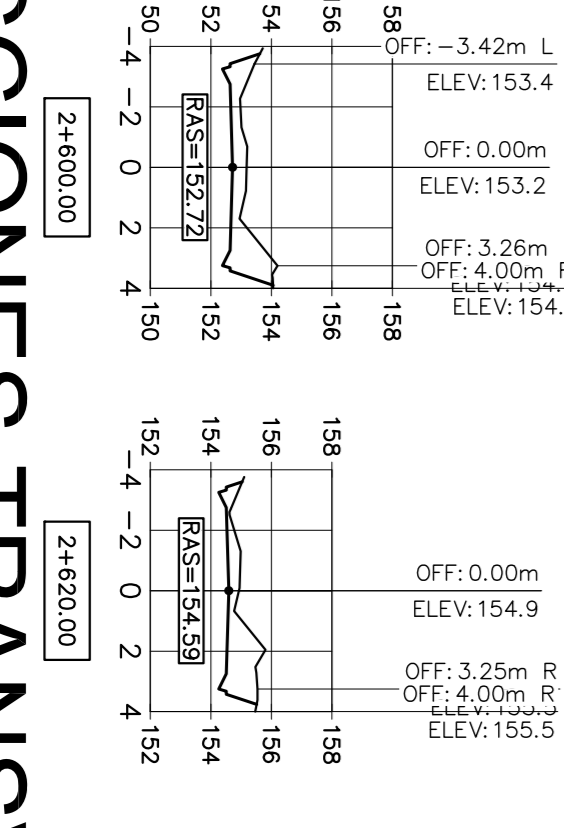
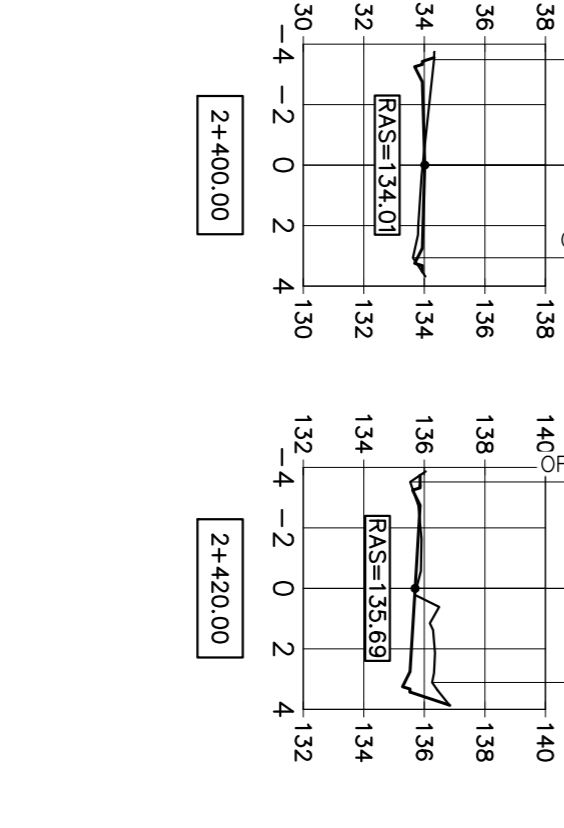
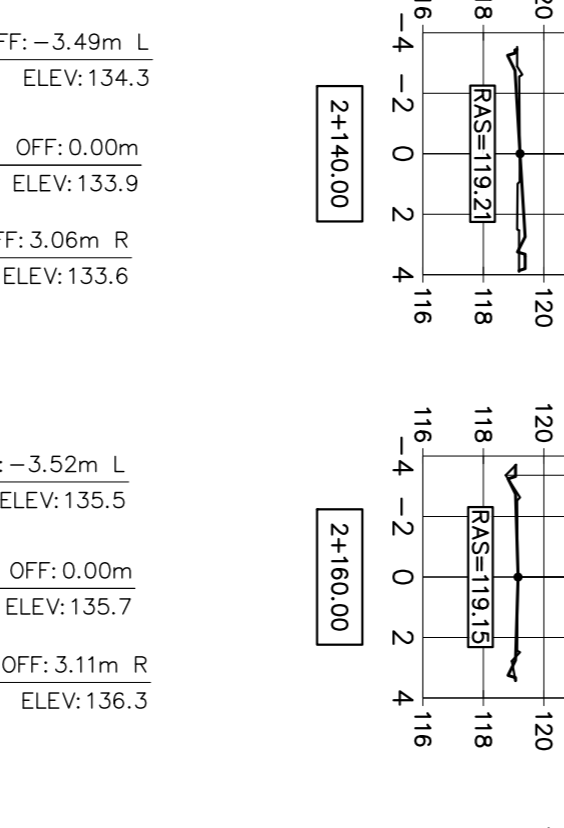
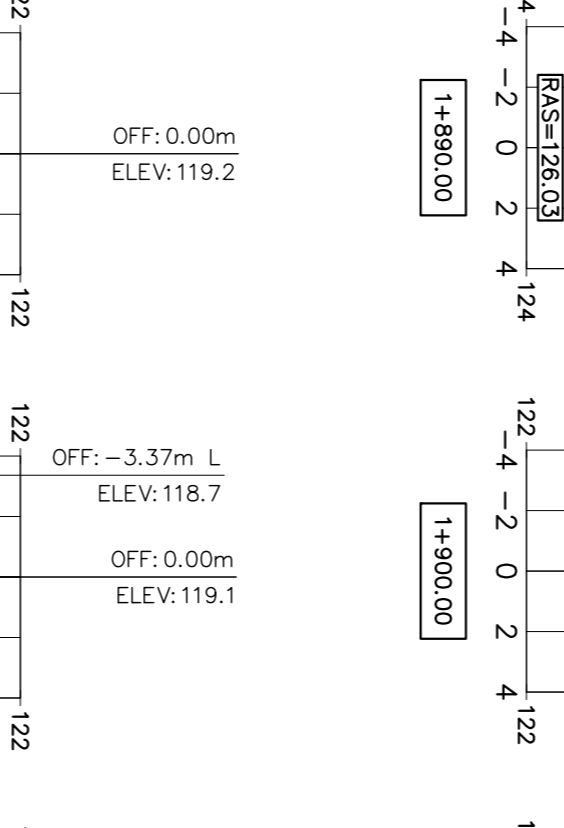
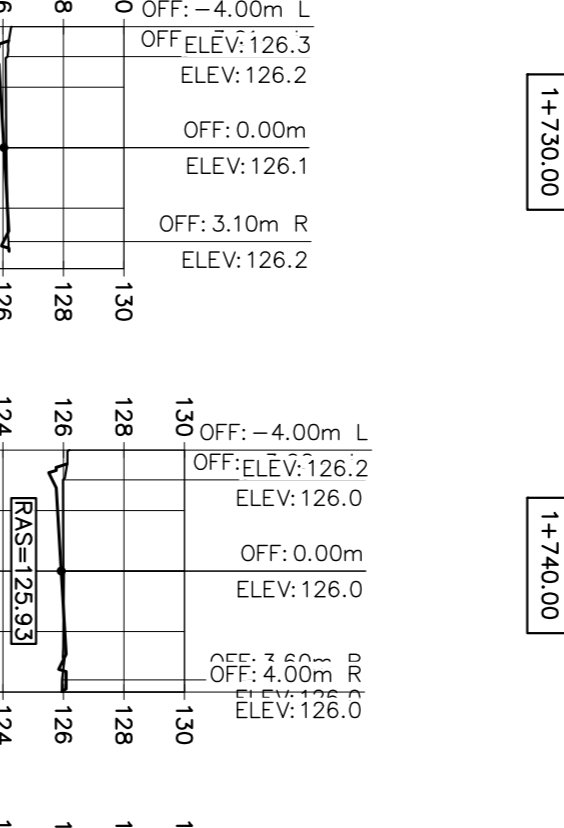
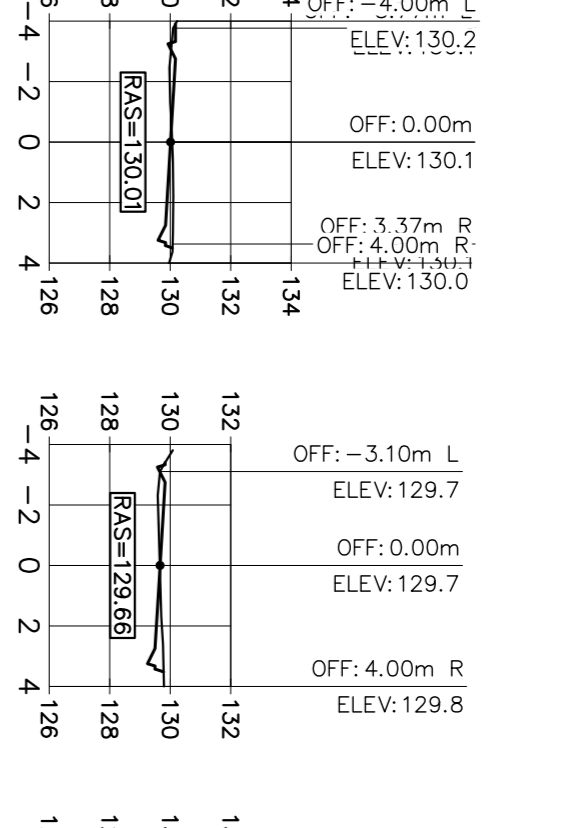
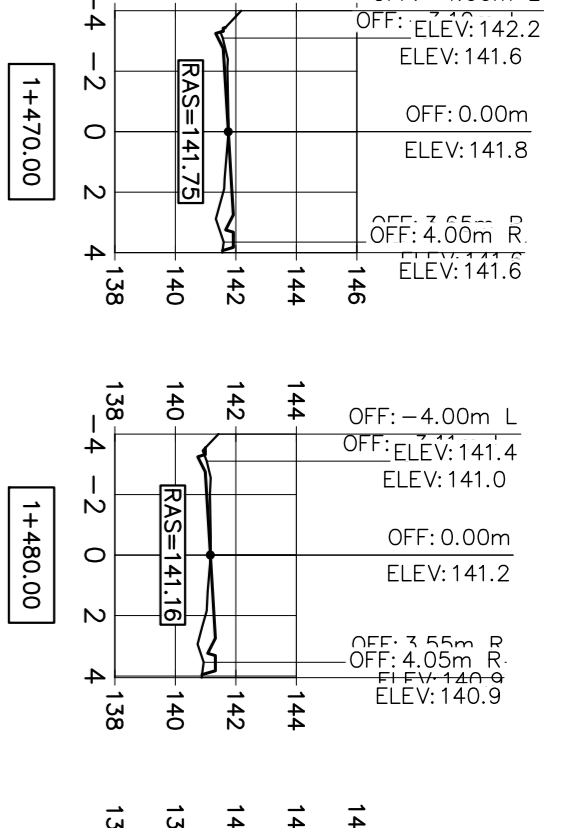
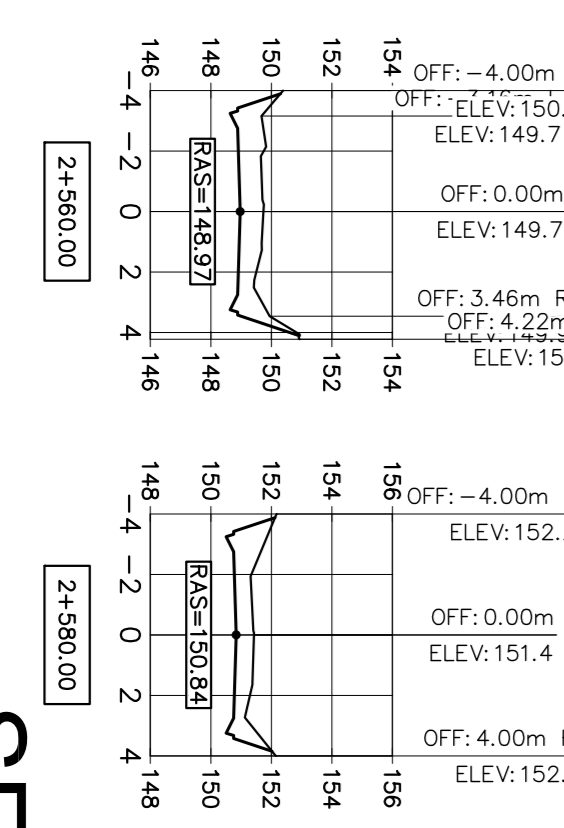
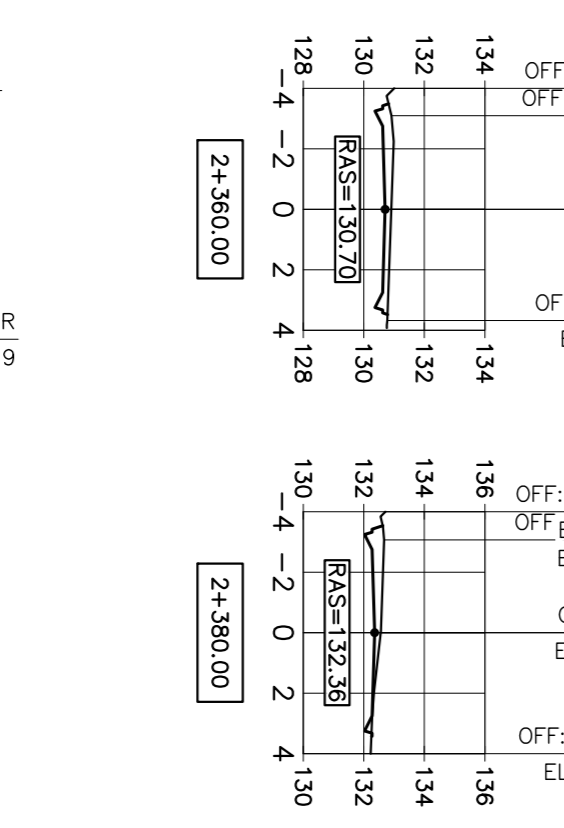
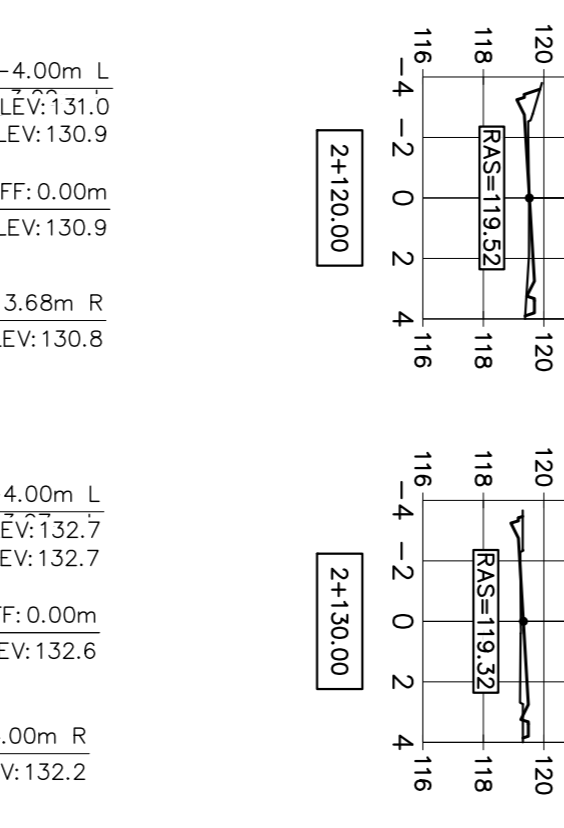
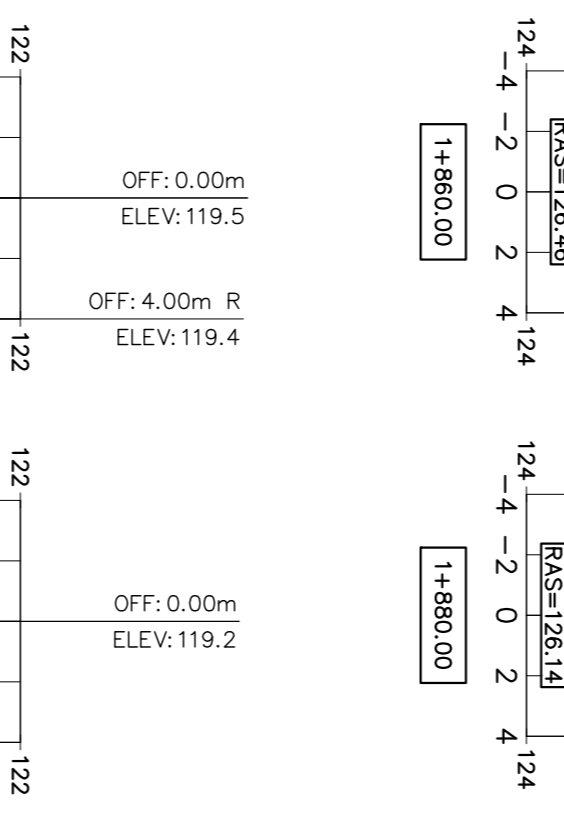
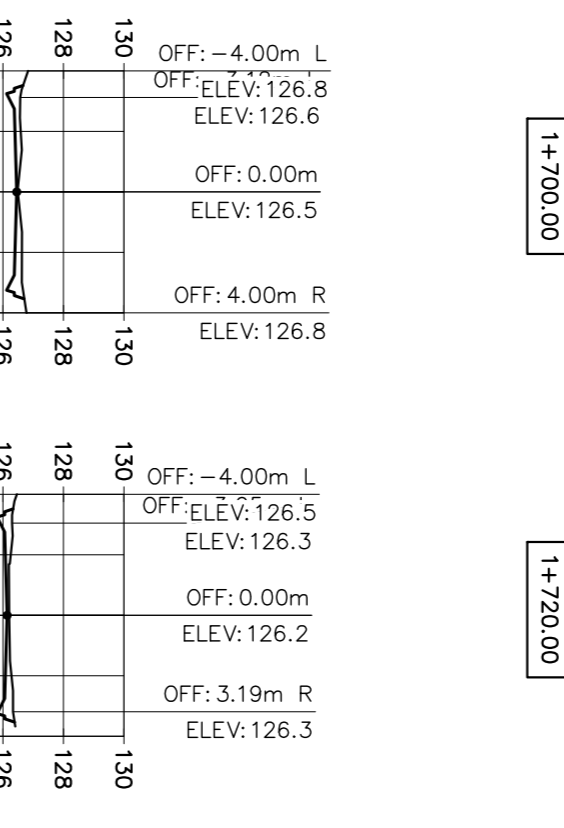
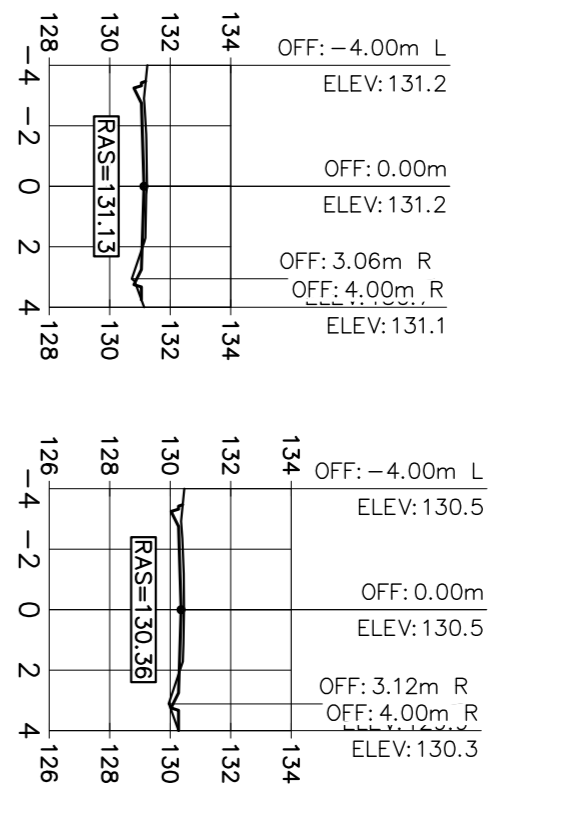
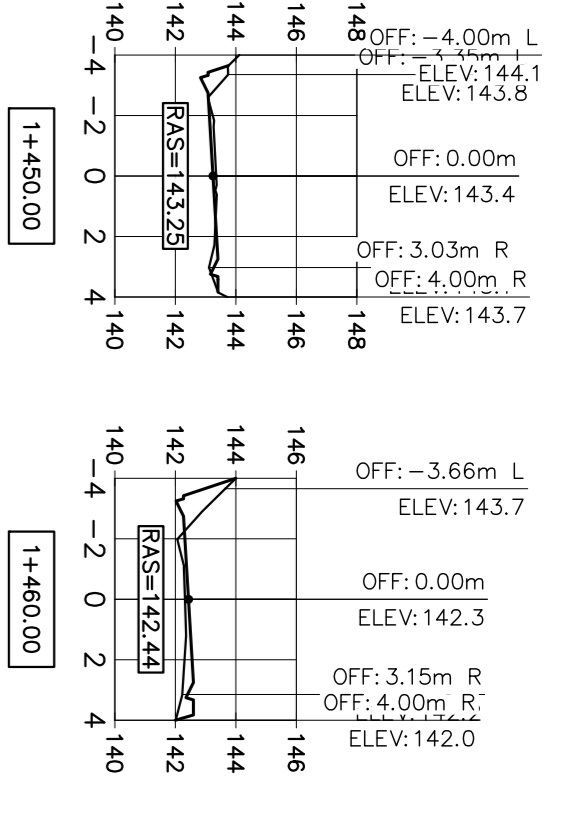
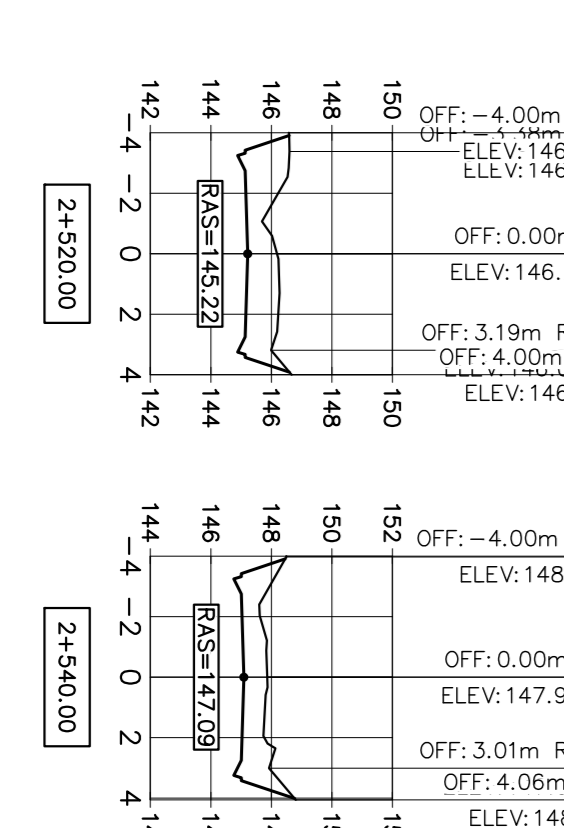
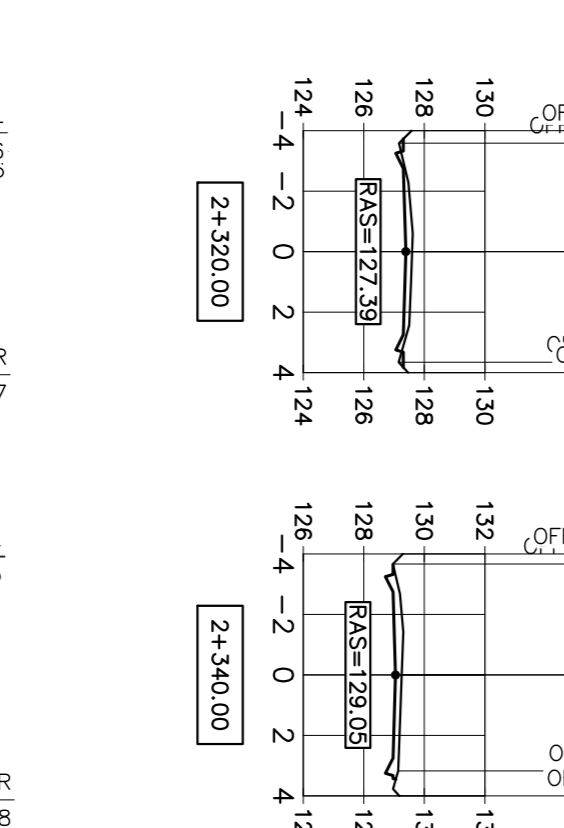
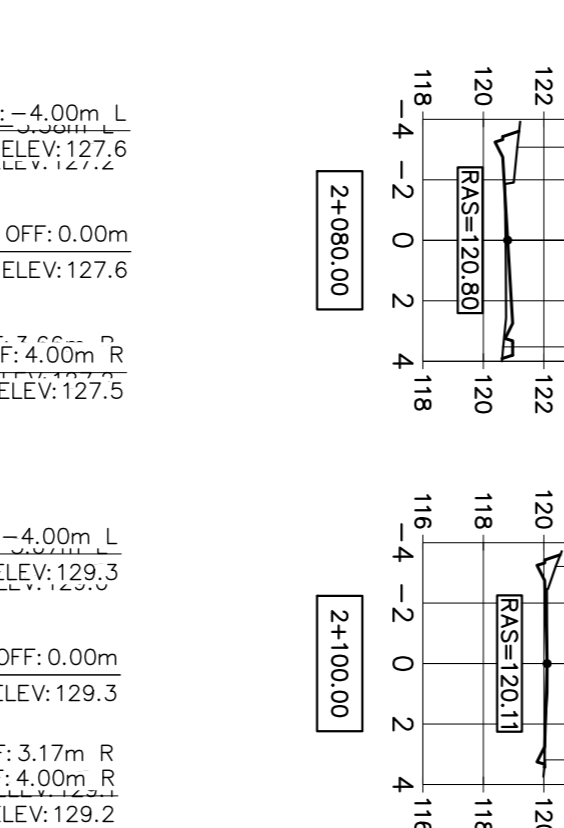
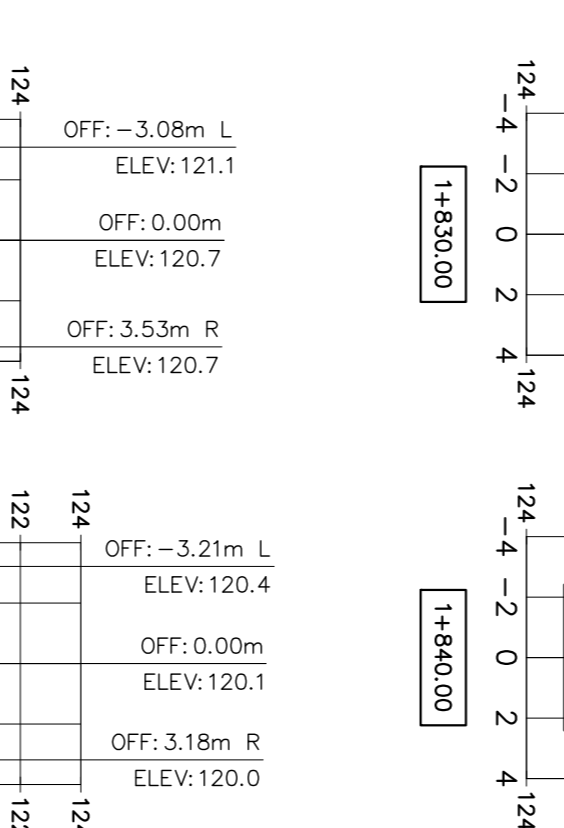
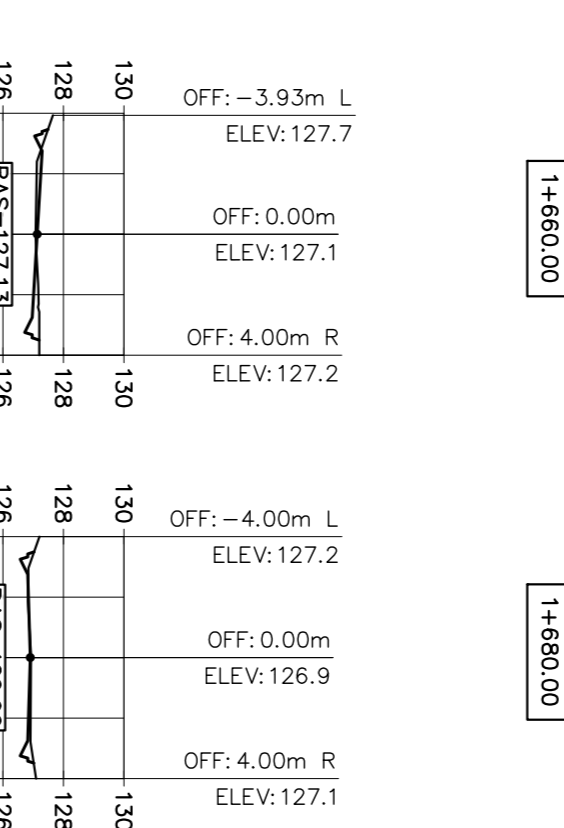
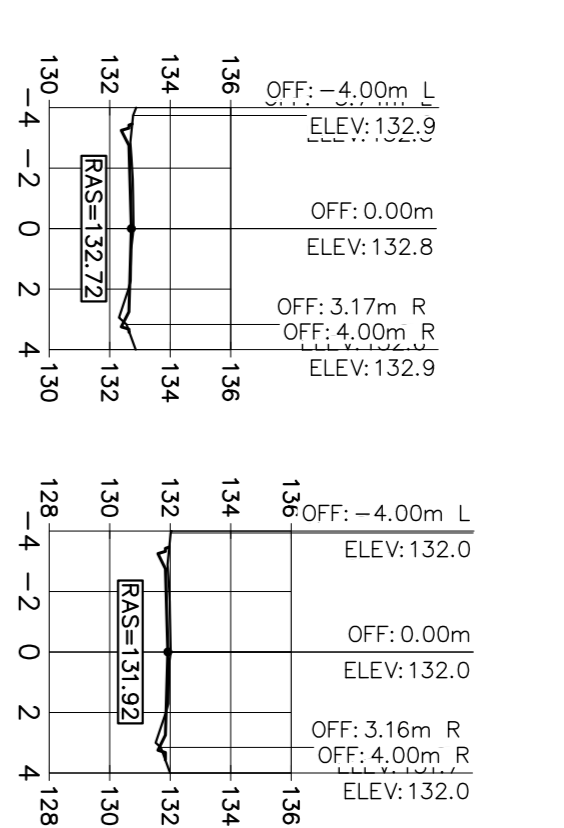
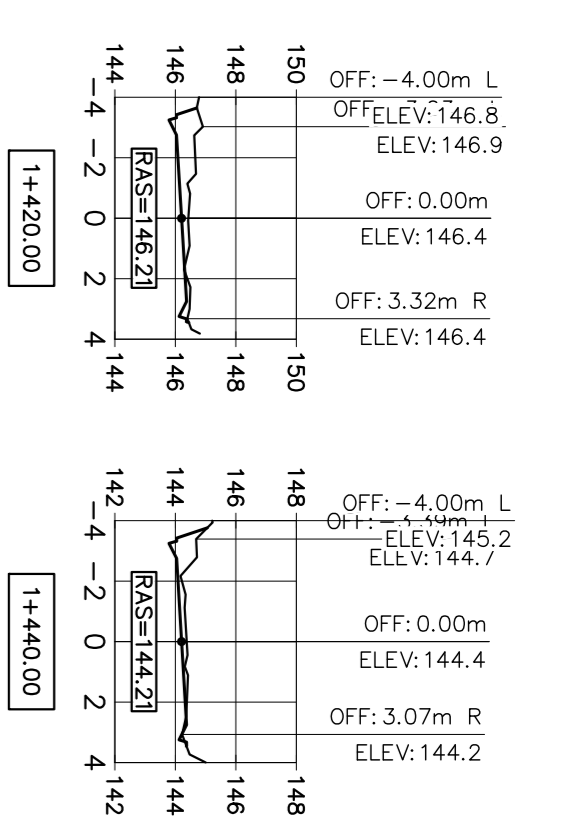
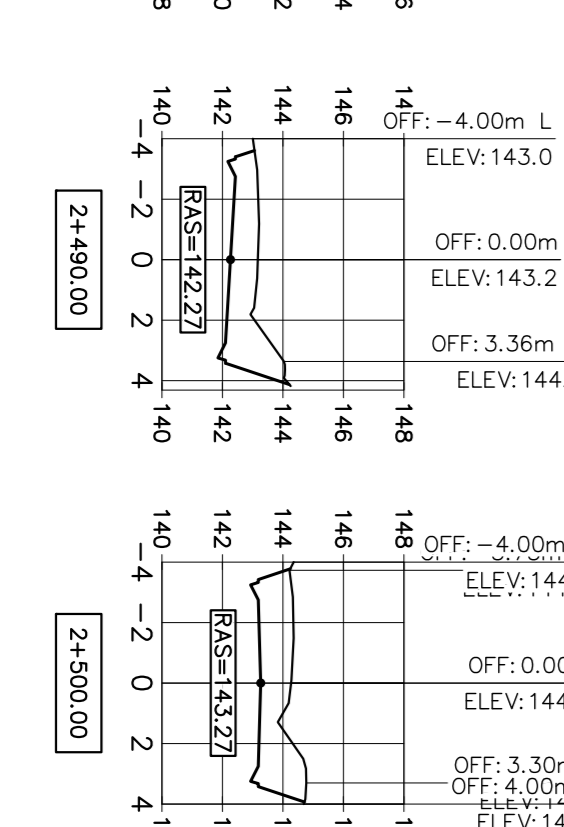
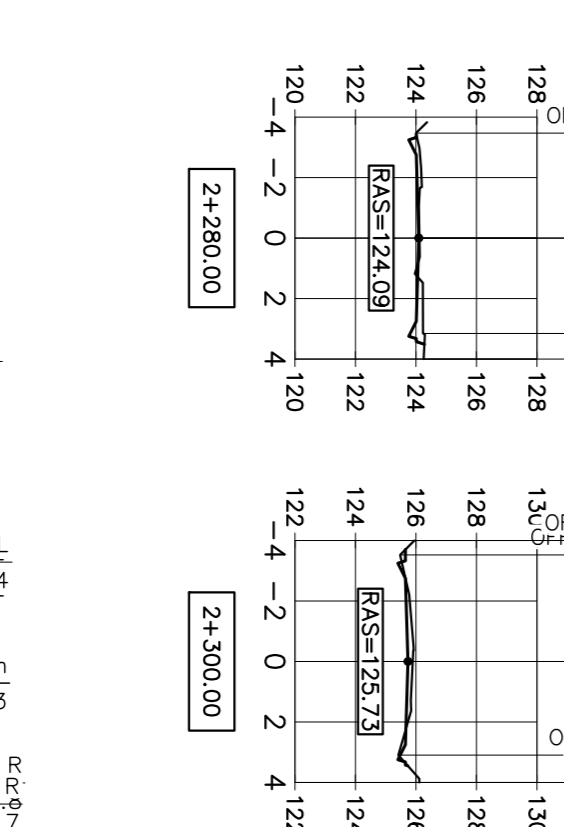
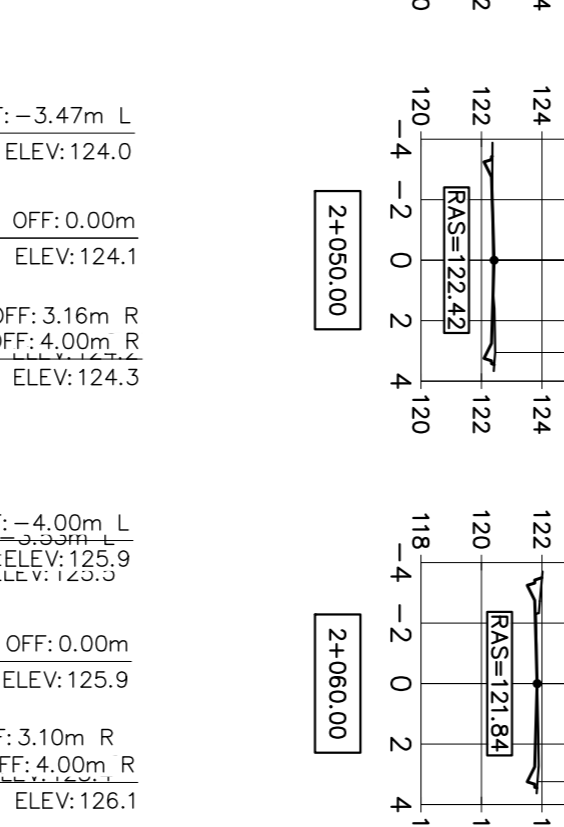
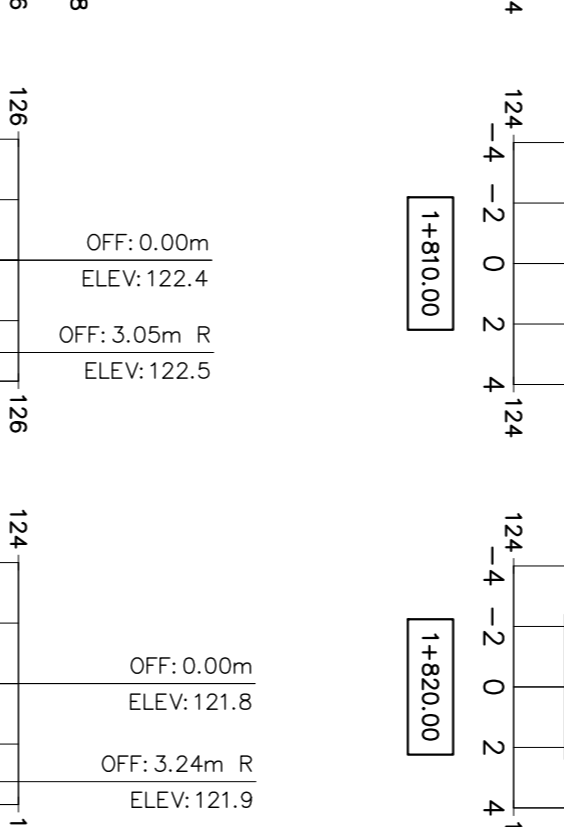
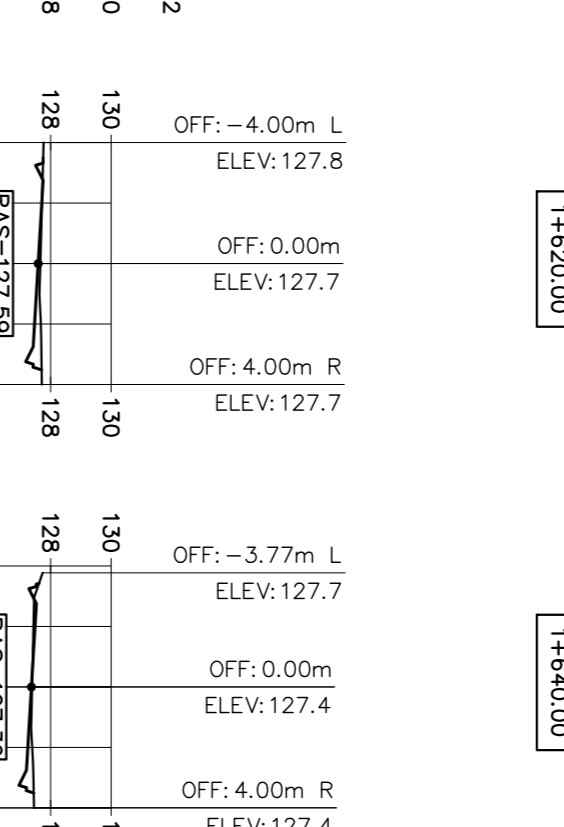
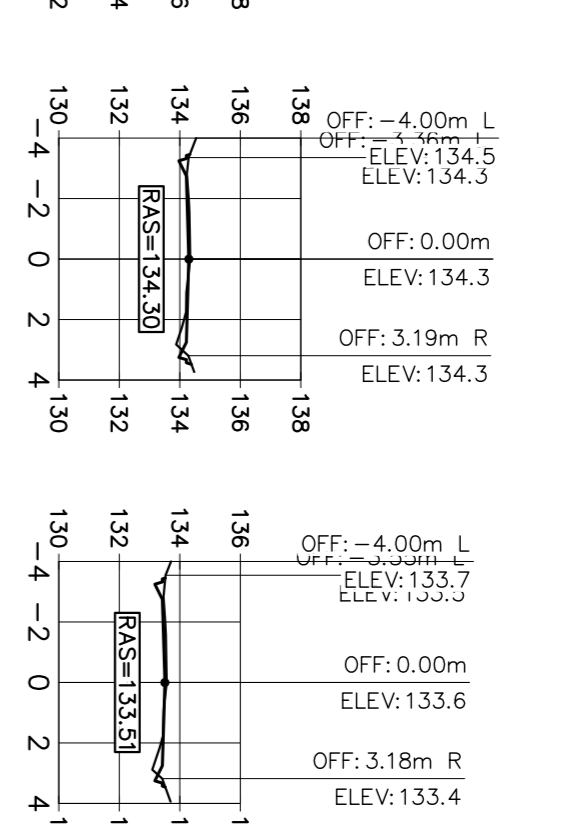
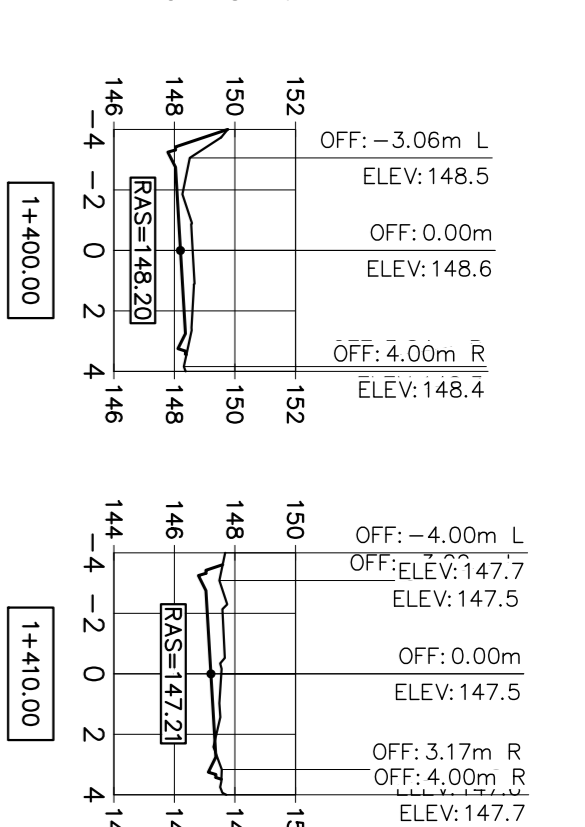
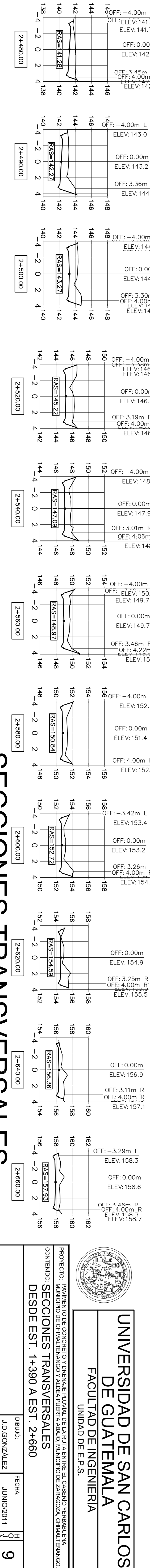
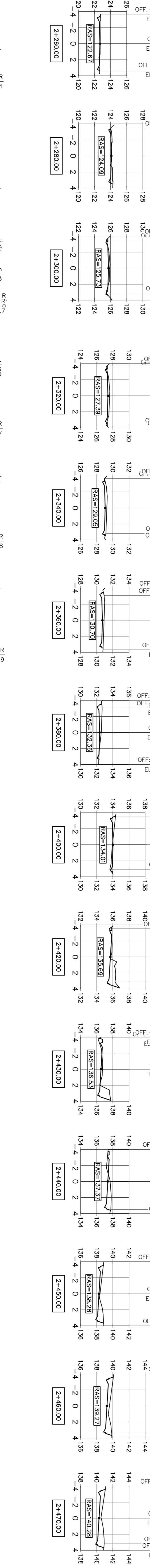
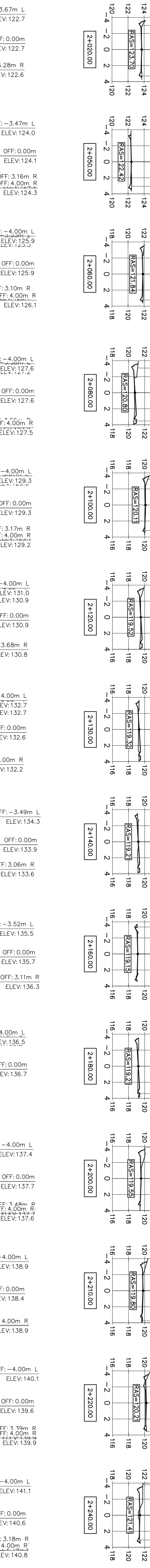
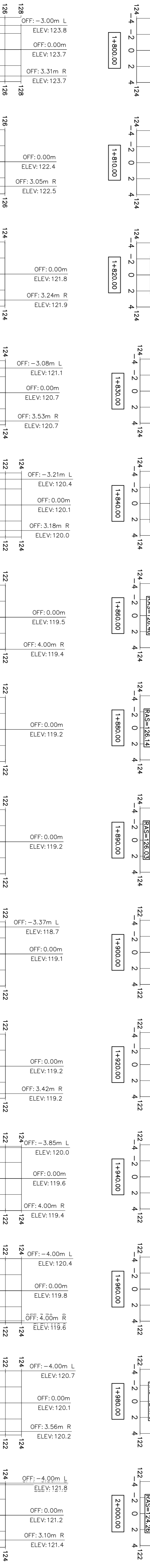
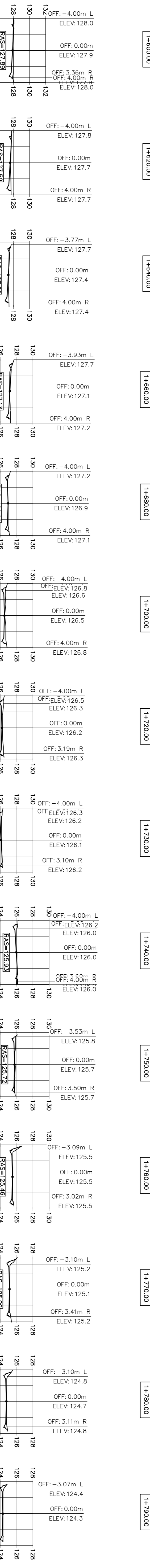
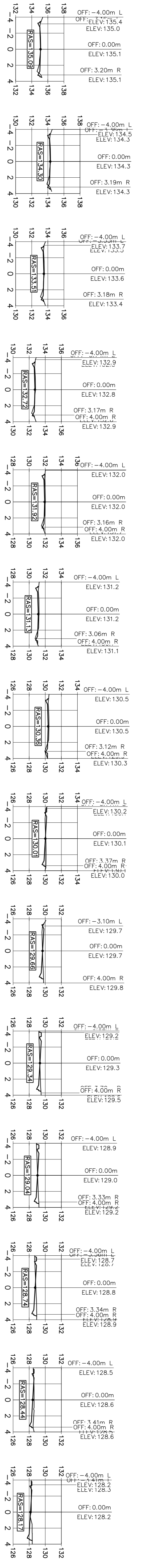
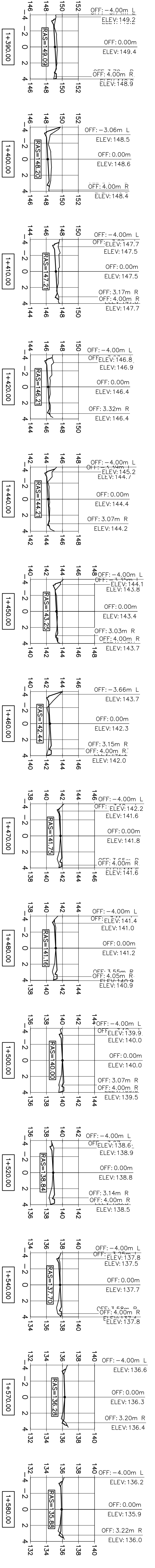
ESCALA 1:250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

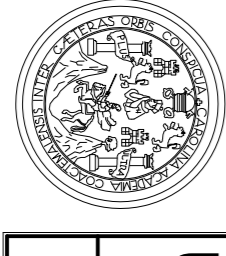
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y ORDENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA Y MONTEPEPE DE CHIMALTENANGO ALDEA CUERVA ABADO MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES
 DESDE EST 0+000 A EST 1+380

DIBUJOS:	J.D.GONZALEZ	FECHA:	JUNIO 2011
CALCULO:	J.D.GONZALEZ	ESCALA:	INDICADA
HOJA:	8	TOTAL:	17



SECCIONES TRANSVERSALES

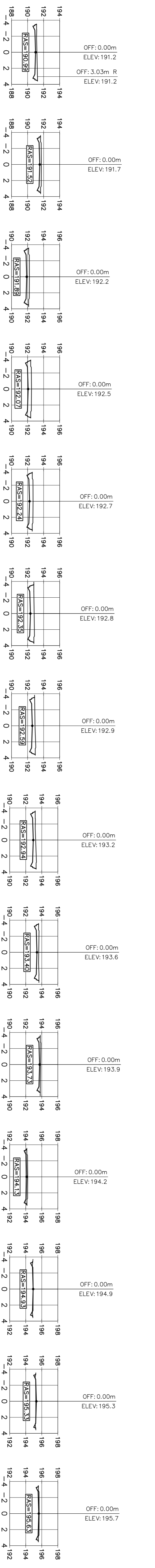
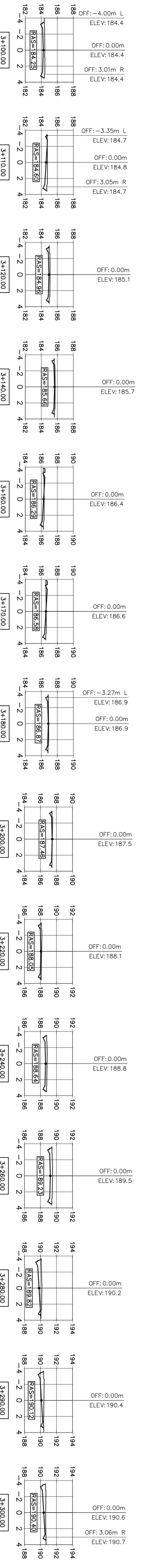
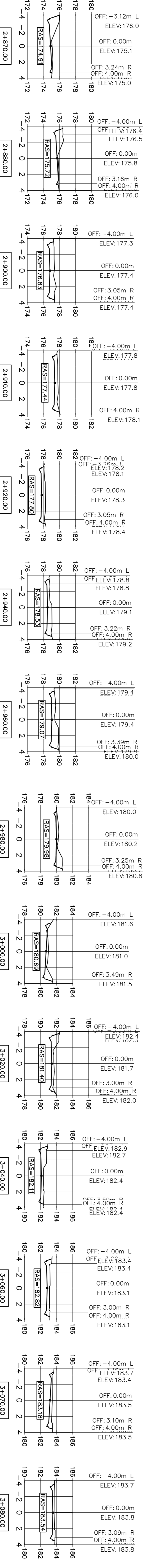
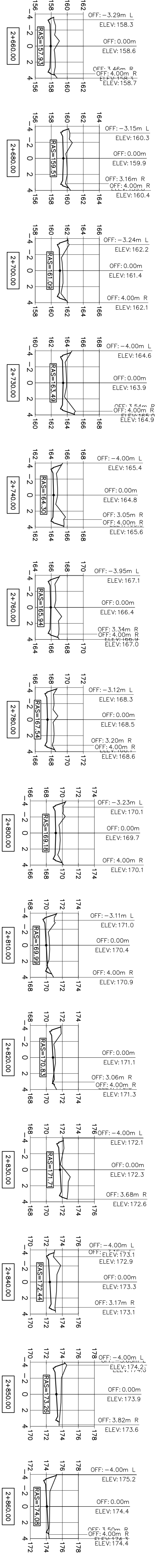
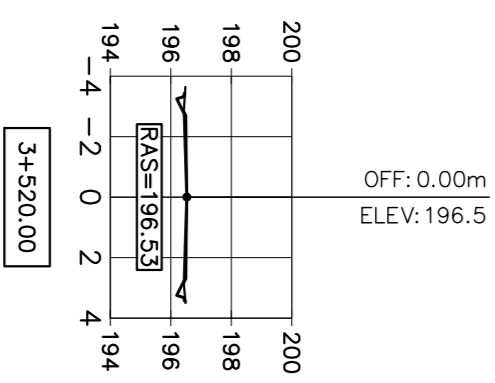
ESCALA 1:250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERENA Y MONTEBANO DE CHIMALTENANGO ALBA FUERTA ABADO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES
 DESDE EST. 1+390 A EST. 2+660

DIBUJOS:	J.D.GONZALEZ	FECHA:	JUNIO 2011
CALCULO:	J.D.GONZALEZ	ESCALA:	INDICADA
HOJA:	9		
			17



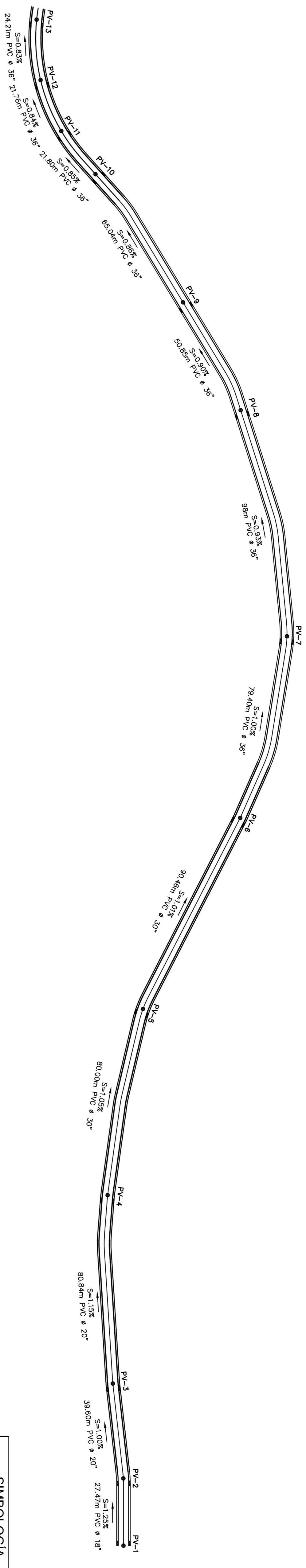
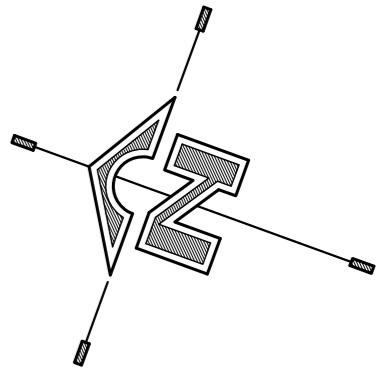
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADÓ, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES
 DESDE EST 2+660 A EST 3+520

DIBUJÓ:	J.D.GONZALEZ	FECHA:	JUNIO/2011
CALCULO:	J.D.GONZALEZ	ESCALA:	1/4
INDICADA:	E	HORA:	10
INDICADA:	E	DIAS:	17

SECCIONES TRANSVERSALES

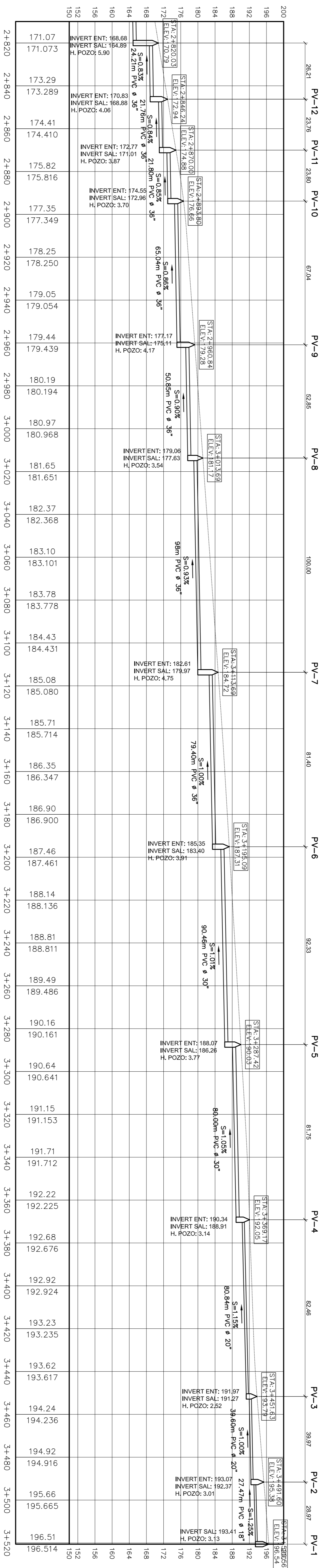
ESCALA 1:250



PLANTA 2+810 A 3+520.56

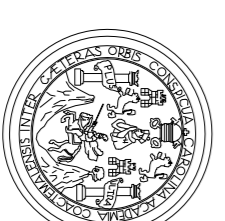
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA
	TRAGANTES
	DIRECCION DE FLUJO Y PENDIENTE
	TUBERIA



PERFIL 2+810 A 3+520.56

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

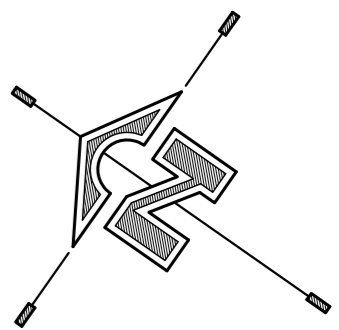


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

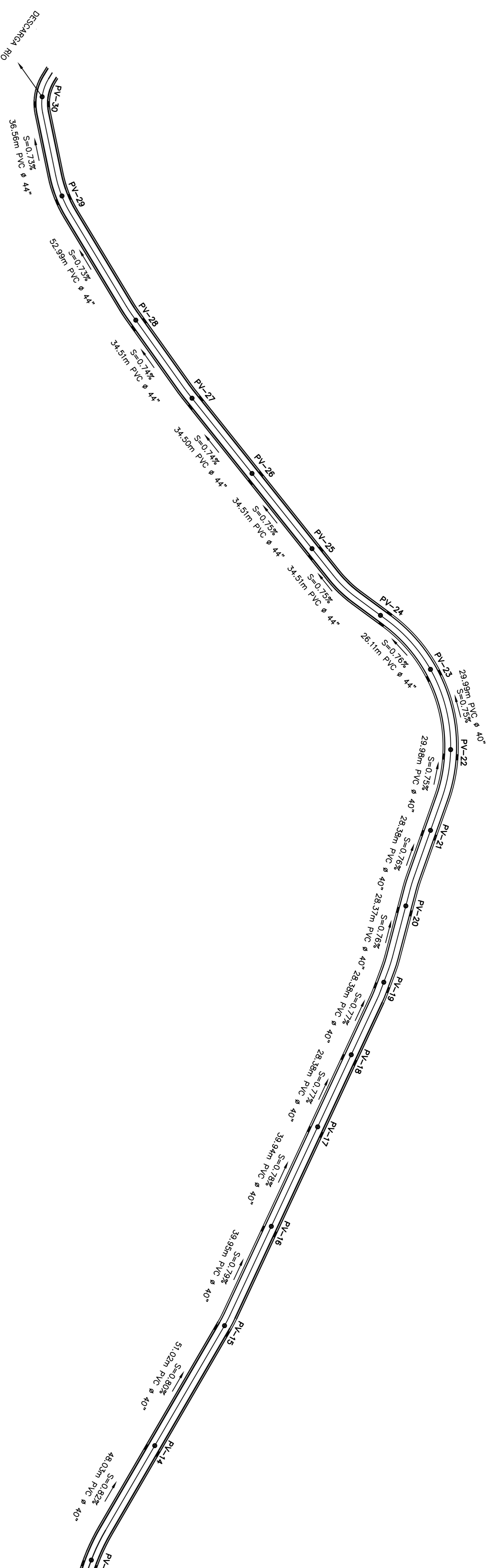
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 2+810 A 3+520.56
DRENAJE PLUVIAL

DIBUJOS	FECHA	HOJA
J.D. GONZALEZ	JUNIO 2011	11
CALCULO	ESCALA	A
J.D. GONZALEZ	INDICADA	17

INGA. CHRISTA GASSON DE RINTO

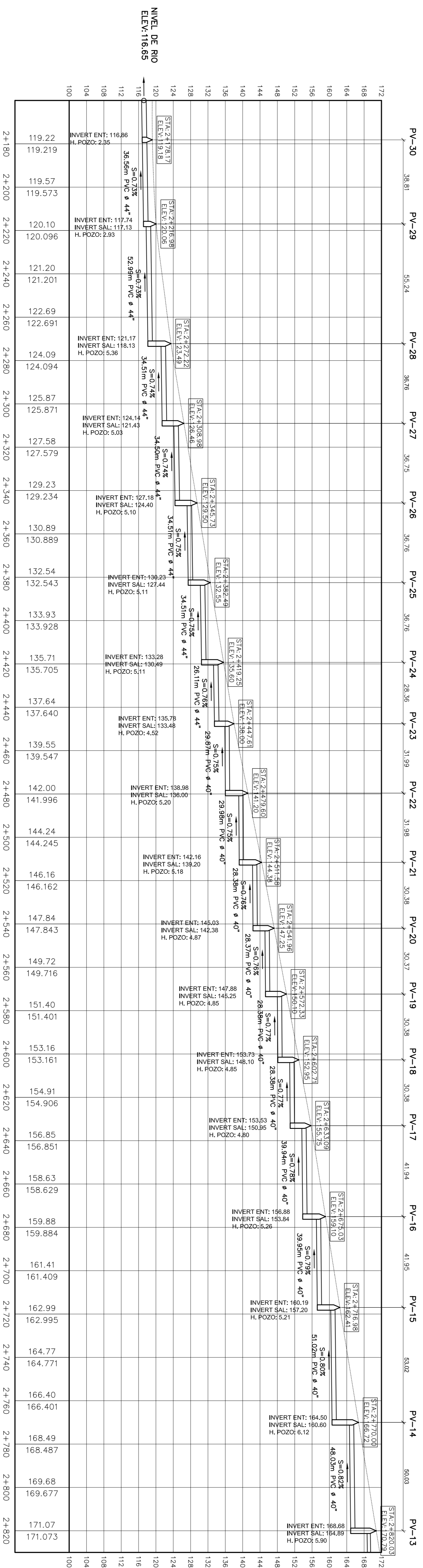


SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA
	TRÁGANTES
	DIRECCIÓN DE FLUJO Y PENDIENTE
	TUBERÍA



PLANTA 2+160 A 2+810

ESCALA 1:1000



PERFIL 2+160 A 2+810

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

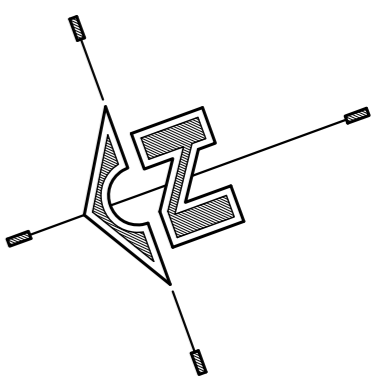


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADÓ, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 2+160 A 2+810
DRENAJE PLUVIAL

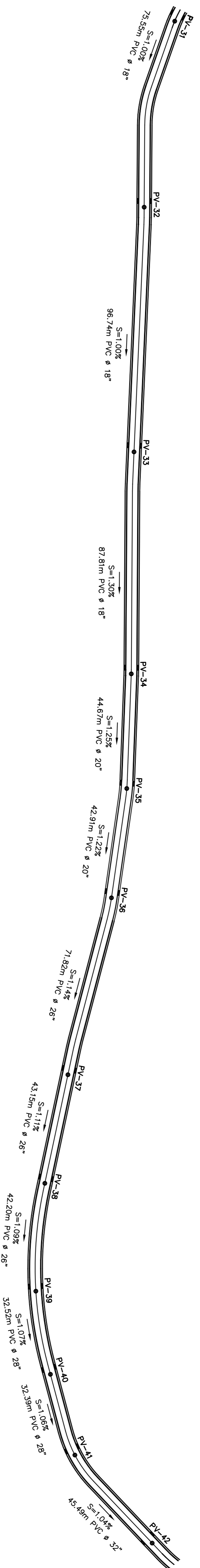
DIBUJÓ	FECHA	HOJA
J.D. GONZALEZ	JUNIO 2011	12
CALCULO	ESCALA	INDICADA
J.D. GONZALEZ		17

INGA. CHRISTA CLAYSON DE RINTO

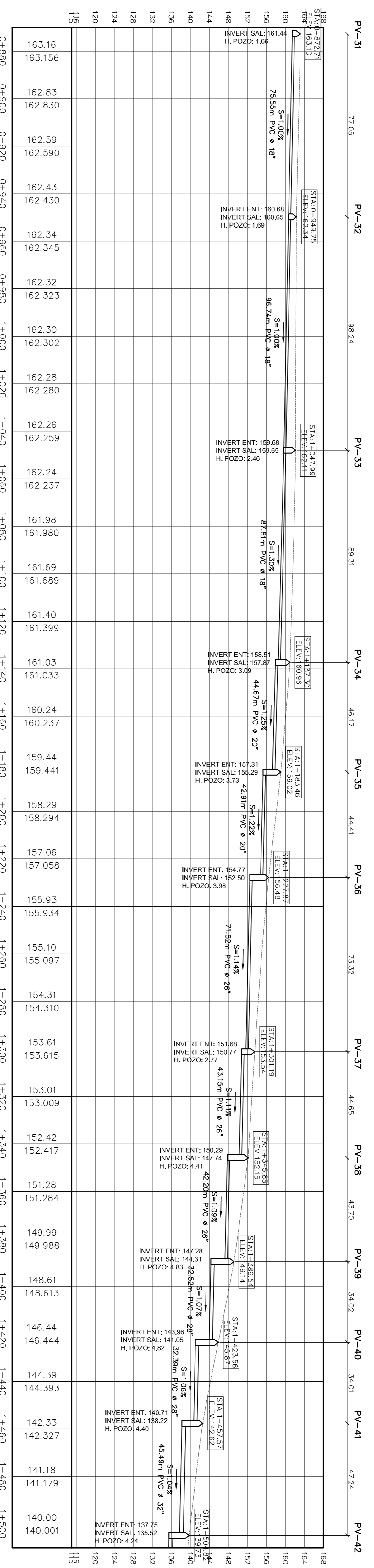


PLANTA 0+870 A 1+510

ESCALA 1:1000



SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISTA
	TRAGANTES
	DIRECCION DE FLUJO Y PENDIENTE
	TUBERIA



PERFIL 0+870 A 1+510

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

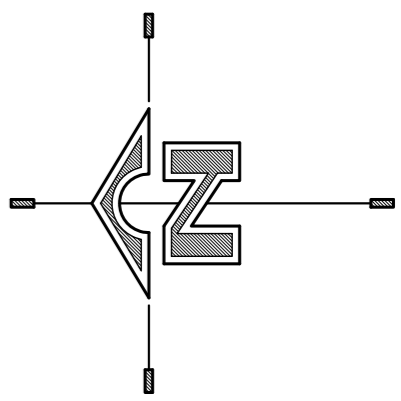


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERENA MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADJO MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 0+870 A 1+510
DRENAJE PLUVIAL

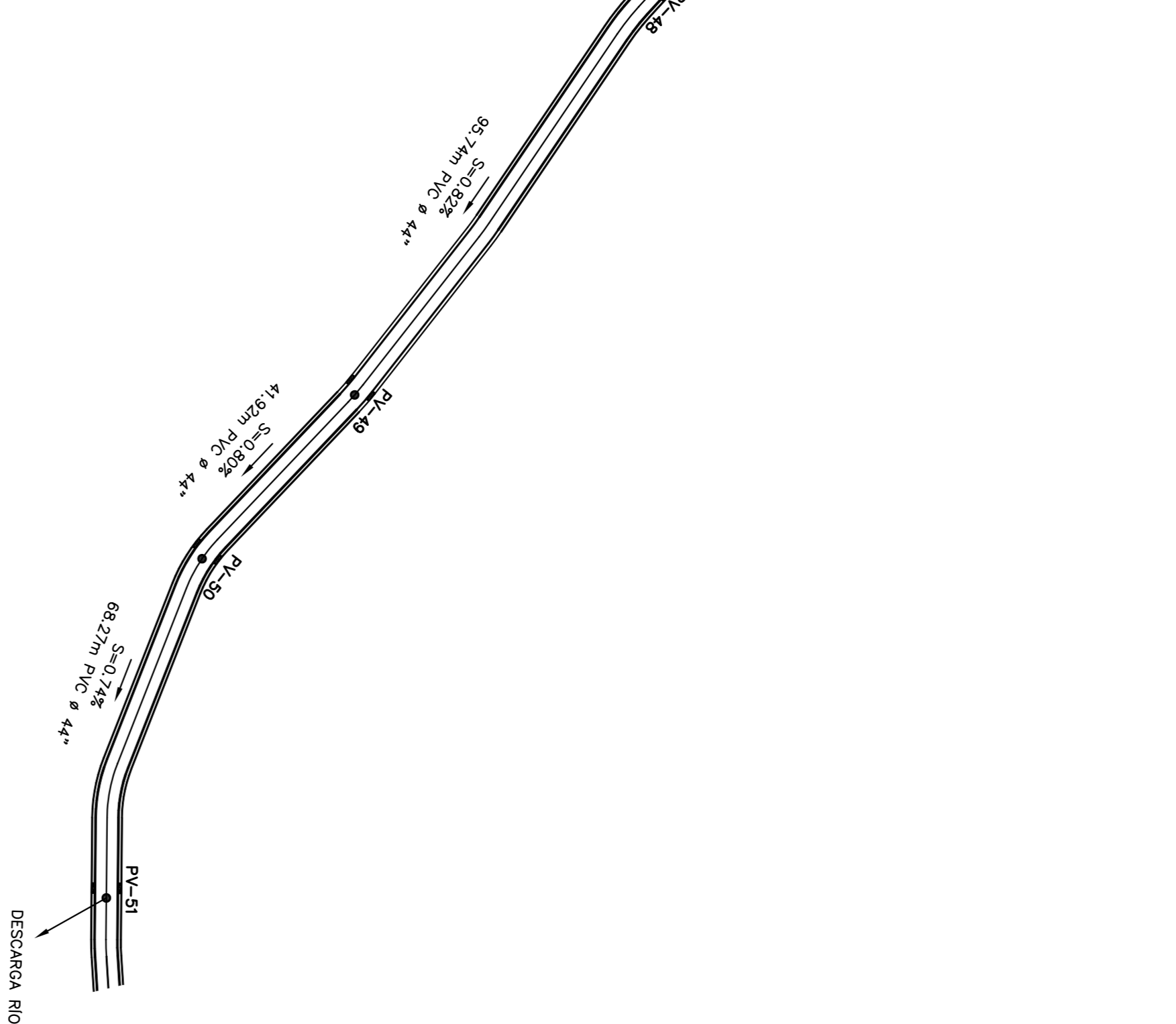
DIBUJOS	FECHA	HO
J.D.GONZALEZ	JUNIO 2011	13
CALCULO	ESCALA	
J.D.GONZALEZ	INDICADA	17

INGA. CHRISTA GUASSON DE RINTO

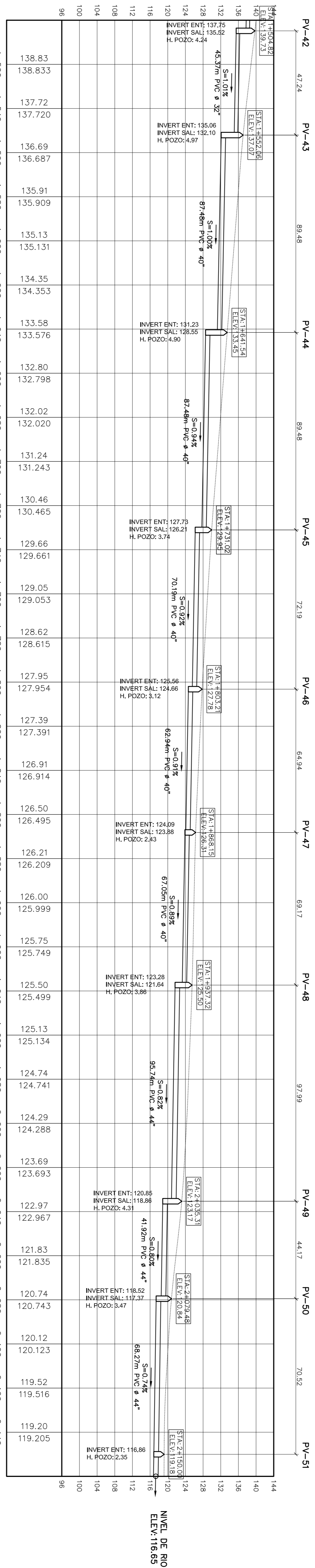


PLANTA 1+500 A 2+160

ESCALA 1:11000

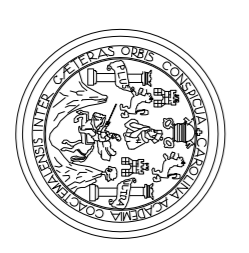


SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA
	TRAGANTES
	DIRECCION DE FLUJO Y PENDIENTE
	TUBERIA



PERFIL 1+500 A 2+160

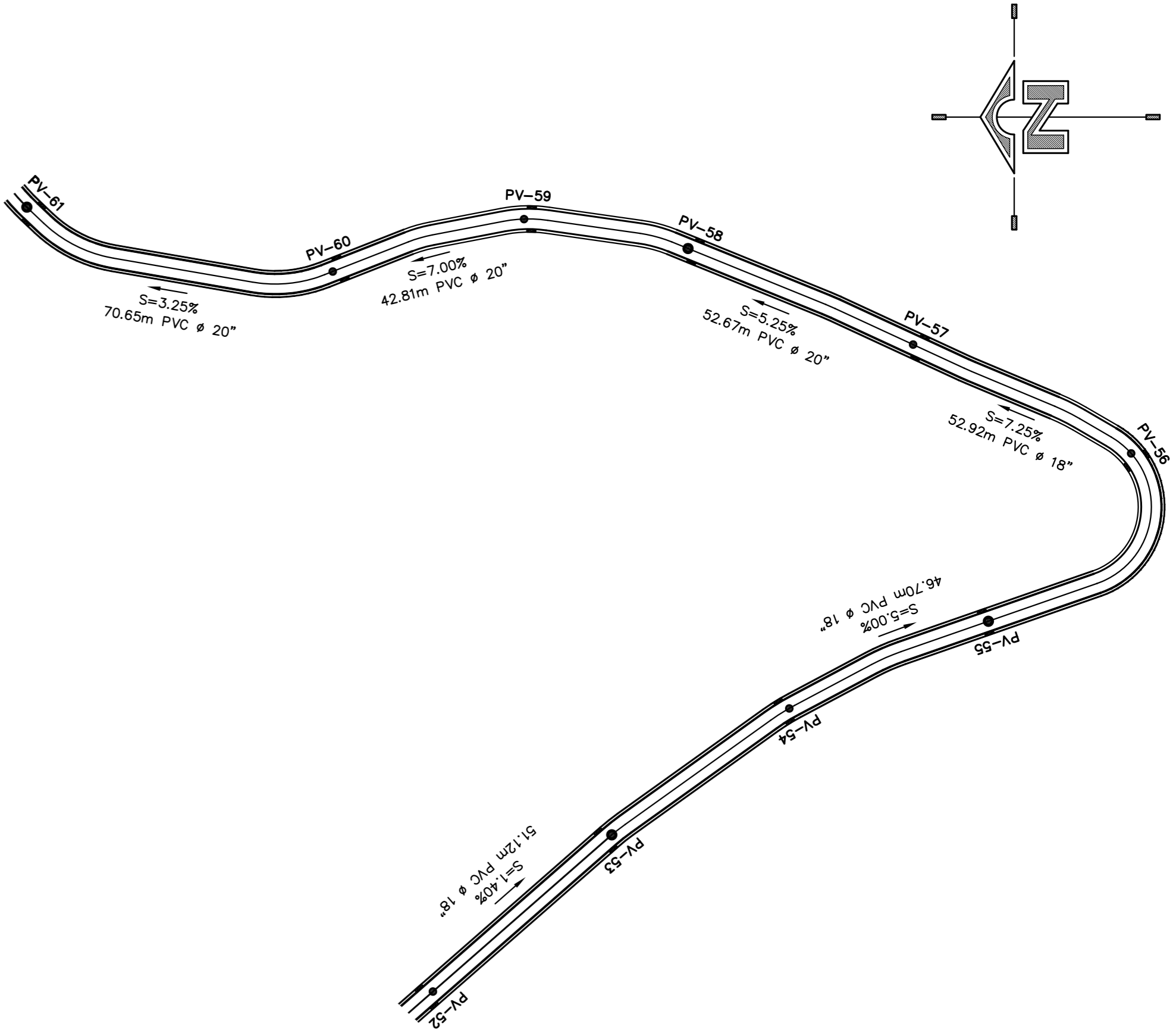
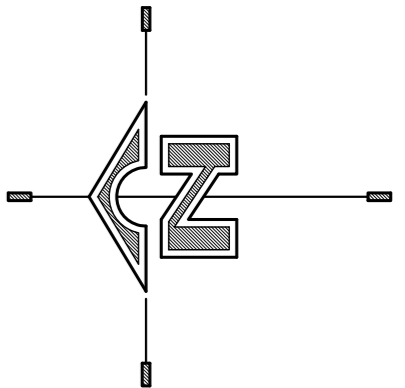
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

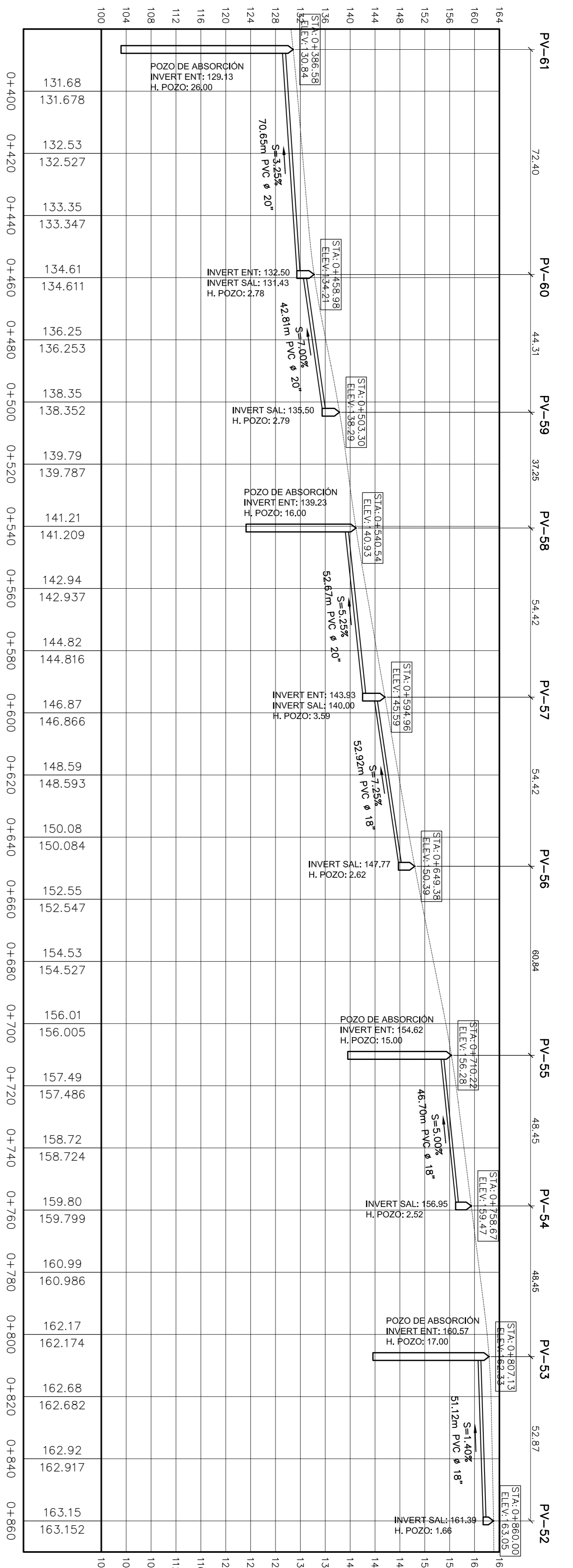
PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERANA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABADJO, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 1+500 A 2+160
DRENAJE PLUVIAL

DIBUJÓ:	J.D. GONZALEZ	FECHA:	JUNIO 2011
CALCULÓ:	J.D. GONZALEZ	ESCALA:	H 14
INDICADA:	J.D. GONZALEZ	INDICADA:	D 17
INGA. CHRISTA GILSON DE RINTO			



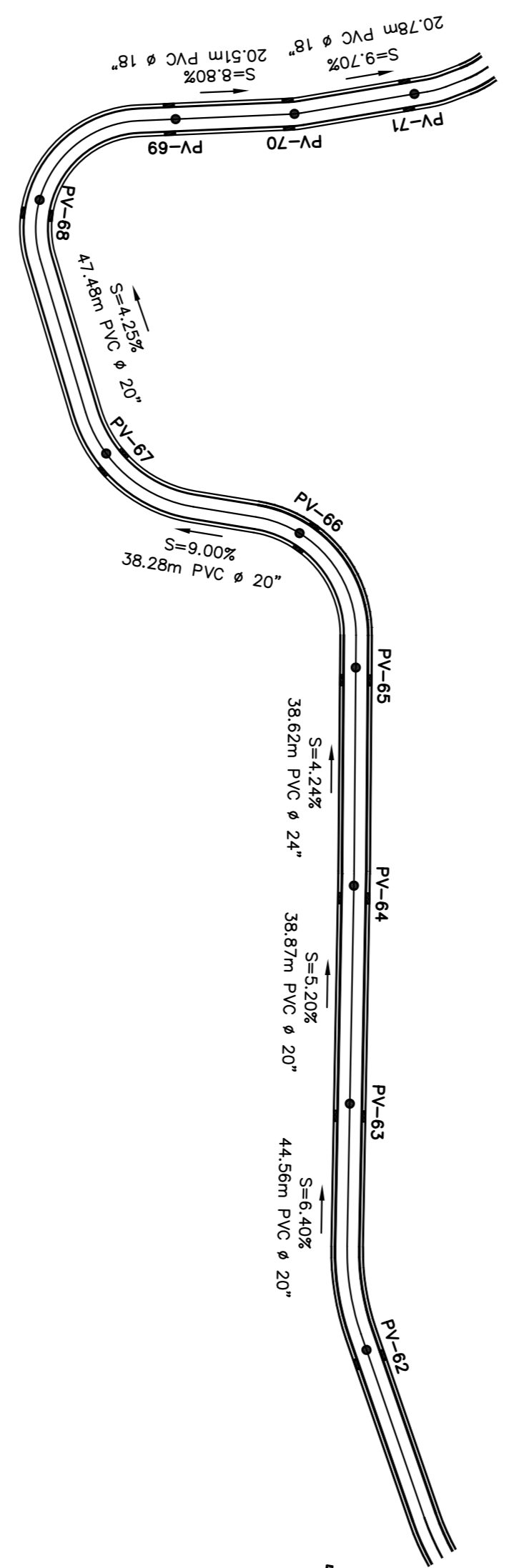
PLANTA 0+380 A 0+870

ESCALA 1:1000



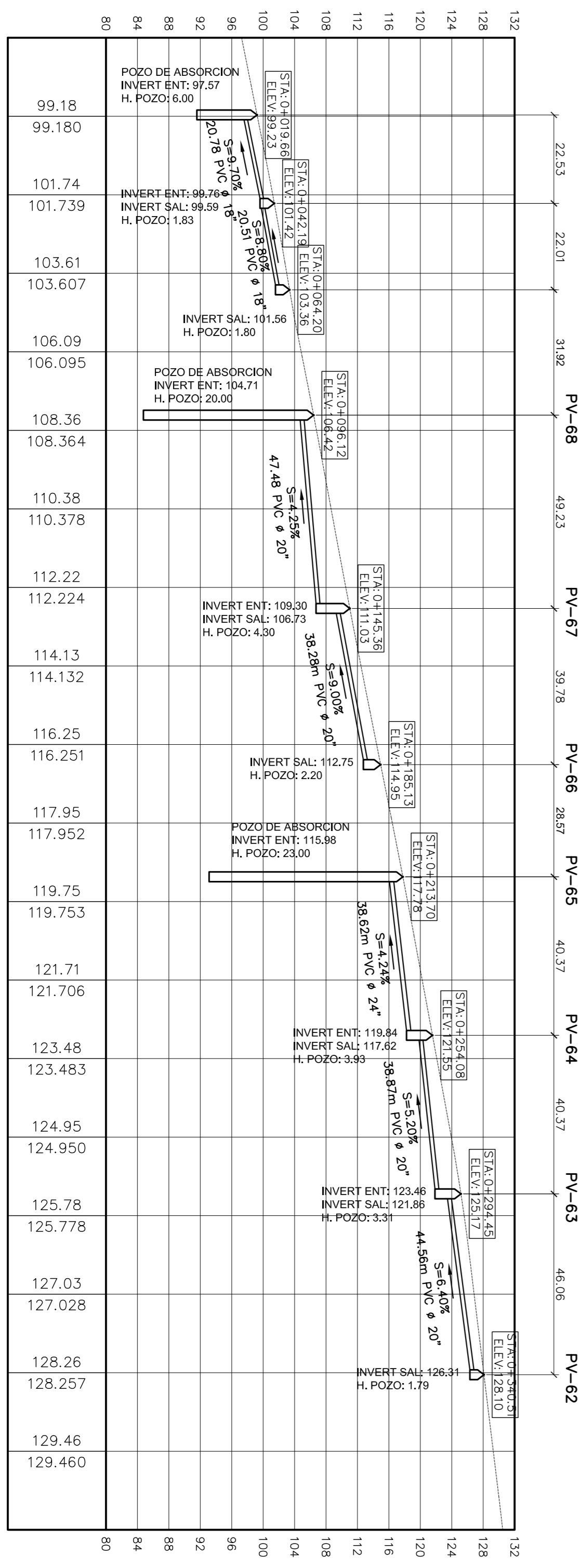
PERFIL 0+380 A 0+870

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



PLANTA 0+000 A 0+380

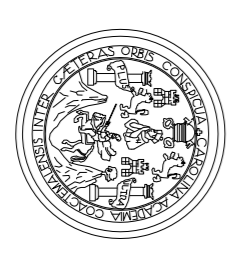
ESCALA 1:1000



PERFIL 0+000 A 0+380

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

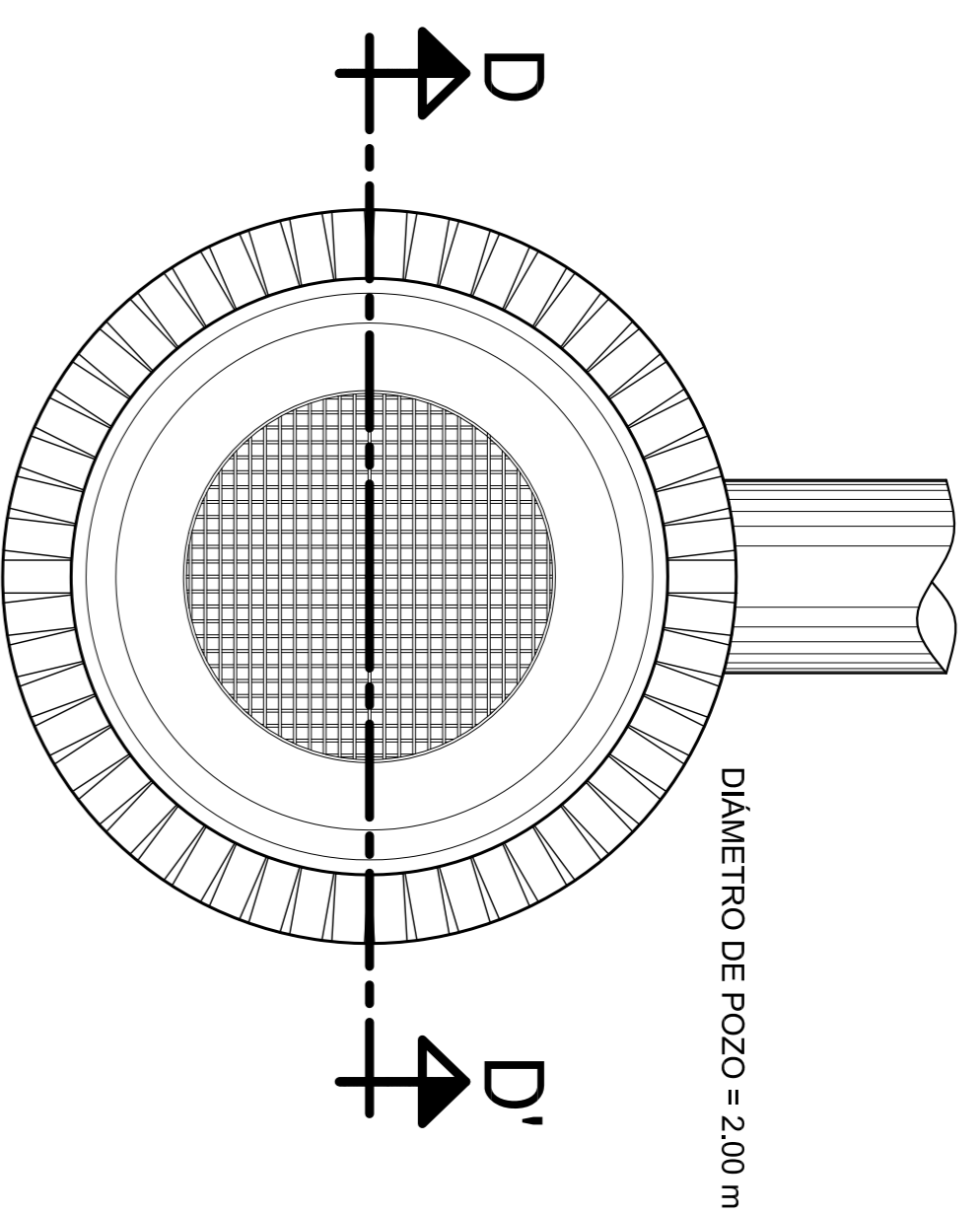
SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA
	TRAGANTES
	DIRECCION DE FLUJO Y PENDIENTE
	TUBERIA



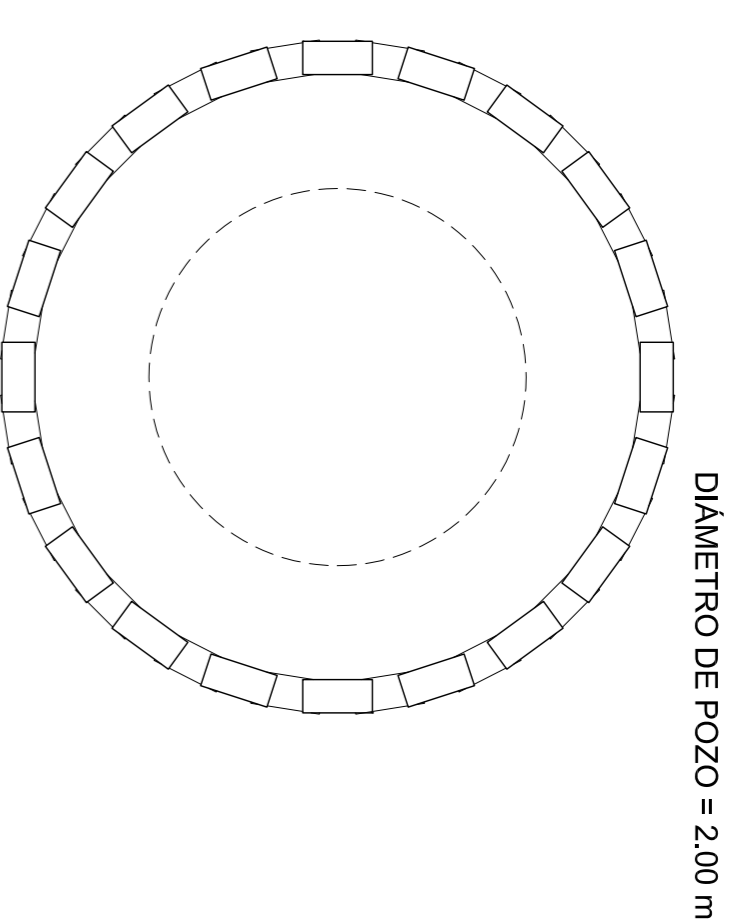
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERINA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABALU, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL EST. 2+160 A 2+810
DRENAJE PLUVIAL

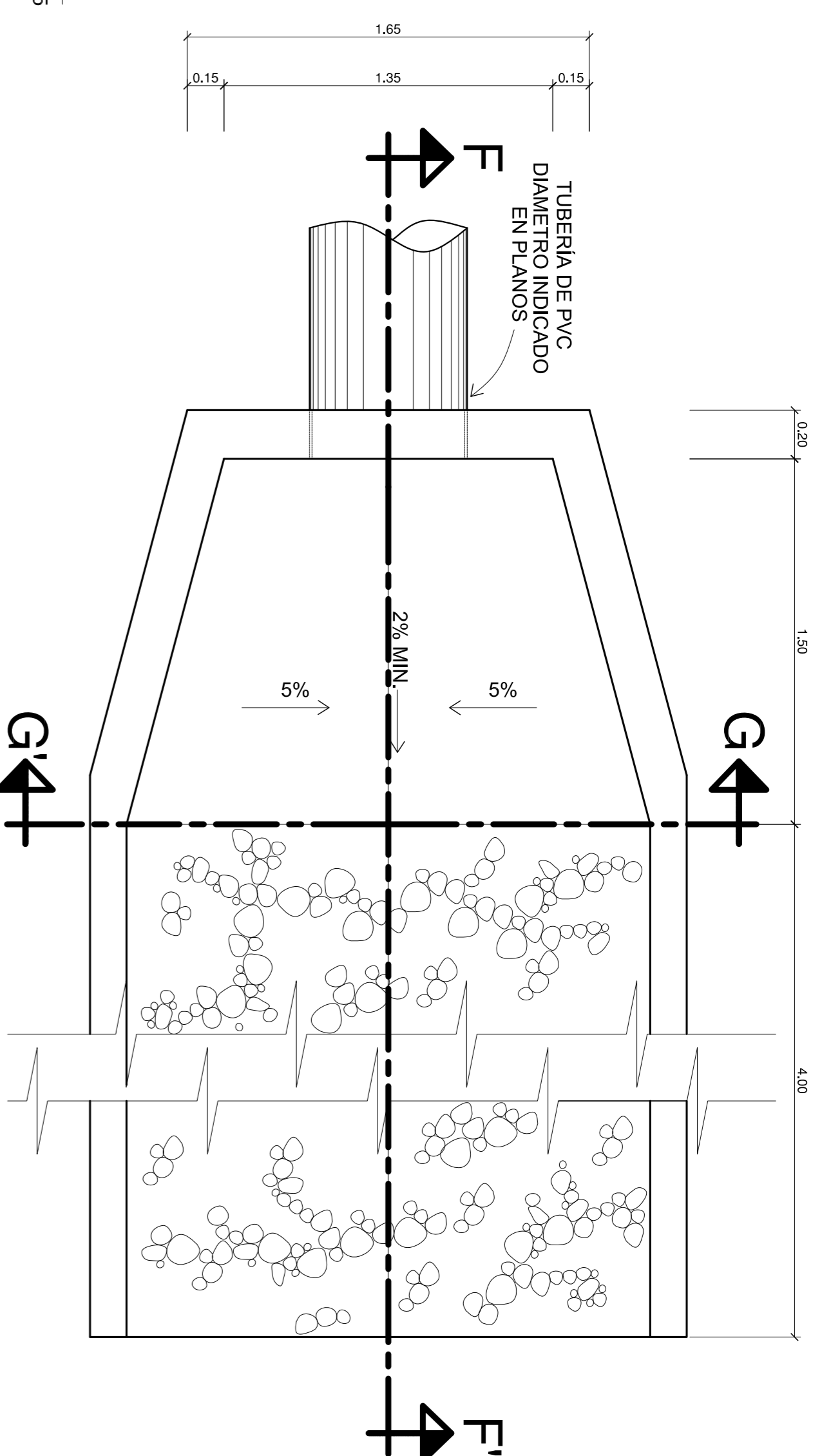
DIBUJOS:	J.D. GONZALEZ	FECHA:	JUNIO 2011
CALCULO:	J.D. GONZALEZ	ESCALA:	INDICADA
INGA CHRISTA GILSON DE RINTO		H.O.:	15
		A.:	17



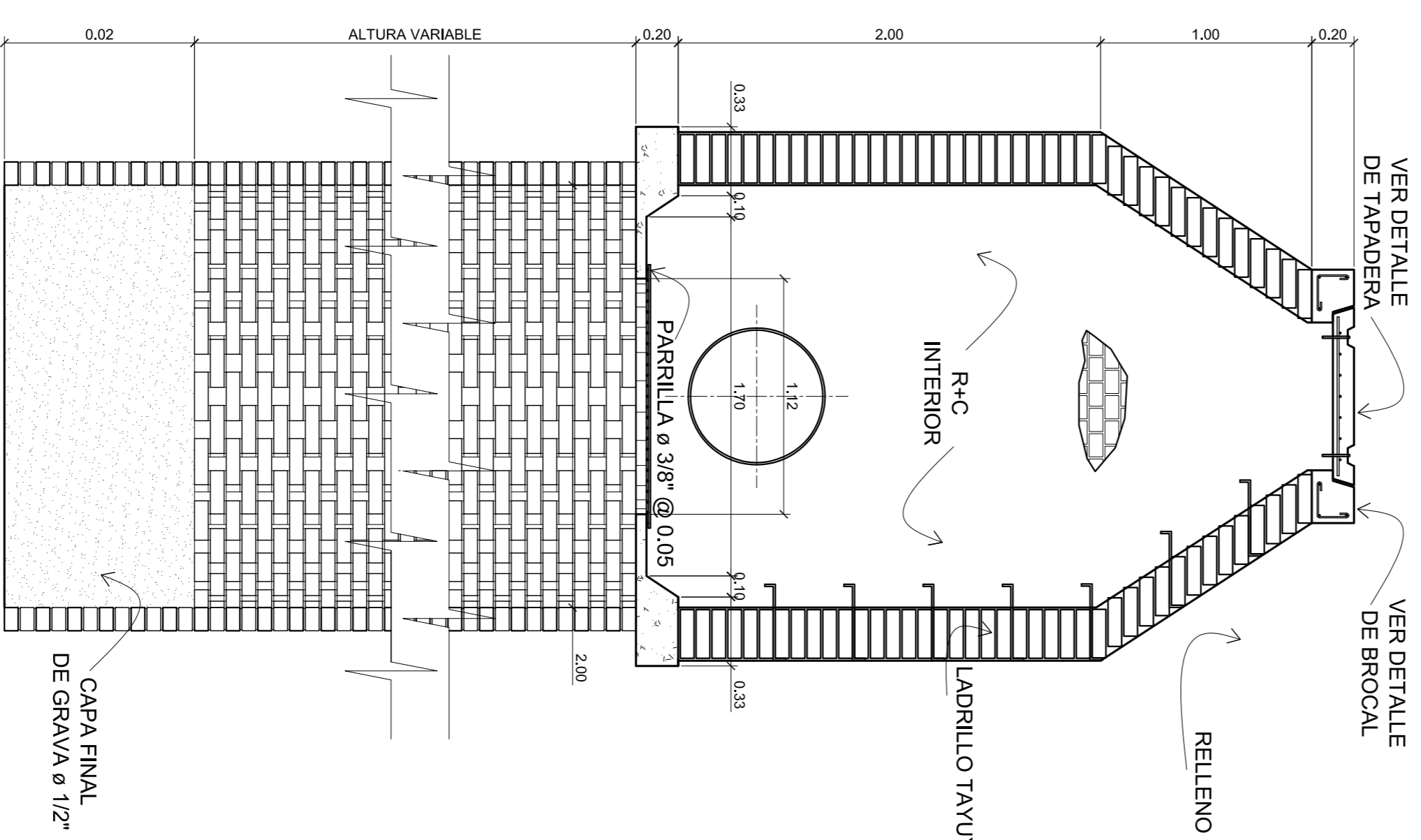
PLANTA POZO DE ABSORCIÓN
ESCALA 1:25



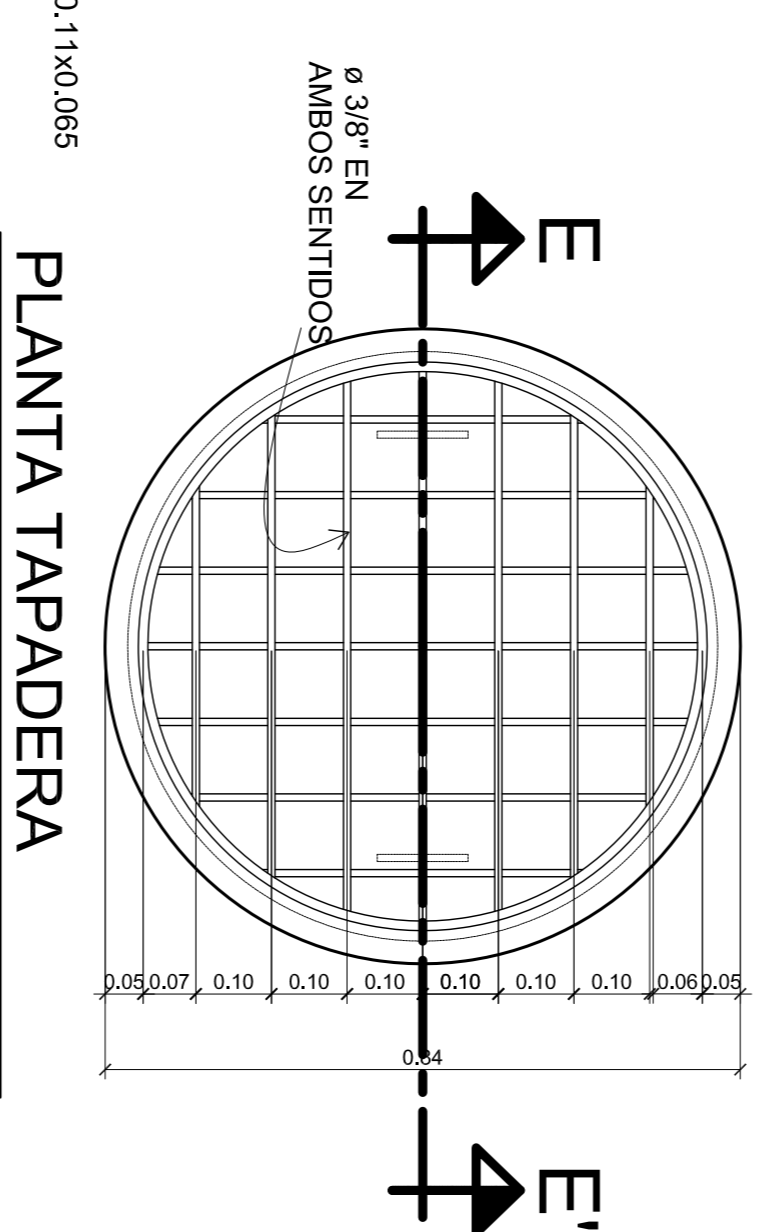
PLANTA INTERIOR POZO DE ABSORCIÓN
ESCALA 1:25



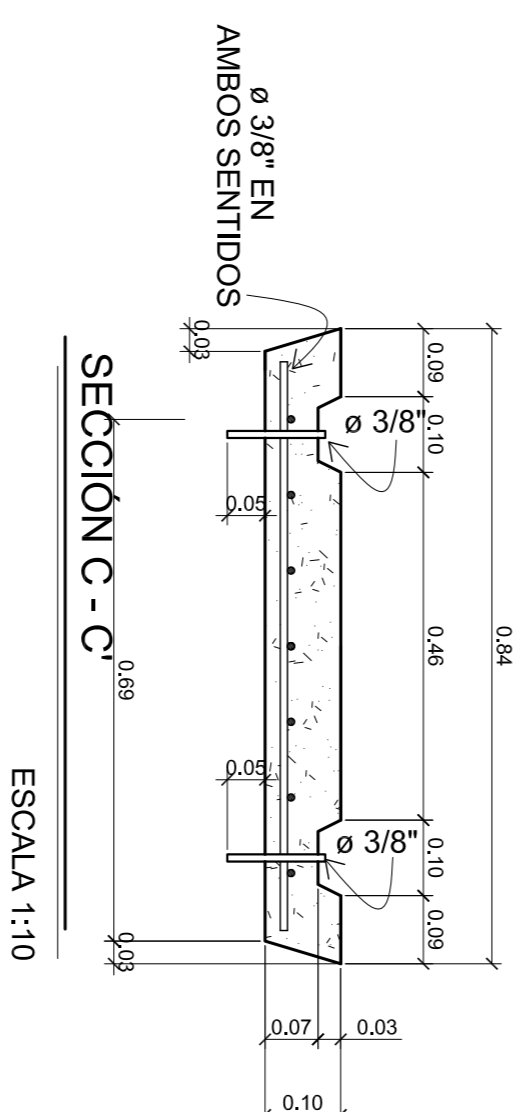
PLANTA CABEZAL DE DESFOGUE
ESCALA 1:20



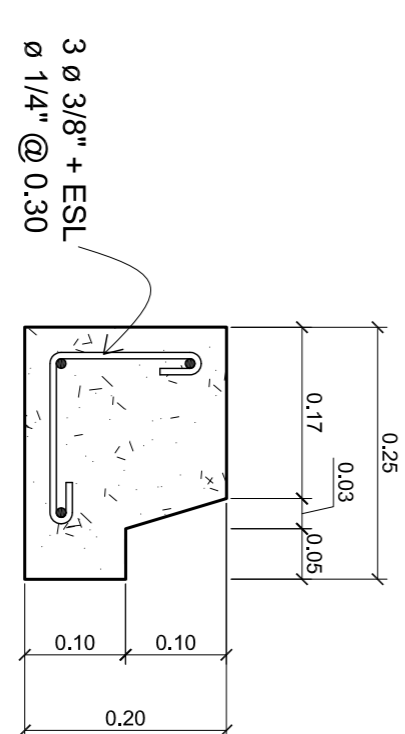
SECCIÓN D-D'
ESCALA 1:25



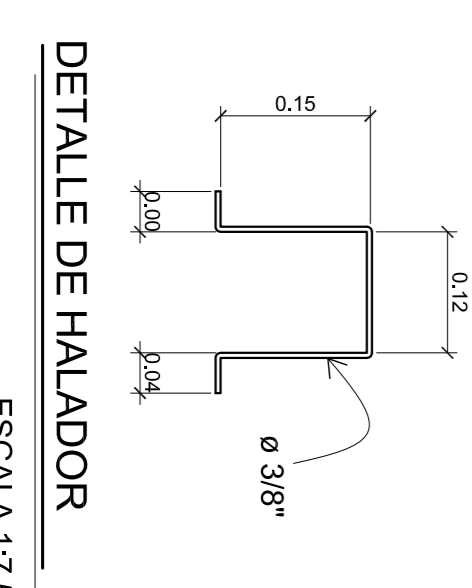
PLANTA TAPADERA
ESCALA 1:10



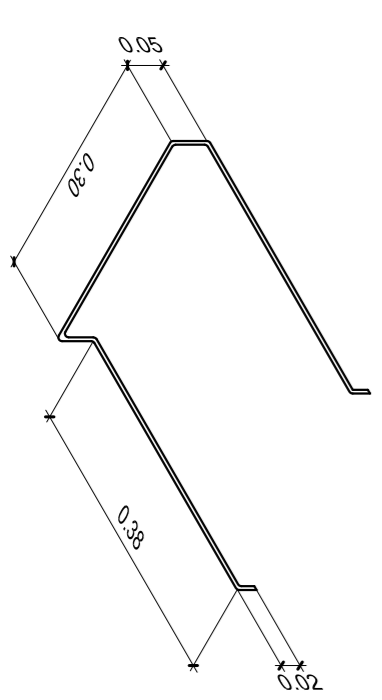
SECCIÓN C-C'
ESCALA 1:10



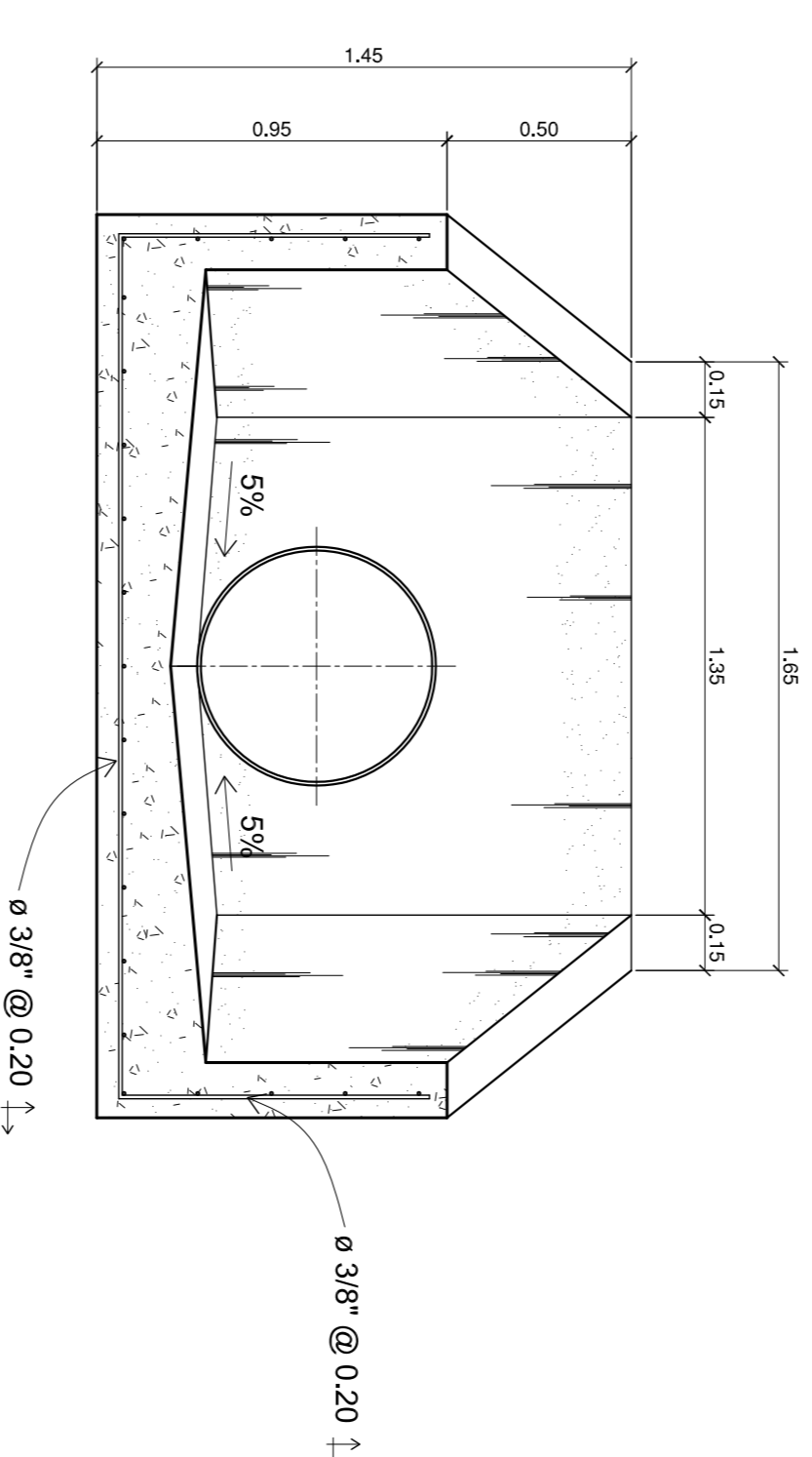
DETALLE DE BROCAL
ESCALA 1:7.5



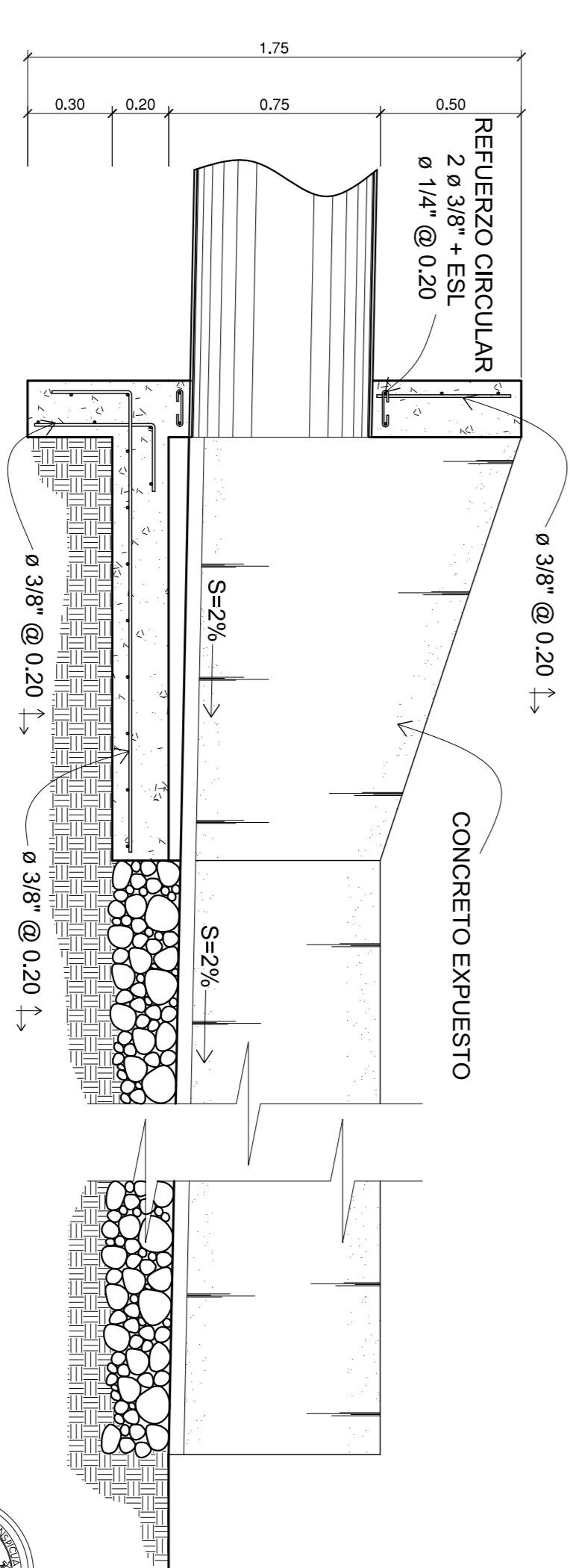
DETALLE DE HALADOR
ESCALA 1:7.5



DETALLE DE ESCALÓN
SIN ESCALA



SECCIÓN G-G'
ESCALA 1:20



SECCIÓN F-F'
ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES:

- EL CONCRETO SERÁ TIPO PUZOLÁNICO DE 4000 PSI.
- EL CONCRETO TENDRÁ UNA RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESIÓN DE 3000 PSI.
- EL ACERO SERÁ LEGÍTIMO DE GRADO 40.
- LOS LADRILLOS SERÁN TAVUYOS DE 0.11x0.23x0.065 Y F_m=50 ^{kg}/_{cm}²
- LAS TAPADERAS SERÁN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
- LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS TENDRÁN QUE CURARSE ANTES DE SU INSTALACIÓN.
- LA SABIETA PARA PEGAR LOS LADRILLOS TENDRÁ UNA PROPORCIÓN DE 1:5 Y 1 CM. DE ESPESOR.
- EL MORTERO DE LA MAMPOSTERÍA DE PIEDRA BOLA TENDRÁ UNA PROPORCIÓN DE 1:3 DE CEMENTO + ARENA DE RÍO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: PAVIMENTO DE CONCRETO Y DRENAJE PLUVIAL DE LA RUTA ENTRE EL CASERIO VERBAJERÍA, MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO Y ALDEA PUERTA ABALÚ, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.
CONTENIDO: DETALLES POZOS DE ABSORCIÓN Y CABEZAL DE DESFOGUE

INGA. CHRISTA GILSON DE RINTO	DIBUJOS	FECHA:	H O R A
	J.D. GONZALEZ	JUNIO 2011	17
	CALCULO:	ESCALA:	
	J.D. GONZALEZ	INDICADA	17