



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

**DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE
CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE
ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA.**

Rafael Alexander Gaspar Pérez García

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, junio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE
CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE
ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RAFAEL ALEXANDER GASPAR PÉREZ GARCÍA
ASESORADO POR EL ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCÍA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

	DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I		Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II		Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III		Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV		Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V		Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA		Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos.
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio Díaz García
EXAMINADOR	Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 8 de julio del 2009.



RAFAEL ALEXANDER GASPAR PÉREZ GARCÍA.



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 05 de marzo de 2010.
Ref.EPS.DOC.426.03.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rafael Alexander Gaspar Pérez García** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200313060**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Ángel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
ARSG/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 05 de marzo de 2010.
Ref.EPS.D.183.03.10

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

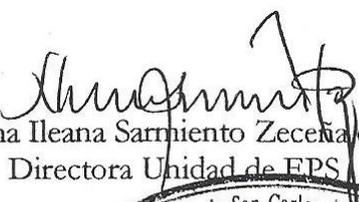
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rafael Alexander Gaspar Pérez García**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García .

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





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



Guatemala,
14 de abril de 2010

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

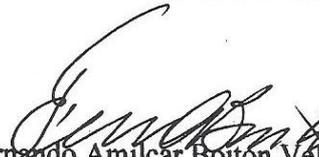
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rafael Alexander Gaspar Pérez García, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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. Fernando Amilcar Boitón Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua



PROGRAMA DE INGENIERÍA
CIVIL ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de
Acreditación de Programas de
Arquitectura e Ingeniería
PERÍODO 2009 - 2012



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



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Rafael Alexander Gaspar Pérez García, titulado DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo de 2010

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario **Rafael Alexander Gaspar Pérez García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, junio de 2010



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Gracias por darme la vida y la oportunidad de alcanzar mi meta, por estar siempre junto a mí y darme la sabiduría e iluminación para tomar las mejores decisiones.
- MIS PADRES** Francisco Pérez y Magdalena García, por el apoyo y cariño incondicional que me brindaron; que este triunfo sea para ustedes, que Dios los bendiga.
- MIS HERMANAS** Maria Jose, Silvia, Nancy, Miriam y Magda, por compartir conmigo en momentos difíciles y brindarme todo su apoyo durante este tiempo, las quiero mucho.
- MI HERMANO** Richards, gracias por haber trazado el camino a seguir, por sus consejos e instarme a seguir adelante.
- TODA MI FAMILIA** En especial a mi abuelo Gaspar García y a mi tía Marta Pérez, que Dios los tenga en su gloria.
- MIS COMPAÑEROS** Por todos los momentos inolvidables en estos años de estudio y por la amistad que nos une.
- A MIS AMIGOS** Por su apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios, gracias por darme la vida y la fortaleza para seguir adelante.

Mi madre Magdalena García Solís, por apoyarme y darme los mejores consejos de la vida; gracias por ser la mejor de las madres. Mi padre Francisco Pérez Aceytuno, por el apoyo, por creer en mí y por ser un ejemplo a seguir. A los dos les dedico este momento por su esfuerzo y dedicación hacia mi persona, los quiero mucho.

Mis hermanas Maria Jose, Silvia, Johanna, Miriam y Magda, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, a mi hermano Richards, por su apoyo y sabios consejos.

Al alcalde Leandro Rafael Morales Acevedo y a la corporación de la Municipalidad de Estanzuela, Zacapa, por brindarme su colaboración para realizar mi EPS.

A mis amigos de la OMP (Oficina Municipal de Planificación), por su amistad y colaboración que me brindaron.

Al Ingeniero Ángel Roberto Sic García, por compartir sus conocimientos durante el siguiente trabajo de graduación, Gracias y que Dios lo bendiga.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Ingeniería, por haberme formado como un profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA.

1.1. Generalidades

1

1.1.1 Límites y localización 1

1.1.2 Acceso y comunicaciones 2

1.1.3 Topografía e hidrología 3

1.1.4 Aspecto climáticos 3

1.1.5 Actividades económicas 3

1.1.6 Servicio con los que cuenta 4

1.1.7 Población 4

1.1.8 Vías de acceso 5

1.2. Principales necesidades del municipio 5

1.2.1 Diagnóstico y prioridad 5

2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA

. ALDEA EL GUAYABAL.

2.1 Descripción del proyecto a desarrollar 7

2.2 Especificación de diseño 7

2.3	Definición de pavimentos	9
2.4	Tipos de pavimentos	9
2.4.1	Pavimentos flexibles	9
2.4.2	Pavimentos rígidos	10
2.5	Topografía	10
2.5.1	Planimetría	11
2.5.2	Altimetría	11
2.6	Ensayos de laboratorios de suelos	11
2.6.1	Ensayo de Granulometría	11
2.6.2	Limites de Atterberg	12
2.6.2.1	Límite líquido	13
2.6.2.2	Límite plástico	13
2.6.2.3	Índice plástico	14
2.6.2	Ensayo de compactación o proctor modificado	14
2.6.3	Ensayo de valor soporte CBR	15
2.6.4	Análisis de resultados de laboratorio de suelo	15
2.7	Transito promedio diario	16
2.8	Consideraciones de diseño de pavimentos rígidos	17
2.8.1	Sub-rasante	18
2.8.2	Sub-base	18
2.8.3	Carpeta de rodadura	19
2.9	Trabajos preliminares	20
2.10	Diseño de la carpeta de rodadura	20
2.11	Diseño geométrico de una carretera	24
2.11.1	Curva horizontal	24
2.11.2	Curva vertical	28
2.11.2.1	Longitudes de curvas verticales	28
2.12	Drenajes menores de vías pavimentadas	37
2.12.1	Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas	37

2.12.2 Consideraciones hidráulicas	37
2.12.2.1 Corriente de agua	38
2.12.2.2 Gradiente hidráulico	38
2.12.2.3 Diseño hidráulico	39
2.12.2.3.1 El método racional	40
2.12.2.3 Pendiente crítica	42
2.12.3 Drenajes transversales	43
2.13 Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimento rígido	44
2.14 Estudio de impacto ambiental	47
2.15 Presupuesto del proyecto	51
2.16 Cronograma de ejecución	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Límites del municipio de Estanzuela.....	1
2.	Ubicación del municipio de Estanzuela.....	2
3.	Elementos de curva horizontal.....	25
4.	Círculo para el cálculo de grado de curvatura.....	25
5.	Curva vertical cóncava.....	29
6.	Curva vertical convexa.....	29
7.	Área de una sección transversal.....	32
8.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.....	33
9.	Gráfica de sección transversal estación 0+020.....	35
10.	Gráfica de sección transversal estación 0+040.....	36

TABLAS

I	Distancias entre la cabecera municipal a las aldeas.....	5
II	Clasificación de vehículos, según su categoría.....	22
III	Tipos de suelos de sub-rasantes y valores aproximados de K.....	22
IV	Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA).....	23
V	Pavimento con juntas y agregados de trave.....	23
VI	Pendiente transversal recomendada según tipo de superficie.....	24
VII	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	30
VIII	Taludes recomendados en corte y relleno.....	32
IX	Tabla de determinantes.....	33
X	Tabla de determinantes estación 0+020.....	35
XI	Tabla de derminantes estación 0+040.....	36
XII	Presupuesto de pavimento rígido.....	51
XIII	Cronograma de ejecución pavimento rígido.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS

AASHTO	Asociación Oficial de Carreteras y Transportes.
A	Área de la cuenca
a	Área parciales
°C	Grados centígrados
"	Pulgadas
C	Coefficiente de escorrentía promedio de área drenada
CBR	Californian Bearing Ratio
Cm	Centímetro
CM	Cuerda máxima
c	Coefficiente de escorrentía
E	External
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
f'c	Resistencia nominal del concreto
G	Grado de curvatura
°	Grados
Ha	Hectárea
I	Intensidad de lluvia
I.P.	Índice de Plasticidad
K	Parámetro de curva vertical
Km	Kilómetros
Km ²	Kilómetros cuadrados
Km/h	Kilómetros por hora
L	Longitud mínima de curva vertical
Lc	Longitud de curva

Lcv	Longitud de curva vertical
Ton/m ³	Toneladas por metro cubico
m	Metros
m ²	Metros cuadrados (área)
mm	Milímetros
m/seg	Metros por segundo (velocidad)
m ³ /seg	Metros cúbicos por segundo (caudal)
OMP	Oficina Municipal de Planificación
Om	Ordenada media
PC	Principio de Curva
PCA	Asociación del Cemento Pórtland
PCV	Principio de Curva Vertical
PSI	Libras por pulgada cuadrada
PI	Punto de Intersección
PIV	Punto de Intersección Vertical
PT	Principio de Tangente
PTV	Principio de Tangente Vertical
Q	Caudal de escorrentía
R	Radio
S (%)	Pendiente del terreno en porcentaje
SIG	Sistema de Información Geográfica
St	Sub-tangente
TPD	Tránsito promedio diario
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones
∑	Sumatoria
Δ	Delta (diferencia angular)

GLOSARIO

Altimetría	Procedimiento utilizado para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
Azimut	Angulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde cero a 360 grados, El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
Bombeo	Pendiente dada a la corona, hacia uno y otro lado del eje, para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
Bordillo	Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
Compactación	Acción de hacer alcanzar a un material una textura apretada o maciza.

Gabarito	Sección transversal del trayecto vial en donde se indica el ancho de la calle, bordillos y espesores de las diferentes capas.
Junta	Es el espacio entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debidos a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.
Período de diseño	Tiempo durante el cual un sistema dará un servicio satisfactorio a la población.

RESUMEN

A través del tiempo de duración del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se atendieron las necesidades del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, en materia de infraestructura. Éste consistió en el diseño de pavimentación de la carretera que conduce a la aldea El Guayabal.

El presente trabajo de graduación, consiste de dos capítulos, el capítulo uno presenta un informe amplio sobre las características del área de estudio. Dicha información permitió conocer las necesidades básicas del municipio, con el objetivo de presentar posibles soluciones e identificar qué aldeas eran prioritarias en ese momento para las autoridades ediles.

En el capítulo dos, se presenta el diseño de la pavimentación del camino que conduce a dicha aldea, conteniendo la memoria de cálculo, así como la metodología utilizada. En los anexos se encuentran los planos.

En el diseño del pavimento rígido, se utilizó el sistema de medición topográfica compuesta por la planimetría y altimetría. Para definirse una longitud de 5755 m. de largo y un ancho de 6m, para luego proceder al muestreo de la sub-rasante y conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio y diseñar el pavimento rígido; para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer un espesor de losa de 15 centímetros y bordillos de 15 X 10 centímetros y un bombeo pluvial del 2%.

OBJETIVOS

General:

Colaborar con el municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa, investigando las necesidades y proponiendo un proyecto priorizado de infraestructura como el diseño de la pavimentación de la carreta que conduce hacia la aldea El Guayabal, municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.

Específicos:

1. Elaborar una investigación monográfica del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.
2. Realizar el diseño y presupuesto del pavimento rígido del camino que conduce desde la cabecera municipal hacia la aldea El Guayabal, municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa.

INTRODUCCIÓN

Se propone pavimentar el camino que conduce a la aldea El Guayabal porque da soluciones a múltiples problemas que generan el mal estado de esta carretera del municipio. Un ejemplo es la constante inversión municipal de sus fondos propios para la reparación del camino, mediante la reposición de material de balasto. Al realizar el proyecto de pavimentación se estará evitando el malestar sufrido por la población para movilizarse en épocas lluviosas por la formación de baches con la acumulación de agua y lodo, provocando así el deterioro y destrucción de los automóviles. También se evitarán las enormes nubes de partículas de balasto que se levantan con el aire.

Es importante mencionar que se priorizo este proyecto debido a que éste satisface las necesidades básicas que demanda la población del municipio. Las vías de comunicación es un aspecto muy importante para el desarrollo de las comunidades.

Para la realización del proyecto se deben tomar en cuenta todos los factores y normas de construcción, así como las recomendaciones, para garantizar de esta forma la vida útil del mismo.

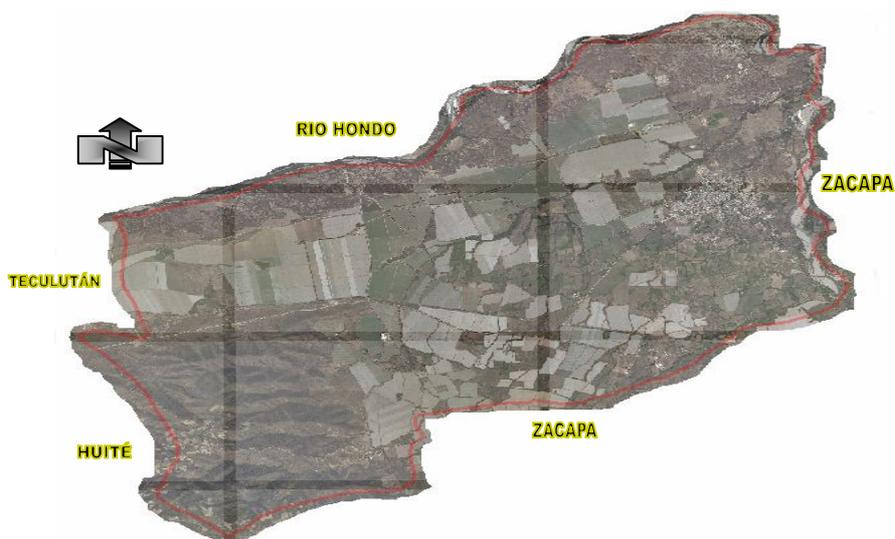
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA.

1.1. Generalidades

1.1.1 Límites y localización

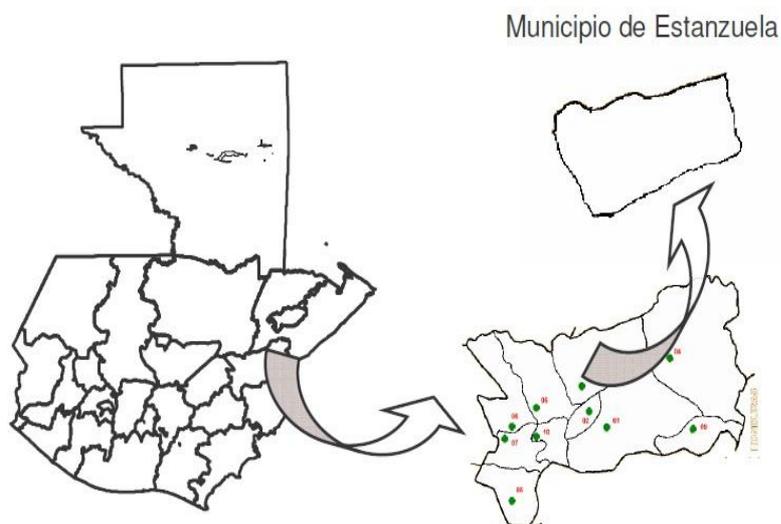
El municipio de Estanzuela pertenece al departamento de Zacapa, en la zona oriental de la República de Guatemala, Estanzuela limita al norte con el municipio de Río Hondo, al oriente y al sur con la cabecera departamental Zacapa y al occidente con los municipios de Teculután y Huité. Su extensión territorial es de 92.40 kilómetros cuadrados según el Sistema de Información Geográfica SIG.

Figura 1. Límites del municipio de Estanzuela



El municipio de Estandzuela se localiza en la latitud norte 14°59'55" y longitud oeste 89°34'25", se encuentra a una altura de 195 metros sobre el nivel del mar, a una distancia de 141 kilómetros de la ciudad capital y a 5 kilómetros de la cabecera departamental de Zacapa sobre la ruta CA-10 que conduce hacia Esquipulas.

Figura 2. Ubicación del municipio de Estandzuela



1.1.2 Accesos y comunicaciones

El municipio de Estandzuela debido a su ubicación tiene un fácil acceso a los principales sitios de interés de la región oriental de Guatemala. Las rutas de acceso son las carreteras CA-9 y CA-20, ambas en muy buen estado y asfaltadas ya que el mantenimiento de ambas se hacen periódicamente, por medio de estas carreteras es posible llegar a Zacapa, Río Hondo, Izabal y Esquipulas.

1.1.3. Topografía e hidrología

La topografía del municipio de Estandzuela es un 85% plano ya que en los extremos norte y noreste registra algunas elevaciones. El territorio de Estandzuela está bañado por dos cuencas hidrográficas: La del río Grande y la del río Motagua, ambas desembocan en el mar Caribe. El territorio es atravesado por varias quebradas que desembocan por estas cuencas, entre ellas podemos mencionar las quebradas La Calera y Los Yajes.

1.1.4 Aspectos climáticos

El clima del municipio de Estandzuela es cálido, oscilando a una temperatura mínima de 22°C una temperatura máxima de 41°C. La temperatura media es de 32°C. Los vientos tienen una velocidad de 6 Km/h. La precipitación pluvial es de 750 mm anual, la humedad relativa media es de 66%.

1.1.5 Actividades económicas

En el municipio de Estandzuela, las actividades económicas se clasifican de la siguiente manera: 50% en actividades agrícolas y ganaderas, 30% en actividades de artesanías, 7% en actividades de albañilería, y el otro 13% a actividades técnicas. Los productos agrícolas predominantes en el municipio son el maíz, frijol, tabaco, yuca, ockra, tomate, chile pimiento, berenjena, pepino, melón, sandía, mango (diferentes especies); esparrago, papaya, loroco, cebolla y manía. Con los que respecta al melón, el municipio cuenta con las meloneras más grandes de la región, estas meloneras exportan la mayor parte del producto al extranjero, con esto crea oportunidades de empleo para los pobladores del municipio, otras fuentes de trabajo son los invernaderos de

pilones, empacadoras de mango, procesadora de leche, la producción precuaria se fundamenta en la crianza de ganado vacuno, bovino y porcino.

1.1.6 Servicios con los que cuenta

Los servicios con los que cuenta el municipio de Estandzuela son los siguientes:

Agua potable, drenajes, iglesias católicas y evangélicas, teléfonos públicos y domiciliarios, salón social en la cabecera municipal y en cada una de sus cuatro aldeas (San Nicolás, El Guayabal, Chispan y aldea Tres Pinos), un centro de capacitación, canchas deportivas, así como un estadio municipal, balnearios, museo de paleontología, arqueología y geología, establecimientos educativos pre-primaria, primaria, básico y diversificado, juzgado de paz, centro de salud, policía nacional civil PNC, correos, agencia bancaria, estación de bomberos.

1.1.7 Población

El municipio de Estandzuela está conformado por cuatro aldeas que son El Guayabal, San Nicolás, Chispan y aldea Tres Pinos, su cabecera municipal está integrada por 24 barrios, 7 colonias y no cuenta con caseríos.

El municipio cuenta con 92.4 Km². Considerando 124.4 habitantes por km² según el Diccionario Municipal de Guatemala la población de Estandzuela en el año 1,994 es de 8,331 habitantes y para el año 2002 se reporta un total de 9,186 habitantes, en el año 2008 fue el último censo realizado por la oficina municipal de planificación OMP se reporta la cantidad de 11,500 habitantes.

1.1.8 Vías de acceso

Las vías de acceso a la cabecera municipal son la ruta CA-10 que conduce a Esquipulas. Estanzuela, Zacapa esta a 141 km de la ciudad capital, los accesos de las aldeas a la cabecera municipal son los siguientes:

Tabla I. Distancias entre la cabecera municipal a las aldeas

Accesos				
Cabecera	a	Aldea	Distancia	carretera
cabecera municipal		Chispan	5.2 km	asfaltada
cabecera municipal		San Nicolás	10.7 km	terracería
cabecera municipal		Tres Pinos	17.3 km	terracería
cabecera municipal		El Guayabal	6.5 km	terracería

1.2 Principales necesidades del municipio

1.2.1 Diagnóstico y prioridad

El problema de la vías de acceso en el municipio es serio, por lo que se realizó un estudio de varios tramos que conducen a las aldeas El Guayabal y Tres Pinos, las cuales son de terracería y se encuentran en muy malas condiciones, sobre todo cuando es época de invierno ya que el lodo se hace común en las calles no pavimentadas, el acceso a esta aldea es malo para el ingreso de toda clase de vehículos, debido a esta situación, se priorizo la pavimentación a la aldea El Guayabal. Se considera proponer los drenajes menores en vías pavimentadas que junto a la pavimentación del tramo será un beneficio mutuo tanto para la aldea como para el municipio.

2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL

2.1 Descripción del proyecto a desarrollar

En el presente capítulo se desarrollará el diseño del proyecto de pavimentación rígida para el camino que conduce a la aldea El Guayabal del municipio de Estanzuela. La consideración de este proyecto es la solución del problema por parte de la municipalidad y del programa de EPS (Ejercicio Profesional Supervisado) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, han hecho posible la factibilidad de la ejecución. De esta manera, se proveerá un mejor nivel de vida de los pobladores beneficiados, dado que no existe un camino pavimentado. En lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño del espesor de la losa para pavimento rígido, y una explicación de pavimento flexible.

2.2. Especificaciones de diseño

En la Dirección General de Caminos existen especificaciones para diferentes tipos de carreteras. Esta carretera tiene los siguientes parámetros: el tránsito promedio diario (TPD) en este caso es de 123 vehículos por día, el ancho de calzada que se permite en la región, esto por diversas razones, es de 7 metros, es una carretera rural, es una región llana por lo que la pendiente natural del terreno no varía mucho, habiendo determinado que estas características corresponden la carretera tipo E según las normas.

Los parámetros que caracterizan a este tipo de carretera son las siguientes:

- Tráfico promedio diario es de 100 a 500 vehículos.
- Velocidad de diseño: la velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de llanas a montañosas. La velocidad de diseño es de 50 km/h debido a que el terreno es llano.
- El ancho mínimo de calzada es de 5.50 metros, en el diseño del proyecto se estableció un ancho de calzada de 6.00 metros con 0.50 metros de cuneta en ambo lados para un total de 7.00 metros.
- La pendiente máxima para una velocidad de diseño de 50 km/h es de 9%. La pendiente máxima permisible dice que debe de aplicarse únicamente en tramos cortos. Es recomendable que en esos pequeños tramos no sean mayores a 100 metros.
- El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente; para ello, es necesaria una pendiente transversal de 2% como mínimo hacia ambos lados de la tangente y en un solo sentido en las curvas horizontales.
- Las curvas verticales deben tener una longitud mínima de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, la aplicación de las normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos, por lo que para el proyecto el diseño de curvas verticales se debe de tener en cuenta la seguridad de una forma razonable.
- El proyecto consiste en la pavimentación 5755 metros lineales de camino vecinal, el cual tiene un ancho promedio de 6.00 metros. Además se colocarán los drenajes adecuados y obras de arte necesarias para la conservación del tramo a pavimentar.
- El pavimento rígido tendrá un espesor de 15 centímetros y se colocara sobre una sub-base de material selecto el cual tendrá un espesor de 15 centímetros.

- A lo largo del pavimento rígido se colocara cunetas, con unas dimensiones de 60 centímetros de ancho y 50 centímetros de alto, la cual contará con topes para disminuir la velocidad del agua pluvial que se transportara debido a la pendiente natural del terreno. Se colocaran bordillos seguidos de las cunetas para dividir el paso vehicular y peatonal, el bordillo servirá de referencia para la elaboración de las banquetas.

2.3 Definición de pavimentos

Un pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son: una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

2.4 Tipos de pavimentos

Históricamente hay dos tipos clásicos de pavimento, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos La forma en que distribuyen la carga.

2.4.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos está constituido por asfaltos en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas. Éstas se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento como una carga puntual.

2.4.2. Pavimentos rígidos

Un pavimento rígido consta de una losa de concreto de cemento Pórtland que se apoya sobre una capa de sub-base (se puede omitir esta última capa cuando el material de la sub-rasante es granular). La losa posee características de viga que le permiten extenderse de un lado a otro de las irregularidades en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen con propiedad, los pavimentos rígidos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo.

2.5 Topografía

Para el proyecto de pavimentación del camino que conduce a la aldea El Guayabal, del municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa, en la medición de la planimetría de dicho proyecto se utilizó el método de conservación del Azimut en una poligonal abierta. El método consiste en tomar un Azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana en la vista atrás, se toma la medida hacia la siguiente estación. Se tomaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como puntos de referencia en accidentes geográficos. La altimetría se realizó con la finalidad de definir las curvas de nivel, las cuales son la representación gráfica de los niveles de la carretera. Por medio de las curvas a nivel del levantamiento, se determinaron las pendientes del terreno, definiendo así la topografía del lugar.

La información topográfica necesaria para el diseño de una carretera consiste en tomar en campo los ángulos y distancias horizontales que definen la ruta preliminar, haciendo uso del teodolito y el equipo que le complementa, como el estadal, la plomada, cinta métrica, trípode, etc.

La planimetría y altimetría son bases fundamentales para todo tipo de proyecto vial, en su aplicación determinamos la libreta de campo y planos para obtener las condiciones necesarias del lugar de ejecución del proyecto.

2.5.1 Planimetría

Abarca todos los trabajos ejecutados para obtener la representación grafica de un terreno, proyectado sobre un plano horizontal; por lo tanto la planimetría esta en dos dimensiones.

2.5.2 Altimetría

Es la medición de la altura de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se define la superficie en estudio, se representa en tres dimensiones.

2.6 Ensayos de laboratorio de suelos

En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto.

2.6.1 Ensayo de granulometría

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales para demostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en forma gráfica. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso,

sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como el tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda, según lo descrito en AASHTO T-27.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 60.16% de arena, 1.20% de grava y 38.64% de finos. El suelo se clasifica como limo arcilloso color café.

2.6.2. Límites de Atterberg

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

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad posee una consistencia semi-líquida. Al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semi-sólido y se agrieta o desmorona al ser deformado. Al intervalo de contenido de humedad, en el cual un suelo posee consistencia plástica, se le denomina intervalo plástico.

2.6.2.1 Límite líquido

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite, se basa en la norma AASHTO T-89, teniendo como obligación hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo.

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25 golpes), se cierre a lo largo de una ranura formada en un suelo moldeado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa. Para ello se utiliza el aparato propuesto por Artur Casagrande, llamado la copa Casagrande.

2.6.2.2 Límite plástico

Es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de

humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso.

2.6.2.3 Índice plástico

El índice plástico es el más importante y el más usado. Es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no 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 en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un índice plástico de 4.2%, el suelo se encuentra clasificado en baja plasticidad.

2.6.3 Ensayo de compactación o próctor modificado

Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco disminuyendo sus vacíos.

Para determinar la densidad máxima, se hace por el método proctor. Éste método consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad y tiene dos formas de ensayo: proctor estándar y proctor modificado.

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el próctor modificado, según AASHTO T-180. Éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación. Los resultados indican que el suelo estudiado tiene una densidad seca máxima de 1.584 ton/m^3 , y una humedad óptima de 20.2%.

2.6.4 Ensayo de valor soporte CBR

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. Se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada. Generalmente se determina para 0.1" y 0.2" de penetración; es decir, dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1000 PSI y uno de 1500 PSI respectivamente. De estos valores se usa el mayor, generalmente de 0.1" de penetración.

2.6.5 Análisis de resultados del laboratorio de suelos

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los anexos. De

estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido.

Con base a los ensayos realizados, se determinó que el suelo estudiado tiene ciertas características, las cuales se muestran en el resumen siguiente:

Clasificación P.R.A. = A - 4

Clasificación S.C.U. = SC

Descripción del suelo = Limo arcilloso color café

Límite líquido = 28.83 %

Índice plástico = 4.2 %

Densidad seca máxima = 98.9 lbs / pie³

Humedad óptima = 20.2 %

C.B.R. = al 90.7 % de compactación es de 17.2 % aproximadamente.

2.7 Tránsito promedio diario

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito promedio diario que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer los siguientes datos.

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

El TPDC sólo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, pick – ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo tiene que ser mayor que el TPDC tabulado para calles y carreteras secundarias.

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período de diseño muy largo podría incrementar los costos a tal punto que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este período. De esta forma se invertiría menos en dos dispositivos cuyos períodos de diseño sumen el período del primer dispositivo. En este proyecto de infraestructura se va adoptar un período de diseño de 20 años, y con este dato se diseñará el pavimento.

2.8 Consideraciones de diseño de pavimentos rígidos

El pavimento es una estructura que descansa sobre la sub-rasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos y que proteja al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad.

Para el diseño de pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de cargas para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un periodo de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga, este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3, y 4 respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base ya que mejoran la estructura del pavimento rígido.

El éxito de un diseño de pavimento rígido se basa en un buen estudio de suelos, ya que estos nos dan como resultado la capacidad de absorber esfuerzo de deformación y valor soporte tanto de la sub-base como los de la base y así poder diseñar el espesor adecuado de la carpeta de rodadura del pavimento rígido para el lugar.

2.8.1 Sub-rasante

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

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

2.8.2 Sub-base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante

la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serian dañinos para el pavimento.

Es la primera capa de pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según la condición y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros, para el proyecto será de 15 cm.

Las principales funciones de a sub-base son:

Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.

- Servir de material de transición entre la terracería y la base, así como elemento aislador, previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base, en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas para que éstas drenen fácilmente el agua que aquéllas eliminan.

2.8.3 Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito. Se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible. Si es pavimento rígido o por adoquines, un pavimento semiflexible, está formada por una losa de concreto de cemento Pórtland.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas. Además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

2.9 Trabajos preliminares

Hechura de cajuela: antes de proceder al corte del terreno natural, se deberá tener en cuenta la profundidad de los conductos subterráneos existentes utilizados para servicios públicos, como agua potable, drenajes, electricidad y teléfono. Esto se realiza con el fin de evitar su ruptura al momento de iniciar la excavación. Los obstáculos en el proyecto pueden ser alcantarillas, árboles, arbustos, plantas, postes, señales, indicadores y otros. Después se deberá definir la profundidad del corte, tomando en cuenta la diferencia de alturas entre la banquetta y la superficie de rodadura.

2.10 Diseño de la carpeta de rodadura

Para obtener el espesor de la losa se procedió de siguiente manera:

- Lo primero que se obtuvo fue la identificación de la categoría en la tabla II, donde se consideraron más de 200 vehículos diarios para 20 años, de las cuales se tomó un porcentaje del 3% del TPDC en ambas direcciones, entonces $3\% \cdot 200 = 6$. La identificación final de la carretera es la categoría 1, ya que es un área rural.
- Determinar el valor K; puesto que las variaciones de este valor no afectan considerablemente el espesor del pavimento no es necesaria su determinación exacta. La tabla III muestra los valores aproximados de K para cuatro tipos de suelos. Según los resultados obtenidos del laboratorio tenemos suelo de tipo arenoso con cantidad considerable de limos y arcilla.

Entonces se llega a la conclusión que el suelo tiene un soporte medio y el rango según tabla es de 130-170 PSI, por lo tanto considerando el tipo de suelo tomaremos un valor K de 140 PSI.

- Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del $15\%f'c$; el $f'c$ tiene un valor de 4000 PSI y el módulo de ruptura es de $15\%*4000 = 600$ PSI.

- .Con el valor K de la sub-rasante, determinar la altura de la sub-base (según tabla IV). Se determinó una sub-base no tratada, con un valor K igual de 140 PSI y un espesor de la sub-base es medio ya que la sub-rasante tiene un soporte medio. Por lo tanto su espesor será 6" aproximadamente de 15 cm.

- Con el carácter medio que tiene la sub-rasante y el modulo de ruptura que es de 600 PSI, se determina el espesor de la carpeta de rodadura, en la tabla V se busca el lado derecho, por incluir bordillo, se determina un espesor que está entre 6" y 6.5", por facilidad de construcción se dejara de 15 centímetros de espesor.

- Las juntas transversales serán construidas a cada 3 metros y las juntas longitudinales a cada 3 metros determinadas por las normas AASHTO, la cual determina que no debe exceder a dos veces el espesor en pulgadas a su espaciamento en pies, en este caso el espesor de la losa es de 6", entonces su espaciamento entres juntas será de 12' lo que es equivalente a $12' * 1m / 3.28' = 3.65$ m entonces se harán a cada 3m. La pendiente de bombeo será de 2%, así como lo indica la tabla VI y en el detalle de gabarito de los planos.

Tabla II. Clasificación de vehículos, según su categoría

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por Día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200 a 800	1 a 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700 a 5000	5 a 18	de 40 arriba 1000	26	44
3	calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles 3000 a 5000 para 4 carriles o mas	8 a 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o mas	8 a 30	de 1500 a 8000	34	60

Fuente: Westergaard H. N. Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto. Pág. 48

Tabla III. Tipos de suelos de sub-rasantes y valores aproximados de K

TIPO DE SUELO	APOYO	RANGO DE VALORES DE K PSI
SUELOS DE GRANO FINO EN LOS CUALES PREDOMINAN LAS PARTÍCULAS DE LIMO Y ARCILLA	BAJO	75 -120
ÁRENAS Y MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON CANTIDADES MODERADAS DE LIMO Y ARCILLA	MEDIO	130 -170
ÁRENAS Y MEZCAS DE ARENA Y GRAVA RELATIVAMENTE LIBRES DE FINOS Y PLÁSTICOS	ALTO	180 – 220
SUB-BASES TRATADAS CON CEMENTO	MUY ALTO	250 - 400

Fuente: Westergaard H. N. Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto. Pág. 49

Tabla IV. Valores de K para diseño sobre base granulares (PCA)

SUBRASANTE VALORES DE K PSI	SUB – BASE VALORES DE K PSI			
	4 Plg	6 Plg	9 Plg	12 Plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Westergaard H. N. Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto. Pág. 14

Tabla V. Pavimento con juntas y agregados de trave

MR	Espesor de losa Pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo				Espesor de losa Pulg.	Con hombros de concreto o bordillo			
		Soporte Subrasante-		Sub-base			Soporte Subrasante-		Sub-base	
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
650 PSI	5.5				5	5.5		3	9	42
	6		4	12	59	6	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6.5	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	7	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7.5	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	15	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: Westergaard H. N. Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto. Pág. 51

Tabla VI. Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie

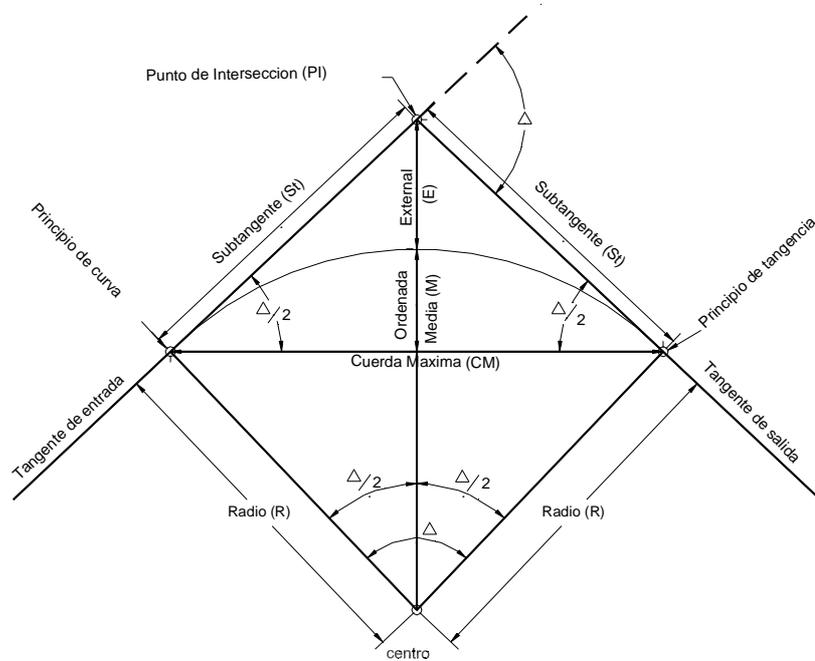
Tipo de Superficie		Bombeo
Muy buena	Concreto	1 - 2%
Buena	Mezcla asfáltica	1.5 - 3%
Regular	Adoquín	2 - 2.5%
Mala	Tierra o grava	2.5 - 3%

2.11 Diseño geométrico de una carretera

2.11.1 Curva horizontal

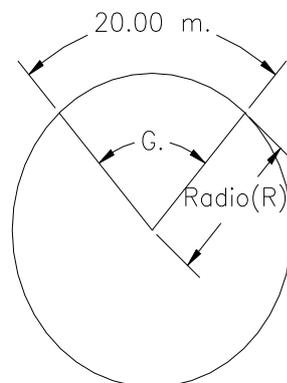
Al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes se le llama curva circular horizontal. Al calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de la curva que servirán para el trazo de la carretera. Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos. Entre ellos se encuentran la subtangente (St), longitud de curva (Lc), radio (R), principio de curva (PC), delta (Δ), cuerda máxima (CM), ordenada media (Om), external (E), centro de la curva, punto de intersección (PI), como se muestra en la figura .

Figura 3. Elementos de curva horizontal



Grado de curvatura (G): se define como el ángulo central, sustentado por un arco de 20 metros. A partir de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva circular, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Círculo para cálculo de grado de curvatura.



$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \rightarrow R = \frac{20 * 360}{2\pi G} = 1145. \frac{9156}{G} \rightarrow G = 1145. \frac{9156}{R}$$

Deflexión angular (Δ): Entre dos azimuts existe un delta o diferencia angular. Para calcularlo se resta el azimut 2 del azimut 1. El Δ sirve para escoger el tipo de curva que se utilizará, mientras más grande es el Δ se utiliza un grado de curvatura mayor.

Cuerda máxima (CM): es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

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

Longitud de curva (LC): es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT).

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

$$LC = \frac{2\pi * 1145. \frac{9156}{G} * \Delta}{360 * G} = \frac{2\pi * 1145.9156 * \Delta}{360 * G} = \frac{20 * \Delta}{G}$$

External (E): es la distancia desde el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

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

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

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

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

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

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

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

Sub-tangente (St): es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI). Debido a que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangencia (PT) es igual.

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{St}{R} \rightarrow St = R * \tan \frac{\Delta}{2}$$

Para el cálculo de los elementos de una curva circular horizontal, es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización, el azimut y el grado de curvatura (G) que el diseñador escogerá de acuerdo al Δ y la velocidad de diseño.

Procedimiento de cálculo de curva horizontal:

Estacion 0+187.34

$$G = 1145 \cdot \frac{9156}{R} = 1145 \cdot \frac{9156}{80} = 14.3239$$

$\Delta =$ Rumbo de entrada $-$ Rumbo de salida

$$\Delta = E43^{\circ}37'11''48''S - E7^{\circ}18'20'' = 36^{\circ}19'28''$$

$$LC = (\Delta \cdot 20) / G = ((36^{\circ}19'28'') \cdot 20) / 14.3239 = 50.7189 \text{ m}$$

$$St = R \cdot \tan(\Delta/2) = 80 \cdot \tan((36^{\circ}19'28'')/2) = 26.238$$

2.11.2 Curva vertical

En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales. Su finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en Guatemala por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno.

2.11.2.1 Longitudes de curvas verticales

Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 5. Curva vertical cóncava.

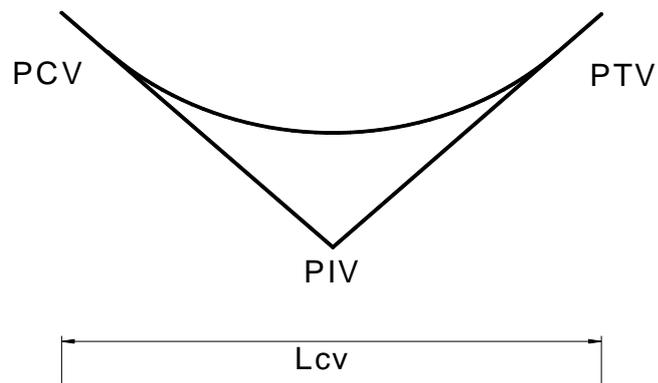
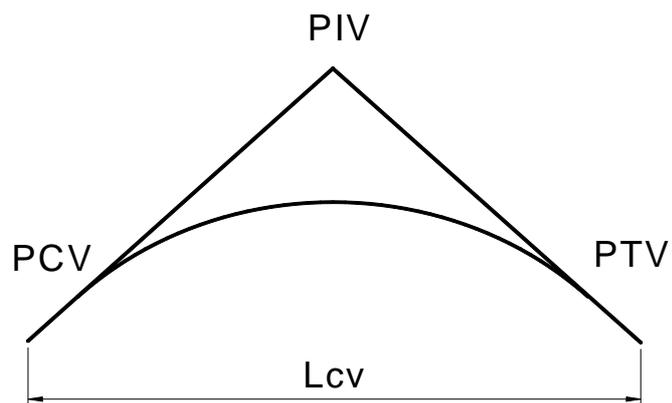


Figura 6. Curva vertical convexa.



Al momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas. De este modo, también se deja la mejor visibilidad posible a los conductores.

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:

$$L=K*A$$

Siendo:

L = Longitud mínima de la curva vertical en metros.

A= Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje (%).

K = Parámetro de la curva vertical, cuyo valor mínimo se especifica en la Tabla VII.

Tabla VII. Valores de K para curvas cóncavas y convexas

VELOCIDAD DE DISEÑO K.P.H.	VALOR DE K SEGÚN TIPO DE CURVA	
	CÓNCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	22	29
90	29	43
100	36	60

Las velocidades de diseño van de acuerdo a la velocidad de diseño de la planta. De allí que la Dirección General de Caminos ha tabulado valores constantes K para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usarse según la velocidad de diseño y el tipo de curva.

Movimiento de tierras

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan en los terrenos naturales a fin de modificarlos para la ejecución de una obra.

Cálculo de secciones transversales

La topografía del terreno en el sentido perpendicular en la línea central de la carretera, determina el volumen del movimiento de tierras necesario en el diseño de un proyecto carretero. Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural; se marca esta área como relleno y debajo del terreno natural, el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Se estimara el ancho de rodadura con su pendiente de bombeo o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un cambio de curva horizontal; así también el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso, determinando su pendiente en razón con el tipo de material del terreno y la altura que precisen. Es de hacer notar que cuando sea necesario, se marcara un espacio de remoción de capa vegetal, que se recortara, en una profundidad aproximada de 30 cm. Este se considera

un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

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

Tabla VIII. Taludes recomendados en corte y relleno

CORTE		RELLENO	
ALTURA	H-V	ALTURA	H-V
0_3	2_1	0_3	2_1
3_7	1_2	>3	3_2
>7	1_3		

Para medir el área en forma grafica, se puede realizar a través de un planímetro polar. Si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de determinantes para encontrar el área:

$$\text{Área} = \frac{[\Sigma(X_1 * Y_{(1+1)}) - \Sigma(Y_1 * X_{(1+1)})]}{2}$$

Figura 7: Área de una sección transversal

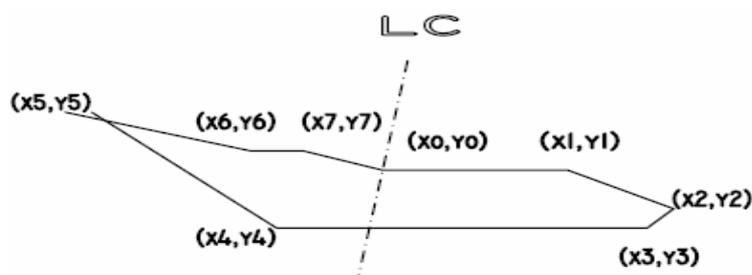


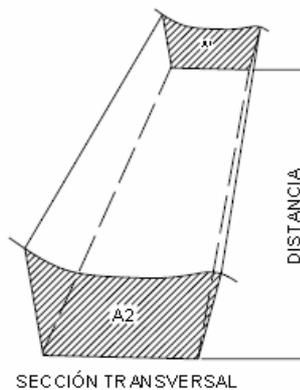
Tabla IX. Tabla de determinantes

X		Y
x0		y0
x1		y1
x2	*	y2
x3	*	y3
x4	*	y4
x5	*	y5
x6	*	y6
x7	*	y7
x0	*	y0
$a = \sum (x * y)$		$b = \sum (y * x)$

Cálculo de volumen de movimiento de tierras

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

Figura 8. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras



Fórmula:
$$\text{Vol} = \left[\frac{(\text{Area1} + \text{Area2}) * \text{Distancia}}{2} \right]$$

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y la otra solamente área de relleno, debe calcularse una distancia de pasos, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno, este se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas.

Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes:

$$\text{Volcorte} = \left[\frac{(C_1 + C_2)}{2(C_1 + C_2 + R_1 + R_2)} \right] * D$$

$$\text{Volrelleno} = \left[\frac{(R_1 + R_2)}{2(C_1 + C_2 + R_1 + R_2)} \right] * D$$

Donde:

C₁=Área de corte en la primera sección

C₂=Área de corte en la segunda sección

R₁=Área de relleno en la primera sección

R₂=Área de relleno en la segunda sección

D= distancia

Cálculo de área de la estación 0+020

Figura 9. Sección transversal estación 0+020

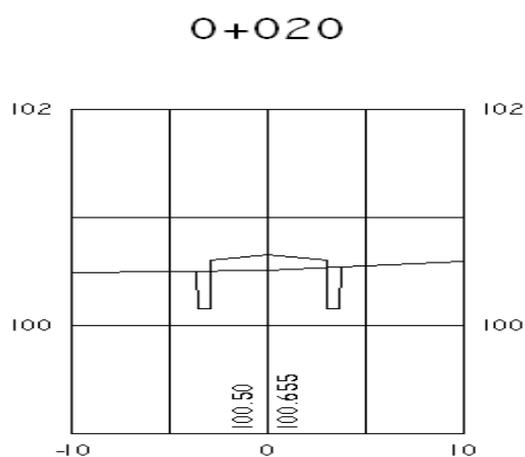


Tabla X. Tabla de determinantes estacion 0+020

0+020	
1	1
4	0.94
4	0.875
-0.53	0.846
1	0.849
-2	0.844
-2	0.94
6.33803	4.75625

$$A = \frac{6.33803 - 4.75625}{2}$$

$$A = 0.79089 \text{ m}^2$$

Cálculo de área estación 0+040

Figura 10. Sección transversal estación 0+040

0+040

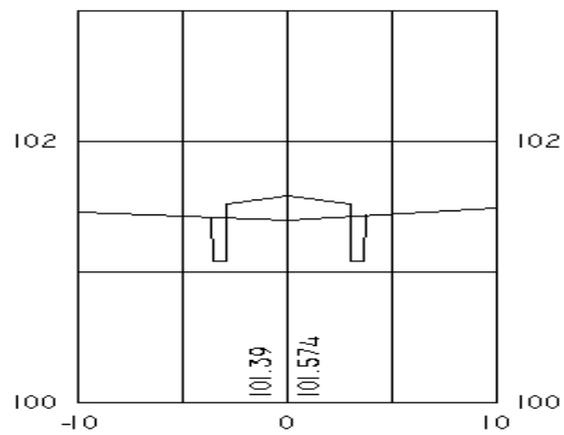


Tabla XI. Tabla de determinantes estación 0+040

0+040	
1	1
4	0.94
4	0.848
1	0.829
-2	0.837
-2	0.94
6.605	5.276

$$A = \frac{6.605 - 5.276}{2}$$

$$A = 1.329 \text{ m}^2$$

$$\text{Vol} = \left[\frac{0.79089 + 1.329}{2} \right] * 20 = 21.1989 \text{ m}^3$$

El movimiento de tierras entre las estaciones 0+020 y 0+040 da un total de 21.20 m³ el cual es uno de los tramos con más movimientos, ya que la carretera es en una región llana, no tiene mayores cambios de niveles, por lo que se obviaron las secciones transversales.

2.12 Drenajes menores en vías pavimentadas

2.12.1 Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas

Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a esta, ya que permiten que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos.

La definición de alcantarilla pluvial, dice que es un conducto que lleva agua a través del terraplén. Es un paso bajo el nivel del pavimento para el agua y el tránsito vehicular pasa sobre ella. La diferencia entre un alcantarillado y un puente, consiste en que la parte superior de una alcantarilla, generalmente, no forma parte del pavimento; por lo contrario, un puente es un eslabón del pavimento. Las alcantarillas pueden ser tubos, arcos y bóvedas.

2.12.2 Consideraciones hidráulicas

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante determinar los siguientes factores: el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o socava, es señal que no tiene la capacidad, ni presta el servicio que se espera de ella en

beneficio del pavimento. Una alcantarilla no debe diseñarse para que funcione a sección llena o con la boca de entrada sumergida más de una vez en cada 25 años. En caminos secundarios y poco transitados, el reboso de las aguas sobre el camino una vez cada varios años pueda que no tenga consideraciones serias, si el terraplén se haya protegido. Cuando se trate de caminos de mucho más tránsito, la boca de entrada debe ser tal, que en raras ocasiones quede sumergida y las aguas nunca deben rebosar por encima de la carretera.

2.12.2.1 Corriente de agua

Existen dos tipos de flujo: laminar y turbulento, generalmente es este último el que predomina. En el caso del flujo turbulento, la resistencia del agua se drena de ellas a través del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad, además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer esta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de cargas en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por diferencias de elevaciones de la superficie de agua entre los puntos considerados. También se consideran las pérdidas de entrada y salida de la tubería.

2.12.2.2 Gradiente hidráulico

Es una línea imaginaria que une los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales. El gradiente hidráulico representa la presión a lo largo de tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el

gradiente hidráulico, es la columna de presión en ese punto, en canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua.

2.12.2.3 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen que se concentra en su entrada, para ella se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos.

- Precipitación pluvial.
- Área, pendiente y formación geológica de la cuenca.
- Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje.

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de la cuenca y datos de intensidad de precipitación. Esto es necesario para conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada. Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar esta cantidad de agua.

La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos, con el fin de evitar que el drenaje menor sea lo suficientemente capaz de evacuar el agua y así evitar azolvamiento, socavación o daño de pavimento; entre los métodos tenemos:

- **Por medio de formulas:** en las que se toman en cuenta la cantidad de lluvia que cae, el tamaño de la cuenca. La pendiente y condiciones de vegetación del lugar.

Las formulas más conocidas son:

Formula de Talbot: proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

Formula racional: ésta fórmula que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca.

- **Por medio de estructuras próximas y crecidas máximas marcas:** puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente, en este caso bastará tomar las medidas de estas y así basarse en ellas para deducir el diámetro necesario. También se puede determinar la descarga por las marcas que deja el agua que deja una correntada, de estas aguas se toma el nivel de crecida y se puede utilizar de 10% al 15% de la creciente normal, para tener un margen aceptable y también se puede usar las crecidas extra-máxima, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar.

2.12.2.3.1 El método racional

Es un método muy utilizado para medir descargas de pequeños drenajes, consiste en una fórmula para calcular la escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica. Se adapta muy bien para la determinación de la escorrentía y caudales para drenajes superficiales de carreteras y descargas, para alcantarillas o tuberías de pequeñas cuencas. El método racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado.

Por lo general, se obtienen mejores resultados con este método, para cuencas menores a 120 hectáreas, pero pueden utilizarse para estimar cuencas mayores, aunque con menos precisión, siempre y cuando no puedan aplicarse algún otro método por falta de información o datos para llevar a cabo un cálculo exhaustivo.

El método racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado.

La fórmula racional es la siguiente:

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

donde:

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

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

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

A = área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10000 m²)

En donde el coeficiente de escorrentía es:

$$C = \frac{\sum ca}{\sum a}$$

donde:

c = coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

a = áreas parciales (Hectáreas)

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

2.12.2.4 Pendiente crítica

Es la pendiente capaz de sostener un caudal, dando un flujo uniforme y a una profundidad crítica. La pendiente crítica puede calcularse usando cualquier fórmula conocida para canales, en el manual para tuberías de concreto, concrete Pipe Handbook, de la American Pipe Association, se encuentran dos gráficos que relacionan la descarga, altura crítica y descarga con pendiente crítica, ver gráfica en anexos.

Estas curvas están construidas con base unitaria, es decir, que los valores de pendiente y descarga son aplicados directamente a una alcantarilla o canal de 1 pie de diámetro con un coeficiente de rugosidad (n) de 0.01.

Cuando la pendiente es más plana que la crítica, para una descarga específica, la sección se traslada de la entrada a la salida de la tubería. Para alcantarilla es satisfactorio asumir que se encuentre 6 metros antes de la salida. Para determinar la altura en la entrada, es necesario calcular los puntos de la curva de remanso entre la sección crítica y la entrada.

Una vez la altura crítica es determinada, se pueden calcular la altura, velocidad y las pérdidas en la entrada, con eso podemos calcular la altura

aguas arriba. La forma de la curva de remanso depende de la rugosidad, longitud y pendiente de la alcantarilla. La pendiente de la alcantarilla a un valor más alto que la pendiente crítica no aumenta la descarga, simplemente hace que el agua corra a mayor velocidad y a menor profundidad que la sección crítica.

2.12.3 Drenajes transversales

El objeto principal del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (cauces, arroyos, ríos, etc.), permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que se cumplan unos criterios funcionales.

Las obras de drenaje transversal, son las pequeñas estructuras de desagüe de las corrientes de agua interrumpidas por la infraestructura, son críticas para conseguir una correcta vida, comportamiento de la infraestructura y de la estructura. En su diseño influyen otros factores además de los hidráulicos que principalmente determinaran sus dimensiones. Estos factores se derivan de las características de la carretera, de la morfología de los cauces, de la evaluación de los daños que puede ocasionar la concentración del flujo otras consideraciones, fundamentalmente económicas, relativas a los costes de construcción y mantenimiento y a la estimación de la vida de la carretera.

Es importante analizar la influencia de estos factores de un diseño adecuado, tratando aspectos como la pendiente de la obra, su alineación, apartándose criterios y soluciones para la consideración de las características específicas de las obras.

2.13 Consideraciones de operación y mantenimiento del pavimento

Para poder dar inicio a los trabajos de construcción de las losas de concreto, el contratista debe someter a prueba el procedimiento, maquinaria, equipos y materiales que utilizará en las operaciones necesarias. Todas las mezcladoras deben ser diseñadas de forma que aseguren una distribución uniforme de los materiales. No debe usarse ninguna mezcladora cuya capacidad indicada sea inferior a la carga de un saco. Asimismo debe contar con un accesorio que cierre automáticamente el dispositivo de carga, con el fin de evitar que la mezcladora se vacíe antes de que los materiales hayan sido mezclados durante el tiempo mínimo especificado.

Las losas de concreto deben ser construidas sobre las superficies previamente preparadas de conformidad con las siguientes especificaciones Técnicas, cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta, se produzcan baches o presiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto. Se llenan con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada o mortero. Seguidamente, se conforma y compacta el material con compactadora mecánica de operación manual, efectuándose el control de compactación conforme a lo establecido en los planos. Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.

Después de pasar el equipo vibra terminador, debe ejecutarse un alisado longitudinal por medio de un flotador o niveladora maniobrada con un movimiento de uno a otro lado de la losa. Para el acabado final, se utiliza una escoba, colocada en dirección transversal y operada con un movimiento rápido

de uno a otro lado de losa. El acabado final debe ejecutarse antes del endurecimiento, y en los bordes, el acabado debe ser igual al de la superficie. Posteriormente, se aplica algún tipo de curador patentado, o en su defecto agua, con el objeto de evitar un fraguado brusco del concreto.

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio de 280 Kg/cm³ (4000 lbs/plg²) a los 28 días de haberse fundido. La resistencia del concreto debe basarse en pruebas de cilindros fabricados y aprobados de acero con el método AASHTO estipulado. La resistencia a la compresión del concreto se basará en pruebas a los 7 y 28 días. Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto producido por la planta mezcladora, deben consistir de por lo menos dos y preferentemente tres probetas para cada edad de prueba. Estas muestras deben tomarse no menos de una vez por cada 60 metros cúbicos o fracción de concreto. Las muestras para prueba de resistencia deben tomarse de acuerdo al método AASHTO T-24.

En lo que respecta a las formaletas, éstas no pueden ser retiradas hasta después de transcurridas 12 horas de haber sido colocado el concreto. La operación debe ser hecha con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto.

El material sellante debe colocarse en las juntas previamente secas y limpias, empleando herramientas que penetren en la ranura de las juntas. El material de relleno debe ser cuidadosamente colocado, sin producir desbordamiento. Cualquier exceso debe moverse inmediatamente, limpiando la superficie. No se permitirá que queden rebordes o túmulos, especialmente en juntas transversales. Las operaciones de reparación de cualquier daño que se

ocasiona al pavimento antes de su aceptación final, correrán como riesgo del contratista.

El pavimento no debe ser abierto al tránsito sino hasta transcurridos por lo menos 14 días después de la colocación del concreto o que lleguen las probetas de prueba, al ensayarlas a una resistencia de 250 Kg/cm² (3500 lbs/pls²) a compresión. Este tiempo puede ser mejorado utilizando aditivos como acelerantes de fraguado rápido. Los acelerantes de fraguado hacen que el concreto se endurezca rápidamente. No se recomienda su uso, salvo casos especiales con buena supervisión de laboratorio. En tiempo de mucho frío pueden ser útiles ya que el frío retarda el endurecimiento del concreto.

Las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales. Una de ellas se refiere a deficiencias de la propia losa, por un lado, comprende los defectos del concreto, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados del cemento. Por otro lado, incluye los defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, tales como la inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia entre las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la sub-base, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión. La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, sub-rasante y aún terracería y terreno de cimentación. De este tipo son las fallas por ruptura de esquinas o bordes. Por falta del apoyo necesario. Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos casi siempre a que estos elementos quedan mal lubricados y no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de estos elementos también es fuente de problemas. Entre las fallas más comunes se

encuentran: grietas por adición de agua, abultamiento por mal acabado, superficie antiderrapante, deficiente curado, rajaduras o asentamientos.

2.14. Estudio de impacto ambiental

En la construcción de vías pavimentadas, al igual que todos los proyectos de infraestructura, genera impactos en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Para la construcción de un pavimento rígido los impactos generados poco significativos, debido a que generalmente no cruzan zona de alto valor escénico, área turística, sitio ceremonial, sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal, área de producción pecuaria.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

Factores que pueden causar impacto ambiental y sus obras de mitigación.

Suelos

Impacto: deslaves de material, erosión de cortes.

Medida de mitigación: prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.

Recursos hídricos

Impacto: alteración del drenaje superficial.

Medida de mitigación: construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río.

Impacto: disminución de la calidad del agua.

Medida de mitigación: alteración mínima de corrientes de aguas naturales.

Impacto: contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.

Medida de mitigación: depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río.

Calidad del aire

Impacto: contaminación del aire por polvo generado en construcción.

Medida de mitigación: uso de agua para minimizar la generación de polvo.

Salud humana

Impacto: riesgos para la salud de los trabajadores.

Medida de mitigación: desarrollar plan de seguridad e higiene.

Impacto: generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra.

Medida de mitigación: hacer servicio sanitario provisional, colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zona adecuada.

Vegetación y fauna:

Impacto: remoción y afectación de cobertura vegetal.

Medida de mitigación: utilizar la infraestructura existente en la instalación de los trabajadores, separar la capa de material orgánico de la del material inerte, disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización, evitar el paso de maquinaria sobre el suelo de cobertura vegetal fuera del área de la obra, restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

Población

Impacto: incremento de los niveles de accidentes.

Medida de mitigación: transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga, mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación, instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.

2.15 Presupuesto del proyecto

Tabla VIII. Presupuesto de pavimento rígido

PROYECTO DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE
UBICACIÓN CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL
EPESISTA MUNICIPIO DE ESTANZUELA ZACAPA
 RAFAEL ALEXANDER GASPAR PEREZ
 GARCIA



CUADRO RESUMEN

No	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PU	COSTO TOTAL
1	PRELIMINARES	GLOBAL	1.00	74,837.25	74,837.25
2	PREPARACION BASE	m2	34,530.00	101.18	3,493,699.00
3	MOVIMIENTOS DE TIERRAS	m3	13,953.78	74.59	1,040,875.56
4	PAVIMENTO	m2	34,530.00	182.06	6,286,484.00
5	CUNETAS	ml	5,755.00	105.36	606,341.10
6	BORDILLOS	ml	11,510.00	45.64	525,351.60
7	JUNTAS	ml	14,654.00	17.50	256,445.00
8	DRENAJES TRANSVERSALES	ml	42.00	1,105.07	46,412.80
				TOTAL	12,330,446.31

COSTO TOTAL 11,097,401.68

COSTO INDIRECTO 1,233,044.63

GRAN TOTAL 12,330,446.31

***Son: Doce millones trescientos treinta mil cuatrocientos cuarenta y seis quetzales con treinta y un centavos.**

2.16 Cronograma de ejecución

Tabla IX. Cronograma de ejecución pavimento rígido

ACTIVIDAD	QUINCENAS														COSTO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
PRELIMINARES	■														Q	74,837.25
MOVIMIENTOS DE TIERRAS		■	■	■											Q	1,040,875.56
PREPARACION BASE			■	■	■	■									Q	3,493,699.00
PAVIMENTO				■	■	■	■	■	■	■					Q	6,286,484.00
CUNETAS							■	■	■	■	■				Q	606,341.10
BORDILLOS										■	■	■	■	■	Q	525,351.60
JUNTAS													■	■	Q	256,445.00
DRENAJES TRANSVERSALES		■	■												Q	46,412.80
															TOTAL	Q 12,330,446.3

CONCLUSIONES

1. El proyecto tendrá una longitud de 5,755 metros, un ancho de calzada de 6 metros, el diseño basado en el método simplificado de la PCA determinó que el pavimento rígido tendrá un espesor de 15 centímetros, una sub-base de 15 centímetros y un bombeo del 2%.
2. El proyecto tiene un costo directo de once millones noventa y siete mil cuatrocientos un quetzales con ocho centavos (Q11, 097,401.08). El costo de construcción por metro cuadrado es de trescientos veinte quetzales con veintisiete centavos (Q320.27), este precio por metro cuadrado es similar al que se maneja para el pavimento rígido en el municipio de Estanzuela.
3. El pavimento rígido, desde el punto de vista técnico, tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.
4. La experiencia adquirida en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, contribuye a la formación del estudiante dándole la habilidad para resolver problemas y poder determinar la mejor solución.
5. El estudio de impacto ambiental determinó que los impactos no serán de gran envergadura, las más importantes son: **Impacto:** deslaves de material, erosión de cortes. **Medida de mitigación:** prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física. **Impacto:** disminución de la calidad del agua. **Medida de mitigación:** alteración mínima de corrientes de aguas naturales.

RECOMENDACIONES

1. Garantizar la supervisión técnica profesional durante la ejecución de los proyectos para que se cumplan con todas las especificaciones y requerimientos contenidos en los planos. Que el supervisor indique cambios, en el caso que hubiese alguno, es aconsejable verificar que los materiales a utilizar sean de calidad.
2. Es necesario que tomen en cuenta la opinión de los habitantes de las comunidades para identificar los problemas y necesidades que afrontan, haciendo énfasis en los problemas básicos.
3. El concreto se colocará tan pronto como sea posible y nunca después de 30 minutos de preparada la mezcla. Cuando se coloque el concreto sobre la suba-base, ésta deberá estar húmeda. El acomodo del concreto será por medio de vibradores ya que es una losa de 15 centímetros.
4. Realizar trabajos de limpieza y mantenimiento en todo tramo carretero por lo menos dos veces al año, tanto en las cunetas para evitar el estancamiento del agua, como en los drenajes transversales para evitar que se socaven. De este modo se estará alargando el periodo de vida útil del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. México. 4ª edición, 1999. Editorial Limusa.
2. Ingenieros Consultores de Centro América, S.A. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, edición 2001.
3. Medina Fajardo, Carlos Emilio. Diseño de pavimento del tramo carretero de la aldea Laguna Seca hacia la aldea El Durazno y diseño de las instalaciones del instituto por cooperativa de la aldea Las Trojes, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala. Trabajo de graduación de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008.
4. López López, Juan Carlos. Manual de curso de pavimentos. Trabajo de graduación de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1998.
5. García Mérida, Melvin Luis. Diseño de alcantarillado sanitario y pavimentación. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. 2002.

ANEXOS

LIBRETA TOPOGRAFICA			
EST.	PO	AZIMUT	DH
0	1	133°37'48"	187.34
1	2	97°18'20"	52.02
2	3	119°44'50"	35.28
3	4	140°22'25"	29.52
4	5	137°42'45"	23.52
5	6	134°39'55"	56.21
6	7	131°40'40"	220.94
7	8	71°20'05"	334.7
8	9	70°36'30"	254.57
9	10	68°49'36"	179.69
10	11	78°05'20"	262.03
11	12	72°27'30"	336.81
12	13	70°19'25"	247.37
13	14	80°38'08"	140
14	15	80°08'12"	286.88
15	16	110°57'10"	95.32
16	17	146°04'33"	75.24
17	18	129°37'00"	206.3
18	19	142°17'17"	96.18
19	20	142°17'17"	23.1
20	21	101°54'18"	83.08
21	22	95°05'06"	99.92
22	23	93°34'0"	149.9
23	24	96°09'10"	99.73
24	25	93°01'14"	92.16
25	26	85°39'50"	71.72
26	27	83°19'46"	84.06
27	28	85°22'08"	113.57
28	29	84°28'00"	86.18
29	30	85°52'23"	59.66
30	31	155°48'40"	308.05
31	32	92°40'33"	290.33
32	33	103°42'44"	189.63
33	34	95°26'12"	328.99
34	35	71°23'50"	172.76
35	36	67°12'05"	261.75
36	37	63°02'33"	158.37



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



Nº 008702

INFORME No. 328 S.S. O.T.: 25,751

Interesado: Rafael Alexander Pérez García,
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

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

Proyecto: EPS. Diseño de pavimento Rígido, carne 2003-13060
Ubicación: Aldea el Guayabal, Estanzuela, Zacapa
Fecha: 19 de agosto de 2009



Descripción del suelo: Limo arcilloso color café
Densidad seca máxima γ_d : 1584 Kg/m³ 98.9 lb/ple³
Humedad óptima H_{op} : 20.2 %
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIMUSAC



Omar E. Médrano Méndez
Ing. Omar Enrique Médrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



Nº 008704

INFORME No. 330 S. S. O.T.: 25751

Interesado: Rafael Alexander Pérez García
Proyecto: EPS. Diseño de pavimento Rígido, carne 2003-13060

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea el Guayabal, Estanzuela, Zacapa

FECHA: 19 de agosto de 2009

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	28.83	4.2	SC	Limo Arcilloso, color café

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Acertadamente,

Vo. Ba.

Inga. Telma Maricela Carrillo Morales
DIRECTORA CIVIL



Enrique Medrano Méndez
Ing. César Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



Nº 008703

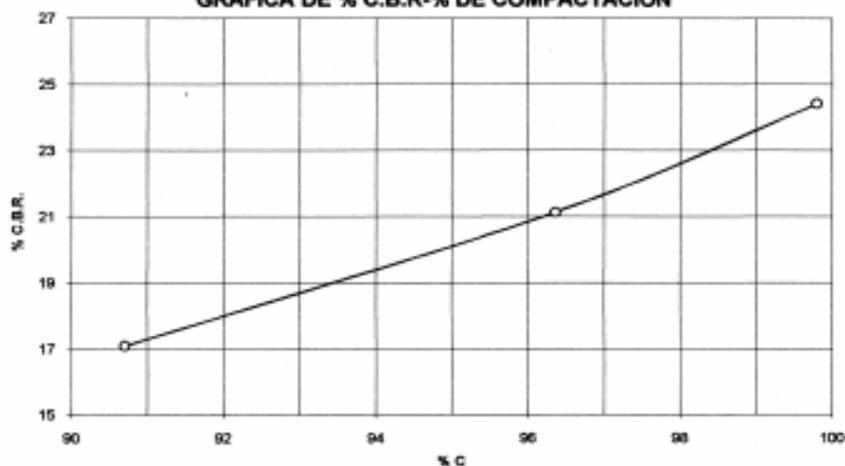
INFORME No.: 329 S.S. O.T.: 25,751

Interesado: Rafael Alexander Pérez García.
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
Proyecto: EPS. Diseño de pavimento Rígido, carne 2003-13060

Ubicación: Aldea el Guayabal, Estanzuela, Zacapa
Descripción del suelo: Limo arcilloso color café
Fecha: 19 de agosto de 2009

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_{-a} Lb/ft ³			
1	10	21.40	89.7	90.70	0.02	17.1
2	30	21.40	95.3	96.36	0.01	21.1
3	65	21.40	98.7	99.80	0.03	24.4

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Teima Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



Nº 008705

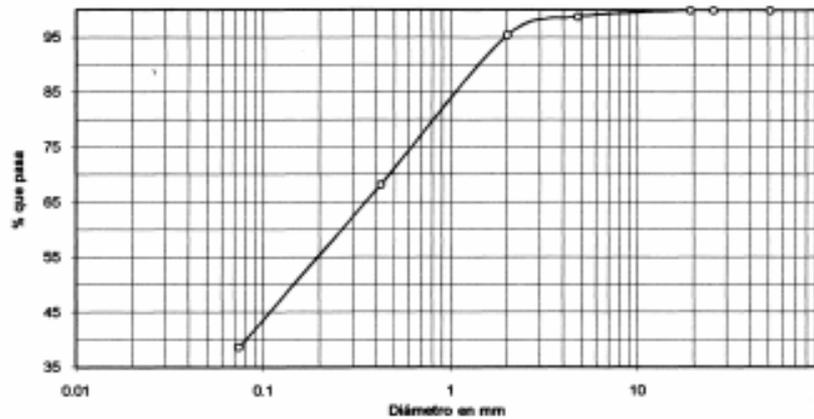
INFORME No.: 331 S.S.

O.T. No. 25,751

Interesado: Rafael Alexander Pérez García.
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: EPS. Diseño de pavimento Rígido, carne 2003-13060
Ubicación: Aldea el Guayabal, Estanduela, Zacapa
Fecha: 19 de agosto de 2009

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
1"	25.4	100.00
3/4"	19.05	100.00
4	4.76	98.80
10	2.00	95.35
40	0.42	68.18
200	0.074	38.64

% de Grava: 1.20
% de Arena: 60.16
% de Fines: 38.64



Descripción del suelo: Limo arcilloso color café
Clasificación: S.C.U.: SC P.R.A.: A-4
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

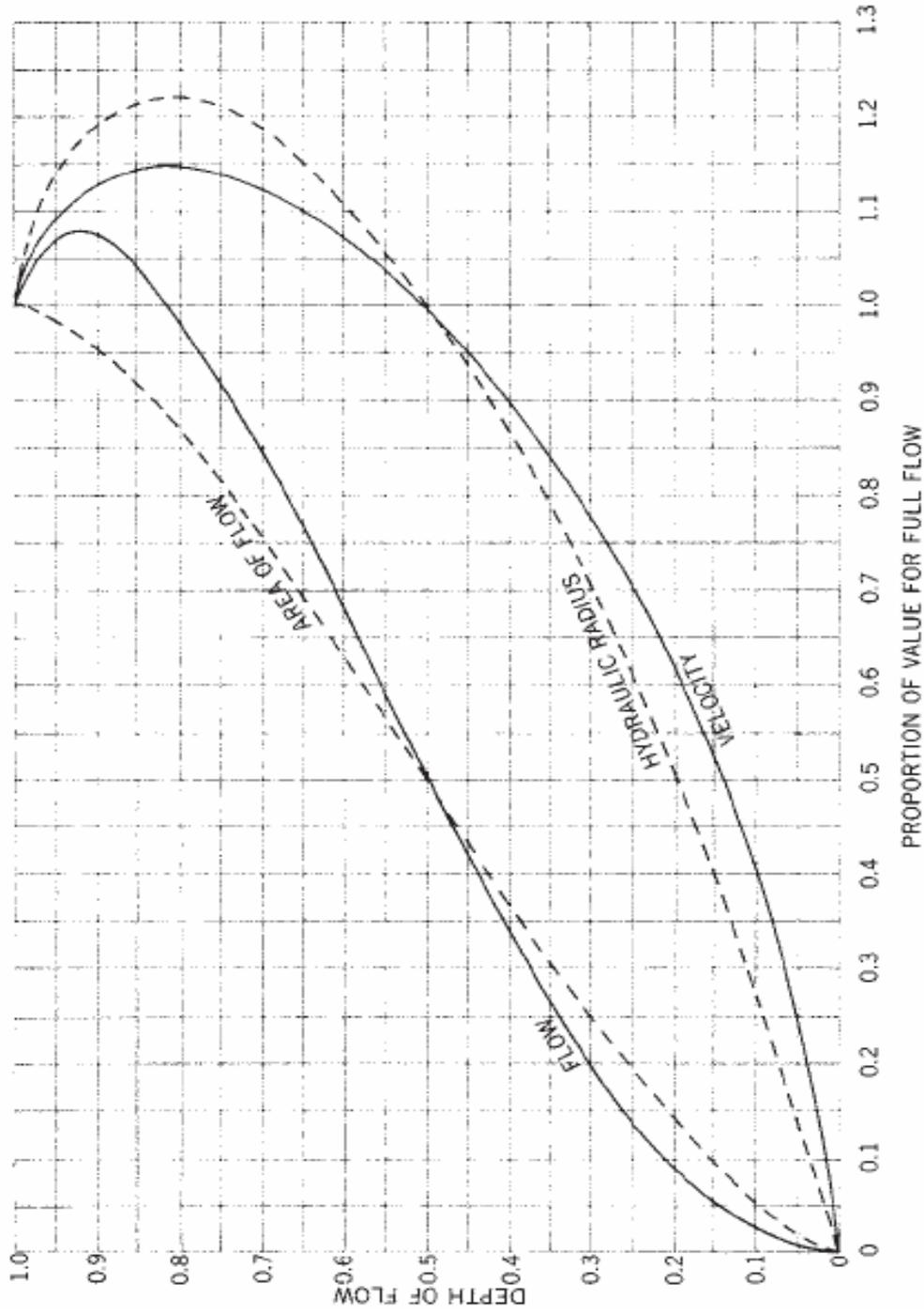
Atentamente,

Vo. Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CILUSAC

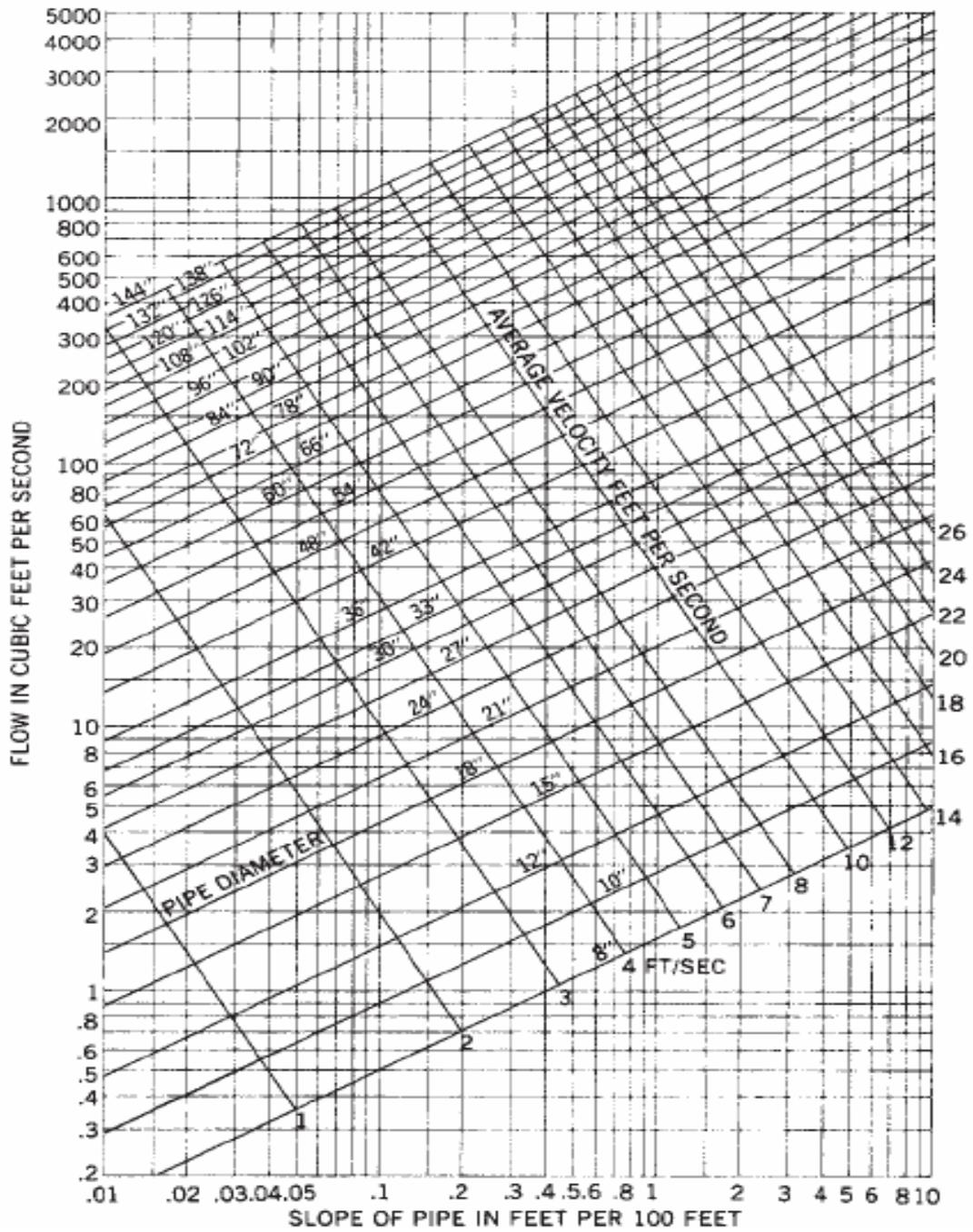


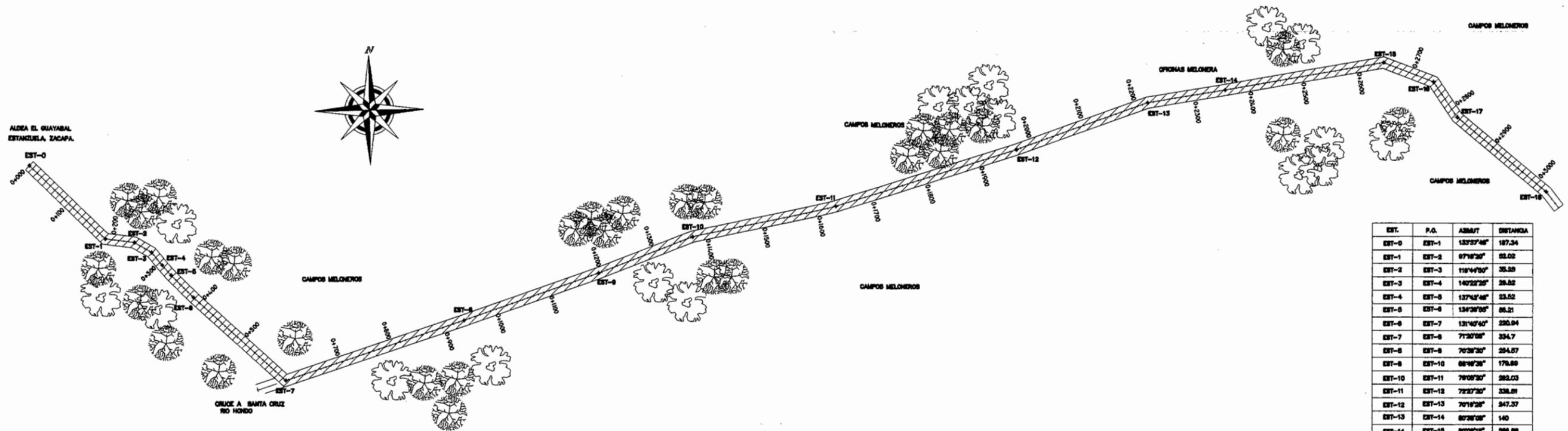
Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

RELATIVE VELOCITY AND FLOW IN
CIRCULAR PIPE FOR ANY DEPTH OF FLOW



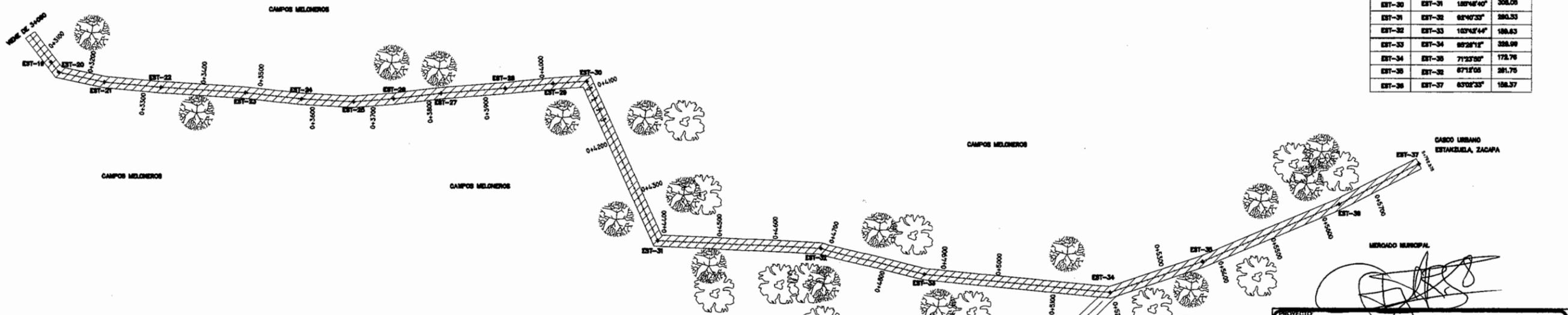
**FLOW FOR CIRCULAR PIPE FLOWING FULL
BASED ON MANNING'S EQUATION $n=0.010$**





PLANTA GENERAL DE 0+000 A 3+060

ESCALA 1/3500



PLANTA GENERAL DE 3+060 A 5+792.87

ESCALA 1/3500

EST.	P.A.	ABRUT	DISTANCIA
EST-0	EST-1	153°57'46"	187.34
EST-1	EST-2	87°18'20"	82.02
EST-2	EST-3	118°44'50"	35.89
EST-3	EST-4	140°32'25"	28.82
EST-4	EST-5	157°42'46"	23.82
EST-5	EST-6	134°38'05"	85.21
EST-6	EST-7	131°40'40"	230.94
EST-7	EST-8	71°30'58"	254.7
EST-8	EST-9	70°38'20"	254.87
EST-9	EST-10	88°48'38"	178.89
EST-10	EST-11	78°09'20"	282.03
EST-11	EST-12	72°27'20"	338.89
EST-12	EST-13	70°19'28"	247.37
EST-13	EST-14	80°38'08"	140
EST-14	EST-15	80°05'18"	288.88
EST-15	EST-16	110°07'10"	88.32
EST-16	EST-17	148°04'33"	75.34
EST-17	EST-18	128°37'00"	208.3
EST-18	EST-19	142°17'17"	88.18
EST-19	EST-20	142°17'17"	23.1
EST-20	EST-21	101°04'18"	83.08
EST-21	EST-22	80°08'08"	88.82
EST-22	EST-23	83°34'10"	148.6
EST-23	EST-24	88°08'10"	88.75
EST-24	EST-25	83°01'14"	82.18
EST-25	EST-26	85°38'50"	71.72
EST-26	EST-27	83°18'48"	84.08
EST-27	EST-28	88°22'08"	112.87
EST-28	EST-29	84°38'00"	88.18
EST-29	EST-30	88°08'25"	88.88
EST-30	EST-31	188°48'40"	308.08
EST-31	EST-32	82°40'33"	280.33
EST-32	EST-33	183°42'44"	188.83
EST-33	EST-34	88°28'12"	338.99
EST-34	EST-35	71°23'00"	172.78
EST-35	EST-36	87°12'05"	281.75
EST-36	EST-37	83°02'23"	188.37

Universidad de San Carlos de Guatemala
SUPERVISOR (A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

CONTIENE: **PLANTA GENERAL**

ESCALA: INDICADA
 DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA
 FECHA: OCTUBRE / 2008

LUGAR: ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA
 TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA
 ASESOR: ING. ANIBAL ROBERTO SIG GARCIA
 PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA.

NO. ANIBAL ROBERTO SIG GARCIA
 ASESOR, SUPLENTE DE EPS

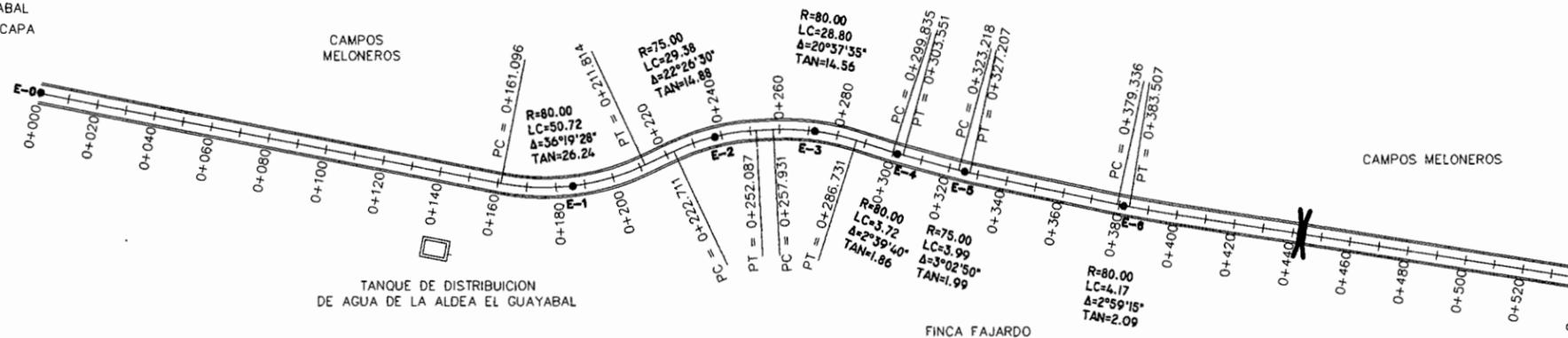
VAL. ALCALDE MUNICIPAL

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

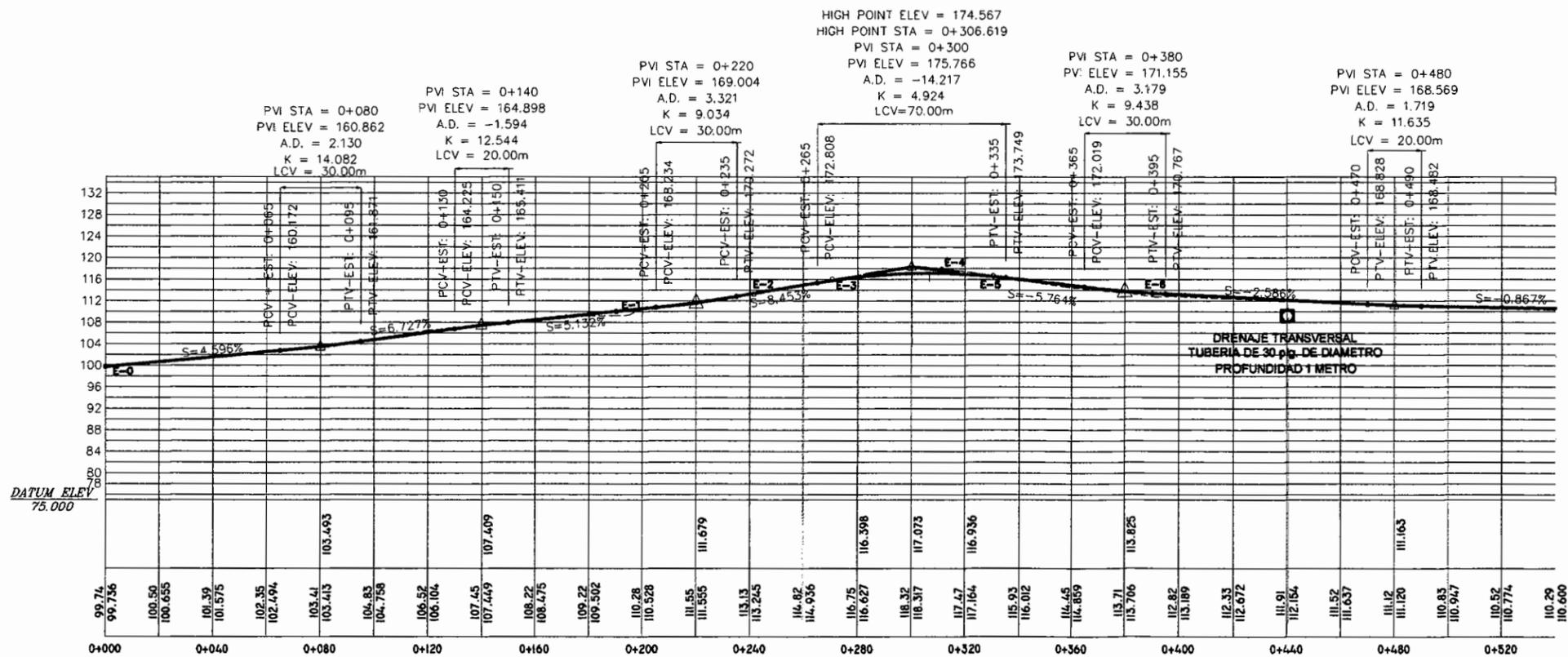
ALDEA EL GUAYABAL
ESTANZUELA, ZACAPA

CAMPOS
MELONEROS



PLANTA DE 0+000 A 0+540

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000



PERFIL DE 0+000 A 0+540

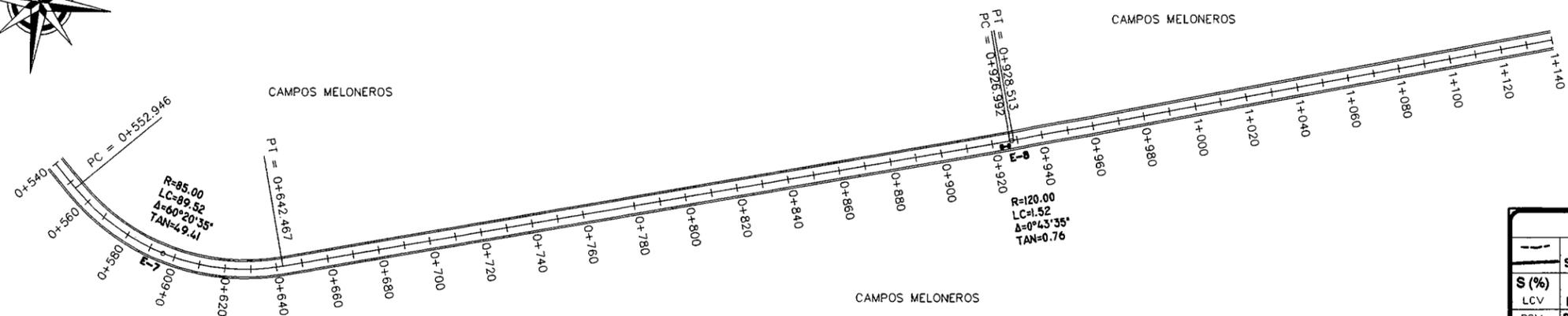
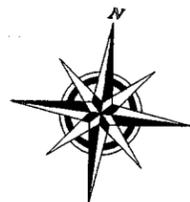
ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 500

NOMENCLATURA			
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACION
---	SUBRASANTE RECONDICIONADA	●	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA	△	DRENAJE TRANSVERSAL
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	TAN	SUB-TANGENTE
△	CURVA VERTICAL	△	DEFLEXIÓN ANGULAR



[Handwritten signature]

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: PLANTA + PERFIL 0+000 A 0+540		2 / 12	
ESCALA: REDUCIDA	DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE 1 2009	
LUGAR: ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	ABRER: ING. ANGEL ROBERTO INC GARCIA	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA.
ING. ANGEL ROBERTO INC GARCIA ABRER, SUPERVISOR DE EPS		YUBA ALCALDE MUNICIPAL	



A SANTA CRUZ
RIO HONDO

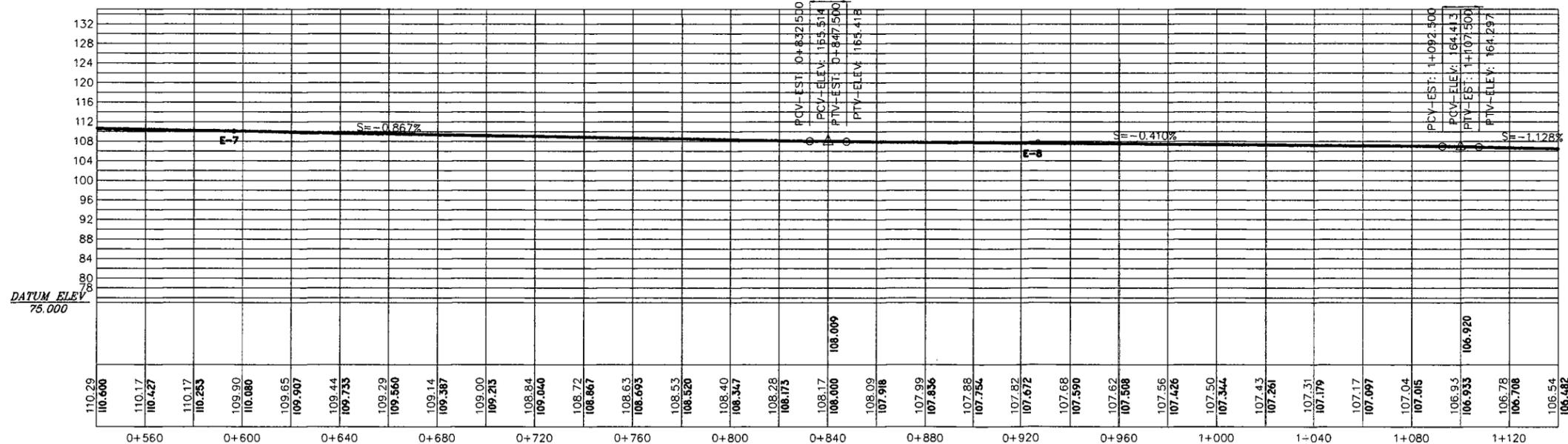
PLANTA DE 0+540 A 1+140

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACIÓN
	SUBRASANTE REACONDICIONADA	○	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
$K = 7.00$	PARÁMETRO DE LA CURVA	TAN	SUB-TANGENTE
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
	CURVA VERTICAL		

PVI STA = 0+840
PVI ELEV = 165.449
A.D. = 0.456
K = 32.864
LCV = 15.00m

PVI STA = 1+100
PVI ELEV = 164.382
A.D. = -0.718
K = 20.895
LCV = 15.00m

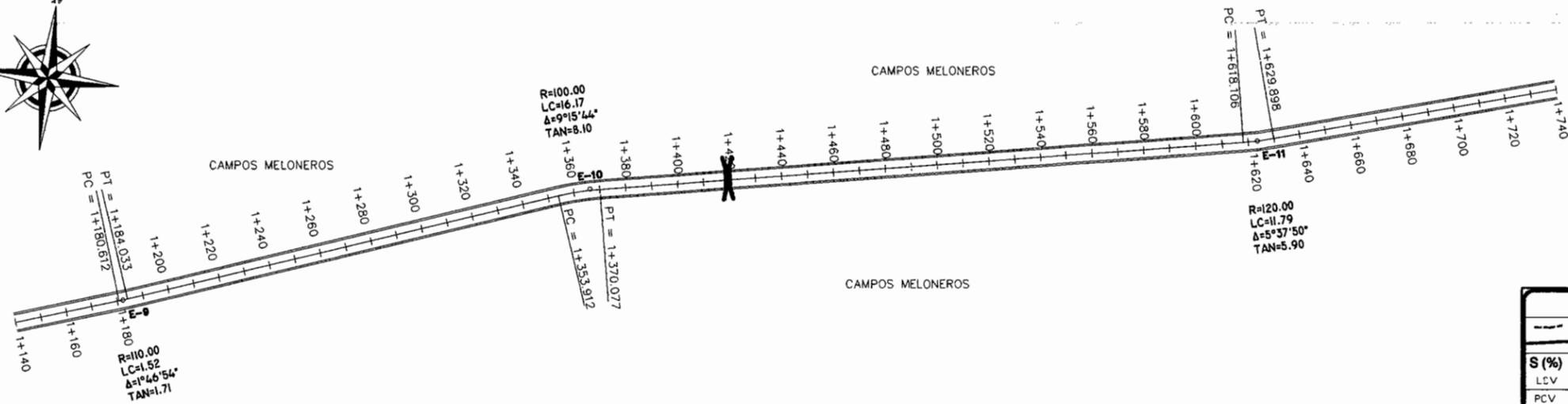


PERFIL DE 0+540 A 1+140

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100



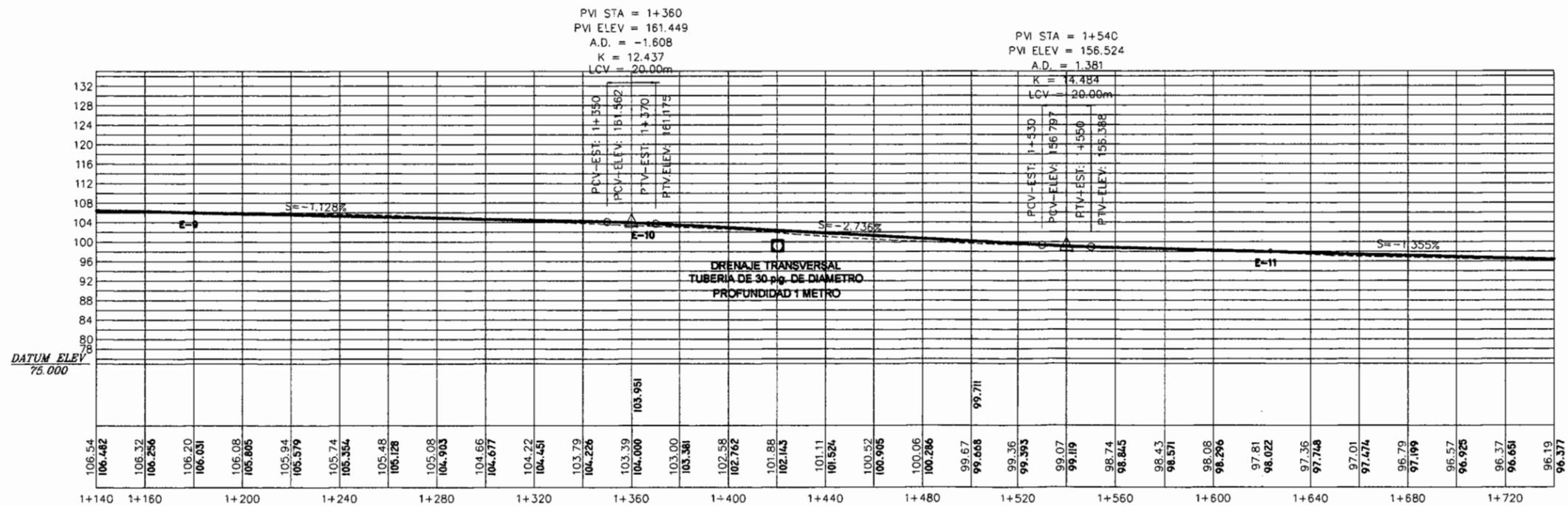
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: PLANTA + PERFIL 0+540 A 1+140		3 / 12	
ESCALA: 1:1000	DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE 2008	
LUGAR: ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TITULO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	PROPIETARIO: ING. ANGEL ROBERTO NO GARCIA	MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA
ING. ANGEL ROBERTO NO GARCIA ALCALDE SUPLENTE DE EPS		ING. ANGEL ROBERTO NO GARCIA ALCALDE MUNICIPAL	



NOMENCLATURA			
ESTACION	DESCRIPCION	ESTACION	DESCRIPCION
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACION
S (%)	SUBRASANTE REACONDICIONADA	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	PENDIENTE	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	▲	DRENAJE TRANSVERSAL
A.D. (X)	PARAMETRO DE LA CURVA	TAN	SUB-TANGENTE
▲	DIFERENCIA DE PENDIENTES	△	DEFLEXION ANGULAR
△	CURVA VERTICAL		

PLANTA DE 1+140 A 1740

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000



PERFIL DE 1+140 A 1740

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

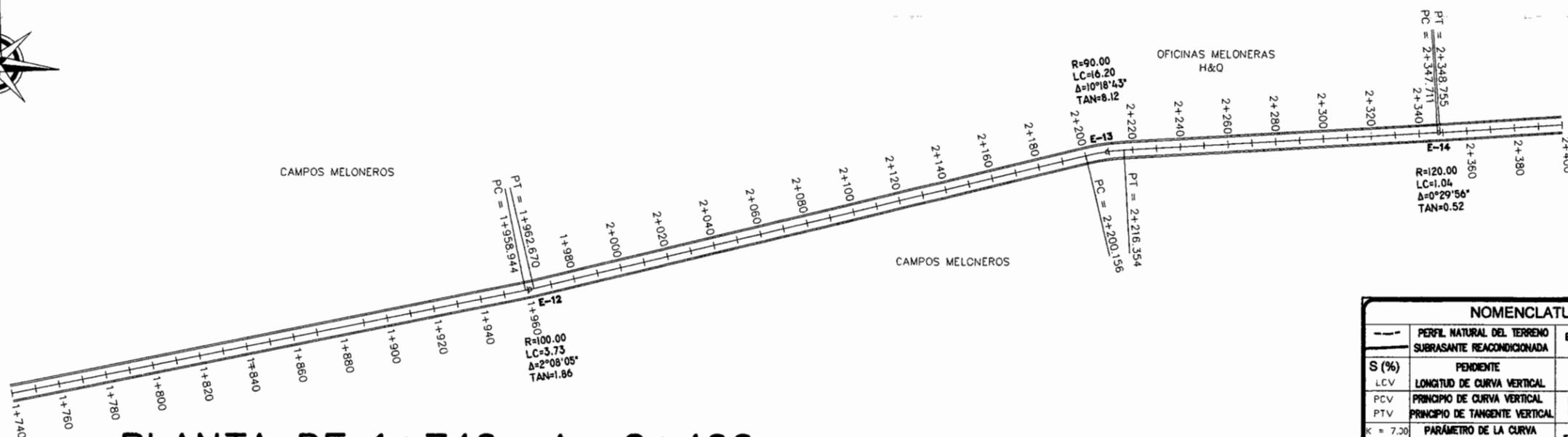


[Handwritten signature]

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: PLANTA + PERFIL 1+140 A 1+740		4 / 12	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE / 2009	
LUGAR: ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	ABRER: ING. ANIBAL ROBERTO PEREZ GARCIA	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA.
ING. ANIBAL ROBERTO PEREZ GARCIA ABRER, SUPERVISOR DE EPS.		V.S.B. ALCALDE MUNICIPAL	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

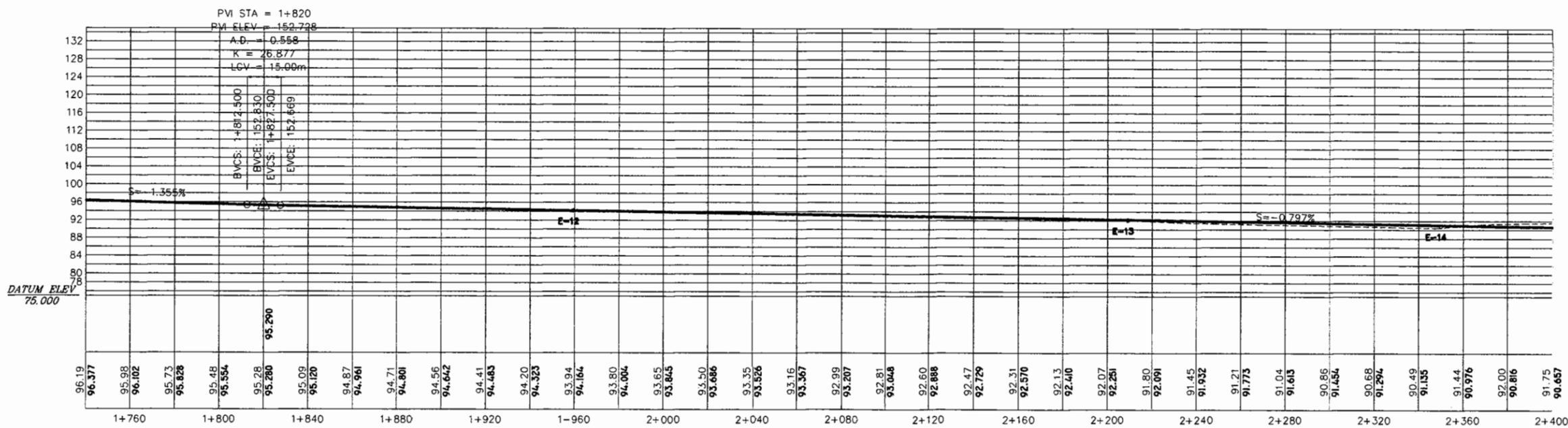
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PLANTA DE 1+740 A 2+400

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACIÓN
---	SUBRASANTE REACONDICIONADA	●	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA	TAN	SUB-TANGENTE
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
▲	CURVA VERTICAL		
SPR	DESCRIPCIÓN	SPR	DESCRIPCIÓN

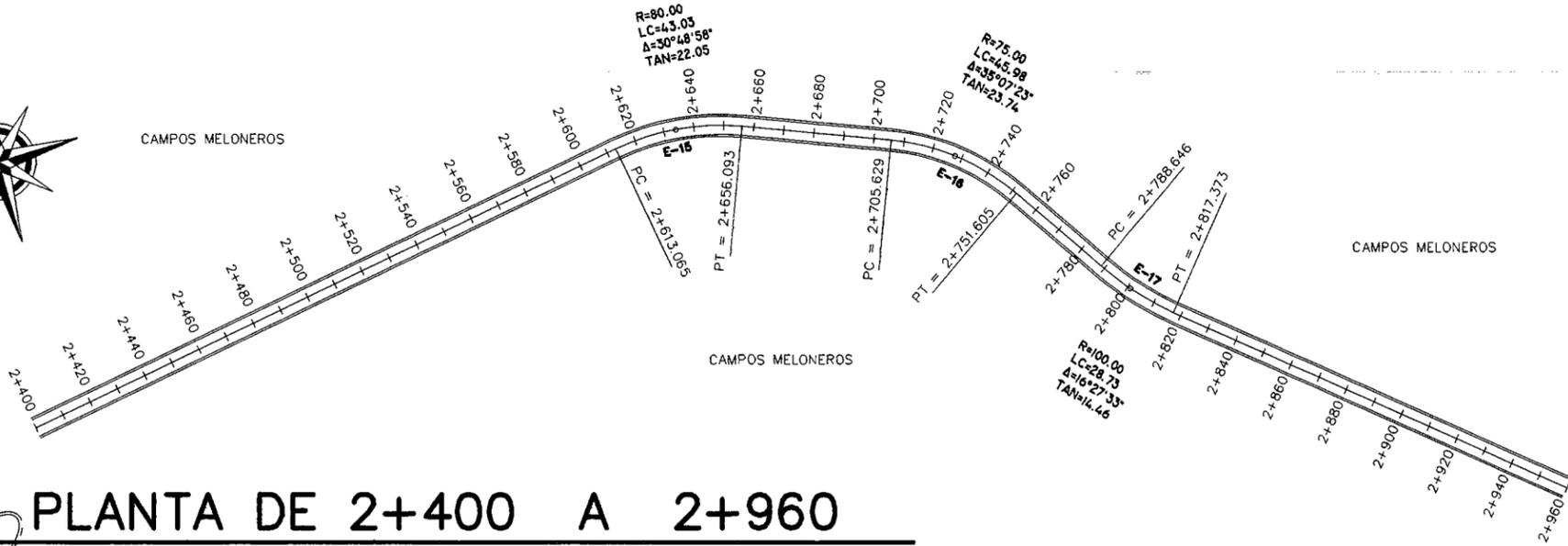


PERFIL DE 1+740 A 2+400

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100



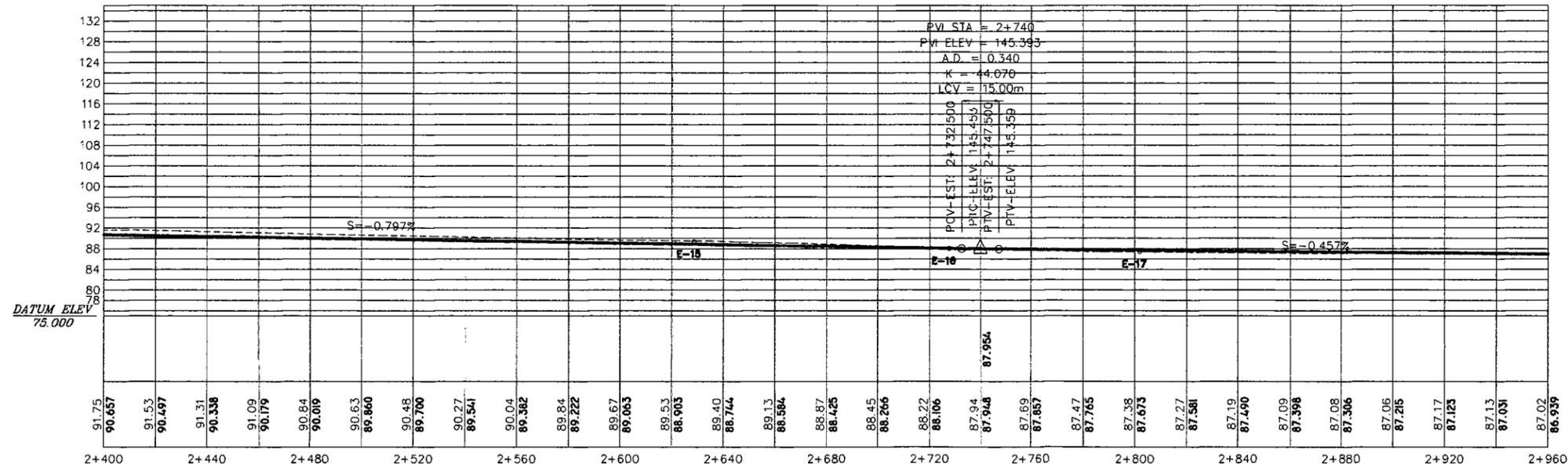
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: PLANTA + PERFIL 1+740 A 2+400			
ESCALA: 1:1000	DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE / 2008	
LUGAR: ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	ABRADOR: ING. ANGEL ROBERTO BIC GARCIA	
ING. ANGEL ROBERTO BIC GARCIA ABRADOR, SUPERVISOR DE EPS			TITULO: ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA DE 2+400 A 2+960

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACIÓN
---	SUBRASANTE REACONDICIONADA	o	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA		
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	TAN	SUB-TANGENTE
Δ	CURVA VERTICAL	Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
ESTRIBO	DESCRIPCIÓN	ESTRIBO	DESCRIPCIÓN



PERFIL DE 2+400 A 2+960

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

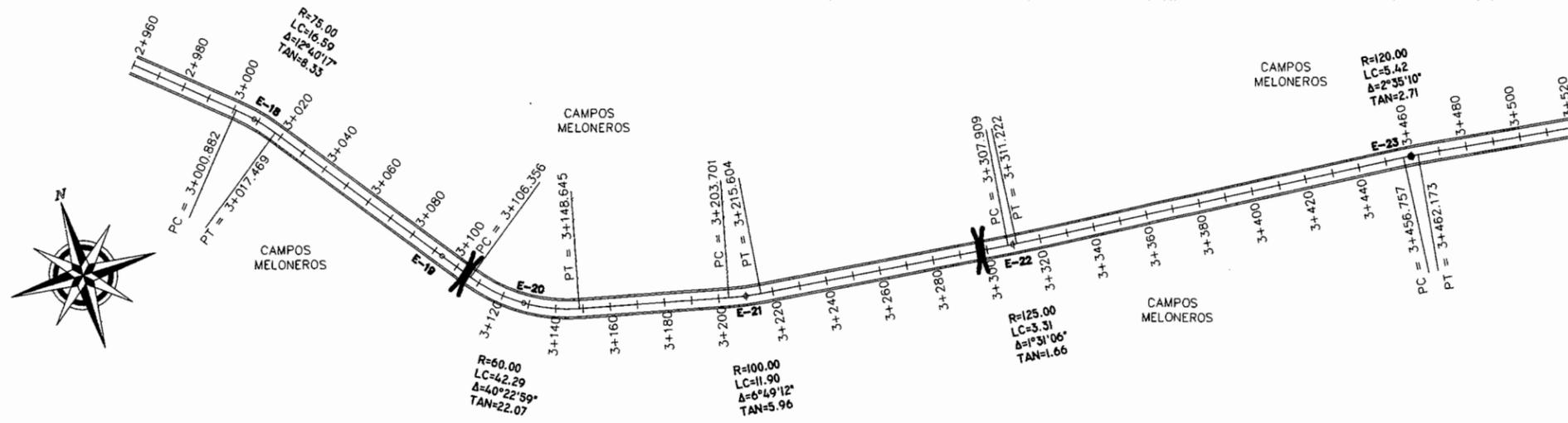


[Handwritten signature]

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: PLANTA + PERFIL 2+400 A 2+960			
ESCALA: 1:1000	DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE / 2009	
LUGAR: ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	PROPIETARIO: MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA	
ING. ANGEL ROBERTO NO GARCIA ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS			VICE ALCALDE MUNICIPAL

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

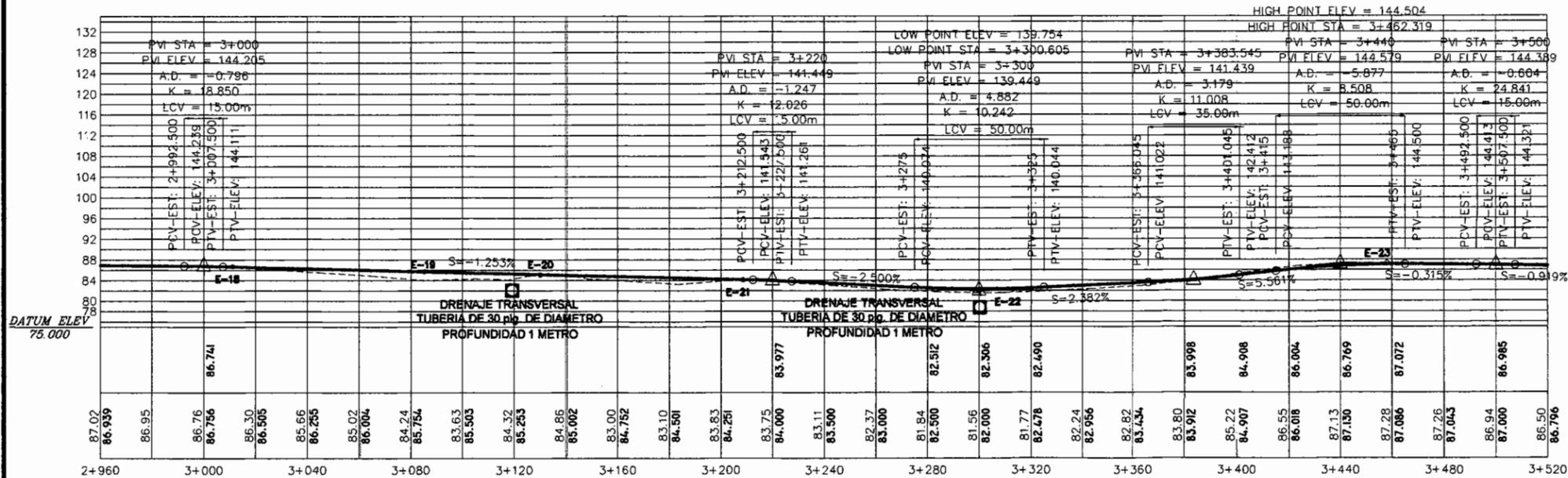
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PLANTA DE 2+960 A 3+520

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACION
---	SUBRASANTE REACONDICIONADA	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
S (%)	PENDIENTE	PC	PRINCIPIO DE CURVA
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL		
K = 7.00	PARAMETRO DE LA CURVA		DRENAJE TRANSVERSAL
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	TAN	SUB-TANGENTE
▲	CURVA VERTICAL	△	DEFLEXION ANGULAR
SP/ID	DESCRIPCION	SP/ID	DESCRIPCION



PERFIL DE 2+960 A 3+520

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100



[Handwritten Signature]

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

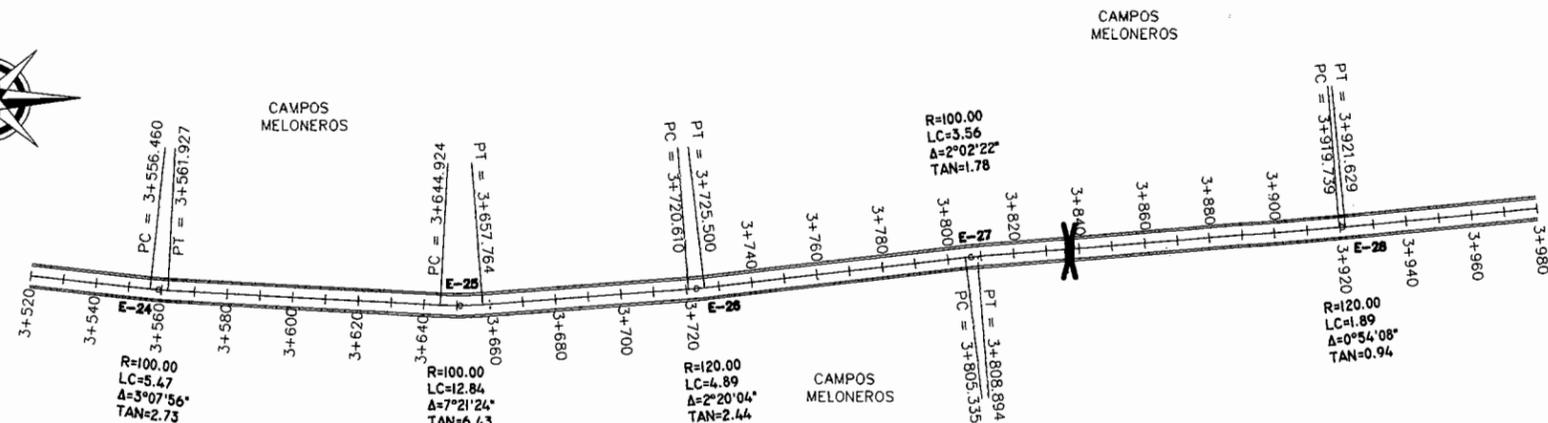
CONTIENE: PLANTA + PERFIL
2+960 A 3+520

ESCALA: HOJADA
DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA
FECHA: OCTUBRE / 2008

LUGAR: ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA
TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA
ABSOR: ING. ANGEL ROBERTO PEREZ GARCIA
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA.

ING. ANGEL ROBERTO PEREZ GARCIA
ABSOR. INGENIERO DE EPS

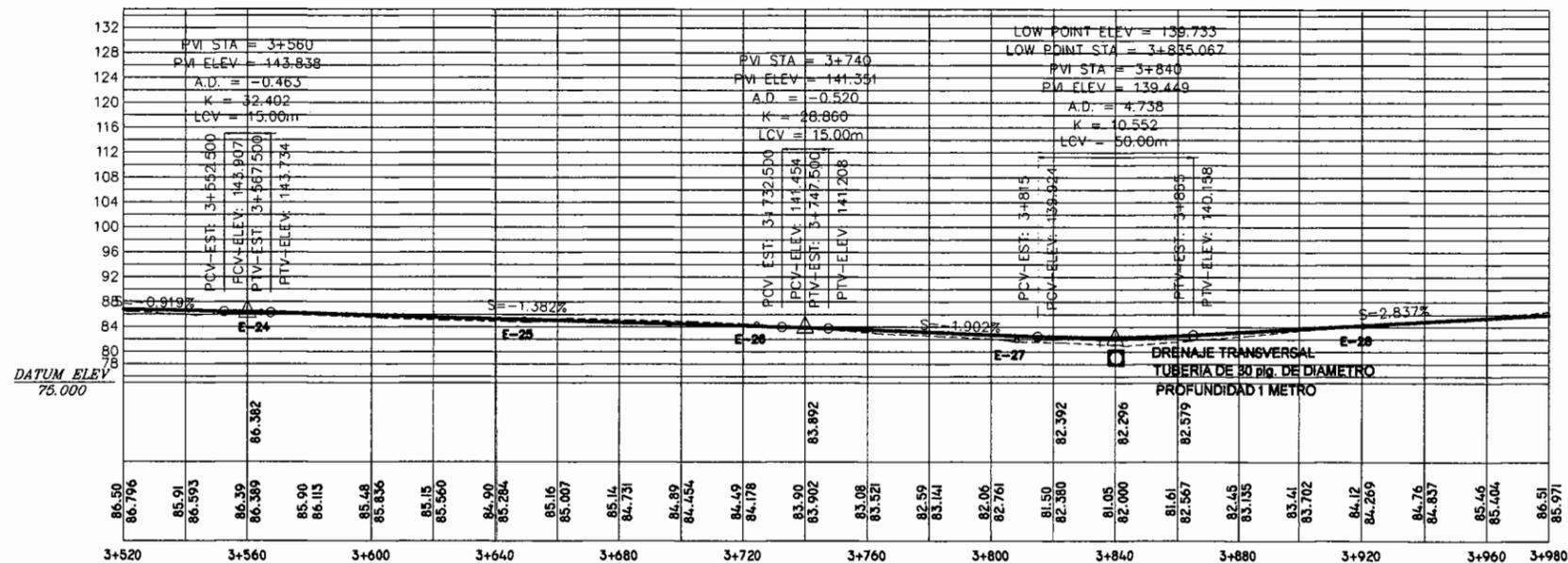
YOLIA
ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA DE 3+520 A 3+980

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACIÓN
---	SUBRASANTE REACONDICIONADA	o	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA	---	DRENAJE TRANSVERSAL
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	TAN	SUB-TANGENTE
△	CURVA VERTICAL	△	DEFLEXIÓN ANGULAR



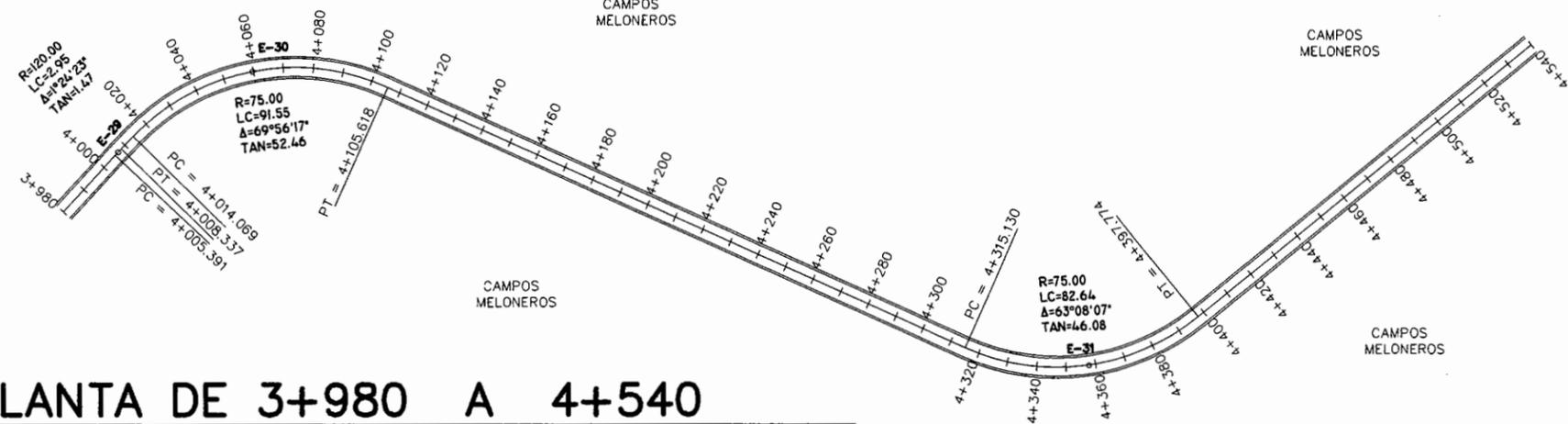
PERFIL DE 3+520 A 3+980

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100



[Signature]

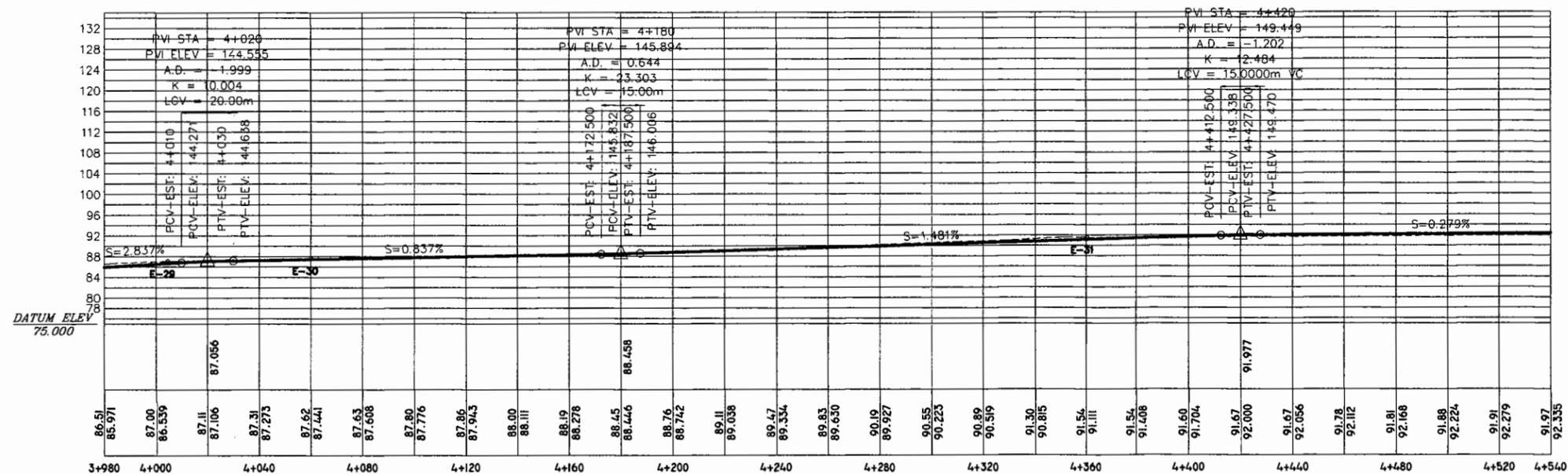
PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: PLANTA + PERFIL 3+520 A 3+980			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: RAPHAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE / 2008	
LUGAR: ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TOPOGRAFIA: RAPHAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	ABSENTE: ING. ANGEL ROBERTO RIO GARCIA	
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA.			



PLANTA DE 3+980 A 4+540

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
---	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACION
---	SUBRASANTE REACONDICIONADA	o	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA	TAN	SUB-TANGENTE
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
Δ	CURVA VERTICAL		



PERFIL DE 3+980 A 4+540

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100



[Handwritten signature]

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

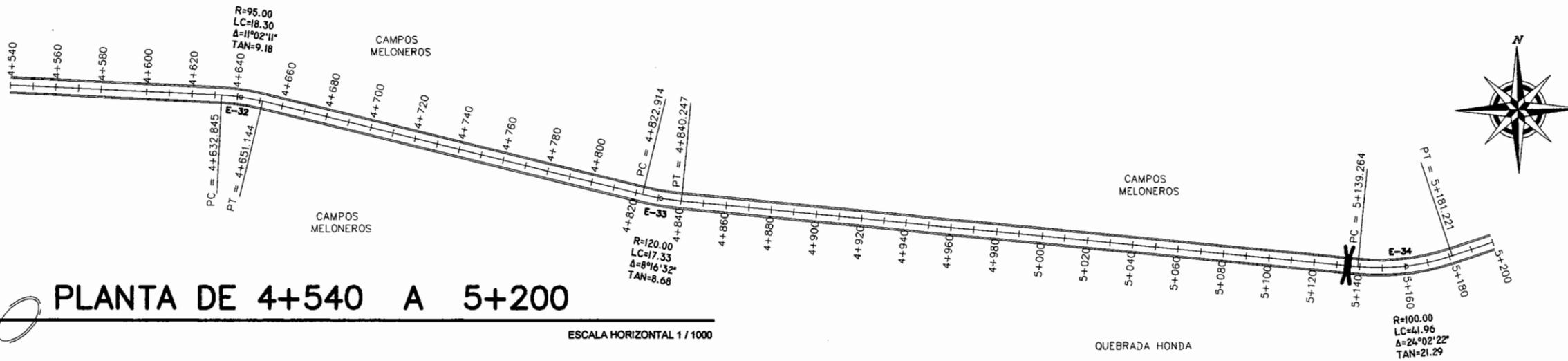
CONTIENE: PLANTA + PERFIL
3+980 A 4+540

ESCALA: INDICADA DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA FECHA: OCTUBRE / 2009

LUGAR: ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA AREBOS: ING. ANIBAL ROBERTO SANCHEZ GARCIA PROPIETARIO: MUNICIPIALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA

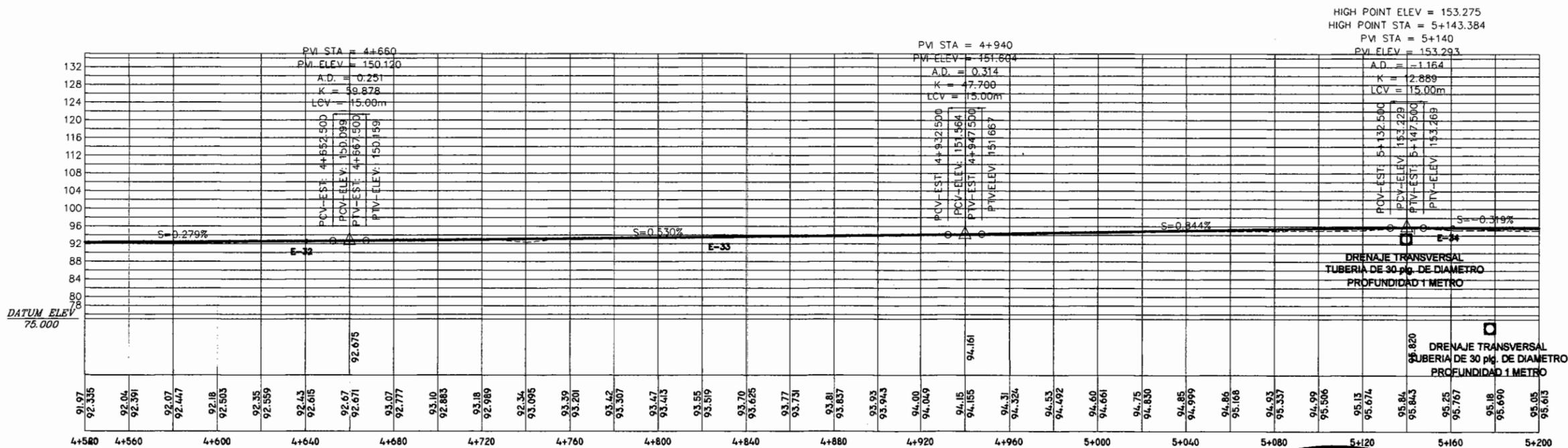
9 / 12

ING. ANIBAL ROBERTO SANCHEZ GARCIA ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA DE 4+540 A 5+200

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000



PERFIL DE 4+540 A 5+200

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100

Universidad de San Carlos de Guatemala
SUPERVISOR (A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

NOMENCLATURA			
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACIÓN
—	SUBRASANTE REACONDICIONADA	○	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA	TAN	DRENAJE TRANSVERSAL
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	△	SUB-TANGENTE
△	CURVA VERTICAL	△	DEFLEXIÓN ANGULAR

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTIENE: PLANTA + PERFIL
4+540 A 5+200

ESCALA: INDICADA
LUGAR: ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA
TICOPORRIFA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA

FECHA: OCTUBRE / 2008
TABLERO: ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA

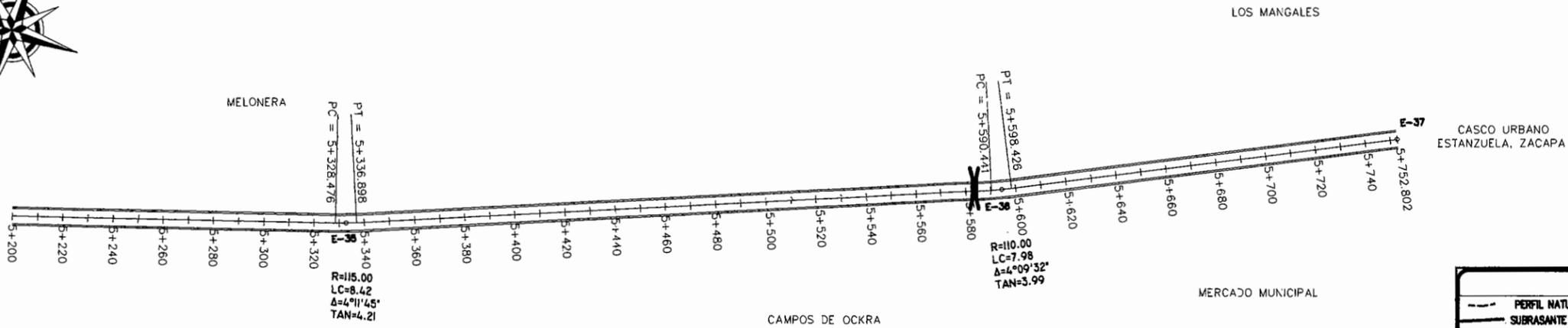
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA

ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA
ABSOLO, SUPERVISOR DE EPS

ING. ALCALDE MUNICIPAL

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

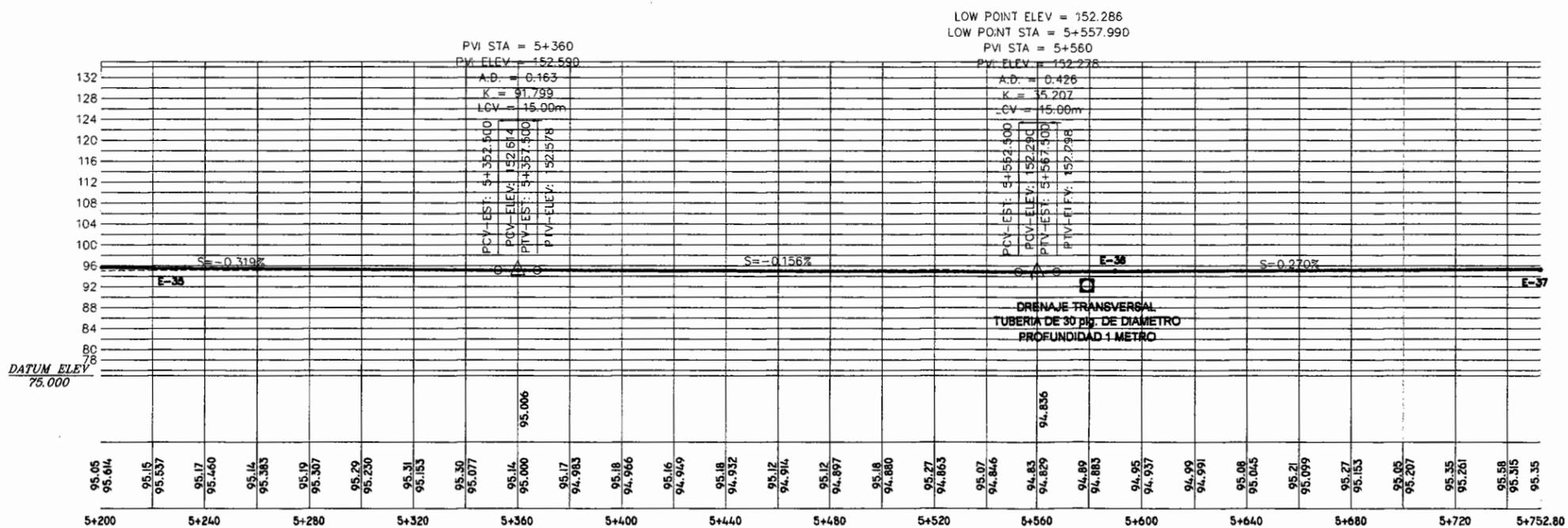


CASCO URBANO
ESTANZUELA, ZACAPA

PLANTA DE 5+200 A 5+752.80

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000

NOMENCLATURA			
	PERFIL NATURAL DEL TERRENO	E-1	ESTACION
	SUBRASANTE REACONDICIONADA	o	
S (%)	PENDIENTE	PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL	PC	PRINCIPIO DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	LC	LONGITUD DE CURVA
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	R	RADIO DE CURVA
K = 7.00	PARÁMETRO DE LA CURVA		DRENAJE TRANSVERSAL
A.D. (%)	DIFERENCIA DE PENDIENTES	TAN	SUB-TANGENTE
	CURVA VERTICAL	Δ	DEFLECCIÓN ANGULAR



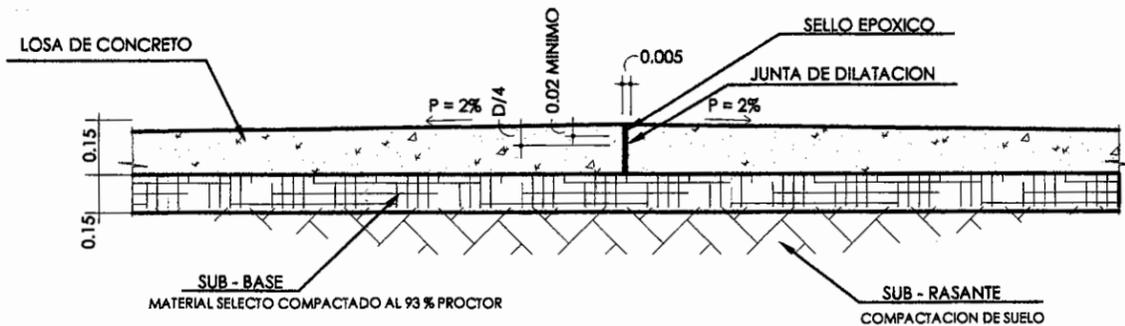
PLANTA DE 5+200 A 5+752.80

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 100



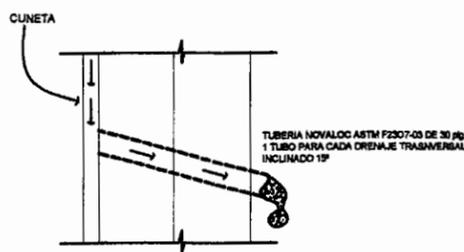
[Handwritten Signature]

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE:		11 / 12	
ESCALA:	DISEÑO:	FECHA:	
INDICADA	RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	OCTUBRE 2009	
LUGAR:	TIPOGRAFIA:	AJERER:	PROPIETARIO:
ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	ING. ANGEL ROBERTO RO GARCIA	MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA
ING. ANGEL ROBERTO RO GARCIA AJERER, SUPERVISOR DE OBRAS		ING. ANGEL ROBERTO RO GARCIA ALCALDE MUNICIPAL	



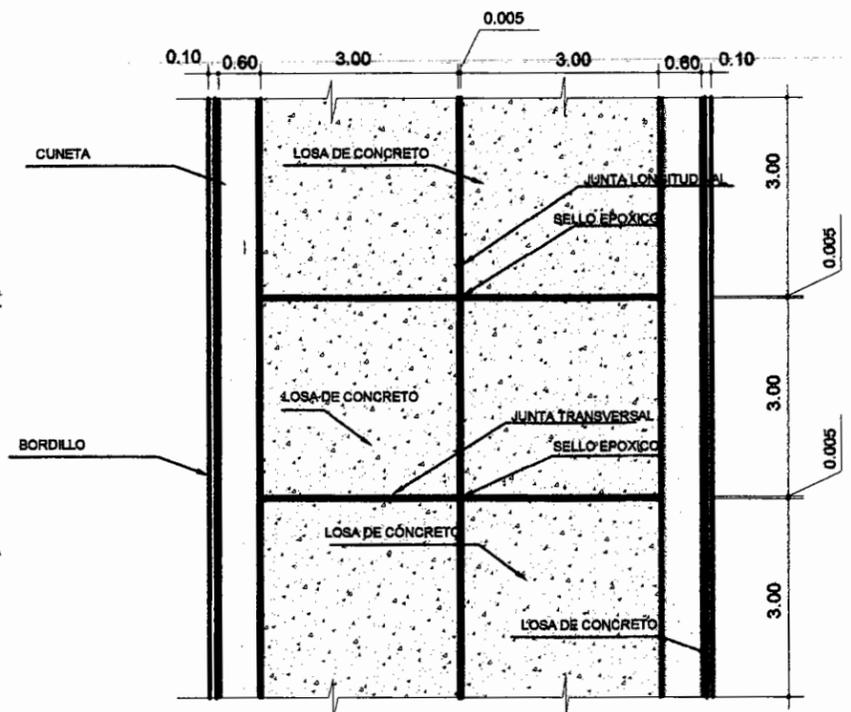
DETALLE DE JUNTA DE DILATACION

ESCALA 1/10



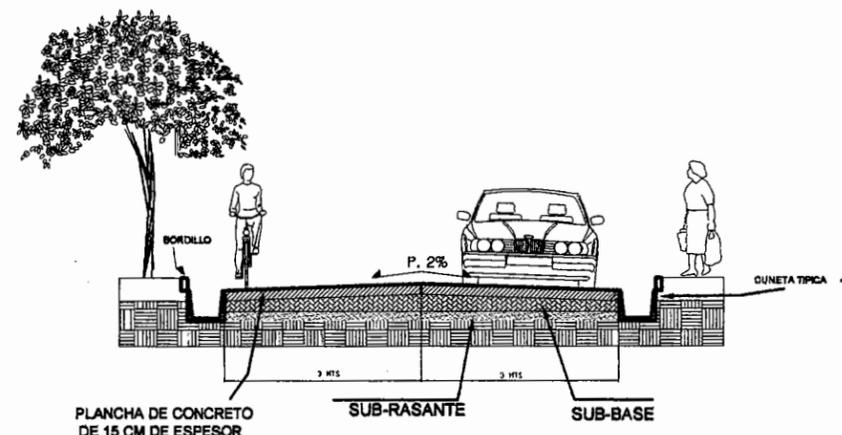
DETALLE EN PLANTA DE TUBERIA TRANSVERSAL

SIN ESCALA



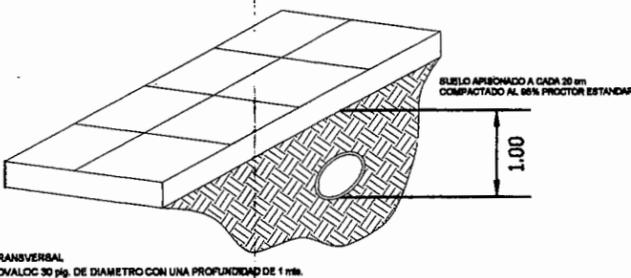
PLANTA DE PLANCHAS DE CONCRETO

ESCALA 1/50



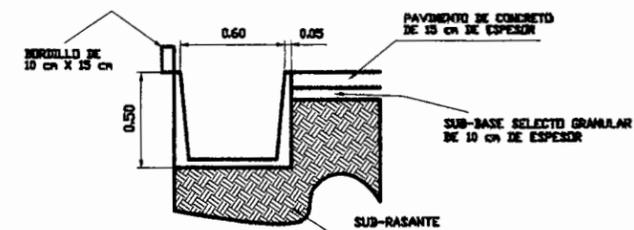
DETALLE DE GABARITO

ESCALA HORIZONTAL 1/50



DETALLE DE DRENAJE TRANSVERSAL

SIN ESCALA



DETALLE DE CUNETETA TIPICA

SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RIGIDO

CONCRETO
EL CONCRETO DEBE SER CLASE 28 (4,000) CON UNA RESISTENCIA A COMPRESION DE 4,000 PSI (AASHTO T-22, ASTM C39) Y UNA RESISTENCIA A LA FLEXION DE 650 PSI (AASHTO T-97, ASTM C78) ENSAYADOS A LOS 28 DIAS. DEBERA COLDCARSE A UNA TEMPERATURA DE 20+10°C. DEBERA TENER UN ASENTAMIENTO DE 40+20mm (AASHTO T-119) Y UNA RELACION AGUA-CEMENTO MAXIMA DE 0.49

AGREGADO FINO
DEBE DE ESTAR LIMPIO, SAND, ADECUADAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA QUE PUEDAN REDUCIR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. SE EMPLEARA ARENA NATURAL O DE TRITURACION, COMPUESTA DE PARTICULAS DURAS Y DURABLES DE ACUERDO A AASHTO M6.

AGREGADO GRUESO
DEBE CONSISTIR EN GRAVA O PIEDRA TRITURADA, PROCESADA ADECUADAMENTE PARA TOMAR UN AGREGADO CLASIFICADO QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE ASSHTO M-80. EL AGREGADO GRUESO A UTILIZAR VA A SER DE 3/4 DADO QUE ES BASTANTE RESISTENTE AL DESGASTE, Y POR ESO ES UTILIZADO EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

MATERIAL SELECTO
LA MAXIMA DIMENSION DE CUALQUIER PARTICULA CONTENIDA EN EL MATERIAL Y QUE NO SEA POSIBLE DESINTEGRAR CON EL EQUIPO DE CONFORMACION DE COMPACTACION NO DEBERA SER MAYOR A 1/3 DEL ESPESOR ESPECIFICADO EN LA SUB-BASE.

ESPECIFICACIONES DE JUNTAS LONGITUDINALES DE CONTRACCION
SON JUNTAS PARALELAS AL EJE LONGITUDINAL DEL PAVIMENTO ESTAS JUNTAS SE COLDCARAN PARA PREVENIR LA FORMACION DE GRIETAS LONGITUDINALES. LAS CUALES SE REALIZARAN DE FORMA MECANICA. LA PROFUNDIDAD DE LA RANURA SUPERIOR DE ESTA JUNTA, NO DEBE SER INFERIOR DE 1/4 DEL ESPESOR DE LA LOSA.

ESPECIFICACIONES DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION
TIENEN POR OBJETO EL EVITAR EL AGRIETAMIENTO DEBIDO AL ESFUERZO QUE SE PROVOCA POR LA CONTRACCION Y ALABEO DE LAS LOSAS. LA RANURA DE LA JUNTA DEBE POR LO MENOS TENER UNA PROFUNDIDAD DE 1/4 DEL ESPESOR DE LA LOSA.

ESPECIFICACIONES DE BANQUETA DE CONCRETO
EN EL CONCRETO SE VA A UTILIZAR CEMENTO DE 2,000 PSI Y EL CONCRETO POR MEDIO DE LA RELACION 1:2:5:3 VA A LLEGAR A UNA RESISTENCIA A COMPRESION DE 2,000 PSI EN 28 DIAS.

ESPECIFICACIONES DE BORDILLO Y CUNETETA
EN EL CONCRETO SE VA A UTILIZAR CEMENTO DE 3,000 PSI Y EL CONCRETO POR MEDIO DE LA RELACION 1:2:2 VA A LLEGAR A UNA RESISTENCIA A COMPRESION DE 3,000 PSI EN 28 DIAS.

NOTA

EL PAVIMENTO SERA RIGIDO DE CONCRETO. EL CUAL TENDRA UN ESPESOR DE 15 CM. Y SE COLDCARA SOBRE UNA BASE DE MATERIAL SELECTO EL CUAL TENDRA UN ESPESOR DE 15 CM. SE COLDCARA UNA CUNETETA A LO LARGO DEL PAVIMENTO, ESTA CUNETETA SERA DE CONCRETO FUNDIDO INSITU. TENDRA UNA DIMENSION DE 60 X 50 CM LA CUAL CONTARA CON TOPES PARA QUITAR PRESION AL AGUA PLUVIAL QUE SE TRANSPORTARA DEBIDO A LA PENDIENTE NATURAL DEL TERRENO. SE COLDCARAN BORDILLOS SEGUIDOS DE LAS CUNETAS PARA DIVIDIR EL PASE VEHICULAR Y PEATONAL, ESTE BORDILLO SERVIRA DE REFERENCIA PARA LA ELABORACION DE LAS BANQUETAS.



[Handwritten signature]

PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL QUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA"			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: DETALLES Y ESPECIFICACIONES		12/12	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	FECHA: OCTUBRE / 2008	
LUGAR: ALDEA EL QUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA	TOPOGRAFIA: RAFAEL ALEXANDER PEREZ GARCIA	ARESCO: ING. ANIBAL ROBERTO PEREZ GARCIA	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA.
ING. AROLD ROBERTO DE GARCIA ARESCO SUPERVISOR DE EPS	V. ALCALDE MUNICIPIO		