



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

APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE
TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

Axel Gustavo González Angel
Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, febrero de 2011.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE
TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

AXEL GUSTAVO GONZÁLEZ ANGEL

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Evelyn Maribel Morales Ramírez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELTA GRANDE, MUNICIPIO DE
TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

Tema asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 05 de julio de 2010.



Axel Gustavo González Ángel



Guatemala 03 de noviembre de 2010.
Ref.EPS.DOC.1107.10.10.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

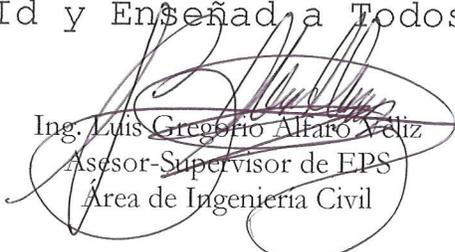
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Axel Gustavo González Ángel** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200130058**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


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

c.c. Archivo
LGAV/ra





Guatemala, 03 de noviembre de 2010.
Ref.EPS.D.815.11.10

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 **"APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Axel Gustavo González Ángel**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de 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 Zeceña 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,
10 de noviembre 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 **APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil *Axel Gustavo González Ángel*, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez
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

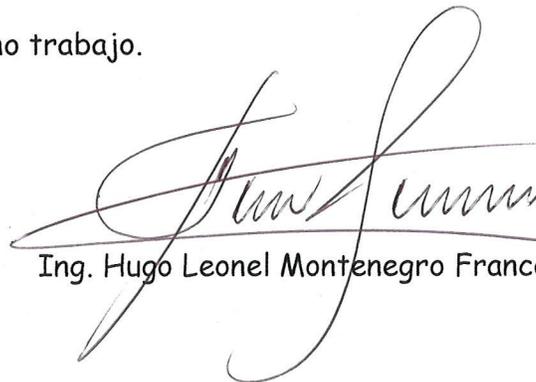




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Axel Gustavo González Ángel, titulado APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero de 2011

/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: **APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Axel Gustavo González Angel**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 22 de febrero de 2011

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por estar presente en mi vida y darme la oportunidad de realizar mi sueño de ser ingeniero.
- A MIS PADRES** **Bernardo Claudio González Mejía**
Carmen Marquina Angel Tema
Por sus sabios consejos a lo largo de mi vida y su apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil.
- A MI ESPOSA** **Teresa**, Porque eres la mujer de mis sueños y la ayuda incondicional que Dios me permite tener, te amo nena linda.
- A MI HIJO** **Gustavo**, por darme la oportunidad de realizarme como padre y ser mi inspiración para finalizar mi carrera.
- A MIS HERMANAS** **Magda, Claudia, Liseth (Q.E.P.D.), Paola, Zuly**, que este acto sea la motivación para finalizar su carrera universitaria.
- A MIS SOBRINOS** **Julian, Diego, Pablo, Angela y Juan Esteban.**
- A MIS ABUELOS** **Francisco, Bernardo y Juana**, por ser ejemplo de esfuerzo, trabajo y paciencia bendiciones para ustedes.
- A MIS SUEGROS** Por ser parte de mi familia.
- A MIS AMIGOS** Porque compartí con ustedes los mejores años de mi carrera.
- A MI PAÍS** **GUATEMALA**, por darme la oportunidad de apoyar su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

- DIOS** Por haberme dado la vida y el privilegio de finalizar mi carrera.
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** Especialmente a la **Facultad de Ingeniería**.
- INGENIERO LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ** Por la asesoría prestada.
- A LOS CATEDRÁTICOS** Que con sus enseñanzas me han formado como profesional.
- A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO** Por la amistad y apoyo brindado deseándoles éxitos en su vida.
- A LA MUNICIPALIDAD DE TEJUTLA** Por el apoyo y la oportunidad de realizar mi EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
CAPÍTULO 1	
1 FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Aspectos monográficos de Tejutla, San Marcos	1
1.1.1 Aspectos históricos.....	1
1.1.1.1 Origen del nombre	1
1.1.2 Aspectos físicos.....	2
1.1.2.1 Extensión territorial	2
1.1.2.2 Ubicación geográfica.....	2
1.1.2.3 Distancia relativa.....	3
1.1.2.4 Colindancias	3
1.1.2.5 Población	3
1.1.2.6 Clima.....	4
1.1.2.7 Actividades económicas.....	4
1.1.3 Servicios	4
1.1.3.1 Vías de acceso.....	4
1.1.3.2 Agua potable.....	5

1.1.3.3	Drenaje	5
1.1.3.4	Centros educativos	5
1.1.3.5	Centros de salud	6
1.2	Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio	6
1.2.1	Descripción de las necesidades.....	6
1.2.2	Justificación social	6
1.2.3	Justificación económica	7
1.2.3.1	Determinación de las necesidades de la comunidad	7

CAPÍTULO 2

2.1 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO PARA LA ALDEA

CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA,

SAN MARCOS	9
2.2.1 Preliminar de campo	9
2.2.1.1 Estudio clinométrico	9
2.2.1.2 Levantamiento topográfico de preliminar	10
2.2.1.2.1 Planimetría	10
2.2.1.2.2 Altimetría	10
2.2.1.2.3 Secciones transversales	11
2.2.1.2.4 Criterios de diseño	11
2.2.2 Dibujo de preliminar	13
2.2.2.1 Planimétrico	13
2.2.2.2 Altimétrico curvas de nivel	13

2.2.3	Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras	14
2.2.3.1	Normas generales para el alineamiento horizontal	14
2.2.3.2	Normas generales para el alineamiento vertical	15
2.2.3.2	Combinación de los alineamientos horizontal y vertical	16
2.2.4	Diseño geométrico de carreteras	17
2.2.4.1	Alineamiento horizontal y vertical	17
2.2.4.1.1	Diseño de curvas horizontales	17
2.2.4.1.2	Diseño de curvas verticales	28
2.2.4.1.3	Diseño de localización	32
2.2.4.1.4	Diseño de la sub-rasante	33
2.2.5	Movimiento de tierras	34
2.2.5.1	Cálculo de áreas de secciones transversales	34
2.2.5.2	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	36
2.2.6	Diseño hidráulico	38
2.2.6.1	Diseño de cunetas	38
2.2.6.2	Bombeo de la superficie	38
2.2.6.3	Contra cunetas	41
2.2.7	Estudio de suelos	42
2.2.7.1	Análisis para la clasificación del suelo	43

2.2.7.1.1	Análisis granulométrico	43
2.2.7.1.2	Límites de consistencia	43
2.2.7.1.2.1	Límite líquido	44
2.2.7.1.2.2	Límite plástico	44
2.2.7.1.2.3	Índice plástico	45
2.2.7.2	Ensayos para el control de la construcción	46
2.2.7.2.1	Determinación del contenido de humedad	46
2.2.7.2.2	Densidad máxima y humedad optima	46
2.2.7.2.3	Ensayo de equivalente de arena	47
2.2.7.3	Análisis para la determinación de resistencia	48
2.2.7.3.1	Ensayo de valor soporte del suelo(C.B.R.)	46
2.2.7.4	Análisis del resultado	50
2.2.8	Especificaciones técnicas	51
2.2.9	Presupuesto	56
2.2.9.1	Cuantificación por renglones	56
2.2.9.2	Integración de costos unitarios por renglón.....	57
2.2.9.3	Costo total del proyecto	58
2.2.10	Cronograma de ejecución	58
2.2.11	Evaluación de impacto ambiental	59
2.2.12	Evaluación socioeconómica	64

2.2.12.1	Valor presente neto	64
2.2.12.2	Tasa interna de retorno	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71
APÉNDICES	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Elementos que componen una curva horizontal	18
2	Sección de una curva vertical	28
3	Tipos de curvas verticales.....	29
4	Elementos que componen una curva vertical	30
5	Sección del terreno natural	35
6	Prisma Irregular	36

TABLAS

I	Resumen de cálculo de curvas horizontales.....	26
II	Valores de K según el tipo de curva y velocidad de diseño	31
III	Clasificación del tipo de suelo y su uso	50
IV	Resumen general presupuesto diseño del camino rural.....	57
V	Cronograma de ejecución física	58
VI	Cronograma de inversión	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AASHTO	American Association of Highways and transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Standard for Testing of Materials
Vs	Capacidad soporte del suelo
W	Carga
cm	Centímetro
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
COMUDE	Consejo Municipal de Desarrollo
Cmax	Cuerda máxima
Δ	Delta
DGC	Dirección General de Caminos
DH	Distancia horizontal
S	Espaciamiento
E	External
HG	Hierro galvanizado
Hrs	Horas
IP	Índice plástico
INFOM	Instituto de fomento municipal
Kg	Kilogramo
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Km	Kilómetro

Km/hr	Kilómetro por hora
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
L	Longitud
LC	Longitud de curva
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m/s	Metros por segundo
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
E	Módulo de elasticidad
fy	Módulo de fluencia del acero de refuerzo
Om	Ordenada media
n	Período de diseño en años
d	Peralte efectivo
Pf	Población futura
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
Pig	Pulgadas
Pig²	Pulgadas cuadradas
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
Q.	Quetzales
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
s	Segundo
ST	Subtangente
Σ	Sumatoria
i	Tasa de crecimiento en la población

T/m	Toneladas por metro
T-m/m	Toneladas-metro por metro
T.P.D.	Tráfico promedio diario

GLOSARIO

Área rural	Se considera área rural a las aldeas, caseríos, parajes, fincas y otras poblaciones dispersas; según Acuerdo Gubernativo de fecha 7 de abril de 1938.
Azimut	Ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. El término azimut sólo se usa cuando se trata del norte geográfico. Cuando se empieza a contar a partir del norte magnético se suele denominar azimut magnético.
Carretera	Toda vía pública abierta a la circulación de vehículos, peatones y demás usuarios, cuyo tránsito es permanente.
Carril	Ancho de la superficie para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
Cota de terreno	Altura de un punto de terreno, referido a un nivel determinado.
Cunetas	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera, cuya función es la de evacuar las aguas que

caen sobre la superficie de la carretera.

**Curva circular
compuesta**

Serie de dos o más curvas circulares continuas con la misma dirección y puntos de tangencia comunes.

**Curva circular
simple**

Arco de curva circular, de radio constante que une a dos tangentes.

Medida de mitigación

Serie de medidas, que una vez identificadas las amenazas y los posibles daños en el sistema, se utilizan para moderar y preparar la respuesta frente a la emergencia.

Mortero

Mezcla de un cementante, un agregado fino y agua o aditivo.

Nocivo

Dañino, perjudicial.

Patógeno

Que contamina o genera enfermedades.

Rasante

Cota de la vía después de haber finalizado cortes y rellenos, por lo tanto es la que determina el movimiento de tierras.

Riesgo

Resultado de una evaluación, generalmente probabilística, de que las consecuencias o efectos de una determinada amenaza exactos exceda valores prefijados.

Sección típica	Representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes que componen una carretera.
Subrasante	Terreno que soportará los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural del corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado.
Talud	Zona plana inclinada y específicamente puede referirse a la pendiente de un muro, la que es más gruesa en el fondo que en la parte superior de este, de modo que así resista la presión de la tierra tras él.
Terracería	Conjunto de materiales no clasificados de una carretera, conformada en todas sus etapas previas por la maquinaria, hasta el nivel de la subrasante, incluye cortes y rellenos.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.); desarrollado en Aldea Cancela Grande, municipio de Tejutla, departamento de San Marcos, que está orientado, principalmente, a plantear solución al siguiente problema:

Construcción de carretera: en este lugar se realizó el diseño de apertura de carretera para la aldea Cancela Grande.

Esta construcción fue catalogada, como una necesidad prioritaria por los habitantes de la aldea Cancela Grande, la aldea se ubica aproximadamente a 41 Km de la cabecera municipal; la comunidad no cuenta con un acceso digno para el mundo modernizado en que se vive, por lo que se considera necesario diseñar un tramo carretero y mejorar el camino de 1.9 Km por donde necesitan transportar sus cosechas.

Este proyecto será de impacto en la población; se beneficiará grandemente a dicha población para obtener un merecido desarrollo para toda la gente trabajadora dedicada, en su mayoría, a la agricultura.

OBJETIVOS

Generales

- Diseñar el proyecto de apertura de una carretera de la aldea Cancela Grande, en el municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y diagnóstica de las necesidades básicas y servicios existentes que posee el municipio de Tejutla.
2. Proveer del juego de planos y presupuesto detallado del diseño de la apertura de carretera aldea Cancela Grande necesarios para su construcción, a la municipalidad de Tejutla, departamento de San Marcos.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) tiene como objetivo brindar un servicio técnico a las diferentes comunidades en vías de desarrollo. El mismo fue realizado en la Oficina Municipal de Planificación del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.

Este municipio, a pesar de ser cercano a la cabecera departamental, presenta una serie de problemas, sobre todo en el área de servicios básicos e infraestructura, por lo que el presente trabajo de graduación está orientado a proponer soluciones factibles, no sólo desde el punto de vista técnico, sino económico y social. Para el efecto, este trabajo de graduación contiene, en el primer capítulo, la presentación de una investigación de tipo monográfica, aspectos históricos y socioeconómicos de la comunidad, así como un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura y priorización de las mismas.

En el segundo, se desarrolla el tema concerniente al diseño de apertura de carretera aldea Cancela Grande; con este proyecto se espera mejorar, tanto la calidad, como el nivel de vida de los habitantes y colaborar así para lograr el crecimiento y desarrollo del municipio.

1 FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Aspectos monográficos de Tejutla, San Marcos

1.1.1 Aspectos históricos

1.1.1.1 Origen del nombre

Tejutla: su origen etimológico viene del vocablo mam Twui C´ukal que significa “Sobre el cerro de arena blanca”. También se le atribuye a la voz y palabra de origen Tlaxcalteca que se traduce como: “Tierra amurallada” ó “Tierra de tintoreros” y que en lengua Chortí significa: “Lugar de las brasas”, como recuerdo de la unión de dos culturas quedan los nombres de Tenango al Norte y Tejutla al Sur, que actualmente son identificados como zona 1 y zona 2, respectivamente. En la Constitución Política de la República de Guatemala, decretada el 11 de octubre de 1,821, Tejutla aparece por primera vez en el circuito de barrio, hoy cabecera departamental de San Marcos.

Aspectos históricos del municipio

El municipio de Tejutla, que actualmente se conoce, se relaciona con la venida de los españoles, en el año de 1,524, según informaciones recabadas, era ya un poblado de gran importancia dentro de los poblados de aborígen mam, por su industria textil; pero fue en el año 1,627, específicamente el 25 de julio, cuando se oficializa su fundación.

En el año 1,690, Tejutla comprendía lo que en la actualidad corresponde a los municipios: Comitancillo, Ixchiguán, Concepción Tutuapa, Sipacapa, Sibinal, Tajumulco, Tacaná y parte de San Miguel Ixtahuacán. En 1,870 el municipio de Tejutla, alcanzó la categoría de Villa.

Justificación de la creación del municipio

La Villa de Tejutla, nombre con el que se conoce actualmente, surge como la fusión de dos étnias, española e indígena mam. El 25 de julio del año 1,627 los españoles fundaron el poblado de Santiago Tenango, cuya localización era cercana al poblado indígena de Texutla, el cual poseía una gran riqueza en la creación de textiles. Es así como surgen, paralelamente, la población indígena de Texutla, y la población española de Santiago Tenango, con autoridades municipales diferentes y edificios también separados. A través del tiempo estas dos culturas se fueron fusionando y se determinó llamar a la población Santiago Tejutla, hoy conocida como la Villa de Tejutla.

1.1.2 Aspectos físicos

1.1.2.1 Extensión territorial: la villa de Tejutla es un municipio cuya extensión territorial es de 142 Km².

1.1.2.2 Ubicación geográfica

Tiene una latitud de N15° 07' 23" y una longitud W91° 47' 19". Se encuentra a una altitud de 2,520 metros sobre el nivel del mar.

1.1.2.3 Distancia relativa

El municipio de Tejutla se encuentra aproximadamente a 283 kilómetros de la ciudad capital y a 33 kilómetros de la cabecera departamental San Marcos.

1.1.2.4 Colindancias

Colinda al norte, con los municipios de Concepción Tutuapa y San Miguel Ixtahuacán; al sur, con los municipios de San Marcos e Ixchiguan; al este, con el municipio de Comitancillo y al oeste, con los municipios de Ixchiguan y Tajumulco.

1.1.2.5 Población

Dentro de los 142 Km² del territorio del municipio de Tejutla, la población asciende a 32,456 habitantes.

Población indígena

Según datos recabados en los archivos de la municipalidad, el 6.55% de la población corresponde a la etnia indígena, mientras que el 93.44% es no indígena; la mayor parte de población indígena se concentra en las siguientes comunidades: caserío Julen, caserío Cristalinas, caserío Linda Vista, caserío La Esmeralda, caserío la Joya de Tejas, caserío Peña Flor, caserío los Frutales y cantón la Paz.

1.1.2.6 Clima

El área urbana de la cabecera municipal de Tejutla, así como sus alrededores, pertenecen a las tierras altas del altiplano marquense, cuya temperatura media anual oscila entre 12 a 18 grados centígrados.

1.1.2.7 Actividades económicas

La mayoría de familias de la comunidad se dedica a la agricultura; se pueden mencionar como principales cultivos: el maíz, frijol, legumbres y frutas. La canasta básica familiar de alimento se alterna con otros ingresos, entre ellos: la crianza de animales domésticos.

Debido a la dificultad de transporte para los productos agrícolas de la comunidad, los jefes de familia emigran por varios meses a fincas de producción de café en la costa sur del departamento de San Marcos.

1.1.3 Servicios

1.1.3.1 Vías de acceso

A la cabecera municipal se puede llegar desde San Marcos por carretera asfaltada; dista de la cabecera departamental 33 kilómetros y de la ciudad capital 283. De las 63 comunidades rurales de Tejutla, 58 cuentan con camino de terracería parcial, que se complementa con camino de herradura y brechas.

Las comunidades que no cuentan con carretera para que los comunique son: El Edén, Cancela Grande, Estancia de la Virgen, La Joya de Tejas, Los Molinos y Peña Flor; también existen comunidades con caminos en mal estado

y que en invierno son intransitables por no tener balasto; entre estas comunidades están: Central Progreso, El Progreso, La Florida, Los Laureles, Nueva Esperanza, Villa Nueva, Cerro Tumbador, Culvillá y los Frutales.

1.1.3.2 Agua Potable

En el municipio de Tejutla las comunidades cuentan con el servicio de agua entubada, pero carecen del servicio de agua potable; la cabecera municipal en mención, sólo cuenta con el servicio de agua entubada; la aldea Cancela Grande, actualmente, cuenta con el servicio de agua entubada, el cual fue instalado recientemente.

1.1.3.3 Drenaje

Sólo la cabecera municipal y las Aldeas de Esquipulas, Venecia y Las Delicias, cuenta con el servicio de drenaje, mientras que las aldeas restantes a dicho municipio carecen del mismo.

1.1.3.4 Centros educativos

El Municipio cuenta con centros educativos en la cabecera municipal; la aldea Cancela Grande, cuenta con una escuela de educación primaria, y que su estructura se limita a dos salones de clases.

1.1.3.5 Centros de salud

La aldea carece de centro de salud, por lo que los vecinos deben acudir al centro de salud de la cabecera municipal o al centro de salud del municipio de Concepción Tutuapa, que colinda con el mismo, y no así a la cabecera municipal.

1.2 Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio

1.2.1 Descripción de las necesidades

Las necesidades identificadas en la Comunidad Aldea Cancela Grande son: salón comunal, drenaje, vías de comunicación, electrificación, salud y educación.

1.2.2 Justificación social

Se espera resolver los problemas de acceso peatonal y vehicular; desfogar aguas pluviales y empozamientos que pudieran presentarse en la época lluviosa; suspender la circulación de polvo durante el verano, son cuestiones que benefician a la salud de la comunidad. Esto se debe a que, con los problemas identificados, surgen problemas de salubridad que dan lugar al surgimiento de enfermedades. Además, la libre circulación de vehículos representa una mejora a la transitabilidad y ornato de la población rural de la aldea Cancela Grande.

1.2.3 Justificación económica

La comunidad necesita desarrollarse económicamente y para esto es de suma urgencia construir una carretera que les provea un fácil acceso para comercializar sus productos derivados de la agricultura; al mismo tiempo, beneficiará a la comunidad en futuros proyectos de desarrollo para el fácil acceso de materiales, el proyecto es una necesidad para la comunidad, puesto que, aparte de aportar desarrollo económico, contribuirá a un fácil acceso y salida de la misma, repercutirá en un mejor nivel de salubridad, para la asistencia a los centros de atención médica de forma preventiva y de emergencia puesto que en casos de emergencia no será difícil acudir a un centro de salud.

1.2.3.1 Determinación de las necesidades de la comunidad

Una de las necesidades básicas en la aldea Canceleda Grande es la construcción de una carretera, por lo que es urgente realizar un proyecto que ayude al fácil acceso a la comunidad.

Respecto de las otras necesidades, los representantes de la comunidad mantienen un diálogo con organismos del Estado y organizaciones no gubernamentales (ONGs) para encontrarles solución.

2.1 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO PARA LA ALDEA CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEJUTLA, SAN MARCOS

2.2.1 Preliminar de campo

2.2.1.1 Estudio clinométrico

El clinómetro es un instrumento de tamaño pequeño y liviano, de fuerte construcción y fácil utilización; posee un orificio por el que se lee la inclinación del suelo en grados (al lado izquierdo) y el equivalente en porcentaje al lado derecho. El clinómetro tiene una pesa calibrada y giratoria en su interior. Aunque el clinómetro tiene varios usos como medir la altura de árboles o edificios, su mayor uso en la agricultura es para medir la inclinación o pendiente del terreno.

Procedimiento para realizar un trazo inicial en apertura de carreteras:

Se calibra el clinómetro al nivel de visión (o distancia horizontal), de la persona que observa a través de él. Puede utilizarse una vara calibrada o mira, o el nivel cero (0), a la altura de otra persona. Esto deberá hacerse en un piso o suelo completamente nivelado. Deberá observar con ambos ojos hacia el punto en donde el clinómetro marca 0-0 en el cilindro interior.

Determinar y marcar un punto de partida; el lugar donde inicia la E-0, puede marcarse con banderines o estacas. A unos 20 metros de distancia del punto de partida, debe marcarse el segundo punto del nivel que lea 0-0, en dirección hacia donde indica el clinómetro, para conservar la pendiente máxima si es necesario.

Se camina hacia el siguiente punto y se continúa marcando el nivel 0-0 cada 20 pies, aproximadamente. Este paso se repite hasta marcar completamente la longitud de la carretera a trazar.

2.2.1.2 Levantamiento topográfico de preliminar

2.2.1.2.1 Planimetría

Es el conjunto de trabajos necesarios para la obtención de la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal. En este caso se utilizó el método de conservación de azimut, ya que es el más adecuado en la medición de poligonales abiertas.

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, definiendo así la poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias intermedias a cada 20 metros.

2.2.1.2.2 Altimetría

Es la proyección del terreno en el plano vertical. Mediante el levantamiento de altimetría se obtuvieron datos para identificar los diferentes desniveles del terreno.

La unión de trabajos de planimetría y altimetría, proyecta en un plano toda la información requerida del terreno, siendo la base para el diseño geométrico de la carretera.

2.2.1.2.3 Secciones transversales

Por medio de las secciones transversales se determina la topografía de la faja de terreno que se necesita, para lograr un diseño apropiado.

En los puntos intermedios ubicados a cada 20 metros y estaciones de la línea central preliminar se trazaron perpendiculares, haciendo un levantamiento de por lo menos 20 metros de cada lado de la línea central en el área de apertura, y variando esta longitud en el área existente de paso debido a barrancos o muros rocosos de gran altura, donde no es posible prolongar el levantamiento.

2.2.1.2.4 Criterios de diseño

Normas generales para diseño de caminos rurales

Una vez fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se busca una combinación de alineamientos que se adaptan a las condiciones del terreno y que cumplan con los requisitos establecidos.

Existen factores que influyen en el diseño de los alineamientos horizontal y vertical de una carretera, obligando a hacer excepciones de parámetros establecidos, por lo que es necesario tomar una serie de criterios generales que se toman de la práctica y del sentido común.

El incumplimiento de normas de diseño solamente puede darse cuando sean justificables por razones económicas, esto sin dejar de lado la importancia de estas recomendaciones para lograr el diseño de carreteras seguras y de tránsito cómodo.

Normas AASHTO

La Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transportación (AASHTO), fija los parámetros sobre las especificaciones de los materiales, métodos de comprobación, además de las especificaciones para probar equipo para los mismos, tendiendo estas normas a ser flexibles, de acuerdo con las necesidades y características de los materiales locales, mas no así para los materiales fabricados tales como cemento, acero, asfaltos, etc.

Normas ASTM

La Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) fue creada en 1898; ASTM Internacional es una de las mayores organizaciones en el mundo sin ánimo de lucro, que brinda apoyo para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios.

Normas COGUANOR

Las normas COGUANOR son las encargadas de respaldar condiciones que ayuden al desenvolvimiento ordenado de las actividades relacionadas con la fijación de normas de calidad, verificando el cumplimiento de las mismas en el mercado nacional, y con ello ayudar al desarrollo económico del país.

2.2.2 Dibujo preliminar

2.2.2.1 Planimétrico

El cálculo de la topografía se efectúa en gabinete y consiste en conocer las coordenadas parciales y totales de cada vértice que compone la poligonal abierta, con la finalidad de contar con la información suficiente para efectuar con facilidad la localización de la ruta, los corrimientos de línea y otros.

Las distancias horizontales se determinan mediante la fórmula siguiente:

$$DH = 100 * (Hs - Hi) * (\text{sen } z)^2$$

Donde:

Hs = Hilo superior

Hi = Hilo inferior

z = Ángulo cenital

2.2.2.2 Altimétrico curvas de nivel

Para el cálculo de las cotas se partió de un valor asumido (cota de estación) que en este caso fue de mil metros, tomando diferencias de nivel a cada 20 metros sobre el eje central. Luego aplicando fórmulas para el cálculo de las diferencias de nivel y distancias verticales, se obtuvieron los datos necesarios para representar gráficamente el perfil.

Lo anterior se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{cota final} = (\cos[z] * DH) + \text{cota de estación} + H \text{ instrumento} - Hm$$

Donde:

H instrumento = Altura de instrumento

Hm = Hilo medio

z = Ángulo cenital

2.2.3 Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras

2.2.3.1 Normas generales para el alineamiento horizontal

En la práctica del diseño geométrico, se utilizan algunos criterios para el mejoramiento del diseño horizontal, que normalmente no están sujetos a fórmulas matemáticas o siquiera a derivaciones empíricas, pero de cuya aplicación se han logrado muy buenos resultados. En general, se reconoce que un exceso de curvatura o una pobre combinación de curvaturas, limita la capacidad de una carretera, causa pérdidas económicas por el incremento en los tiempos de viaje y los costos de operación y, sobre todo, desmejora sensiblemente la apariencia y funcionalidad del diseño seleccionado. En estas condiciones, un trazo directo entre los puntos de referencia obligada, es lo deseable.

En primer lugar, se debe procurar que el alineamiento horizontal sea tan directo como lo permita la topografía, el uso del suelo y los valores de las comunidades servidas por la carretera. Un trazado que se acomoda al terreno natural es preferible a otro que con largas tangentes acorta las distancias y mejora las visibilidades, pero eleva excesivamente el movimiento de tierra con profundos cortes y elevados terraplenes. Los efectos de la construcción de una carretera deben minimizarse, preservando las pendientes naturales y

respetando el crecimiento existente dentro del área de influencia directa del proyecto. Un diseño tal es preferible desde el punto de vista de los costos de construcción y de mantenimiento. Pero en general, el número de curvas cortas y cerradas debe limitarse a un mínimo.

En segundo lugar, debe evitarse el uso de curvas con los radios mínimos de diseño, excepto en las condiciones más críticas que plantee el desarrollo del proyecto. El ángulo central de cada curva debe ser tan reducido y los radios tan amplios, como lo permita el terreno. Las curvas cerradas no deben proyectarse al extremo de tangentes de gran longitud, evitándose cambios abruptos de secciones con amplias y bien desarrolladas curvas y tangentes, seguidas por curvas de radios mínimos o cercanos al mínimo, que reducen la consistencia recomendable para el diseño.

Como regla de aplicación práctica, las curvas deben tener por lo menos 150 metros de largo cuando el ángulo de deflexión sea de 5 grados, incrementándose en 30 metros por cada reducción de un grado en el ángulo central. La longitud mínima de las curvas horizontales en las carreteras principales debe corresponder a tres veces la velocidad del diseño, elevándose a seis veces dicha relación, en las carreteras de alta velocidad con accesos controlados.

2.2.3.2 Normas generales para el alineamiento vertical

La AASHTO presenta algunos consejos valiosos en torno al diseño del alineamiento vertical, de donde cabe entresacar por su relevancia para la práctica vial:

a.- Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones de corte, a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje.

b.- En pendientes largas, puede ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancias; de esa manera podrá facilitarse el ascenso.

c.- En tangente, deberían generalmente evitarse; particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario.

d.- Los alineamientos ondulados son indeseables, especialmente cuando involucran longitudes sustanciales de pendientes que generan momentum; más en el caso de vehículos pesados que pueden incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva delante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.

2.2.3.3 Combinación de los alineamientos horizontal y vertical

El uso de curvas compuestas con grandes diferencias en los radios, produce casi el mismo efecto que la combinación de una curva cerrada con tangentes de gran longitud. Cuando la topografía o el derecho de vía hagan necesaria su utilización, el radio de la curva circular mayor no debe exceder al 50 por ciento de la curva de menor radio.

A menos que las condiciones topográficas lo impongan, debe evitarse el uso de curvas del mismo sentido con una tangente corta entre ellas. Fuera de su desagradable apariencia, los conductores no esperan que se presenten

curvas cortas y sucesivas en el mismo sentido. En estas condiciones, es preferible la introducción de una curva compuesta directa. Las normas francesas permiten el diseño de curvas horizontales del mismo sentido, si entre ambas media una distancia en tangente igual a la distancia recorrida durante cinco segundos, a la velocidad máxima permitida por la curva de radio mayor.

La inversión en el alineamiento entre dos curvas reversas, debe incluir una longitud de tangente suficiente para la transición de las sobreelevaciones, si no se logra incorporar una distancia suficiente.

Como una indicación final, se recomienda que en todo caso el alineamiento horizontal sea coordinado de manera cuidadosa con el diseño del perfil longitudinal de la carretera en estudio.

2.2.4 Diseño geométrico de carreteras

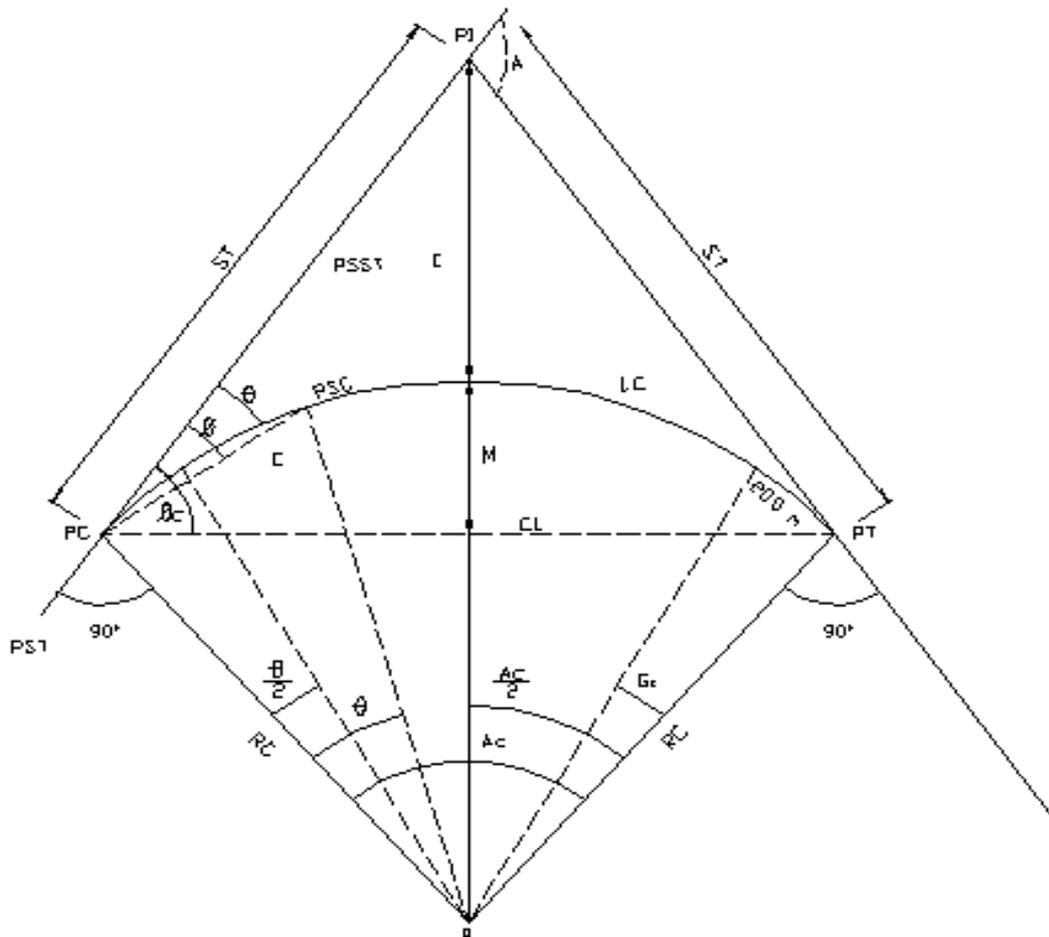
2.2.4.1 Alineamiento horizontal y vertical

2.2.4.1.1 Diseño de curvas horizontales

Cálculo de elementos de curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes; luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de la curva, que estructurarán el trazo de la carretera.

Figura 1. Elementos que componen una curva horizontal



Fuente *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, DGC.*

Donde:

PC = Punto de inicio de la curva

PI = Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PT = Punto de fin de la curva

PST = Punto sobre tangentes

PSST = Punto sobre subtangente

PSC = Punto sobre la curva circular

O = Centro de la curva circular

A = Ángulo de deflexión de la tangente
Ac = Ángulo central de la curva circular
 Θ = Ángulo de deflexión a un PSC
 \emptyset = Ángulo a una cuerda cualquiera
 \emptyset_c = Ángulo de la cuerda larga
Gc = Grado de curvatura de la curva circular
Rc = Radio de la curva circular
ST = Subtangente
E = External
M = Ordenada media
C = Cuerda
CL = Cuerda máxima
T = Longitud de un arco
Lc = Longitud de curva

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

El radio de las curvas, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitarlas sin peligro de colisión y con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

Para la deducción de fórmulas se tomará como ejemplo la curva No. 1 de este proyecto, así también se calcularán otras curvas para descripción.

Cálculo de delta (Δ)

Entre dos líneas o azimut existe una diferencia angular, denominada delta (Δ), la forma de establecerlo es mediante la diferencia entre el azimut 2 y el azimut 1. El delta sirve para definir el tipo de curva que se utilizará, mientras mayor sea este, se utilizará una curvatura mayor. Las anteriores criterios se encuentran definidos en el manual de especificaciones de la Dirección General de Caminos.

$$\Delta = \text{Azimut (Est. 2 - Po. 4)} - \text{Azimut (Est. 1 - Po. 2)}$$

$$\Delta = 116^{\circ}44'33'' - 36^{\circ}33'53''$$

$$\Delta = 80^{\circ}07'38''$$

Grado de curvatura

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros, de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva horizontal circular. El grado de curvatura está dado por la expresión:

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{R}$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{18} \cdot 79$$

Donde:

Gc = Grado de curvatura

R = Radio de la curva

Según el resultado obtenido de delta (Δ) y la característica de la curva No. 1, se adopta un $Gc = 61^{\circ}0'0''$

Longitud de curva (LC)

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT); según gráfica que antecede, se define como:

$$Lc = 20 * \frac{\Delta}{G^{\circ}}$$

$$Lc = 20 * \frac{80^{\circ}07'38''}{61^{\circ}00'00''}$$

$$Lc = 26.27 \text{ m}$$

Subtangente (ST)

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), o entre el PI y el PC; en curvas circulares simples forman un ángulo de 90° con el radio.

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

$$ST = 18.79 * \tan\left(\frac{80^{\circ}07'38''}{2}\right)$$

$$ST = 15.80 \text{ m}$$

Cuerda máxima (Cmax)

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

$$C_{\max} = 2 * R * \operatorname{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

$$C_{\max} = 2 * 18.79 * \operatorname{sen} \left(\frac{80^{\circ}07'38''}{2} \right)$$

$$C_{\max} = 24.19 \text{ m}$$

External (E)

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

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

$$E = 18.79 * \operatorname{sec} \left[\left(\frac{80^{\circ}07'38''}{2} \right) - 1 \right]$$

$$E = 5.76 \text{ m}$$

Ordenada media (OM)

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

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

$$OM = 18.79 * \left[1 - \cos \left(\frac{80^{\circ}07'38''}{2} \right) \right]$$

$$OM = 4.40 \text{ m}$$

Cálculo de curva No. 2

$$\Delta = \text{Azimut (Est. 4 - Po. 4.1)} - \text{Azimut (Est. 3 - Po. 4)}$$

$$\Delta = 116^{\circ}44'33'' - 105^{\circ}56'23''$$

$$\Delta = 10^{\circ}49'40''$$

$$R = 104.17$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{R}$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{104} \cdot 17$$

$$Gc = 11.00$$

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

$$Lc = 20 \cdot \frac{10^{\circ}49'40''}{61^{\circ}00'00''}$$

$$Lc = 19.69 \text{ m}$$

$$ST = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$ST = 18.79 \cdot \tan\left(\frac{10^{\circ}49'40''}{2}\right)$$

$$ST = 9.87$$

$$C_{\max} = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$C_{\max} = 2 \cdot 104.17 \cdot \sin\left(\frac{10^{\circ}49'40''}{2}\right)$$

$$C_{\max} = 19.66 \text{ m}$$

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

$$E = 104.17 \cdot \sec\left[\left(\frac{10^{\circ}49'40''}{2}\right) - 1\right]$$

$$E = 0.47 \text{ m}$$

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

$$OM = 104.17 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{10^{\circ}49'40''}{2}\right)\right]$$

$$OM = 0.44 \text{ m}$$

Cálculo de curva No. 3

$$\Delta = \text{Azimut (Est. 4.1 - Po. 5)} - \text{Azimut (Est. 4 - Po. 4.1)}$$

$$\Delta = 108^{\circ}39'29'' - 105^{\circ}56'23''$$

$$\Delta = 02^{\circ}44'00''$$

$$R = 381.97$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{R}$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{381} \cdot 97$$

$$Gc = 3.00$$

$$Lc = 20 \cdot \frac{\Delta}{G^2}$$

$$Lc = 20 \cdot \frac{02^{\circ}44'00''}{03^{\circ}00'00''}$$

$$Lc = 18.22 \text{ m}$$

$$ST = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$ST = 381.97 \cdot \tan\left(\frac{02^{\circ}44'00''}{2}\right)$$

$$ST = 9.11$$

$$C_{\max} = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$C_{\max} = 2 \cdot 381.97 \cdot \sin\left(\frac{02^{\circ}44'00''}{2}\right)$$

$$C_{\max} = 18.22 \text{ m}$$

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

$$E = 381.97 \cdot \sec\left[\left(\frac{02^{\circ}44'00''}{2}\right) - 1\right]$$

$$E = 0.11 \text{ m}$$

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

$$OM = 381.97 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{02^{\circ}44'00''}{2}\right)\right]$$

$$OM = 0.09 \text{ m}$$

Cálculo de curva No. 4

$$\Delta = \text{Azimut (Est. 2 - Po. 4)} - \text{Azimut (Est. 1 - Po. 2)}$$

$$\Delta = 108^{\circ}39'29'' - 97^{\circ}04'58''$$

$$\Delta = 11^{\circ}30'10''$$

$$R = 95.49 \text{ m}$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{R}$$

$$Gc = 1,145 \cdot \frac{9156}{95} \cdot 49$$

$$Gc = 12.00$$

$$Lc = 20 \cdot \frac{\Delta}{G^2}$$

$$Lc = 20 \cdot \frac{11^{\circ}30'10''}{12^{\circ}00'00''}$$

$$Lc = 19.17 \text{ m}$$

$$ST = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$ST = 95.49 \cdot \tan\left(\frac{11^{\circ}30'10''}{2}\right)$$

$$ST = 9.62$$

$$C_{\max} = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$C_{\max} = 2 \cdot 95.49 \cdot \sin\left(\frac{11^{\circ}30'10''}{2}\right)$$

$$C_{\max} = 19.14 \text{ m}$$

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

$$E = 95.49 \cdot \sec\left[\left(\frac{11^{\circ}30'10''}{2}\right) - 1\right]$$

$$E = 0.48 \text{ m}$$

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

$$OM = 95.49 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{11^{\circ}30'10''}{2}\right)\right]$$

$$OM = 0.46 \text{ m}$$

Las demás curvas se calcularon de la misma forma.

A continuación se presenta la tabla de resumen de curvas horizontales.

TABLA VI. Resumen de cálculo de curvas horizontales.

MEMORIA DE CURVAS HORIZONTALES															
DATOS DE CURVA			AZIMUT			DIS T. HO R.	DEFLEXIÓN ENTRE TANGENTES			GRADOS DE CURVATURA	RADI O	SUB TANGENTE	CUERDA MAXIMA	LONGITUD DE CURVA	EXTERN AL
N o.	ES T.	P. O.	GRAD	MI N	SE G	(DH)	GR A	MI N	SE G	(G)	R	ST	CM	LC	EX
1	1	2	36	33	53	147	80	7	38	61	18,79	15,80	24,18	26,27	5,76
	3	4	116	44	33	118									
2	3	4	116	44	33	118	10	49	40	11	104,17	9,87	19,66	19,69	0,47
	4	4,1	105	56	23	19									
3	4	4,1	105	56	23	19	2	44	0	3	381,97	9,11	18,22	18,22	0,11
	4,1	5	108	39	29	59									
4	4,1	6	108	39	29	141	11	30	10	12	95,49	9,62	19,14	19,17	0,48
	6	7	97	4	58	9									
5	6	7	97	4	58	9	17	41	30	18	63,66	9,91	19,58	19,66	0,77
	7	8	114	55	1	39									
6	7	8	114	55	1	39	18	51	0	63	18,19	3,02	5,96	5,98	0,25
	8	9	95	55	55	6									
7	8	9	95	55	55	6	51	47	60	63	18,19	8,83	15,89	16,44	2,03
	9	10	147	51	7	43									
8	9	10	147	51	7	43	12	33	30	12	95,49	10,51	20,89	20,93	0,58
	10	11	160	17	52	91									
9	10	11	160	17	52	91	19	35	30	63	18,19	3,14	6,19	6,22	0,27
	11	12	140	46	25	11									
10	11	12	140	46	25	11	74	1	10	63	18,19	13,71	21,90	23,50	4,59
	12	13	214	47	26	43									
11	12	13	214	47	26	43	45	48	30	63	18,19	7,68	14,16	14,54	1,56
	13	14	169	2	5	38									
12	13	14	169	2	5	38	78	56	10	63	18,19	14,98	23,12	25,06	5,37
	14	15	247	58	6	20									
13	14	15	247	58	6	20	58	1	20	58	19,76	10,96	19,16	20,01	2,83
	15	16	189	54	22	34									
14	15	16	189	54	22	34	14	33	10	15	76,39	9,75	19,35	19,40	0,62
	16	17	204	25	35	73									
15	16	17	204	25	35	47	27	45	40	28	40,93	10,11	19,64	19,83	1,23
	17	18	176	44	7	11									
16	17	18	176	44	7	11	25	3	10	25	45,84	10,18	19,88	20,04	1,12
	18	20	201	42	38	120									
17	18	20	201	42	38	120	15	50	60	16	71,62	9,97	19,75	19,81	0,69
	20	21	185	50	44	115									
18	20	21	185	50	44	115	52	6	30	23	49,82	24,36	43,77	45,31	5,64

Continuación TABLA VI. Resumen de cálculo de curvas horizontales.

	21	23	133	48	17	50									
19	21	23	133	48	17	50	27	45	60	28	40,93	10,12	19,64	19,83	1,23
	23	25	105	59	35	31									
20	23	25	105	59	35	31	74	59	30	25	45,84	35,17	55,80	59,99	11,94
	25	26	31	2	20	43									
21	25	26	31	2	20	43	63	46	20	36	31,83	19,80	33,63	35,43	5,66
	26	28	94	48	22	98									
22	26	28	94	48	22	98	139	50	20	114	10,05	27,50	18,88	24,53	19,22
	28	29	234	41	6	16									
23	28	29	234	41	6	16	159	28	20	114	10,05	55,51	19,78	27,98	46,36
	29	30, 1	75	13	4	43									
24	29	30, 1	75	13	4	43	45	27	40	22	52,09	21,82	40,25	41,33	4,39
	31	32	120	32	56	46									
25	31	32	120	32	56	46	7	45	10	8	143,2 4	9,71	19,37	19,38	0,33
	32	33	112	52	25	16									
26	32	33	112	52	25	16	11	4	20	11	104,1 7	10,10	20,10	20,13	0,49
	33	33, 1	123	56	27	22									
27	33	33, 1	123	56	27	22	26	29	10	27	42,44	9,99	19,45	19,62	1,16
	33, 1	34, 2	97	23	50	41									
28	33, 1	34, 2	97	23	50	41	68	52	3	63	18,19	12,47	20,57	21,86	3,86
	34, 2	35	28	34	32	7									

Fuente propia

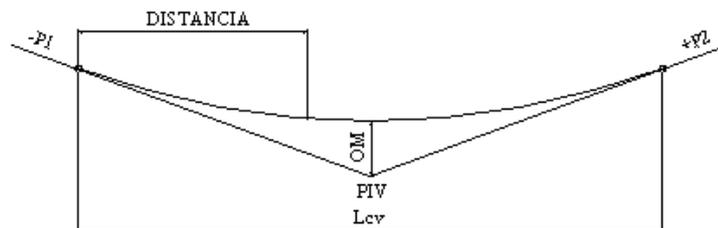
2.2.4.1.2 Diseño de curvas verticales

Alineamiento vertical

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

Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, de tal manera que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de manera que facilite una operación vehicular segura y confortable, que sea de apariencia agradable y que permita un drenaje adecuado. Es por esto que el diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de funcionalidad de la carretera.

Figura 2. Sección de una curva vertical



Fuente *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, DGC.*

Donde:

P1 = Principio de curva vertical

+/- P = Pendiente positiva o negativa

P2 = Principio de tangente vertical

PIV = Punto de intersección vertical

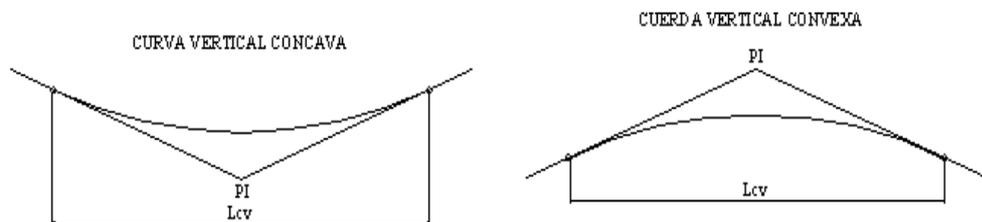
OM = Ordenada media

LCV = Longitud de curva vertical

Criterios de diseño de curvas verticales

Las curvas verticales pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc. En el Departamento de Carreteras de la Dirección General de Caminos se utiliza la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación. La curva puede ser cóncava o convexa. La curva vertical en columpio es aquella cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical en cresta, la que presenta su concavidad hacia abajo.

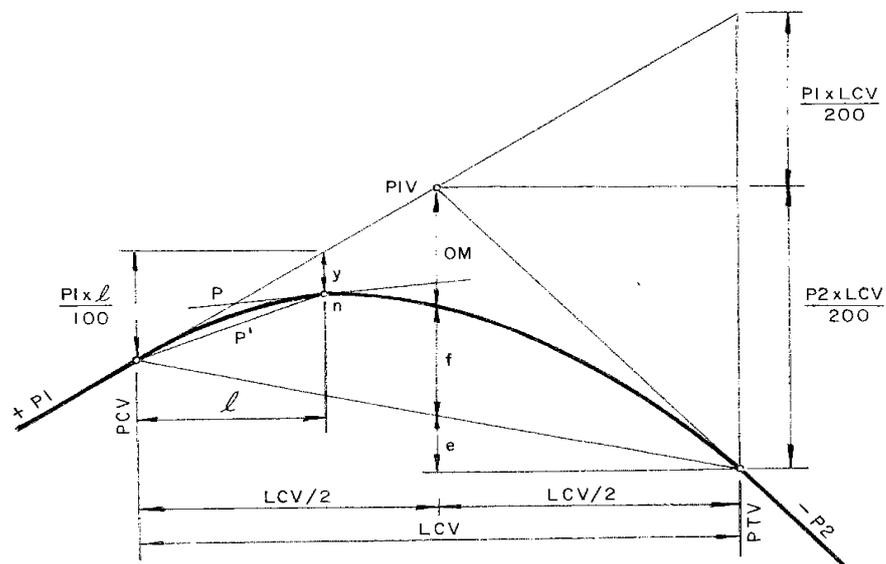
Figura 3. Tipos de curvas verticales



Fuente *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, DGC.*

Las especificaciones de la Dirección General de Caminos tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño. Contando con el perfil del terreno al momento del diseño, se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino.

Figura 4. Elementos que componen una curva vertical



Fuente *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, DGC.*

Donde:

PCV = Principio de la curva vertical

PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV = Final de la curva vertical

n = Punto cualquiera sobre la curva vertical

P1 = Pendiente de la tangente de entrada en %

P2 = Pendiente de la tangente de salida en %

P = Pendiente en un punto cualquiera de la curva en %

P' = Pendiente de una cuerda a un punto cualquiera en %

LCV = Longitud de curva vertical

OM = Ordenada máxima

f = Flecha

ℓ = Longitud de curva a un punto cualquiera sobre la curva

y = Desviación respecto de la tangente en un punto cualquiera

Las longitudes mínimas de curvas verticales se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$L_{cv} = K \cdot A$$

Donde:

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

A = Diferencia algebraica de pendientes

Los valores de K se enumeran en la tabla siguiente:

Tabla I. Valores de K según el tipo de curva y la velocidad de diseño

Velocidad de diseño (Km/hr)	Cóncava (Valores de K)	Convexa (Valores de K)
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente Propia

Se tomará como ejemplo de diseño de una curva vertical la Curva No. 1

Datos:

PIV = 0+100 m

Elevación = 987.58

% Pendiente de entrada = -12.41

% Pendiente de salida = -1.90

Cálculo:

$$A = -12.41 - (-1.90)$$

$$A = -10.51$$

$$A = 10.51$$

$$K = 3.80$$

$$Lcv = 3.80 * 10.51$$

$$Lcv = 40.00$$

2.2.4.1.3 Diseño de localización

Las carreteras clasificadas en la categoría de Carreteras Rurales, constituyen los ejes principales y de mayor significación en la estructura de la red regional centroamericana. Se desarrollan con recorridos que se extienden a lo largo y ancho de todos los países del área, por lo que el entorno que les corresponde es variable, así como también son variables los rangos en los volúmenes de tránsito que sirven y que, al año de diseño, podrían llegar hasta los 20,000 vehículos por día promedio, con límites inferiores sensiblemente bajos de 500 vpd. En las áreas rurales con segmentos de carreteras de alto movimiento vehicular, podrá ser necesario prever su ampliación o reconstrucción a cuatro carriles.

Son recomendables las paradas de autobuses a lo largo de estas carreteras. Los cruces peatonales deben ser demarcados sobre el pavimento, tipo cebra, y situados en los sitios con abundancia de peatones. Las intersecciones deben ser construidas con instalaciones provistas de semáforos de tiempo fijo y/o canalizadas, en los sitios con bastantes vehículos y peatones; en otros sitios con menos intensidad de movimiento, predominará el señalamiento vertical, particularmente las señales de ALTO para el tránsito desde los ramales secundarios de la intersección.

2.2.4.1.4 Diseño de la subrasante

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

La subrasante es la que define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución, por lo que la subrasante es el elemento que más determina el costo de la obra. Por esta razón, un buen criterio para diseñar es obtener la subrasante más económica. El proceso de selección de la rasante es por medio de tanteos, reduciéndose el número de estos únicamente con la experiencia del diseñador. Es necesario apuntar que el relleno es mucho más caro que el corte, por lo que hay que tomar en cuenta tal situación para definir el óptimo diseño.

Para efectuar el diseño de la subrasante se debe contar con la siguiente información:

1. Haber definido el ancho de la carretera (la sección típica).
2. Conocer el alineamiento horizontal del tramo.
3. Tener el perfil longitudinal del tramo.
4. Conocer las secciones transversales, las especificaciones necesarias y los datos de la clase de terreno.
5. Haber determinado puntos obligados; de preferencia el diseñador, deberá haber realizado una inspección en el lugar del tramo, para tener un mayor número de controles.

Se tomó en cuenta que el movimiento de tierra fuera balanceado, para que el costo del camino no fuera muy significativo, como también la pendiente máxima permitida para un camino tipo rural.

2.2.5 Movimiento de tierras

2.2.5.1 Cálculo de áreas de secciones transversales

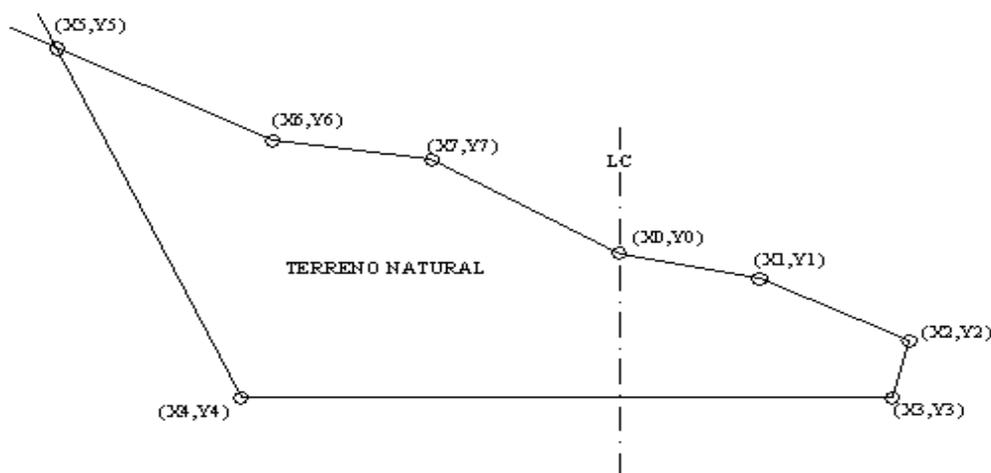
Para el cálculo de las áreas se deben tener dibujadas las secciones transversales de la línea de localización, en estaciones a cada 20 metros y sobreponerle la sección típica que fue seleccionada con los taludes que delimiten las áreas de corte y relleno.

El procedimiento más común es el gráfico, permitiendo medir las áreas, por medio de un planímetro graduado. Para la medición de las secciones, estas deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro procedimiento es a través de las coordenadas que delimitan a la sección de corte y relleno, establecidas por determinantes. Este procedimiento es el método analítico, por lo que se asignan coordenadas totales considerando los vértices del polígono de la sección transversal; al tener identificados todos los vértices del polígono, se aplica el método de determinantes para encontrar el área, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Área} = \frac{(\sum(X_n * Y_{n+1}) - \sum(Y_n * X_{n+1}))}{2}$$

Figura 5. Sección del terreno natural



Fuente *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, DGC.*

2.2.5.2 Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

El cálculo se realiza entre estaciones, regularmente cada 20 metros; si las dos secciones donde se desea obtener el volumen, se encuentran en corte o en relleno, es posible hacerlo con el volumen de un prisma irregular, que corresponde al resultado de la semisuma de las áreas externas por la distancia entre las estaciones.

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

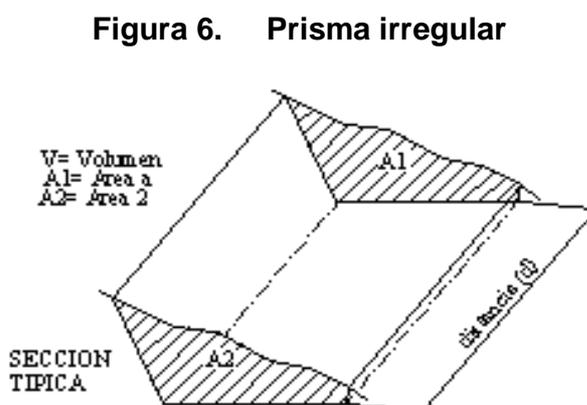
Donde:

V = Volumen (corte o relleno)

A1 = Área estación 1

A2 = Área estación 2

d = Distancia entre estaciones (20 m)



Fuente *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, DGC.*

Ejemplo de cálculo de volúmenes de corte:

De E-0+000 a 0+020

$$V = \frac{0.7387 + 7.9821}{2} * 20.00 \quad V = 89.82m^3$$

De E-0+020 a 0+040

$$V = \frac{7.9821 + 11.0413}{2} * 20.00 \quad V = 125.98m^3$$

Ejemplo de cálculo de volúmenes de relleno:

De E-0+100 a 0+120

$$V = \frac{0.2987 + 7.87}{2} * 20.00 \quad V = 87.21m^3$$

De E-0+120 a 0+140

$$V = \frac{7.87 + 1.21}{2} * 20.00 \quad V = 180.78m^3$$

2.2.6 Diseño hidráulico

2.2.6.1 Diseño de cunetas

Son zanjas o canales abiertos que se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que escurre desde la parte central de esta, y sobre las áreas de taludes. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno, se prolongan a lo largo del pie del relleno, dejando un espacio entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno y origine asentamientos.

Las cunetas deben protegerse de la erosión en pendientes fuertes (arriba de un 10%) cuando su longitud sea mayor de 50 metros, por medio de una fosa de laminación o una alcantarilla de alivio, estructuras escalonadas (disipadores de energía) o recubrimiento total de la sección; debido a que mientras más largas sean, más agua llevarán, por lo que se erosionarán más y resultaría antieconómica la conservación.

Para este proyecto se consideró utilizar cunetas revestidas a ambos lados del camino, debido a la fuerte pendiente que este presenta, evitando así dañar la capa de balasto. En total se construirán 2,207 metros lineales de cunetas revestidas.

2.2.6.2 Bombeo de la superficie

Su función es la evacuación del agua o la humedad que en cualquier forma pueda perjudicar a la carretera. Cuando el agua perjudica la carretera, se encarece el costo de construcción o el mantenimiento a la misma, y hasta se puede llegar a paralizar el tránsito, para lo cual se diseña con un porcentaje del

3% hacia cada lado de la carretera, para que con esto se consiga bombear toda el agua que pudiera caer sobre la carretera hacia ambos lados.

El estudio del drenaje no sólo debe realizarse para el cruce de ríos y riachuelos, sino que para cualquier obra de drenaje por pequeña que sea, ya que de este diseño depende en gran parte la vida de la carretera.

Drenaje pluvial

Se conoce con este nombre al sistema de drenaje que conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento. Para que un camino tenga buen drenaje, debe evitarse que el agua circule en cantidades grandes por el mismo, pues se destruyen los pavimentos y se forman baches; así también evitar que se estanque en las cunetas y reblandezca la terracería, lo que provocaría pérdida de estabilidad.

El drenaje, denominado también como obra de arte, puede clasificarse en:

- Transversal (tuberías, bóvedas, puentes, badenes, etc.)
- Longitudinal (cunetas y contracunetas)
- Subdrenaje

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal, que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionados por las cargas vivas y de impacto, debiendo respetar las profundidades mínimas establecidas.

Esta profundidad se mide a partir de la superficie de la subrasante, hasta la parte superior del tubo; para este diseño se determinó una profundidad de 1.20 metros, debido a la carga que transportarán los vehículos.

Drenaje transversal

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

Entre estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada 200 metros máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando diámetros de 30" como mínimo. En el proyecto se tomó en cuenta este parámetro, así como los criterios observados en el campo debido a factores físicos, donde se determinó colocar drenajes transversales a menos de 200 m. y utilizar tuberías de 36" de diámetro en la estación cuatro del tramo 1 y estación nueve del tramo 2.

Como obras de protección pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida y tragantes en la entrada, cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas.

Cuando se trate de corrientes cuya área de descarga no pase de 2 metros cuadrados se les construirán muros cabezales y en lugar de tragantes de entrada se instalarán aletones rectos, a 45° o en "L".

En la descarga del cabezal de salida se colocará piedra bola, como disipador de energía del agua, evitando así la erosión en el suelo, debido a la fuerza generada por la altura desde donde sale.

El colchón mínimo para la protección de la tubería, deberá ser de 1.20 metros, para que la carga viva se considere uniformemente distribuida. Este parámetro fue considerado debido al desplazamiento de vehículos de carga.

2.2.6.3 Contracunetas

Son zanjas o canales que se construyen en lugares convenientes, para evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual fue diseñada.

Las contracunetas se construyen transversales a la pendiente del terreno, las que interceptan el paso del agua y la alejan de los cortes y rellenos. Cuando el camino sigue la dirección de la misma pendiente del terreno, no se debe construir contracunetas.

Corrientes naturales

En las corrientes naturales se determina el nivel máximo de flujo para la creciente de diseño y se compara con el nivel a cauce lleno. Cuando este último resulta inferior que el de la creciente, se presentan desbordamientos, los cuales afectarán una zona inundable adyacente, cuya amplitud debe determinarse.

La capacidad del cauce puede ampliarse mediante la ejecución de dragados. Para garantizar la estabilidad de las secciones de flujo se diseñan obras de encauzamiento y de protección de márgenes. En cada diseño particular se debe tener en cuenta tanto la magnitud de la carga de sedimentos que transporta la corriente natural, como los efectos que las obras pueden causar aguas arriba y abajo de su localización.

2.2.7 Estudio de suelos

Los procedimientos de ensayo se realizan para determinar la resistencia del suelo, establecer su clasificación, y así tener un criterio para el control de la construcción.

Las pruebas que se practican a los suelos en el laboratorio, tienen como finalidad descubrir la mejor manera de manejarlos, para obtener los mejores resultados y determinar qué tan buenos pueden ser.

Un buen programa de estudio de suelos deberá abarcar:

- a. Toma de muestras de materiales representativos
- b. Realización de los ensayos respectivos
- c. Proveer los datos obtenidos para el proyecto

Las pruebas que deben realizarse a las muestras en el laboratorio son:

- Ensayo del peso unitario suelto
- Análisis granulométrico
- Ensayo de Límites de Atterberg
- Ensayo de compactación
- Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)
- Chequeo de compactación en el campo

2.2.7.1 Análisis para la clasificación del suelo

2.2.7.1.1 Análisis granulométrico

En la clasificación de los suelos se acostumbra utilizar algún tipo de análisis granulométrico; este ensayo constituye una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

El análisis granulométrico de una masa de suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Se realiza por medio de tamices superpuestos; se coloca el tamiz de mayor separación en la parte superior y se reduce la abertura de los sucesivos. Los tamices son hechos de malla de alambre forjado, con aberturas rectangulares que van en tamaño desde 101.6 mm (4plg) en la serie más gruesa, hasta el número 400 (0.038 mm) en la serie correspondiente a suelo fino.

Con el porcentaje de material retenido a través de la norma AASHTO T-27, se hace la respectiva clasificación del tipo de suelo con que se cuenta.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del suelo retenido}}{\text{Peso total del suelo}} \times 100$$

(Manual de laboratorio de mecánica de suelos)

2.2.7.1.2 Límites de consistencia

Sirven para determinar las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por su contenido de humedad.

2.2.7.1.2.1 Limite líquido

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación; ambos límites juntos, son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen.

En el ensayo se utiliza el material que pasa por el tamiz No. 40, mezclándolo con agua hasta formar una pasta suave. Se coloca en el platillo del aparato de Casagrande hasta llenarlo aproximadamente en 1/3 de su capacidad, formando una masa lisa. Se divide esta pasta en la manivela del aparato a razón de dos golpes por segundo; se cuenta el número de golpes necesarios para que el fondo del surco se cierre en una longitud de ½" aproximadamente. El número de golpes debe ser de 15 a 35. Luego se toma la muestra y se determina su contenido de humedad.

2.2.7.1.2.2 Limite 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 de un fluido viscoso.

Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido. Se tiene que dejar secar hasta que posea una consistencia que no tenga adherencia a la palma de la mano, se hace rodar con la palma de la mano sobre una superficie lisa no absorbente (vidrio), se forman cilindros de aproximadamente 1/8". Por medio del manipuleo de estos cilindros, se va reduciendo el contenido de humedad hasta que el cilindro empieza a desmoronarse. En este instante se determina el contenido de humedad y este es el valor del límite plástico.

2.2.7.1.2.3 Índice 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 (I.P.) igual a cero, el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

2.2.7.2 Ensayos para el control de la construcción

2.2.7.2.1 Determinación del contenido de humedad

La humedad o contenido de agua en una muestra de suelo, es la relación del peso del agua contenida en la muestra, con el peso de la muestra ya seca, expresada como tanto por ciento.

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentajes. Es la cantidad de agua presente en el suelo. Este es el ensayo más usado, pues es necesario para el ensayo de compactación Proctor, el ensayo del valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo.

2.2.7.2.2 Densidad máxima y humedad óptima

El procedimiento para determinar la densidad máxima y humedad óptima por medio del proctor modificado (AASHTO T-180) consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz $\frac{3}{4}$ ", añadir agua y compactarlo en un molde cilíndrico de 944 cm^3 en tres capas, con 25 golpes por capa, con un martillo de compactación de 4.5 libras de peso y con una caída libre de 12 plgs. Luego de compactada la muestra, esta es removida del molde y desbaratada nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo. Se añade más agua a la muestra, con el fin de obtener una muestra más húmeda y homogénea y se procede a hacer nuevamente el proceso de compactación.

Esta secuencia se repite sucesivamente hasta obtener datos que permitan mostrar una curva de densidad seca contra contenido de humedad, con un punto máximo y puntos alrededor de ese máximo, para definir adecuadamente su localización. La ordenada de este diagrama es la densidad seca, y la ordenada máxima es el valor del peso unitario seco máximo del suelo. La abscisa correspondiente a este punto será el contenido de humedad óptimo.

La curva de compactación se asemeja generalmente a una parábola. Cada suelo tendrá su propia curva de compactación, que es característica del material y distinta de los otros suelos.

Para carreteras en Guatemala es obligatorio el uso del ensayo Proctor modificado. El proceso analítico debe hacerse según lo descrito en la norma AASHTO T-180. Para un ensayo se necesitan 15 kilogramos de suelo que pasen por el tamiz $\frac{3}{4}$ " para suelos granulares o que pasen el tamiz #4 para suelos finos.

2.2.7.2.3 Ensayo de equivalente de arena

Se realiza con la finalidad de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

Este ensayo consiste esencialmente en una serie de mediciones en la suspensión del suelo; mediante una solución básica de agua con cloruro de calcio mezclado con formaldehído y glicerina.

El ensayo se realiza principalmente cuando se trata de materiales que se usarán para base, subbase y bancos de préstamo.

Para un ensayo se necesitan 500 gramos de suelo que pase por la malla #4. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T-176

2.2.7.3 Análisis para la determinación de resistencia

2.2.7.3.1 Ensayo de valor soporte del suelo (C.B.R.)

El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

El CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido, para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

Se debe hacer el CBR sobre muestras a diferentes grados de compactación a la humedad óptima, después se elabora un diagrama de CBR contra densidad de donde se puede determinar el valor de CBR a la densidad deseada, según las especificaciones de construcción que deba cumplir el material. Sin embargo, el CBR también puede hacerse sobre una muestra compacta con el contenido de humedad óptimo, para un suelo específico, utilizando un ensayo de compactación proctor ya sea estándar o modificado.

En el laboratorio, ordinariamente, deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un período de 96 horas o más. Bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utiliza en el campo, pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es durante este período cuando se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del período de saturación se hace la penetración para obtener el valor de CBR, para el suelo en condiciones de saturación completa.

El ensayo con la muestra saturada cumple con dos propósitos: el primero dar información sobre la expansión esperada en el suelo, bajo la estructura del pavimento cuando el suelo se satura. El segundo dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El valor final del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasantes bajo pavimentos de carreteras o aeropistas.

Finalmente, el CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente, el valor de CBR se convierte en módulo de valor soporte del suelo (tal como lo hace el método de la AASHTO para diseño de pavimentos flexibles). El procedimiento para el CBR lo indica la norma AASHTO T-193.

Tabla III. De acuerdo con el número de CBR, se clasifica el tipo de suelo y su uso

Número de CBR	Clasificación general	Usos
0 - 3	Muy pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre o regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Subbase
20 - 50	Bueno	Subbase, base
50 o más	Excelente	Base

Fuente: Manual de laboratorio de mecánica de suelos.

2.2.7.4 Análisis de resultados

Teniendo a la vista los resultados de laboratorio de Suelos, se realizó el análisis de acuerdo con los requerimientos que da el *Libro Azul de Caminos*, en su sección 209, para suelos en Guatemala, en el cual dice que el peso unitario suelto no debe ser menor a 90 lb/pie³, teniendo nuestro material 117.4 lb/pie³. La porción del balasto retenida en el tamiz No. 4, debe estar comprendida entre el 60% y el 40% en peso; para lo cual en relación con el resultado de laboratorio, se tiene que el porcentaje retenido en el tamiz No. 4 es el 43.6%, lo cual es aceptable y este debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, siendo el del material en estudio de 33.5, lo cual también es aceptable. La porción que pase el tamiz No. 40 debe tener un límite líquido no mayor de 35 siendo el del presente material igual a 30.8; así también debe tener un índice de plasticidad entre 5 y 11 siendo el del material en estudio igual a 7.0; estos dos resultados también son aceptables. Por último, la porción de material que pase el tamiz No. 200 no debe exceder de 15% en peso, siendo el del material en estudio igual a 14.2%.

De acuerdo con la comparación realizada entre los análisis que se han tenido a la vista y las especificaciones de la sección 209 del Libro Azul de Caminos se puede verificar que el material que se utilizará para capa de Balasto en el proyecto “APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE TEJUTLA, SAN MARCOS”, Banco de Materiales, ubicado en el Km. 283 RN12 NORTE, es ACEPTABLE.

Los resultados de los ensayos de suelo se ilustran en el apéndice B.

2.2.8 Especificaciones técnicas

Replanteo topográfico

El contratista debe suministrar cuadrillas de topografía técnicamente calificadas, capaces de ejecutar el trabajo en tiempo y con la exactitud requerida. Siempre que se estén realizando trabajos topográficos de replanteo, deberá estar presente en el proyecto, un supervisor calificado para la cuadrilla. Este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, del equipo necesario y del material para efectuar levantamientos y replanteos topográficos, cálculos y registros de datos para el control del trabajo.

Limpia, chapeo y destronque

Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros. Este trabajo consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamos. El trabajo

también incluye la debida preservación de la vegetación que se deba conservar, a fin de evitar cualquier daño que se pueda ocasionar a la carretera o a cualquier propiedad.

Corte

Es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.

La excavación se debe efectuar de conformidad con la alineación, pendientes, dimensiones y detalles mostrados en planos. Ningún material excavado de cualquier ampliación, debe ser dispuesto de manera inadecuada a fin de que no obstaculice el drenaje de la carretera.

Relleno

Es la estructura que se construye con los materiales que se especifican en esta sección y en capas sucesivas, hasta la elevación indicada en los planos. El relleno debe ser construido en capas sucesivas horizontales y de tal espesor que permita la compactación especificada en esta sección. En los rellenos, cada capa se debe compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T 180; y los 300 milímetros superiores deben compactarse como mínimo al 95 % de la densidad máxima determinada por el método citado.

Estabilización de la subrasante

Es la operación que consiste en escarificar, incorporar materiales estabilizadores (si se requieren), homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar

y compactar la mezcla de la subrasante con materiales estabilizadores (dependiendo del tipo de suelo y del CBR obtenido), para mejorar sus características mecánicas, adecuando su superficie a la sección típica y elevaciones de subrasante establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros.

Colocación de la capa de balasto

Es la capa de balasto destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito hacia la subrasante, de tal manera que las pueda soportar, tiene un espesor mínimo de 0.15 m.

Es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura. Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de la capa de balasto, de acuerdo con el espesor total mostrado en los planos y lo descrito en las especificaciones. Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/metro³ (90 lb/pie³) determinado por el método AASHTO T 19.

El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, debe ser removido y dispuesto adecuadamente para que no obstaculice el drenaje.

Drenajes transversales

Este trabajo consiste en suministrar, acarrear y colocar las alcantarillas de los diámetros, medidas y clases requeridas en los planos; debiendo colocarse sobre una cama adecuadamente preparada, de acuerdo con los planos. La tubería de metal corrugado tendrá un diámetro de 30" y 36" indicados en planos, con una longitud de 4.5 m y un ángulo de desviación de 5° para no interrumpir el flujo del agua.

Cajas y cabezales

Son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto clase 17.5 MPa (2500 psi), colocados en los extremos de las alcantarillas (entrada y salida), para encauzar el agua y proteger la carretera.

Las cajas tendrán 1.00 x 1.00 x 1.00 a rostros interiores y un espesor de pared de 0.20 m. Los cabezales deben ser de los tipos y dimensiones, indicados en los detalles adjuntos.

Cunetas revestidas

Son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera, hechas de concreto simple fundido en sitio y no de concreto ciclópeo, que sirven para conducir hacia el desfogue, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes. Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las cunetas revestidas, deben ser las indicadas en los planos. Antes de construir cualquiera de los trabajos mencionados anteriormente, se debe conformar y compactar la superficie de las cunetas y retirar cualquier materia extraña o suelta que se encuentre entre las mismas.

Proyección horizontal

Radio según velocidad de diseño (20 km/hora)

Bombeo 3% mínimo, 5 % máximo

Revestimiento de material balasto con un espesor de 0.15 metros.

Taludes

Corte:

1/3 de 7 m en adelante

1/2: 1 de 3 a 7 m

1: 1 de 0 a 3 m

Relleno:

2: 1 de 0 a 3 m

1 ½: 1 de 3 m. en adelante

Acabados para los cabezales

Además de cumplir con todos los detalles de construcción especificados anteriormente, la alcantarilla completa debe mostrar un acabado cuidadoso en todos los aspectos. Se rechazarán las alcantarillas en las cuales la apariencia de los cabezales no sea la adecuada, para eso será necesario repellar y darle un acabado uniforme.

Como tal, puede ser causa de rechazo, que la alcantarilla tenga los siguientes aspectos:

- Forma defectuosa
- Variación de la línea recta central
- Bordes dañados
- Cabezales sin desfogue y/o mal acabado

2.2.9 Presupuesto

2.2.9.1 Cuantificación por renglones

Para la cuantificación de los materiales, se tomaron en cuenta los planos del diseño que fueron elaborados mediante los parámetros técnicos para la construcción de caminos rurales:

- Superficie de rodadura: 4.00 metros
- Bombeo lateral de 3% mínimo y 5% máximo
- Cunetas de 0.50 metros de ancho y 0.25 m. de profundidad
- Pendiente máxima: 19%
- Pendiente mínima: 0.60%
- Tránsito no mayor de 20 vehículos por día
- Velocidad de diseño 20 kilómetros por hora
- Cunetas naturales: 3,880.90 metros lineales
- Longitud total del estudio topográfico: 1.970 kilómetros
- Longitud total de diseño: 1.970 kilómetros

2.2.9.2 Integración de costos unitarios por renglón

La integración del presupuesto es una base importante para cualquier proyecto de ingeniería; deben estimarse las cantidades de materiales y de trabajos que conlleva la realización del proyecto, obteniendo los costos del mismo para poder obtener el precio final de la ejecución.

A continuación se presenta el resumen general del presupuesto.

Tabla XX. Resumen general presupuesto diseño del camino rural

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Q.)	Costo total (Q)
1	Trabajos preliminares	1970,45	ml	4,75	9.359,64
2	Movimiento de tierra - Corte	34732,82	metro ³	19,50	677.289,99
3	Movimiento de tierra - Relleno	1292,13	metro ³	42,60	55.044,74
4	Estabilización de la subrasante	7881,80	metro ²	5,75	45.320,35
5	Capa de balasto	1182,27	metro ³	124,55	147.251,73
6	Drenaje transversal - tubería 30"	48,00	ml	1.833,40	88.003,20
8	Caja receptora de agua	8,00	unidades	2.105,53	16.844,24
9	Cabezal de salida de alcantarilla	8,00	unidades	1.888,31	15.106,48
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					1.054.220,36
Costo total / Km					535.137,24

Fuente Propia

2.2.9.3 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto asciende a la cantidad de un millón cincuenta y cuatro mil doscientos veinte quetzales con treinta y seis centavos (Q. 1,054,220.36).

2.2.10 Cronograma de ejecución física

TABLA V. Cronograma de ejecución física

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA												
APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, TEJUTLA, SAN												
				<i>MESES</i>								
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	1	2	3						
1	Trabajos preliminares	1970,45	ml	■								
2	Movimiento de tierra - Corte	34732,82	metro ³		■							
3	Movimiento de tierra - Relleno	1292,13	metro ³		■							
4	Estabilizacion de la subrasante	7881,80	metro ²			■						
5	Capa de balasto	1182,27	metro ³			■						
6	Drenaje transversal - tuberia 30"	48,00	ml				■					
7	Caja receptora de agua	8,00	unidades					■				
8	Cabezal de salida de alcantarilla	8,00	unidades						■			
TOTAL PRESUPUESTO												

Fuente Propia

Tabla VI. Cronograma de inversión

CRONOGRAMA DE INVERSION										
APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, TEJUTLA, SAN MARCOS										
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MESES						TOTAL Q.
				1	2	3				
1	Trabajos preliminares	1970.45	ml	Q9.359,64						Q9.359,64
2	Movimiento de tierra - Corte	34732,82	metro ³	Q677.289,99						Q677.289,99
3	Movimiento de tierra - Relleno	1292,13	metro ³	Q55.044,74						Q55.044,74
4	Estabilizacion de la subrasante	7881,80	metro ²	Q13.596,10	Q31.724,25					Q45.320,35
5	Capa de balasto	1182,27	metro ³		Q147.251,73					Q147.251,73
6	Drenaje transversal - tubería 30"	48,00	ml		Q26.400,96	Q61.602,23				Q88.003,19
7	Caja receptora de agua	8,00	unidades			Q16.844,24				Q16.844,24
8	Cabezal de salida de alcantarilla	8,00	unidades			Q15.106,48				Q15.106,48
TOTAL Q.				Q755.290,47	Q205.376,94	Q93.552,95				Q1.054.220,36

Fuente Propia

2.2.11 Evaluación de impacto ambiental

Limpieza y desmante

Impacto

En la limpieza y eliminación de la vegetación y otro tipo de material dentro del derecho de vía de la carretera, área de campamentos y posibles bancos de material, el impacto podrá darse debido al escurrimiento del agua superficial arrastrando el material eliminado.

Medida de mitigación

El material vegetal se ubicará en áreas planas, donde no exista posibilidad de arrastre debido al escurrimiento del agua superficial; dicho material está

constituido por materia orgánica, la cual, al sufrir descomposición, favorece al suelo.

Otro tipo de material además de la vegetación, debe ubicarse en áreas seleccionadas denominadas botaderos.

Manejo y disposición final de desechos sólidos

Impacto

Los desechos sólidos no deberán de arrojarse en áreas con pendientes debido que pueden llegar a los cuerpos de agua superficial y evitar la erosión del suelo y sedimentación en los cuerpos de agua.

Medida de mitigación

La vegetación y materia orgánica, como otros desechos sólidos deben transportarse hacia los sitios de botaderos propuestos como las áreas de explotación de los bancos.

Las áreas deben recomfortarse con suelo fértil mezclado con materia orgánica y luego reforestarse con especies como Gravileas u otras plantas propias de la zona, que sean de rápido crecimiento. Para los desechos sólidos que se generen de los campamentos y talleres como llantas, baterías, filtros, chatarra y cualquier otro desperdicio sólido, deben enterrarse en algún sitio del taller.

Manejo y disposición final de desechos líquidos

Impacto

Los desechos líquidos, aceites, grasas, hidrocarburos, etc. pueden contaminar la fuente de agua si no se llevan a cabo las acciones que se proponen.

Medida de mitigación

Los aceites deberán de recolectarse en toneles y utilizarse en el curado de madera y en formaletas; el sobrante puede transportarse para su reciclaje.

El líquido electrolítico de las baterías debe depositarse en recipientes plásticos para que sea reutilizable en otras baterías.

Mantenimiento correctivo y preventivo

Impacto

Consiste en la limpieza del derecho de vía, recuperación del balasto que se ha perdido y limpieza de alcantarillas el cual puede generar impactos al agua del drenaje superficial, si los desechos sólidos y líquidos no son manejados adecuadamente.

Medida de mitigación

Los desechos sólidos deben depositarse fuera del derecho de vía de la ruta en las áreas recomendadas como botaderos.

Ambiente sonoro en el establecimiento y funcionamiento de campamentos

Impacto

Depende de la ubicación del campamento, puede afectar el sistema auditivo de la población. Se recomienda que las áreas propuestas se ubiquen alejadas de comunidades cercanas, si pasa de 90 decibeles se debe utilizar bloqueador físico del ruido para el oído.

Medida de mitigación

Toda la maquinaria debe estar en buen estado además de contar con silenciadores que aminoren el ruido y no sobrepasar las normas establecidas, como superar los 65 decibeles de sonoridad; además, el personal que labora debe usar orejeras de cono completo o tapones para los oídos.

Acarreo de material

Impacto

El acarreo de material de los bancos así como de cortes y rellenos, afecta directamente a las poblaciones adyacentes a la ruta.

Medida de mitigación

Que la circulación del tránsito que acarreará el o los materiales se haga en horario durante el día, de preferencia de las 8 de la mañana a las 5 de la tarde, y, la flota vehicular debe estar en buen estado y con el mantenimiento adecuado.

Suelo (limpieza y desmonte)

Impacto

El desmonte del área de derecho de vía deja expuesto el terreno a la erosión laminar en canales, y hasta cárcavas; lo cual induce a realizar otras actividades para protección del suelo que elevarían el costo de la obra.

Medida de mitigación

Que la materia orgánica como gramíneas y herbáceas sea depositada en el derecho de vía de la ruta a fin de favorecer su descomposición y ayudar indirectamente a la regeneración de otras especies; para que el suelo no esté expuesto a la erosión, se deben dejar las especies de arbustos y herbáceas que ayuden al sostenimiento y estabilidad del mismo.

Establecimiento y funcionamiento de campamentos

Impacto

Con esta actividad ocurren cambios en el uso del suelo debido a la eliminación de la vegetación y la nivelación del terreno, lo cual viene a cambiar su geomorfología original.

Medida de mitigación

Se deben eliminar todos los desechos sólidos del suelo y luego reconfortarlo agregando una capa de suelo fértil; de preferencia aquella que fue eliminada al inicio, mezclándolo con materia orgánica.

Reforestar el área con especies de árboles de preferencia Gravilea, o en su defecto, las que sean comunes en el área y se encuentren en los viveros cercanos; si esto no fuera posible, podrá sembrarse gramíneas.

2.2.12 Evaluación socioeconómica

Cuando se analizan los costos se ha de determinar el impacto socioeconómico del proyecto. La evaluación tiene como propósito principal identificar los beneficios y luego valorizarlos adecuadamente, para elaborar indicadores de su rentabilidad social a través del análisis de beneficio costo.

Para hacer la evaluación del proyecto, el flujo de beneficios se elaborará de acuerdo con la naturaleza de los beneficios establecidos. En todo caso deben definirse y medirse los beneficios incrementados, ciclo con ciclo, los cuales deben ser atribuidos exclusivamente al proyecto; es decir, aquellos que resulten de la presencia del proyecto en la comunidad.

2.2.12.1 Valor presente neto

Este proyecto es de carácter social ya que es una necesidad básica para la sobrevivencia de los habitantes del casco urbano de Sololá, de manera que

es una inversión gubernamental y esta nunca recuperará su inversión inicial; el beneficio se reflejará en la calidad de vida de los beneficiados.

El valor presente neto designa una cantidad presente o actual de dinero. Sobre la escala de tiempo ocurre en el punto cero o en cualquier otro punto desde el cual se escoge medir el tiempo. El concepto de valor presente se basa en la creencia de que el valor del dinero se ve afectado por el tiempo en que se recibe.

El valor presente neto se interpretará de la siguiente forma:

Inversión inicial (costo total del proyecto) Q. 1,054,220.36

Costo de operación y mantenimiento Q. 1,154.64/mes

Q. 13,855.58/anual

Estos costos tendrán que erogar los pobladores anualmente, durante 20 años.

Valor presente neto:

n: 20 años

Tasa de interés anual: 10%

$$\text{VPN} = \text{inversión inicial} - \text{costos de operación y mantenimiento} * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

$$\text{VPN} = 1,054,220.36 - 13,855.58 * \left[\frac{(1+0.10)^{20} - 1}{0.10} \right]$$

$$\text{VPN} = \text{Q. } 1,054,220.36 - \text{Q. } 123,226.32$$

$$\text{VPN} = \text{Q. } 930,994.04$$

Desde el punto de vista social, el proyecto es factible y rentable.

2.2.12.2 Tasa interna de retorno

Se interpreta como la tasa mínima que tiene un proyecto para recuperar su inversión inicial. Dicha inversión no se recuperará, debido a que no es un proyecto autosostenible.

CONCLUSIONES

1. La construcción del proyecto del diseño del camino rural, beneficiará con un acceso adecuado y cómodo a 47 familias; el mismo tendrá un costo total de Q. 1,054,220.36.
2. La construcción del proyecto de camino rural, impulsada por la municipalidad, mejorará tanto la calidad como el nivel de vida de los habitantes, para lograr el crecimiento y desarrollo del municipio y sus comunidades.
3. Según la evaluación de impacto ambiental, la construcción del proyecto no es perjudicial, ya que no ocasiona daños relevantes al entorno natural.

RECOMENDACIONES

1. Una vez ejecutado el proyecto del camino rural, organizar un comité de limpieza y mantenimiento para las cunetas y drenajes, éstas deben limpiarse por lo menos una vez al mes en tiempo de verano, y en invierno dos veces por mes y solicitar oportunamente a quien corresponda el mantenimiento anual con maquinaria.
2. Verificar que el proyecto sea construido de acuerdo con las normas, especificaciones técnicas y detalles constructivos proyectados en planos y memorias de cálculo, presentados en este documento.
3. Comprobar que el personal que trabajará en la construcción del proyecto, sea calificado y contratar un Ingeniero Civil, Colegiado Activo, que funja como Residente para su respectiva supervisión; a fin de que se cumpla con las normas y especificaciones técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo Villalaz, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. 4ª ed. México: Editorial Limusa, 1999.
2. Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales Para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala: Litografía Guatemalteca, septiembre 2001.
3. *Memoria digital de la municipalidad de Tejutla*, realizada en los años 2006-2007.
4. *Observación del autor*, realizada en la aldea cancela grande durante el año 2010 las cuales han sido útiles para complementar la memoria digital de la municipalidad de tejutla.
5. SIECA-USAID. Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras. Secretaría de Integración Económica Centroamericana -. Guatemala, noviembre de 2002.
6. Unidad Ejecutora de Conservación vial –COVIAL-. *Especificaciones Especiales*, Edición 2004. Guatemala, s.e., 2004.

APÉNDICE A

LIBRETA TOPOGRÁFICA DISEÑO DEL CAMINO RURAL

LIBRETA TOPOGRAFICA

COD	EST	P.O.	ACIMUTES, SEXAGESIMALES			DIST HOR	DISTANCIA ACUMULADA (en mts)	Cota final
			GRADO	MINUTO	SEG			
EST		E1					0,00	1000,00
EST	E1	E2	36	33	53,22	25,89	25,89	998,05
EST	E2	E3	105	7	18,22	28,65	54,54	993,44
EST	E3	E4	116	44	29,63	117,91	172,45	986,21
EST	E4	E4.2	99	55	26,22	7,34	179,79	997,94
EST	E4.2	E4.1	101	35	25,02	11,46	191,25	996,20
EST	E4.1	E5	108	20	56,55	58,63	249,88	991,42
EST	E5	E5.1	109	48	18,22	52,10	301,98	986,45
EST	E5.1	E5.2	107	44	56,33	27,04	329,02	983,41
EST	E5.2	E6	108	13	32,16	39,43	368,46	978,02
EST	E6	E7	97	4	58,22	29,12	397,58	975,24
EST	E7	E7.1	116	12	48,22	25,09	422,67	971,61
EST	E7.1	E8	113	50	34,47	30,28	452,95	966,68
EST	E8	E9	86	55	55,22	13,54	466,49	966,76
EST	E9	E9.3	147	43	27,22	27,79	494,28	967,03
EST	E9.3	E10	147	57	0,25	36,21	530,49	967,55
EST	E10	E10.1	162	20	58,22	43,60	574,09	968,57
EST	E10.1	E10.4	160	21	45,00	31,93	606,02	970,94
EST	E10.4	E11	157	45	55,42	36,14	642,16	974,68
EST	E11	E11.1	147	12	18,22	22,20	664,36	975,47
EST	E11.1	E12	131	43	55,68	5,56	669,92	975,55
EST	E12	E12.1	126	40	25,22	6,62	676,54	975,33
EST	E12.1	E12.2	226	33	13,55	13,95	690,49	976,09
EST	E12.2	E12.3	211	56	56,57	17,45	707,95	978,70
EST	E12.3	E13	202	58	23,37	39,62	747,57	980,47
EST	E13	E14	169	1	28,34	43,47	791,04	983,60
EST	E14	E14.1	145	2	50,34	8,80	799,84	984,57
EST	E14.1	E14.2	228	19	2,93	5,63	805,47	984,29
EST	E14.2	E14.3	255	28	34,33	22,80	828,27	984,85
EST	E14.3	E15	245	36	37,07	21,25	849,52	988,07
EST	E15	E15.1	189	55	6,34	24,29	873,81	992,70
EST	E15.1	E16	189	52	53,44	30,52	904,33	995,87
EST	E16	E16.5	202	21	44,34	53,77	958,10	992,80
EST	E16.5	E17	207	15	30,69	38,86	996,96	996,94
EST	E17	E17.1	176	43	29,66	23,98	1020,94	997,94

COD	EST	P.O.	ACIMUTES, SEXAGESIMALES			DIST HOR	DISTANCIA ACUMULADA (en mts)	Cota final
EST	E17.1	E18	191	2	48,00	15,80	1036,74	999,12
EST	E18	E18.1	198	40	48,34	42,18	1078,92	1001,02
EST	E18.1	E19	199	21	15,83	27,12	1106,04	1002,34
EST	E19	E19.1	200	45	46,34	14,37	1120,41	1003,80
EST	E19.1	E19.2	213	3	36,66	17,52	1137,93	1006,54
EST	E19.2	E20	202	3	36,59	29,68	1167,61	1010,57
EST	E20	E20.1	186	0	0,34	34,81	1202,42	1015,74
EST	E20.1	E20.2	185	30	27,36	33,69	1236,11	1020,10
EST	E20.2	E20.3	190	46	7,29	26,60	1262,72	1024,14
EST	E20.3	E21	181	57	29,73	31,13	1293,84	1029,58
EST	E21	E22	158	40	51,34	43,80	1337,64	1015,72
EST	E22	E22.1	129	36	1,46	19,14	1356,78	1013,86
EST	E22.1	E23	136	23	9,00	31,16	1387,94	1012,08
EST	E23	E24	116	8	10,34	19,74	1407,68	1012,89
EST	E24	E24.1	108	7	7,22	12,39	1420,07	1010,81
EST	E24.1	E25	105	58	58,09	25,67	1445,74	1006,09
EST	E25	E25.1	126	25	25,34	27,44	1473,18	1001,00
EST	E25.1	E25.2	137	30	51,33	18,80	1491,98	998,60
EST	E25.2	E26	129	25	15,21	17,82	1509,80	996,34
EST	E26	E26.2	98	42	15,22	62,61	1572,41	985,65
EST	E26.2	E27	102	58	1,68	49,21	1621,62	979,63
EST	E27	E28	113	59	46,22	9,60	1631,22	977,75
EST	E28	E28.1	234	21	32,22	29,54	1660,76	973,36
EST	E28.1	E29	141	0	32,60	7,18	1667,94	978,42
EST	E29	E29.1	93	14	8,22	21,28	1689,22	974,39
EST	E29.1	E30.1	80	9	12,45	31,89	1721,11	966,77
EST	E30.1	E31	99	35	38,99	39,23	1760,33	958,38
EST	E31	E32	120	32	56,22	63,90	1824,23	952,56
EST	E32	E33	107	52	25,22	23,25	1847,48	948,54
EST	E33	E33.1	123	56	27,22	47,85	1895,33	943,93
EST	E33.1	E34.2	97	23	49,58	50,59	1945,93	938,63
EST	E34.2	E34.3	94	33	34,49	24,55	1970,48	932,81
EST	E34.3	E35	28	34	31,67	6,68	1977,16	932,30

APÉNDICE B

RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS DISEÑO DEL CAMINO RURAL



RESUMEN SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS

BALASTO

INTERESADO: AXEL GONZÁLEZ ANGEL
 PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA, ALDEA CANCELA GRANDE, TEJUTLA, SAN MARCOS
 FECHA: AGOSTO DE 2010
 BOLSA NO. 0001
 BANCO: UBICADO EN EL KM 283 RN 12 NORTE
 EXAMEN VISUAL: GRAVA CON ARENA LIMO ARCILLOSA

DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES.
PROCTOR P.U.S. (LIBRAS POR PIE CUBICO):	117.4	
% DE HUMEDAD OPTIMA:	12.9	
PESO UNITARIO:	95.7	NO MENOR DE 80 LB./PIE ³
% DE CONTRACCION:	18.5	
ABRASION TIPO: A	33.5	MAXIMO 60
LIMITE LIQUIDO:	30.8	MAXIMO 35
LIMITE PLASTICO:	23.8	
INDICE DE PLASTICIDAD:	7.0	ENTRE 05 Y 11
INDICE DE GRUPO:	2.0	

GRANULOMETRIA

AASHTO T - 11

TAMIZ	% PASA	TAMIZ	% PASA	ESPECIFICACIONES
2"	90.1	No. 4	56.4	40 - 60
1 1/2"	82.1	No. 10	40.8	
3/4"	71.7	No. 100	20.5	
3/8"	66.3	No. 200	14.2	MAXIMO 15%

OBSERVACIONES:

- 1) MUESTRA TRAIDA AL LABORATORIO GEOTECNICO ISRAEL
- 2) SEGUN ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES LIBRO AZUL 2001



8a Av. 14-42 zona 2 Sololá, Sololá
 Telefax: 7762-3183 Tel: 5514-5318 y 5514-5468
 E-mail: Benjaminsapon@gmail.com



INTERESADO: AXEL GONZÁLEZ ANGEL

FECHA: AGOSTO DE 2010

BOLSA NO. 001

BANCO: UBICADO EN KM 283 RUTA RN 12 NORTE

PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA, ALDEA CANCELA GRANDE, TEJUTLA, SAN MARCOS

EXAMEN VISUAL: GRAVA CON ARCILLA LIMO ARCILLOSA

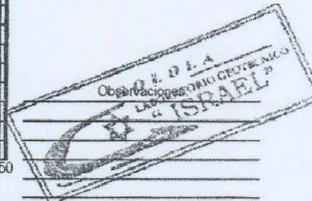
GRANULOMETRIA Y LIMITES

CURVA DE FLUJO:



RESUMEN:

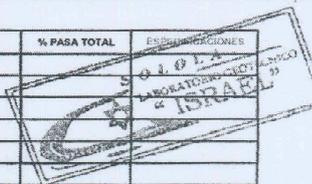
Limite Liquido: **30.8**



LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			INDICE PLASTICO		
TARRO:	7	8	9	TARRO:	10	11	13		
P.B.H.	36.25	35.33	35.87	P.B.H.	24.87	24.36		L.L.	30.8
P.B.S.	30.18	30.00	30.86	P.B.S.	22.45	22.00		L.P.	23.8
Tara	12.32	12.25	12.45	Tara	12.24	12.12		I.P.	7.0
P.N.S.	17.86	17.75	18.41	P.N.S.	10.21	9.88		I.G.	2.0
Dif.	6.07	5.33	5.01	Dif.	2.42	2.36		Clasificación:	A-4
% Hum.	34.0	30.0	27.2	% Hum.	23.70	23.89			
No. Golp.	14	26	40	% Prom.	23.79				

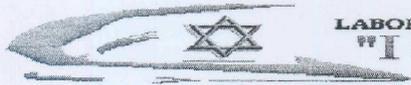
GRANULOMETRIA

TAMIZ	P.B.R.	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% PASA TOTAL	ESPECIFICACIONES
3"						
2 1/2"						
2"	405.2	268.3	9.9	90.1		
1 1/2"	621.90	483.0	17.9	82.1		
3/4"	902.50	763.6	28.3	71.7		
3/8"	1045.40	906.5	33.7	66.3		
No. 4	1313.3	1174.4	43.6	56.4		40-60
No. 10	1732.5	1593.6	59.2	40.8		
No. 40	2090.5	1951.6	72.5	27.5		
No. 100	2280.3	2141.4	79.5	20.5		
No. 200	2450.0	2311.1	85.8	14.2		MAXIMO 15%



GRUESO		
P.B.	TARA	P.N.

FINO		
P.B.	TARA	P.N.
2832.5	138.9	2693.6



INTERESADO: AXEL GONZÁLEZ ÁNGEL

FECHA: AGOSTO DE 2010

BOLSA NO. 0001

PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA, ALDEA CANCELA GRANDE,
TEJUTLA, SAN MARCOS

EFFECTUO: ISRAEL SAPON

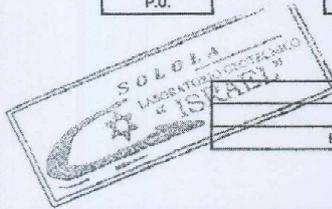
PESO UNITARIO SUELTO

P.B.S.
TARA
P.N.S.
P.U.

1
12.50
9.26
3.24
97.20

2
12.45
9.26
3.19
95.70

3
12.40
9.26
3.14
94.20



PROMEDIO PESO UNITARIO	95.7	lb/pie ³
P.U.S. MAXIMO PROCTOR	117.4	lb/pie ³
PORCENTAJE DE CONTRACCION	18.5	%

ENSAYO DE ABRASION

Maquina de los Angeles

PRUEBA NUMERO:

PESO INICIAL:

PESO FINAL:

DIFERENCIA:

% DESGASTE:

I	II
5000.0	5000.0
3345.2	3305.0
1654.8	1695.0
33.1	33.9

% DE ABRASION

PROMEDIO DESGASTE:

33.5

ABRASION TIPO:

_____ A _____





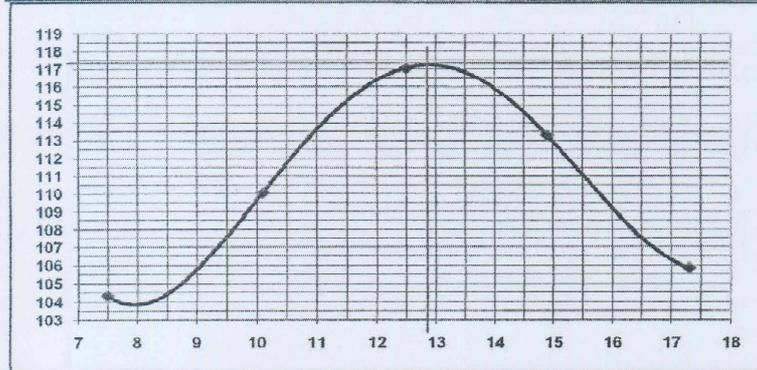
LABORATORIO GEOTÉCNICO
"ISRAEL"

PROCTOR

INTERESADO: AXEL GONZÁLEZ ANGEL
 PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA, ALDEA CANCELA GRANDE, TEJUTLA, SAN MARCOS
 FECHA: AGOSTO DE 2010
 BOLSA NO. 001
 BANCO: UBICADO EN EL KM 283 RN 12 NORTE
 EXAMEN VISUAL: GRAVA CON ARENA LIMO ARCILLOSA

P.B.	TARA	P.N.	P.U.H.	TARRO	TARA	P.B.H.	P.B.S.	DIF	P.N.S.	%H	PROM	P.U.S.
13.00	9.26	3.74	112.20								7.5	104.4
13.30	9.26	4.04	121.20								10.1	110.1
13.65	9.26	4.39	131.70								12.5	117.1
13.60	9.26	4.34	130.20								14.9	113.3
13.40	9.26	4.14	124.20								17.3	105.9

SPEEDY



P.U.S.	117.4
%H	12.9
Kg./mt ³	1880.7

OBSERVACIONES

T- 180
 Agua
 Inicial: 150cc
 Seg. Con: 100cc



8a Av. 14-42 zona 2 Sololá, Sololá
 Telefax: 7762-3183 Tel: 5514-5318 y 5514-5468
 E-mail: Benjaminsapon@gmail.com

APÉNDICE C

RESUMEN DE PRESUPUESTO DISEÑO DEL CAMINO RURAL

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Proyecto: Apertura de Carretera Aldea Cancela Grande, Tejutla, San Marcos.

Longitud total del proyecto : **1.970 kilómetros**
 Ancho de rodadura: **4.00 metros**

Distancia al banco: 23 kilómetros
 Espesor de balasto: **0.15 metros**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Q.)	Costo total (Q)
1	Trabajos preliminares	1970,45	ml	4,75	9.359,64
2	Movimiento de tierra - Corte	34732,82	metro ³	19,50	677.289,99
3	Movimiento de tierra - Relleno	1292,13	metro ³	42,60	55.044,74
4	Estabilización de la subrasante	7881,80	metro ²	5,75	45.320,35
5	Capa de balasto	1182,27	metro ³	124,55	147.251,73
6	Drenaje transversal - tubería 30"	48,00	ml	1.833,40	88.003,20
7	Caja receptora de agua	8,00	unidades	2.105,53	16.844,24
8	Cabezal de salida de alcantarilla	8,00	unidades	1.888,31	15.106,48
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					1.054.220,36
Costo total / Km					535.137,24

APÉNDICE D

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA E INVERSIÓN DISEÑO DEL CAMINO RURAL

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA									
APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELTA GRANDE, TEJUTLA, SAN									
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MESES					
				1	2	3			
1	Trabajos preliminares	1970,45	ml	■					
2	Movimiento de tierra - Corte	34732,82	metro³	■					
3	Movimiento de tierra - Relleno	1292,13	metro³	■					
4	Estabilizacion de la subrasante	7881,80	metro²	■	■				
5	Capa de balasto	1182,27	metro³	■	■				
6	Drenaje transversal - tubería 30"	48,00	ml	■	■				
7	Caja receptora de agua	8,00	unidades	■	■				
8	Cabezal de salida de alcantarilla	8,00	unidades	■	■				
TOTAL PRESUPUESTO									

CRONOGRAMA DE INVERSION

APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELA GRANDE, TEJUTLA, SAN MARCOS

Nc.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MESES			TOTAL Q.
				1	2	3	
1	Trabajos preliminares	1970,46	m	Q9.359,64			Q9.359,64
2	Movimiento de tierra - Corte	34732,82	metro ³	Q677.289,99			Q677.289,99
3	Movimiento de tierra - Relleno	1292,13	metro ³	Q55.044,74			Q55.044,74
4	Estabilizacion de la subrasante	7881,80	metro ²	Q13.596,10	Q31.724,25		Q45.320,35
5	Capa de balasto	1182,27	metro ³		Q147.251,73		Q147.251,73
6	Drenaje transversal - tubería 30"	48,00	m		Q26.400,96	Q61.602,23	Q88.003,19
7	Caja receptora de agua	8,00	unidades			Q16.844,24	Q16.844,24
8	Cabezal de salida de alcantarilla	8,00	unidades			Q15.106,48	Q15.106,48
	TOTAL Q.			Q755.290,47	Q205.376,94	Q93.552,95	Q1.054.220,36

APÉNDICE E

PLANOS

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el procesamiento e incorporación a la sub-rasante de cal, grava de col, cal/cenizas fina o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos de eficacia y durabilidad comprobada, que cumplan con las características indicadas en las Disposiciones Especiales con la finalidad de mejorar las condiciones mecánicas de esta capa.

MATERIALES

REQUISITOS DE LOS MATERIALES A ESTABILIZAR

Los materiales a estabilizar deben ser los existentes en la sub-rasante. Los materiales a estabilizar no deben contener partículas mayores de 70 milímetros, materias volátiles, basuras, lervanas de arcilla o sustancias que incorporadas en la sub-rasante puedan tener efectos nocivos o afectar su durabilidad.

REQUISITOS DE LOS MATERIALES ESTABILIZADORES

De acuerdo con lo estipulado en los planes y/o Disposiciones Especiales, los materiales estabilizadores pueden ser: cal, grava de col, cal/cenizas fina o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos que llenen los requisitos siguientes:

- (a) Cal Hidratada. Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 216, ASTM C 977, NCO 41016, ASTM C 208 y ASTM C 207.
(b) Cal Viva. Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 216, ASTM C 977 y NCO 41016.
(c) Grava de col. En casos específicos, donde haya disponibilidad de la misma, el Delegado Residente puede autorizar el uso de grava de col que llene un requisito de Cuo disponible (ASTM C 170) de 50% mínimo y un tamaño máximo de 19 mm.
(d) Lechada de Cal. Puede hacerse con cal hidratada o cal viva pulverizada y debe llenar los requisitos siguientes:
(1) Composición Química. El contenido de sólidos debe consistir de un mínimo de 87% en masa, de óxidos de calcio y magnesio.
(2) Resistencia. El porcentaje por masa del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites mostrados en la Tabla 302-1.
Tabla 302-1 Requisitos de Gradación para el residuo
Tamaño del tamiz Porcentaje retenido en masa
3.350 mm (Nº 5) 0.2
0.600 mm (Nº 30) 4.0
(3) Grado de la lechada. Debe corresponder a uno de los grados siguientes:
a) Grado 2. El contenido de sólidos no debe ser mayor de 35% de la masa total de la lechada.
(c) Puzolanas Naturales o Artificiales y Cenizas Volantes de Carbón. Según ASTM C 618 y lo descrito en 661.05 (g) de estas Especificaciones Generales.
(f) Escoria Granulada de Alta Horno. Según ASTM C 989 y 661.05 (h).
(g) Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos. Pueden usarse estabilizadores químicos u otros basados en resinas sintéticas como se indica en las Disposiciones Especiales o en los planes.

REQUISITOS PARA EL AGUA

El agua a usar en las operaciones de estabilización, debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia orgánica y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización, según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos de la norma AASHTO T 26; si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayo previo.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

DOSEIFICACIÓN

El Contratista debe presentar la dosificación propuesta para la estabilización de la sub-rasante, 30 días antes de iniciar la producción. Esta propuesta deberá ajustarse de acuerdo con las variaciones de las características de los materiales de sub-rasante encontrados, conforme se indica en las Disposiciones Especiales. El material de sub-rasante ya estabilizado debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 183, efectuado sobre muestras saturadas a 95% de compactación, determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 7%. Para la realización del ensayo de CBR, el procedimiento se modificará dejando el material estabilizado dentro del molde para su curado, al aire y sin saturar, durante un período de 7 días, antes de iniciar el proceso de saturación de las muestras.

- (a) Contrata, junto con la dosificación propuesta, debe presentar lo siguiente:
(a) Muestras representativas del suelo de la sub-rasante.
(b) Una muestra representativa de los productos estabilizadores para la ejecución de los ensayos de resistencia.
(c) Resultados de los ensayos de CBR.
La producción se debe iniciar únicamente cuando se haya aprobado la dosificación de la mezcla.

ESCARIFICACIÓN DEL MATERIAL DE SUB-RASANTE

La sub-rasante debe ser preparada de acuerdo con lo indicado en la Sección 302. Se debe escarificar y pulverizar la sub-rasante en una profundidad de 200 milímetros. El material escarificado debe ser confirmado para formar camellones o colchones adecuados para aplicar la mezcla. El contenido máximo de humedad y la densidad seca máxima deben ser determinados de acuerdo con el método AASHTO T 180.

APLICACIÓN DE LOS ESTABILIZADORES

Los estabilizadores deben ser agregados cuando el material escarificado está a un contenido de humedad por lo menos 3 por ciento abajo del óptimo y a por lo menos 4 °C. No se debe aplicar cuando el espacio de estabilizador se pierda con el lavado o aplaste o cuando se estime que la temperatura ambiente disminuirá debajo de los 4 °C dentro de las próximas 48 horas.

- (a) Como lechada. Los estabilizadores deben ser mezclados con agua y aplicados como una suspensión en agua o como una lechada utilizando contenedores con distribuidores aprobados o mezcladoras rotativas. El lenguaje del camión distribuidor debe estar equipado con un agitador para mantener el estabilizador en suspensión en el agua. Se deben dar varias pasadas sobre el material para obtener el contenido de humedad y de estabilizador adecuado para el mezclado y la compactación.

MESCLA

El material debe ser mezclado hasta obtener una mezcla homogénea y desmenuzable.

- (a) Mezcla de cal y cenizas fina. Se debe agregar agua y mezclar completamente para ajustar el contenido de humedad de la mezcla al contenido de humedad óptimo más la humedad necesaria para la hidratación. La humedad de hidratación es de 1.5 por ciento por cada porcentaje de estabilizador en la mezcla. El mezclado se debe completar dentro de las 8 horas posteriores a la aplicación del estabilizador.
El procedimiento de mezcla debe ser el mismo para la cal en seco o en forma de lechada, comprendiendo una mezcla inicial y otra final, en la forma siguiente:

- (1) Mezcla y Curado Inicial. El espesor completo de la capa tendida de suelo y cal, debe mezclarse con máquina mezcladora previamente aprobada por el Delegado Residente. La cal no puede dejarse espuesta sin mezclar por un período mayor de 3 horas, debiéndose agregar la cantidad de agua adecuada para ajustar la mezcla y para asegurar la acción química de la cal. Después de la mezcla inicial debe compactarse ligeramente con compactadores de neumáticos, para sellar la superficie y prevenir la evaporación del agua durante un período de curado mínimo de 48 horas o hasta que el material estabilizado se empiece a desmenuzarse o fragmentar, efectuando durante este tiempo, riegos ligeros de agua sobre la superficie.
(2) Mezcla Final. Transcurrido el tiempo de curado, debe mezclarse nuevamente el material tendido por medio de mezcladora, mezcladora rotativa, motorizada, o con combinadas, u otro equipo previamente aprobado por el Delegado Residente, hasta desmenuzarse todos los grumos, debiendo llenar el material los requisitos de gradación indicados en la Tabla 302-2, incluyendo las partículas de grava o piedra, retenidas en el Tamiz Nº 4 (4.75 mm).

Tabla 302-2 Requisitos de Graduación de la Mezcla Final

Table with 3 columns: Tamaño del Tamiz, Porcentaje mínimo en masa de grumos que pasan el tamiz de abertura cuadrada. Rows include 2.0 mm (Nº 75), 4.75 mm (Nº 4).

COMPACTACIÓN Y ACABADO

Inmediatamente después de ser mezclada, la mezcla debe ser esparcida y compactada a por lo menos 95 por ciento de la densidad máxima. La densidad y el contenido de humedad de campo deben ser determinados de acuerdo con AASHTO T 191 o por medio de otros procedimientos de ensayo aprobados por el Delegado Residente.

CURADO

No se debe permitir el paso de tráfico sobre el material estabilizado. El material se debe mantener continuamente húmedo hasta la colocación de la siguiente capa. Se debe aplicar agua bajo presión por medio de una barra rociadora equipada con boquillas para producir un riego fino y uniforme. La siguiente capa debe ser colocada dentro de los 7 días posteriores a la compactación y acabado del material estabilizado.

Si el material estabilizado pierde estabilidad, densidad o su acabado antes de la colocación de la siguiente capa, se debe re-procesar, re-compactar y agregar los estabilizadores necesarios para restaurar la resistencia del material dañada.

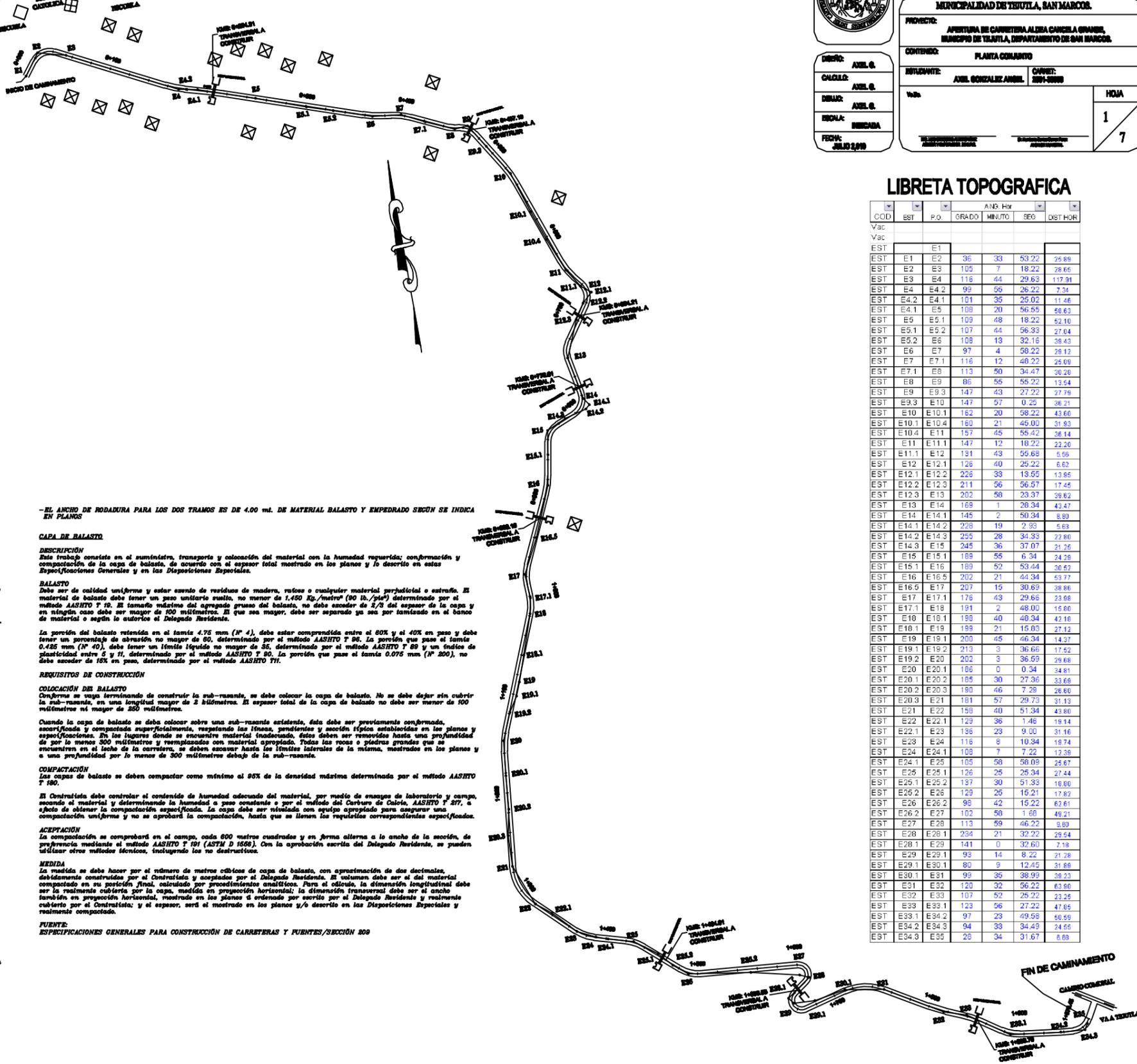
MEDIDA

La medida se debe hacer del número de metros cuadrados con aproximación de dos decimales, de Estabilización de la Sub-rasante, satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El área se debe determinar por procedimientos analíticos. Para este efecto, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera y el ancho debe ser el delimitado y dimensionado en las secciones típicas de pavimentación. En las Disposiciones Especiales se podrá considerar la medida por separado del área de sub-rasante estabilizada y la cantidad de producto estabilizador efectivamente incorporado a la obra de acuerdo con la dosificación aprobada.

FUENTE: ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES/SECCIÓN 302

PLANTA CONJUNTO

ESCALA HORIZONTAL 1:2000

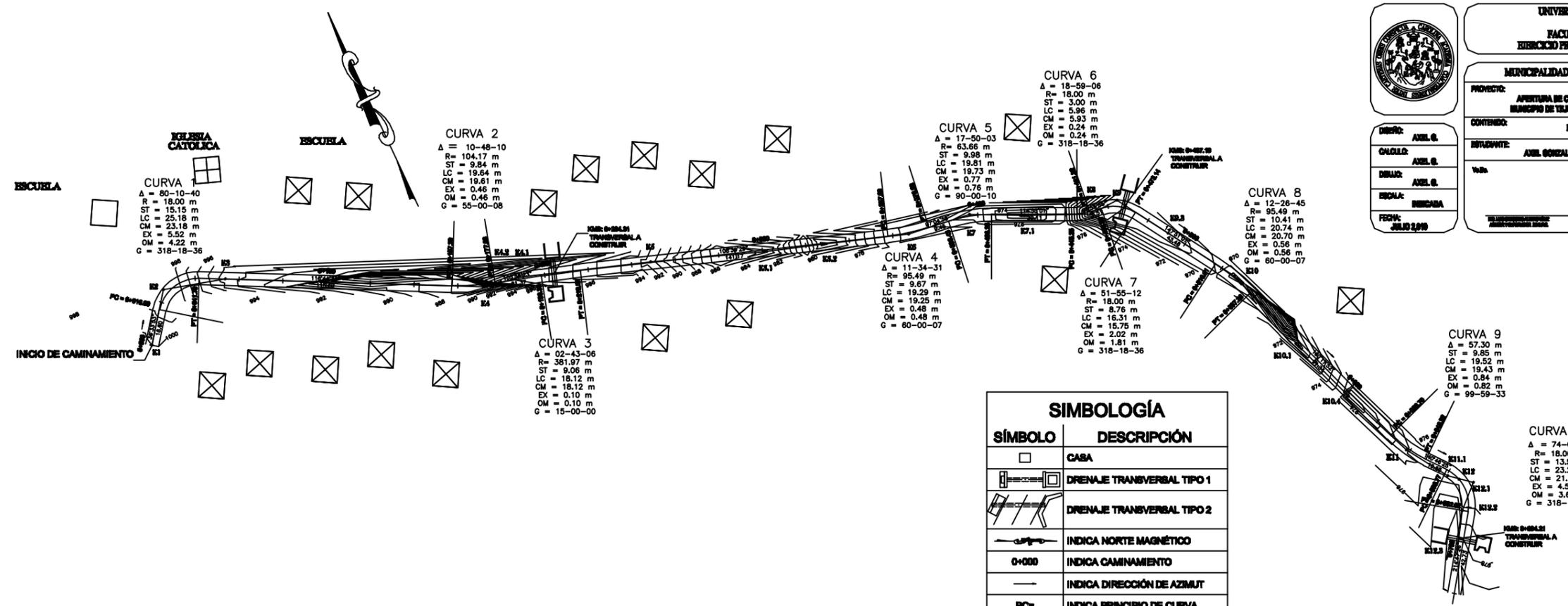


DESG: AXEL G.
CALCULO: AXEL G.
DEBATE: AXEL G.
ESCALA: INGENIERIA
FECHA: JULIO 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
MUNICIPALIDAD DE TEBUTLA, SAN MARCOS.
PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA ALZAR CANCELA GRANDE, MUNICIPIO DE TEBUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.
CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO
AUTOR: AXEL GONZALEZ AXEL
CORRECTOR: JORGE SUAREZ
HOJA 1/7

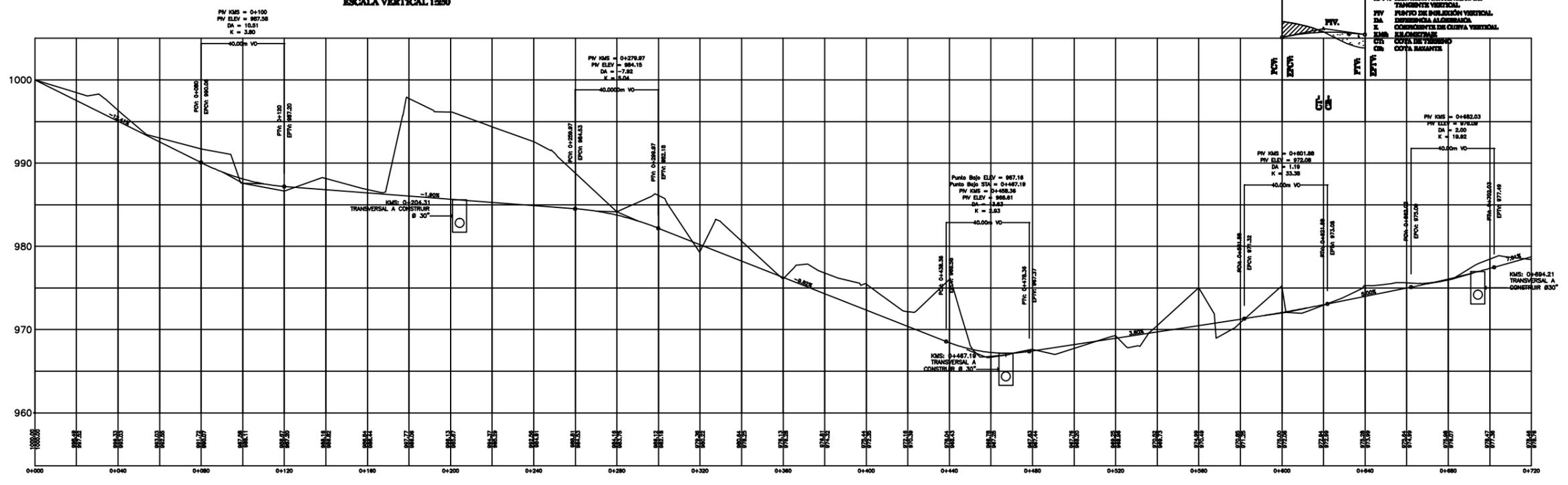
LIBRETA TOPOGRAFICA

Table with columns: COD, EST, P.O., GRADO, ANS. HOR, MINUTO, SEG, DIST HOR. Rows include stationing from EST 1 to EST 34.3 with corresponding measurements.



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	CASA
[Diagram]	DRENAJE TRANSVERSAL TIPO 1
[Diagram]	DRENAJE TRANSVERSAL TIPO 2
[Arrow]	INDICA NORTE MAGNÉTICO
0+000	INDICA CAMINAMIENTO
—	INDICA DIRECCIÓN DE AZIMUT
PC=	INDICA PRINCIPIO DE CURVA
PCC=	INDICA PRINCIPIO DE CURVA COMPLESTA
PT=	INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE
E0	INDICA ESTACIÓN NÚMERO
[Curve]	INDICA CURVA DE NIVEL

PLANTA - PERFIL **ESCALA HORIZONTAL 1:1000**
ESCALA VERTICAL 1:250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EBJECICIO PROFESIONAL SUPERVIZADO

MUNICIPALIDAD DE TEBUTLA, SAN MARCOS.

PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCEL GRANDE, MUNICIPIO DE TEBUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

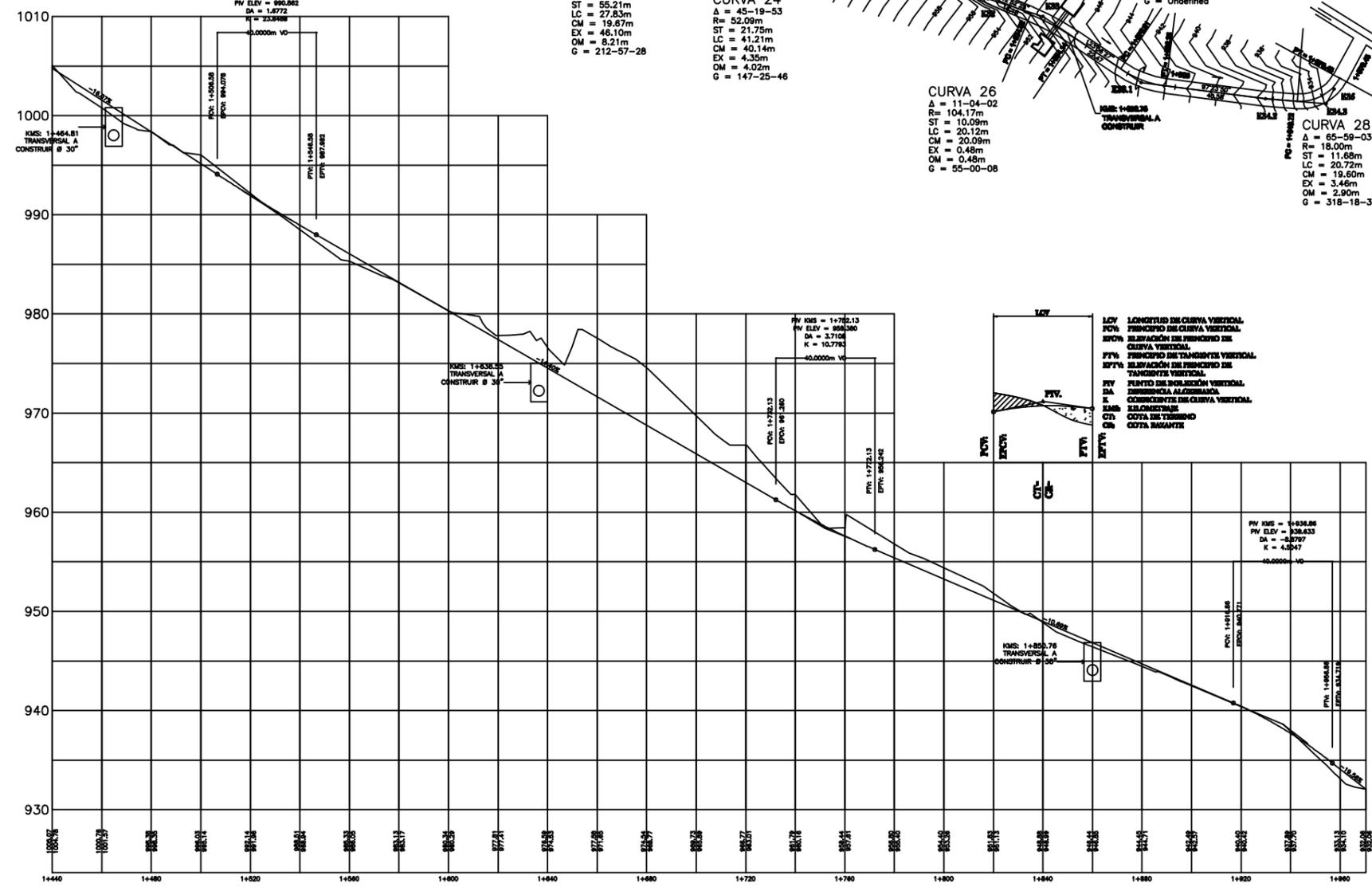
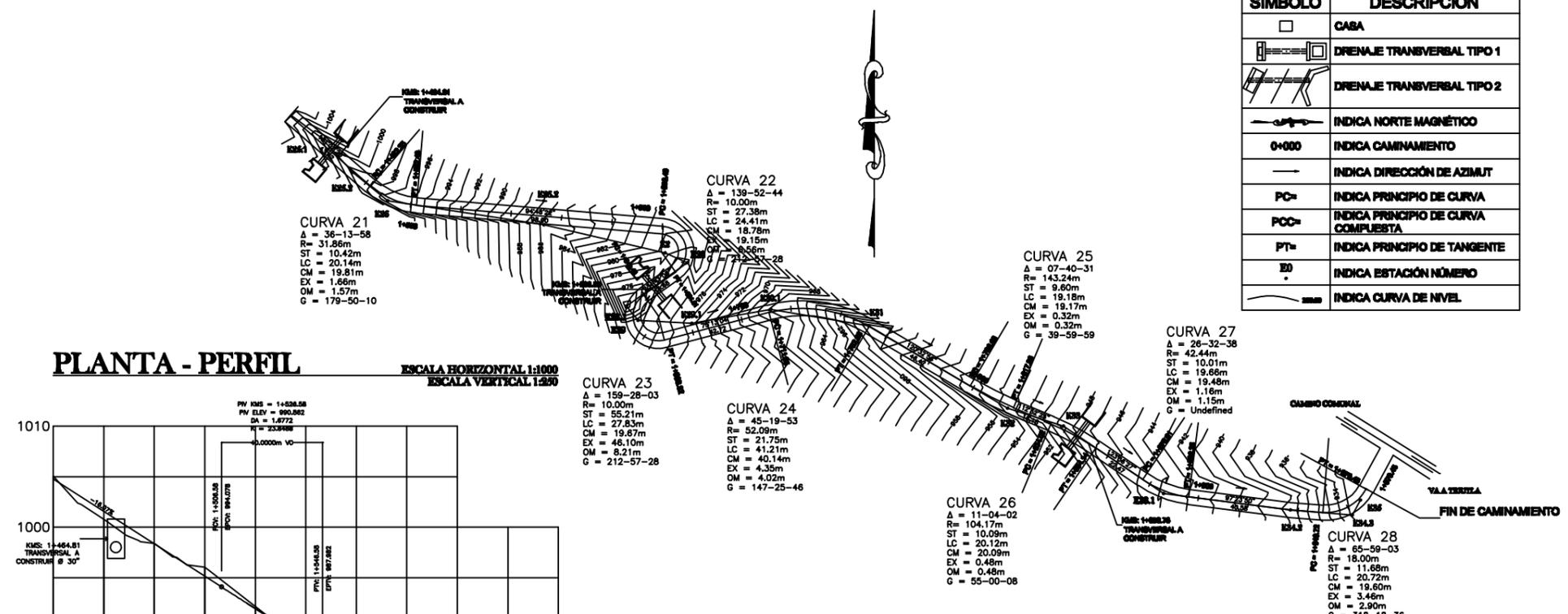
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

ELABORANTE: ANSEL GONZALEZ ANSEL **CADENET:** 2091-2099

FECHA: JULIO 2010

HOJA	4
7	7

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	CASA
[Diagrama]	DRENAJE TRANSVERSAL TIPO 1
[Diagrama]	DRENAJE TRANSVERSAL TIPO 2
[Diagrama]	INDICA NORTE MAGNÉTICO
0+000	INDICA CAMINAMIENTO
[Diagrama]	INDICA DIRECCIÓN DE AZIMUT
PC=	INDICA PRINCIPIO DE CURVA
PCC=	INDICA PRINCIPIO DE CURVA COMPLESTA
PT=	INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE
E0	INDICA ESTACIÓN NÚMERO
[Diagrama]	INDICA CURVA DE NIVEL



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVIZADO

MUNICIPALIDAD DE TEBUTLA, SAN MARCOS.

PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCEL GRANDE, MUNICIPIO DE TEBUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

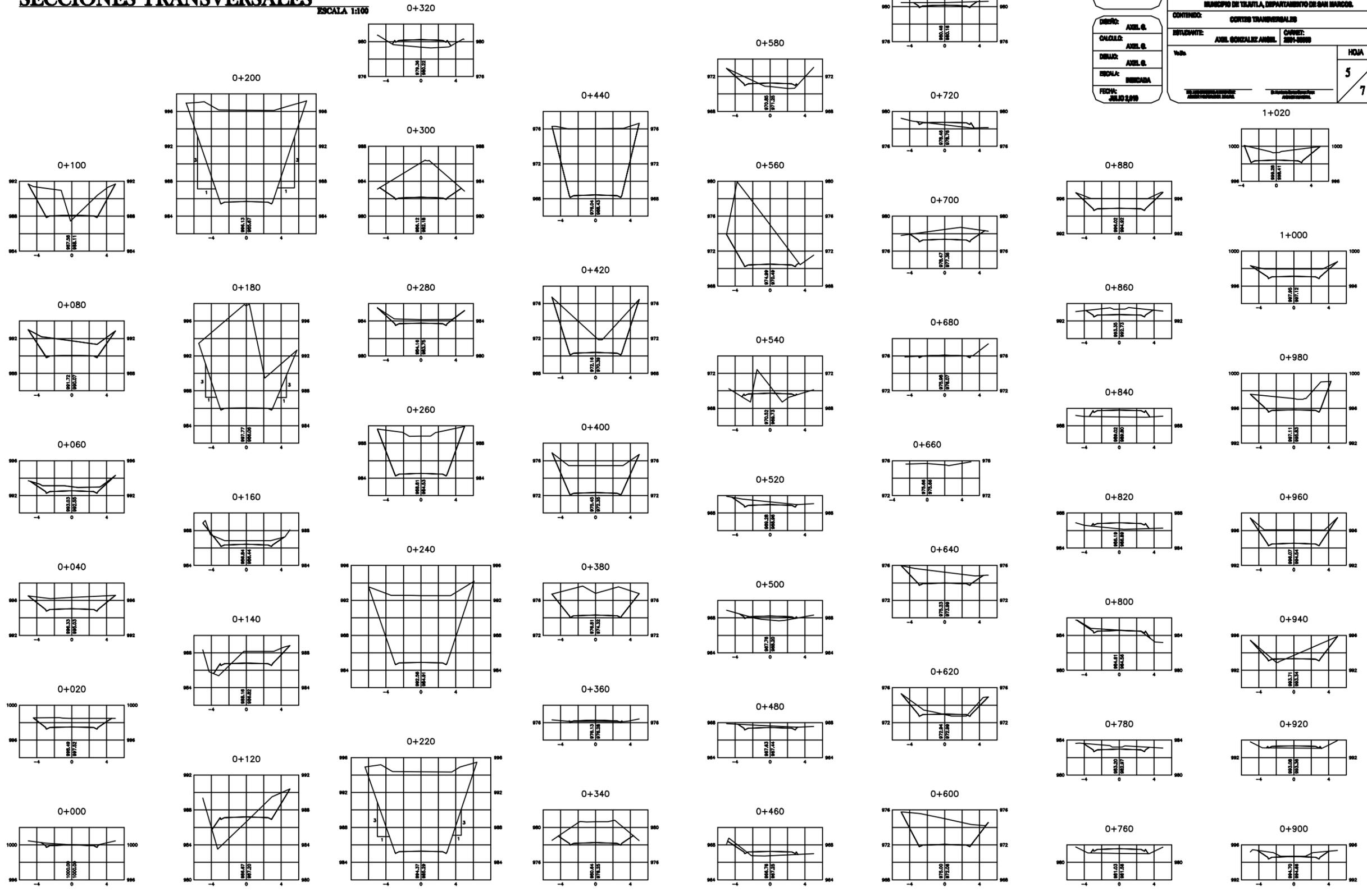
ELABORANTE: AXEL GONZALEZ AXEL. CARRER: 2001-2008

FECHA: JULIO 2010

HOJA

5

7



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVIZADO

MUNICIPALIDAD DE TEBUTLA, SAN MARCOS.

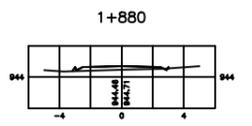
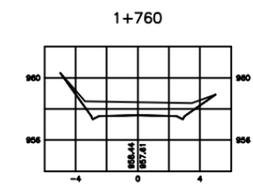
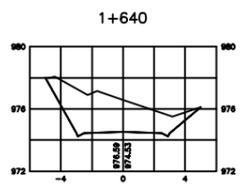
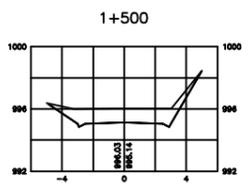
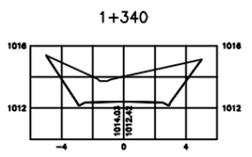
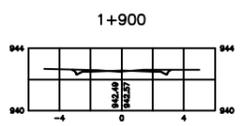
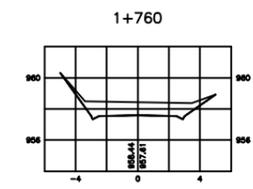
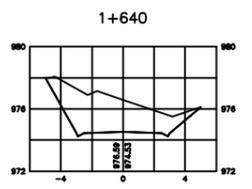
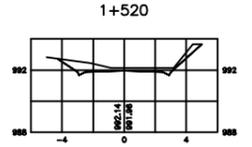
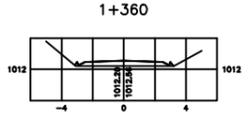
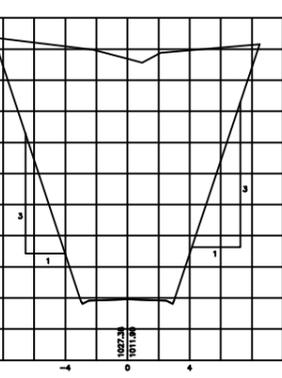
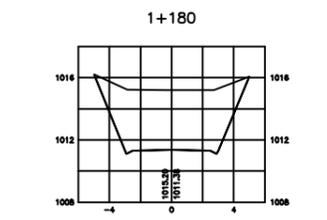
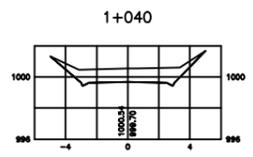
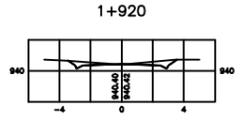
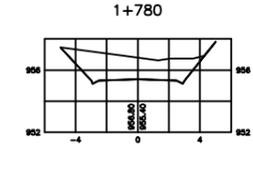
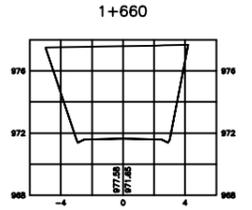
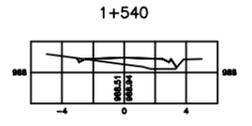
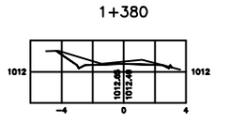
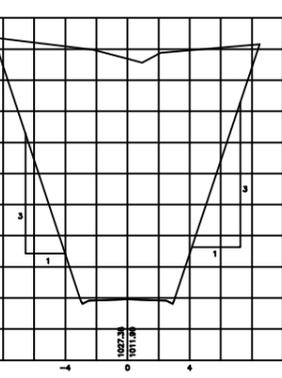
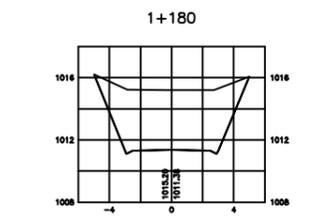
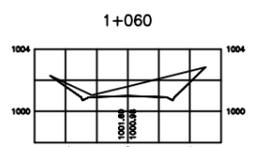
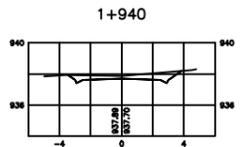
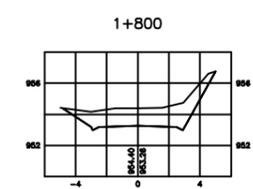
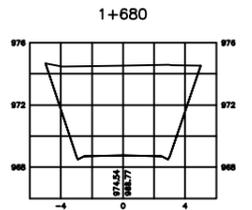
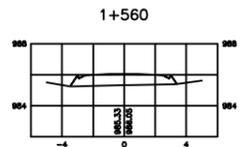
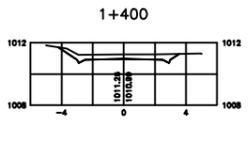
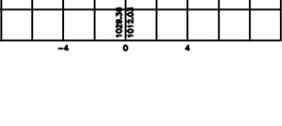
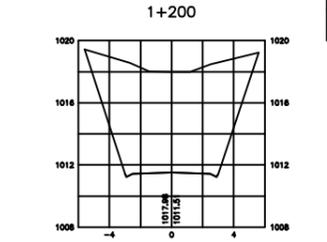
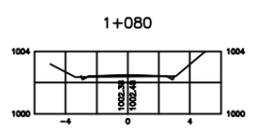
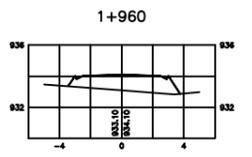
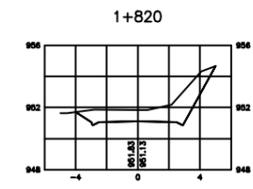
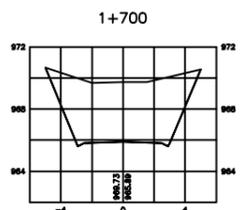
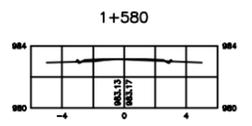
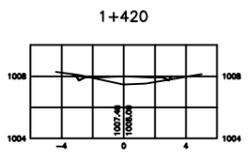
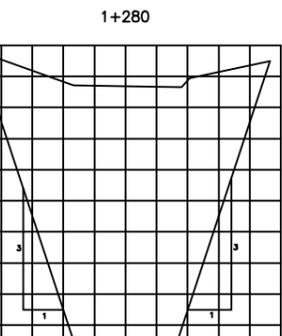
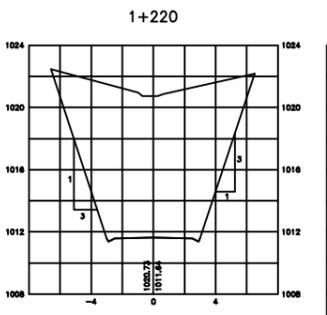
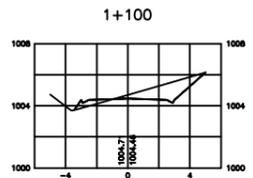
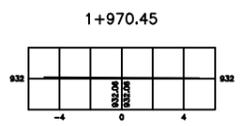
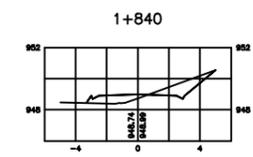
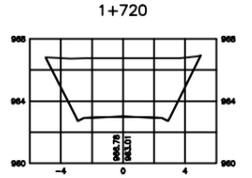
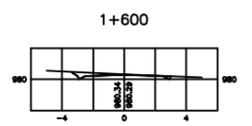
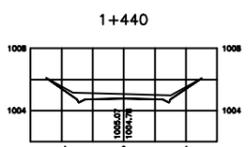
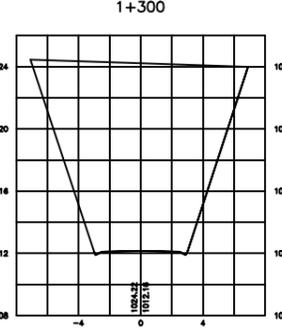
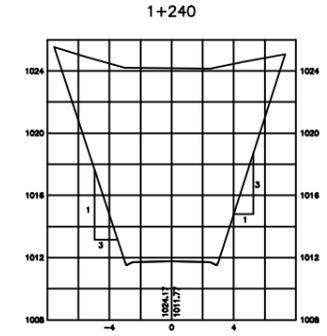
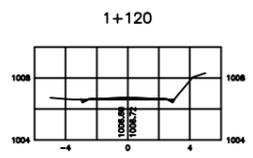
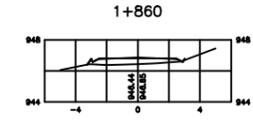
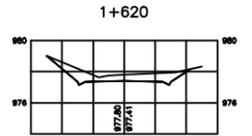
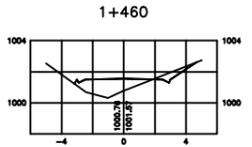
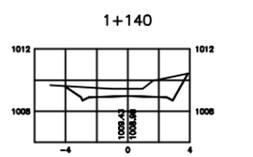
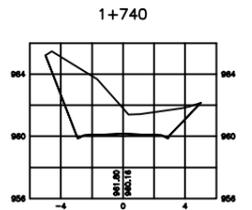
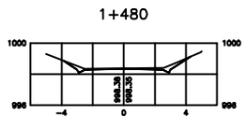
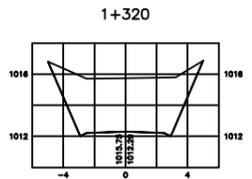
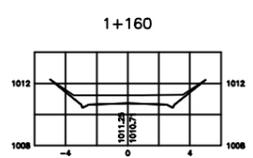
PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCEL GRANDE,
MUNICIPIO DE TEBUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

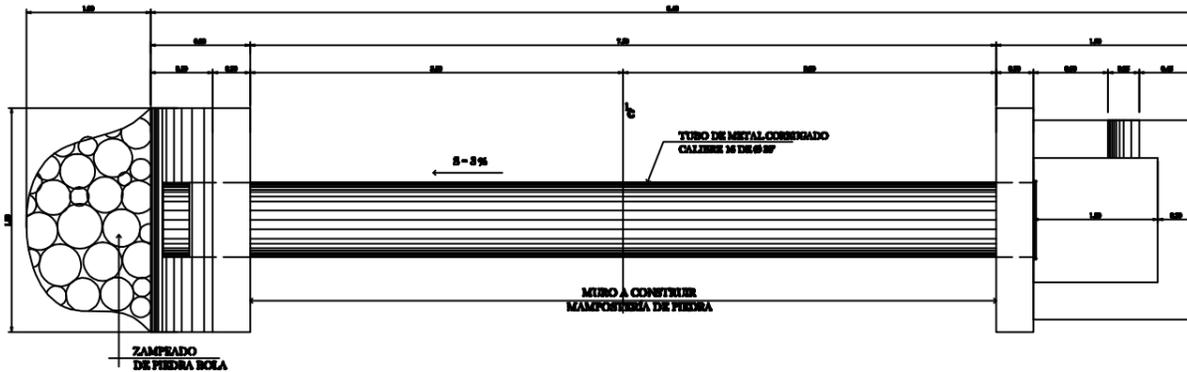
CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

ELABORANTE: ADEL GONZALEZ ANSEL CARRER: 2001-2008

DISEÑO: ADEL G.
CALCULO: ADEL G.
DIBUJO: ADEL G.
ESCALA: INGENIERIA
FECHA: JULIO 2010

HOJA
6
7

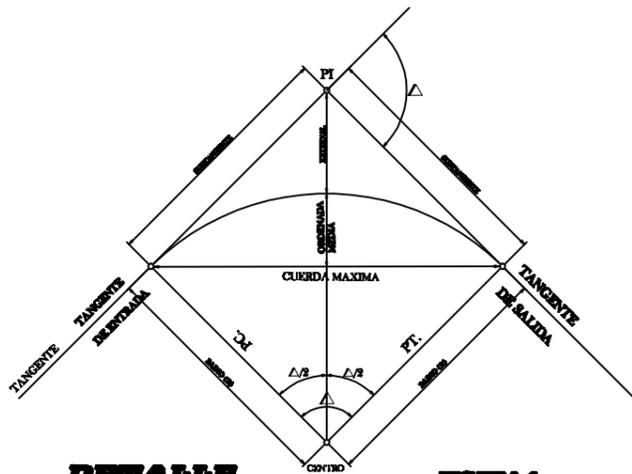




PLANTA

TRANSVERSAL TIPO 1. TURO DE METAL CORRUGADO CALIBRE 16 DE 8 3/4"

ESCALA 1/50



DETALLE

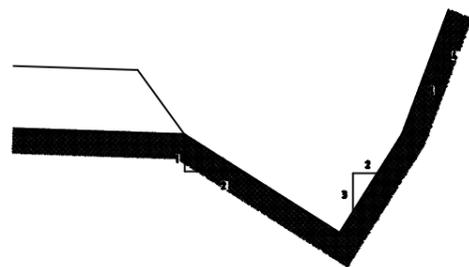
ELEMENTOS DE LAS CURVAS CIRCULARES SIMPLES

FIGURA 4

EN ESCALA

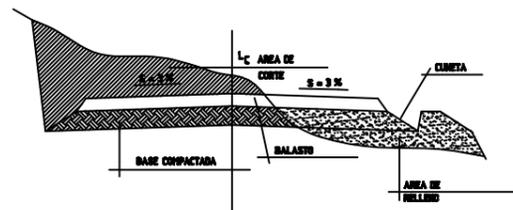
PARÁMETROS DE CURVAS

- R = RADIO
- ST = SUB-TANGENTE
- LC = LONGITUD DE CURVA
- CM = CUERDA MÁXIMA
- EX = EXTERNA
- OM = ORDENADA MEDIA
- Δ = DELTA
- φ = PERALTE DE CURVA
- θ = GRADO DE CURVATURA
- Ls = LONGITUD ESPIRALADA
- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PCC = PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENTE



CUNETA TRIANGULAR SECCIÓN TÍPICA

ESCALA: 1/10



SECCIÓN TÍPICA CORTE Y RELLENO

ESCALA: 1/50

NOTAS GENERALES:

TRANSVERSALES:

1. PARA LA CONSTRUCCIÓN SE USARÁ LAS ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS DE LA D.G.C.
2. ZAMPEADO: SE USARÁ UN ZAMPEADO DE PIEDRA COLOCADO A MANO Y LIGADO, CON MORTERO DE CEMENTO.
3. EL MATERIAL QUE SE USARÁ EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO, SERÁ MAMPOSTERÍA DE PIEDRA.
4. EL DELICADO RESIDENTE DECIDIRÁ SI ES NECESARIO COLOCAR LA LORA DEL PISO EN CADA CASO PARTICULAR, TAMBIÉN DECIDIRÁ SOBRE EL MATERIAL QUE SE EMPLEARÁ EN ELA CONCRETO CLASE 'C' O ZAMPEADO DE PIEDRA.
5. LA PARTE SUPERIOR DE LOS CAÑEZALES DEBE DE TENER LA MISMA DIRECCIÓN Y PENDIENTE DE LA RASANTE DE LA CARRETERA.
6. ACABADO DE CONCRETO: SERÁ EL ACABADO ORDINARIO DE SUPERFICIE DE ACUERDO DON EL ARTICULO D-41-m No. 8 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE TEBUTLA, SAN MARCOS.

PROYECTO: APERTURA DE CARRETERA ALDEA CANCELAS GRANDE, MUNICIPIO DE TEBUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

CONTENIDO: DETALLIS

ELABORANTE: ANSEL GONZALEZ ANSEL

CHAVET: 2091-2098

HOJA 7

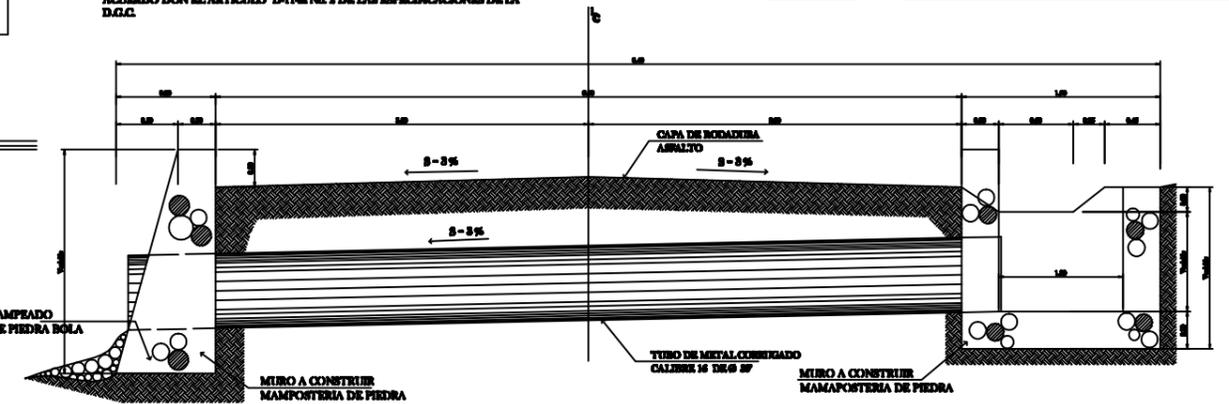
DISÑO: ANSEL G.

CALCULO: ANSEL G.

DEBATE: ANSEL G.

ESCALA: HERRERA

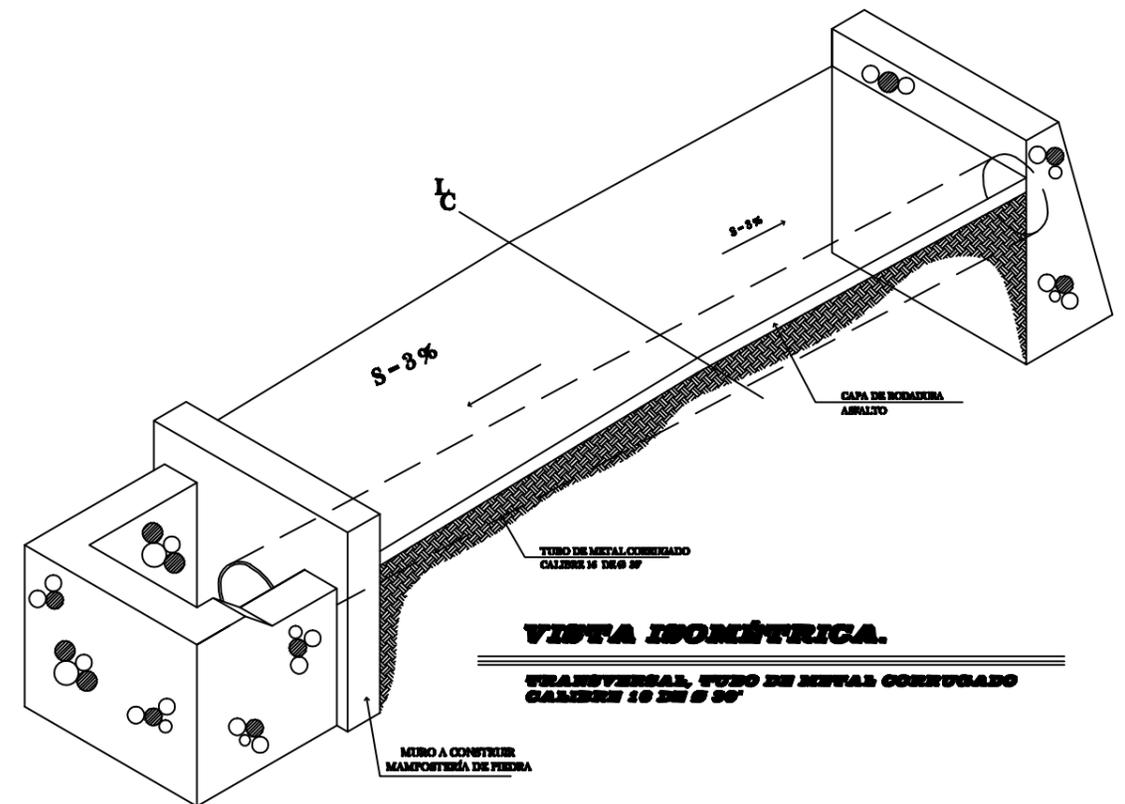
FECHA: JULIO 2010



SECCIÓN A-A

TRANSVERSAL, TURO DE METAL CORRUGADO CALIBRE 16 DE 8 3/4"

ESCALA 1/50



VISTA ISOMÉTRICA.

TRANSVERSAL, TURO DE METAL CORRUGADO CALIBRE 16 DE 8 3/4"