



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

**DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA
TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA**

César Joel Hernández Alvarado

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra

Guatemala, enero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA
TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CÉSAR JOEL HERNÁNDEZ ALVARADO
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 2 de febrero de 2015.

César Joel Hernández Alvarado



Guatemala, 04 de noviembre de 2014
Ref.EPS.DOC.747.11.15

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **César Joel Hernández Alvarado** con carné No. **8317412**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS



c.c. Archivo
MRGSdS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
18 de noviembre de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil César Joel Hernández Alvarado, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 19 de noviembre de 2015
Ref.EPS.D.619.11.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **César Joel Hernández Alvarado, carné 8317412**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca Garcia Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante César Joel Hernández Alvarado, titulado **DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2016.

/bbdeb.

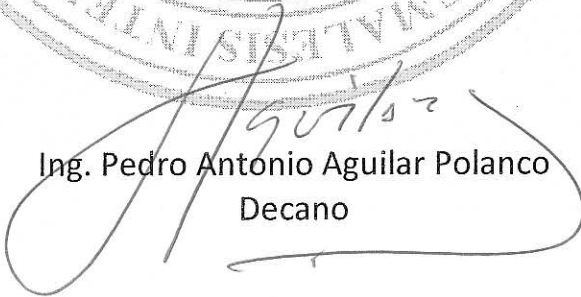
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **César Joel Hernández Alvarado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi creador, mi sostén y guía, entre otras cosas.
Mis padres	Rigoberto Hernández y Victorina Alvarado, su amor será siempre mi inspiración, con todo mi amor y admiración a su esfuerzo para que alcanzara este triunfo.
Mi esposa	Noemí Villagrán de Hernández, por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis hijos	Ozni, Misia, Nina, y Belén Hernández Villagrán, por ser inspiración para mi vida.
Mis hermanos	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis tíos	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis amigos	Por ser apoyo invaluable en el desarrollo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería	Por ser forjadora de la ciencia y conducirnos a la formación profesional.
A mi asesora	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra, por el tiempo y apoyo que me brindó, y conocimiento como catedrático y profesional.
Mis amigos de la Facultad	Por compartir momentos inolvidables, forjando nuestra vida hacia la realización personal.
Toda mi familia	Por su aprecio y apoyo que siempre me han manifestado.
Municipalidad de San Vicente Pacaya	Por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía	1
1.1.1. Localización geográfica	1
1.1.2. Acceso y comunicación	2
1.1.3. Topografía del lugar.....	3
1.1.4. Aspecto climático.....	3
1.1.5. Actividades económicas	4
1.1.6. Extensión territorial	4
1.1.7. Población.....	5
1.1.8. Servicios existentes	5
1.2. Principales necesidades de las comunidades del municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Diseño de carretera caserío El Rodeo a finca Taxiscobal, San Vicente Pacaya, Escuintla.....	7
2.1.1. Descripción del proyecto	7
2.1.2. Selección de ruta.....	7

2.2.	Levantamiento topográfico	8
2.2.1.	Planimetría	9
2.2.2.	Altimetría	9
2.3.	Ensayos de laboratorio.....	9
2.3.1.	Granulometría	9
2.3.1.1.	Tamizado.....	10
2.3.1.2.	Sedimentación.....	10
2.3.2.	Límites de Atterberg	11
2.3.2.1.	Límite líquido	11
2.3.2.2.	Límite plástico	12
2.3.2.3.	Índice plástico.....	12
2.3.3.	Compactación de Proctor modificado.....	13
2.3.3.1.	Densidad máxima y humedad óptima ..	14
2.3.4.	Valor soporte CBR	15
2.3.5.	Análisis de resultados	15
2.4.	Diseño geométrico de carreteras	16
2.4.1.	Alineamiento horizontal	19
2.4.1.1.	Diseño de localización.....	22
2.4.1.2.	Tangentes y curvas horizontales.....	22
2.4.1.3.	Curvas de transición.....	24
2.4.1.4.	Peralte	25
2.4.1.5.	Sobreechancho	25
2.4.2.	Alineamiento vertical	28
2.4.2.1.	Diseño de subrasante y pendiente	28
2.4.2.1.1.	Bombeo.....	29
2.4.2.2.	Curvas verticales y correcciones.....	30
2.5.	Movimiento de tierras	44
2.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales	45

2.5.2.	Cálculo de volúmenes, balance y diagrama de masas	47
2.6.	Estructura de pavimento	49
2.6.1.	Capa subrasante	50
2.6.2.	Capa subbase.....	50
2.6.3.	Base	51
2.6.4.	Capa de rodadura.....	53
2.7.	Diseño de pavimento rígido	54
2.7.1.	Determinación de TPD.	56
2.7.2.	Método simplificado PCA.....	56
2.7.3.	Juntas	60
2.7.3.1.	Juntas longitudinales	61
2.7.3.2.	Juntas transversales.....	61
2.7.3.3.	Juntas de expansión.....	62
2.7.3.4.	Juntas de construcción	62
2.7.4.	Diseño de mezcla	64
2.8.	Drenajes	74
2.8.1.	Consideraciones hidrológicas y cuencas.....	75
2.8.2.	Cálculo de caudales por método racional.....	76
2.8.3.	Diseño de drenaje transversal	77
2.8.4.	Diseño de drenaje longitudinal.....	79
2.9.	Planos.....	88
2.10.	Presupuesto	90
2.10.1.	Integración de precios unitarios	91
2.11.	Cronograma físico financiero.....	93
2.12.	Evaluación ambiental inicial (EAI)	94
CONCLUSIONES		103
RECOMENDACIONES		105

BIBLIOGRAFÍA..... 107
ANEXOS..... 109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Departamento de Escuintla, municipio de San Vicente Pacaya	2
2.	Elementos de la curva horizontal	23
3.	Diseño de primera curva del alineamiento horizontal	24
4.	Sobreancho en una carretera	26
5.	Bombeo del 3 %	29
6.	Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de seguridad	31
7.	Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical cóncava según criterio de seguridad	34
8.	Componentes de una curva vertical simétrica	39
9.	Componentes de una curva vertical asimétrica	40
10.	Diseño de la primera curva del alineamiento vertical	42
11.	Tipos de corte y relleno en movimiento de tierras	45
12.	Sección transversal con coordenadas totales	46
13.	Secciones transversales del proyecto	48
14.	Módulo de reacción de la subrasante K (kg/cm^3)	53
15.	Diferencia en capas para tipos de pavimento	54
16.	Tipos de juntas	64
17.	Tipo de cuneta	79
18.	Cuneta tipo L	87
19.	Contracuneta o cuneta de coronación	88

TABLAS

I.	Levantamiento topográfico de un tramo.....	8
II.	Clasificación suelos	10
III.	Clasificación de índice plástico	13
IV.	Clasificación de carreteras según TPDA	17
V.	Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos en función de la categoría y el tipo de terreno	18
VI.	Valores de la velocidad de diseño según AASHTO	18
VII.	Peralte recomendado, longitud de transición recomendado por la DGC	21
VIII.	Resumen diseño geométrico curvas horizontales.....	27
IX.	Valores mínimos para el control de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales ..	37
X.	Corrección para curva vertical núm. 1	43
XI.	Resumen diseño de curvas verticales	44
XII.	Volumen de corte y relleno	49
XIII.	Especificaciones para cemento Portland	55
XIV.	Clasificación de vehículos según su categoría	57
XV.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K	58
XVI.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr Y K	60
XVII.	Asentamientos usuales.....	66
XVIII.	Tipo de estructura	69
XIX.	Asentamientos	69
XX.	Resistencia en relación agua-cemento	70
XXI.	Tamaño del agregado grueso.....	70
XXII.	Valores de máximos y mínimos de coeficiente de escorrentía	77
XXIII.	Coeficientes C, según fórmula de Talbot	82
XXIV.	Coeficiente C, según fórmula de racional	84

XXV.	Resumen de presupuesto	93
XXVI.	Matriz de aspectos ambientales	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
K	Constante en función de la velocidad de diseño para curvas del alineamiento vertical.
CM	Cuerda máxima
DVP	Distancia de visibilidad de parada
Est.	Estacionamiento
E	External
G	Grado de curvatura
Lc	Longitud de curva horizontal
LCV	Longitud de curva vertical
Ls	Longitud de espiral
Lmin	Longitud mínima de diseño
OM	Ordenada media
PC	Principio de curva horizontal
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente horizontal
PTV	Principio de tangente vertical
PI	Punto de intersección en curva horizontal
PIV	Punto de intersección en curva vertical
R	Radio de curvatura
St	Subtangente

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (EE.UU.).
Alcantarilla	Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tienen por objetivo dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino.
ASTM	American Society For Testing and Materials.
Bombeo	Pendiente transversal entre tangencias horizontales de la vía, que tiene por objetivo facilitar el escurrimiento superficial del agua. Esta pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes.
Carretera	Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la

demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

DGC

Dirección General de Caminos.

Cuneta

Zanjas, revestidas o no, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan.

Curva horizontal

Trayectoria que une dos tangentes horizontales consecutivas. Puede estar constituida por un empalme básico o por la combinación de dos o más de ellos.

Curva vertical

Curvas utilizadas para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos; permiten la seguridad, comodidad y la mejor apariencia de la vía. Casi siempre se usan arcos parabólicos porque producen un cambio constante de la pendiente.

Pendiente máxima

La mayor pendiente que se permite en un proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía del terreno.

Pendiente mínima

Es la pendiente que se fija para permitir el drenaje.

Rasante	Es el trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta al construir a lo largo de la carretera. Muestra la elevación y la pendiente del trazo proyectado.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes de una carretera.
Sieca	Secretaría de Integración Económica de Centroamérica.
Talud	Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica, que delimita los volúmenes de corte o terraplén; y está contenido entre la cuneta y el terreno original.
Velocidad de diseño	Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y de comodidad.

RESUMEN

Para elaborar el presente trabajo, se realizó una investigación preliminar del lugar, que cubre las necesidades del municipio de San Vicente Pacaya, del departamento de Escuintla.

Logrando determinar que una de estas necesidades básicas, es el diseño de una carretera del caserío El Rodeo a la finca Taxiscobal, que cubre una longitud de cuatro kilómetros con ciento cuatro coma setecientos ochenta y cinco metros (4+104,785). Considerando una velocidad de diseño de 20 kilómetros por hora.

El presente informe muestra claramente cómo se realiza paso a paso, el diseño del alineamiento horizontal y alineamiento vertical, así como todos los criterios y especificaciones utilizadas para poder desarrollar un diseño que cumpla con la seguridad de los usuarios.

Para el diseño de la carretera se atendieron las recomendaciones de las normas y especificaciones de la Dirección General de Caminos, Secretaria de Integración Económica Centroamericana (Sieca) en su versión 2001 y AASHTO.

Se pretende colaborar con el desarrollo del municipio de San Vicente Pacaya, dando una vía alterna para poder comercializar todo tipo de actividad económica que se realiza en el municipio.

OBJETIVOS

General

Diseñar la carretera del caserío El Rodeo a la finca Taxiscobal, San Vicente Pacaya, Escuintla.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica del municipio de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla, reuniendo toda la información necesaria para lograr exponer las necesidades básicas de dicho municipio, lo cual sustentara este informe.
2. Diseñar la carretera basándose en criterios, normas y especificaciones que rigen al país de Guatemala.
3. Elaborar planos, presupuestos y cronograma del diseño de la carretera.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las recomendaciones que brindan las normas y especificaciones de la Dirección General de Caminos, Sieca, AASHTO, se elabora este informe, dando a conocer los pasos necesarios para el diseño de carreteras.

El presente informe incluye definiciones de diseño, cálculo de diseño correspondiente para la primera curva de alineamiento horizontal y vertical, presupuesto y planos finales. Para la realización del proyecto se utilizó el software de AutoCAD Land Desktop, herramienta específica para el diseño de carreteras.

Se realiza el diseño de la carretera desde caserío El Rodeo hasta la finca Taxiscobal, con apertura y pavimentación obedeciendo a la necesidad que los pobladores de esta han manifestado; este proyecto beneficiaría a las familias agricultoras y ganaderas que viven en el sector.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía

San Vicente Pacaya, municipio del departamento de Escuintla. Municipalidad de cuarta categoría. Área aproximada de doscientos treinta y seis kilómetros cuadrados (236). Nombre geográfico oficial: San Vicente Pacaya.

1.1.1. Localización geográfica

Colinda al norte con Amatitlán y Villa Canales (Gua); al este con Barberena (Santa Rosa); al sur con Guanagazapa (Escuintla); al oeste con Escuintla y Palín (Escuintla). La cabecera está al noroeste del macizo del volcán de Pacaya. Escuela 1,680 msnm, latitud 14° 24' 51"N, longitud 90° 28' 08". Amatitlán 2059 II. En el kilómetro 34,80 de la carretera Interoceánica CA-9 que al norte conduce a la capital y al sur a la cabecera departamental. De la misma, a unos 7,5 kilómetros al este llegan al sur de la cabecera San Vicente Pacaya, de donde por camino de revestimiento suelto al norte es poco menos de un kilómetro a su cabecera Municipal. Tiene así mismo caminos, roderas y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos.

al cual su acceso es por camino pavimentado a partir de allí solo quedan veredas a poblaciones al suroeste, se proyecta una apertura de carretera para estos caseríos. La actividad principal de este municipio es la agricultura y como producción principal la caficultura, como alternativas de cultivos esta: el maíz, frijol, producción pecuaria y en introducción el aguacate Hass.

1.1.3. Topografía del lugar

El municipio de San Vicente pacaya goza de una topografía bastante plana en la cabecera municipal mientras que sus alrededores la topografía es quebrada, con cerros de poca altura, pero en general se constituye una topografía en la que predomina el relieve. Sus aldeas que rodean al municipio tienen una topografía con pendiente uniforme, pero bastante pronunciada, bastante cortada en su parte norte y sur. En estas aldeas hay abundante vegetación, terrenos que los habitantes usan para cultivar. A pesar de lo accidentado de su topografía, el municipio cuenta con una red de caminos vecinales para comunicar a las diversas comunidades, así como privados de las diversas fincas pero por la falta de un adecuado programa de mantenimiento se encuentra en mal estado agudizando el problema durante la temporada lluviosa.

1.1.4. Aspecto climático

El clima es predominantemente frío, debido a la altitud y condiciones topográficas de la región, la estación lluviosa empieza en el mes de mayo y termina en noviembre.

De acuerdo con la estación meteorológica El Tablón del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), se presentan los siguientes parámetros de temperatura:

La temperatura promedio ronda entre 22 y 28° C.

1.1.5. Actividades económicas

La estructura geográfica del municipio se caracteriza por dividirse en una parte alta en la cual el clima es templado con un promedio de 22° C, mientras que en la parte baja la temperatura promedio es de 28° C; con una precipitación pluvial promedio anual de 3 300 mm, con lluvias de mayo a octubre. El área del municipio es principalmente quebrado, con tierras apropiadas para la agricultura, en la cual dentro de los cultivos permanentes y semipermanentes los principales productos son: el café en cereza (9,8 miles de toneladas) que represento el 74 % de la producción agrícola local para el período de 2002/2003 en una superficie de 4,4 miles de manzanas, que representaron el 97 % del total de superficie cultivada; seguido por la producción de maíz blanco, naranja, piña, aguacate, frijol negro, banano, caña de azúcar y papaya, por su orden de importancia. Sin embargo, debido a la crisis del café el empleo se ha desviado a otras ramas de actividad productiva como es el caso de la maquila y la construcción.

Las actividades para la producción pecuaria son poco significativas, inicio con pequeños negocios promovidos por programas de micro crédito, dirigidos principalmente para ganado lechero, engorde de marranos, pollos y gallinas ponedoras; la generación de la producción es destinada principalmente para el autoconsumo.

1.1.6. Extensión territorial

Posee una extensión territorial de 236 km², según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el 2009.

1.1.7. Población

El municipio de San Vicente Pacaya cuenta con una población urbana y rural con escasa diferencia entre ellos, 52 y 48 % respectivamente, por lo que es un municipio con disputas para la satisfacción de demandas sociales tanto en el área urbana como en el área rural que no pueden dejar de atenderse; dicha población es mayoritariamente ladina (95 %). Dentro de su estructura poblacional tiene un porcentaje importante en lo que se refiere a niños y jóvenes en edades de hasta 17 años, puesto que representa el 48 %, mientras que el 47 % tiene las edades de 18 a 64 años. Estos representan porcentajes muy significativos tomando en cuenta que la población joven espera ser absorbida en actividades productivas que la municipalidad y los grupos organizados podrían promover para el desarrollo local, principalmente para la organización de mujeres que representan el 49 % de la población.

1.1.8. Servicios existentes

El municipio de San Vicente Pacaya cuenta con una carretera en buenas condiciones que comunica la ciudad capital con la cabecera municipal (45 km); mientras que para la comunicación a las partes altas del municipio los caminos vecinales son de terracería con fácil acceso en toda época del año, y cuentan con servicios de transporte colectivo en varias horas del día; cuentan con servicios telefónicos fijos de dos operadores del sistema, servicios de radio transmisores, servicio de cable para TV.

En las partes bajas del municipio la situación es difícil debido a que los caminos son poco accesibles, principalmente en épocas de invierno.

El municipio además, un 80 % de sus comunidades cuenta con servicio de energía eléctrica, proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala. La cobertura domiciliaria es de 92 % en la cabecera municipal y el alumbrado público cubre el 90 % del área poblada. En las comunidades el 75 % de las familias tiene energía eléctrica y el 60 % de las comunidades cuenta con alumbrado público.

Por otra parte, existe un mercado municipal y conforme ha ido pasando el tiempo, durante los “días de mercado”, cuando se concentra más oferentes y demandantes, estos cubren calles aledañas para ofrecer y comprar sus productos, respectivamente.

1.2. Principales necesidades de las comunidades del municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla

Son necesarios caminos vecinales en el municipio, que por su extensión territorial y la cantidad de comunidades, caseríos y aldeas con que cuenta, precisa de salones comunales, para reuniones sociales y eventos culturales. Es necesario, además, pavimentar calles en el área urbana, construir un salón de usos múltiples dentro del casco urbano para realizar las distintas actividades programadas durante el año por parte de la Municipalidad; ya que en la actualidad no se cuenta con un lugar adecuado para dichas actividades.

Con la colaboración de los comités de la aldea El Rodeo y habitantes de las fincas y comunidades al sur del municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla, se determinó que como necesidad prioritaria proponer una solución a la comunicación como prioridad entre estas comunidades, a través de la construcción de una carretera que las comunique.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de carretera caserío El Rodeo a Finca Taxiscobal, San Vicente Pacaya, Escuintla

Para el diseño de la carretera se utilizarán las normas y especificaciones de la Dirección General de Caminos, AASHTO, *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos (Sieca)*, *Manual Centroamericano, Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto está enfocado a la necesidad que existe en el sureste de la cabecera, ya que las comunidades se encuentran incomunicadas, actualmente existe una vereda y se transita a pie y por herradura. Es un proyecto de apertura de brecha y mejoramiento con estructura de pavimento rígido, beneficiando por completo al municipio dando una nueva alternativa de comunicación vial, (ver plano de ubicación en anexos).

2.1.2. Selección de ruta

Se consideró una ruta para facilitar el transporte, cumpliendo satisfactoriamente el financiamiento y las características actuales del proyecto así como el número de beneficiarios, ya que la mayor parte de la población en esta zona se dedica al cultivo de maíz, frijol, y ganado, la cual no puede ser transportada convenientemente a los sitios de consumo o venta por falta de una vía de comunicación apropiada.

2.2. Levantamiento topográfico

La primera actividad es el establecimiento de una poligonal cuyos vértices serán bases de topografía a partir de las cuales, mediante radiación, se toman las coordenadas de puntos del terreno.

Para el levantamiento topográfico se utilizó una estación total, marca Sokkia COLTD SET 2C, dos prismas de precisión, cinta métrica, pintura, marcadores, radios de comunicación, equipo de computación así como dos cadeneros y ayuda comunitaria para poder chapear y limpiar el área de visualización.

Este aparato topográfico al utilizarlo como taquimétrico, genera planimetría y altimetría en cada punto observado, y al procesar la información de un software genera coordenadas totales evitando cualquier error de cálculo, brindando así un grado de precisión muy confiable. Se presenta a continuación parte de la topografía generada por dicha estación:

Tabla I. **Levantamiento topográfico de un tramo**

Núm. de registro	Norte	Este	Elevación	Descripción
1 000	10 000,000	10 000,000	1 000,000	Estacion-0
1 001	10 000,691	9 989,514	1 000,164	Ancho de calle
1 002	9 995,056	9 985,437	999,817	Ancho de calle
1 003	9 997,674	9 987,516	999,898	Nivel natural
1 004	10 002,212	9 981,110	1 000,354	Ancho de calle
1 005	9 998,335	9 979,898	1 000,065	Ancho de calle
1 006	10 000,294	9 980,644	1 000,107	Ancho de calle
1 007	10 003,533	9 973,687	1 000,876	Ancho de calle
1 008	9 999,987	9 973,111	1 000,560	Ancho de calle
1 009	10 001,982	9 973,357	1 000,586	Nivel natural
1 010	9 993,087	9 993,213	999,465	Ancho de calle

Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Planimetría

Parte de la topografía que comprende los métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala, sobre una superficie plana, de todos los detalles interesantes del terreno prescindiendo de su relieve. Para este caso se aplicó el método de conservación de azimut y deflexiones.

2.2.2. Altimetría

Parte de la topografía que comprende los métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia. Con ella se consigue representar el relieve del terreno. Para este caso se aplicó el método directo.

2.3. Ensayos de laboratorio

Parte muy importante del diseño de pavimento rígido lo constituye la determinación de las características del suelo sobre el cual se asentará dicho pavimento, es decir la evaluación de la subrasante.

2.3.1. Granulometría

El propósito del análisis granulométrico es determinar el tamaño de los granos que constituye un suelo y al mismo tiempo, el porcentaje de los mismos en los distintos intervalos de tamaños.

El análisis granulométrico se realizó con tamices y con lavado previo, Norma AASHTO T-27, T-11. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el

suelo posee 0,02 % de grava, 36,56 % de arena y 63,42 % finos. El suelo se clasifica como limo arenosos color café.

2.3.1.1. Tamizado

El objetivo del ensayo granulométrico por tamizados es determinar el porcentaje de paso de los diferentes tamaños del agregado (fino y grueso) y con estos datos construir su curva granulométrica, así como determinar mediante el análisis de tamizado la gradación que existe en una muestra de agregados (fino, grueso). Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor.

2.3.1.2. Sedimentación

Se basa en la ley de Stokes, el cual establece “La velocidad de caída de una partícula esférica a través de un medio líquido, es función del diámetro y del peso específico de la partícula”. Las partículas se clasifican en función de su tamaño y el sedimento en función de la distribución de tamaños de las partículas que lo forman.

Tabla II. **Clasificación suelos**

Diámetro (mm)	Textura del sedimento
2 – 0,064	Arenosa
0,064 – 0,004	Limosa
< 0,004	Arcillosa

Fuente: ASSHTO.

El método de sedimentación tiene por objetivo contar con datos muy aproximados de la composición granulométrica de las partículas del suelo.

2.3.2. Límites de Atterberg

Los ensayos que determinan los límites de consistencia del suelo se utilizan para conocer las propiedades plásticas del mismo. Al incrementar el contenido de agua de un suelo, este puede pasar desde un estado sólido, por varias etapas de consistencias definidas por Atterberg, así: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado líquido. Los cambios de estado producen gradualmente y los límites fijados arbitrariamente se denominan: límite líquido (L.L.) y límite plástico (L.P.).

Según ensayo de límites de Atterberg con Norma AASHTO T-89 y T-90, el límite líquido (L.L.) es 45,80 % y el índice plástico (L.P.) es 7,50 %.

2.3.2.1. Límite líquido

Es el porcentaje de humedad o contenido de agua que determina la división entre el estado líquido y el estado plástico del suelo. El método utilizado actualmente para la determinación del límite líquido es el creado por A. Casagrande, con el cual se puede calcular el contenido de agua de un suelo que posee una consistencia tal, que una muestra a la que se le ha practicado una ranura, al sujetarse al impacto de varios golpes fuertes, se cierra sin que el suelo resbale sobre su apoyo. El dispositivo conocido como copa de Casagrande produce un impacto mecánico estándar desde una altura fija y se complementa con una herramienta especial para realizar la ranura. Así, el límite líquido puede definirse como el contenido de agua que permite cerrar la ranura típica con 25 golpes en el aparato de Casagrande. Con tres o más contenidos

de agua se determina el número de golpes necesarios para cerrar la ranura hecha en la muestra de suelo, con únicamente el material que pase por la malla núm. 40 empíricamente, se ha encontrado que se obtiene una línea recta si este se grafica en papel semilogarítmico, así: el contenido de agua en la escala aritmética vertical y el número de golpes en la escala logarítmica horizontal. El contenido de agua al cortar, esta resta en la escala vertical que corresponda a 25 golpes, será el límite líquido y su Norma es AASHTO T-89.

2.3.2.2. Límite plástico

Es el porcentaje de humedad con el cual el suelo cambia del estado plástico al estado semi-sólido. El método para determinar el límite plástico en una muestra de suelo consiste en hallar el contenido de agua, expresado en porcentaje de peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm. (1/8") de diámetro al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa. De los ensayos de límites de consistencia se pueden obtener el índice de plasticidad (LP), que sirve principalmente para determinar separaciones marcadas entre los distintos tipos de suelo y su Norma es AASHTO T-89.

2.3.2.3. Índice plástico

Es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico y su Norma es AASHTO T-90.

Tabla III. **Clasificación de índice plástico**

índice de plasticidad (ip)	Plasticidad del suelo
IP=0	No plástico
0 < IP < 7	Baja plasticidad
7 < IP < 17	Mediana plasticidad
IP > 17	Alta plasticidad

Fuente: AASHTO.

Dado que el índice plástico, es de 7,5 % según el resultado obtenido en el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado como suelo de mediana plasticidad.

2.3.3. Compactación de Proctor modificado

Para este ensayo se debe determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está conformado por la suma de sus aguas libres, capilares e higroscópicas.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.

2.3.3.1. Densidad máxima y humedad óptima

La compactación de suelos constituye un capítulo importantísimo y se halla íntimamente relacionada con la pavimentación de carreteras. A fin de que el material a compactarse alcance la mayor densidad posible en el terreno, deberá tener una humedad adecuada en el momento de la compactación.

Esta humedad previamente determinada en laboratorio de suelos, se llama “humedad óptima” y la densidad obtenida se conoce con el nombre de “densidad máxima”.

La importancia de realizar una adecuada compactación es justamente calcular la cantidad de agua, (humedad óptima) que ha de tener un suelo, a fin de obtener una buena lubricación que permita, al compactarlo, alcanzar la mayor densidad posible, es decir, la “densidad máxima”. El suelo colocado como un suelo geotécnico (en bases de carretera, terraplenes, llenos de fundación) se compacta a un estado denso para obtener propiedades geotécnicas apropiadas como resistencia al corte, compresibilidad, permeabilidad. También los suelos de fundación son compactados frecuentemente para mejorar sus propiedades geotécnicas. Los ensayos de compactación en el laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua necesarios para conseguir las propiedades requeridas, y para llevar el control durante la construcción que permita asegurar que se alcancen los contenidos de agua y la compactación requerida. Durante la preparación de una subbase se requiere la preparación de muestras para ensayos de resistencia al corte, consolidación, permeabilidad, los cuales deberán tener el contenido de humedad óptima y la densidad máxima para obtener datos buenos en los ensayos respectivos.

Según ensayo de compactación de proctor modificado con Norma AASHTO T-180, se determinó la densidad seca máxima de 1 269 Kg/m³ – 79,2 Lb/pie³ y humedad óptima de 35,7 %.

2.3.4. Valor soporte CBR

El ensayo de razón soporte California (CBR), según la Norma AASHTO-T193, 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.

Para determinar el CBR se toma como material de comparación o patrón piedra triturada bien graduada, que tiene un CBR igual al 100 %.

Según el ensayo de razón soporte California (CBR) con Norma AASHTO – T193, los resultados de laboratorio demuestran que la subrasante tiene un valor soporte de 30,20 % clasificando al suelo de apto para una subrasante con una estabilización mínima.

2.3.5. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se adjuntan los anexos. De estos resultados dependen los espesores de las capas de conforman el pavimento rígido. El resumen de resultados se muestra a continuación:

- Clasificación PRA: A-5.
- Clasificación SCU: MN.

- Descripción del suelo: limo arenoso color café.
- Límite líquido: 45,8 %.
- Índice plástico: 7,5 %.
- Descripción del suelo con respecto a los límites: suelo de media plasticidad.
- Densidad seca máxima: 1,269 Kg/m³.
- Humedad óptima: 35,7 %.
- CBR crítico: 2,40 %.

2.4. Diseño geométrico de carreteras

Se recolectan y examinan todos los datos disponibles. Incluye: topografía, volumen de tránsito vehicular, información hidrográfica, información económica (costos de construcción), tendencias de actividades agrícolas y comerciales.

La estimación de tránsito de diseño es muy importante para poder diseñar el espesor del pavimento. Para el proyecto se realizó un sondeo del posible tránsito que circulara en el sector, tomando en cuenta a los vehículos de vecinos, vehículos repartidores, transporte urbano, entre otros. Estimando la siguiente suposición: se diseñará para un tránsito promedio diario de 90 vehículos con un 4,5 % de vehículos pesados o sea un total de 4 vehículos pesados diarios, por lo que según la tabla 3 de las *Normas de diseño geométrico de carreteras del MOP*, la vía a diseñar estaría enumerada en una carretera categoría V (tipo F). Donde el TPDA es el tráfico promedio diario anual.

Tabla IV. **Clasificación de carreteras según TPDA**

Función	Categoría de la vía	TPDA esperado
Corredor Arterial	R-I o R-II (A)	> 8000
	I (B)	3 000 – 8 000
	II (C)	1 000 – 3 000
Colectora	III (D)	300 – 1 000
	IV (E)	100 – 300
Vecinal	V (F)	< 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP.

Para el diseño de esta carretera se clasifica según su funcionalidad en nivel terciario (tipo F), ya que es una vía de acceso que une dos veredas entre el caserío El Rodeo hacia finca Taxiscobal, además según el tipo de terreno se clasifica como un terreno montañoso, ya que tiene pendientes transversales en el eje de la vía entre los trece y cuarenta grados (13 - 40°), donde se requiere de grandes movimientos de tierra durante la construcción, lo que presenta dificultades en el trazo y en la explanación.

La velocidad de diseño está definida según su categoría de carretera y el tipo de terreno, que en esta carretera es de nivel terciario y terreno montañoso. Se toma como referencia a los códigos ya mencionados.

Tabla V. **Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos en función de la categoría y el tipo de terreno**

Categoría de la carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo V_{TR} (Km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Fuente: tabla 5, Diseño Geométrico.

De acuerdo a las tablas dadas por la AASHTO y según los análisis del tráfico previsto para dicho proyecto la sección típica a usarse es de tipo "F".

Tabla VI. **Valores de la velocidad de diseño según AASHTO**

TIPO F	VEL. DISEÑO K.P.H.	DERECHO VIA (m).	RADIO MÍNIMO (m).	PENDIENTE MÁXIMA
REGIÓN		25		
LLANA	40		47	10 %
ONDULADA	30		30	12 %
MONTAÑOSA	20		18	14 %

Fuente: AASHTO.

Por lo tanto según la máxima seguridad de los usuarios para el estudio de esta carretera se considera una velocidad de diseño de 20 kph, de esta manera los conductores no serán sorprendidos con cambios bruscos o frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

2.4.1. Alineamiento horizontal

El establecimiento del alineamiento horizontal depende de la topografía, características hidrológicas del terreno, condiciones del drenaje, características técnicas de la subrasante, potencial de los materiales locales. En el proceso de diseño y cálculo se tomaron en consideración varios aspectos técnicos, los cuales se enumeran a continuación:

- Todo el diseño debe ir basado en el principio de seguridad y comodidad en la carretera.
- Para una velocidad de diseño dada, se evitó dentro de lo razonable, el uso de radios mínimos en el cálculo de curvas horizontales.
- En carreteras del área rural es conveniente evaluar si se usa un radio menor al mínimo permitido por la velocidad de diseño, a cambio de incrementar considerablemente el costo de la obra al utilizar radios mayores.
- La longitud de espiral fueron calculadas según la tabla recomendada por la Dirección General de Caminos del Departamento Técnico de Ingeniería de la República de Guatemala, y recomendadas por AASHTO.

- Los valores mínimos de longitud de espiral, son los correspondientes a las distancias recorridas en 2 segundos a la velocidad de diseño.
- El peralte se repartirá proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el PC o PT el punto medio de dicha espiral.
- En cada cálculo debe verificarse la longitud de la tangente, ya que esta no podrá ser negativa jamás, ya que esto indicaría que dos curvas horizontales se están traslapando.
- Se utilizó en el diseño, las tablas de peralte recomendado, mínimas longitudes de transición, sobre anchos y deltas mínimos a una velocidad de 20 kph, de: A Policy on Geometric Design Rural Highways American Association of State Highway and Transportation Oficial, del Departamento Técnico de Ingeniería de la Dirección General de Caminos (DGC) de la república de Guatemala, presentada a continuación:

Tabla VII. **Peralte recomendado, longitud de transición recomendado por la DGC**

G	RADIO	20 K.P.H.				30 K.P.H.				40 K.P.H.			
		DB = 10				DB = 11				DB = 12			
		e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA
1	1145.92	0.20	11	0.60	0.00	0.50	17	0.80	0.00	0.80	22	1.10	0.00
2	572.96	0.40	11	1.10	0.00	0.90	17	1.70	0.00	1.60	22	2.20	0.00
3	381.97	0.60	11	1.70	0.00	1.30	17	2.50	0.00	2.30	22	3.30	0.60
4	286.48	0.80	11	2.20	0.00	1.70	17	3.30	0.60	3.00	22	4.40	0.60
5	229.18	1.00	11	2.80	0.00	2.10	17	4.20	0.60	3.70	22	5.60	0.60
6	190.99	1.20	11	3.30	0.60	2.50	17	5.00	0.60	4.40	22	6.70	0.60
7	163.70	1.30	11	3.90	0.60	2.90	17	5.80	0.60	5.00	22	7.80	0.60
8	143.24	1.50	11	4.40	0.60	3.30	17	6.70	0.60	5.50	22	8.90	0.60
9	127.32	1.70	11	5.00	0.60	3.70	17	7.50	0.60	6.10	24	10.60	0.65
10	114.59	1.90	11	5.60	0.60	4.00	17	8.30	0.61	6.60	25	12.70	0.70
11	104.17	2.10	11	6.10	0.60	4.40	17	9.20	0.65	7.00	27	15.00	0.75
12	95.49	2.20	11	6.70	0.60	4.70	17	10.10	0.70	7.50	29	17.40	0.80
13	88.15	2.40	11	7.20	0.64	5.00	18	11.70	0.74	7.90	31	19.80	0.85
14	81.85	2.60	11	7.80	0.68	5.40	19	13.40	0.79	8.20	32	22.40	0.90
15	76.39	2.70	11	8.30	0.72	5.70	20	15.10	0.83	8.60	33	24.90	0.95
16	71.62	2.90	11	8.90	0.76	6.00	21	17.00	0.87	8.90	34	27.50	0.99
17	67.41	3.10	11	9.40	0.80	6.20	22	18.90	0.92	9.10	35	30.10	1.04
18	63.66	3.20	11	10.00	0.84	6.50	23	20.90	0.96	9.40	36	32.60	1.09
19	60.31	3.40	11	10.60	0.88	6.80	24	22.90	1.00	9.50	37	35.20	1.13
20	57.30	3.60	12	11.70	0.92	7.00	25	25.00	1.05	9.70	38	37.60	1.18
21	54.57	3.70	12	12.80	0.95	7.30	26	27.20	1.09	9.80	38	40.00	1.23
22	52.09	3.90	13	14.00	0.99	7.50	27	29.40	1.13	9.90	38	42.30	1.27
23	49.82	4.00	13	15.20	1.03	7.70	28	31.70	1.17	10.00	39	44.50	1.32
24	47.75	4.20	14	16.40	1.07	7.90	28	33.90	1.22	10.00	39	46.50	1.36
25	45.84	4.30	14	17.70	1.11	8.10	29	36.20	1.26				
26	44.07	4.50	15	19.10	1.15	8.30	30	38.60	1.30				
27	42.44	4.60	15	20.40	1.19	8.50	30	40.90	1.34				
28	40.93	4.80	16	21.90	1.23	8.70	31	43.30	1.38				
29	39.51	4.90	16	23.30	1.27	8.80	31	45.70	1.42				
30	38.20	5.10	17	24.80	1.30	9.00	32	48.00	1.47				
31	36.97	5.20	17	26.30	1.34	9.10	33	50.40	1.51				
32	35.81	5.30	17	27.90	1.38	9.30	33	52.80	1.55				
33	34.72	5.50	18	29.50	1.40	9.40	33	55.10	1.59				
34	33.70	5.60	18	31.10	1.46	9.50	34	57.40	1.63				
35	32.74	5.70	19	32.80	1.50	9.60	34	59.70	1.67				
36	31.83	5.90	19	34.50	1.53	9.70	34	62.00	1.71				
37	30.97	6.00	20	36.20	1.57	9.80	35	64.20	1.75				
38	30.16	6.10	20	38.00	1.61	9.80	35	66.40	1.79				
39	29.38	6.20	20	39.70	1.65	9.90	35	68.50	1.83				
40	28.65	6.40	21	41.50	1.69	9.9	35	70.60	1.87				
41	27.95	6.50	21	43.40	1.73	10.00	35	72.60	1.92				
42	27.28	6.60	22	45.20	1.76	10.00	36	74.60	1.96				
43	26.65	6.70	22	47.10	1.80	10.00	36	76.50	2.00				

Fuente: Dirección General de Caminos.

Según la tabla, para la primera curva de alineamiento horizontal del proyecto:

Velocidad de diseño=20 kph

R= 80 metros

G=14° 19' 26"

Al buscar los datos correspondientes, se obtiene que:

Longitud de espiral (Ls)=11 metros

2.4.1.1. Diseño de localización

Se deberá proponer o diseñar una línea que vendrá a ser la definitiva para el proyecto a ejecutarse. Se involucrarán en este diseño todos los datos necesarios para que la cuadrilla de topógrafos proceda a marcar en el campo la ruta seleccionada, referido al aspecto tanto altimétrico como planimétrico. Se emplean los principios del diseño geométrico para establecer la ruta preliminar, debiéndose hacer un corrimiento en dicha línea, cuando existen obstáculos o situaciones que impiden trazar la línea preliminar.

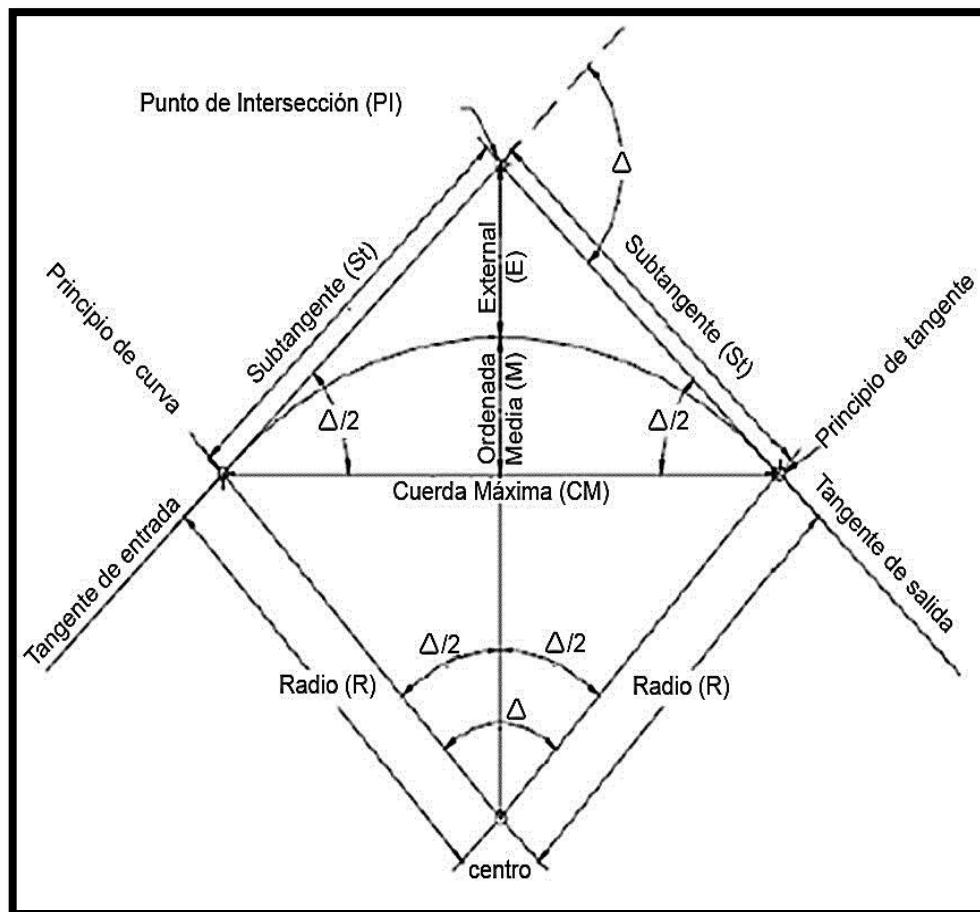
En la mayoría de diseños horizontales existirán casos en donde la línea de localización coincida con la línea preliminar, sin embargo, cuando se hace un corrimiento de línea es necesario realizar medidas gráficas para relacionar la línea localizada con la línea corrida.

2.4.1.2. Tangentes y curvas horizontales

Las tangentes son la distancia entre curvas, es decir distancia entre la estación PC a la estación PT.

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño.

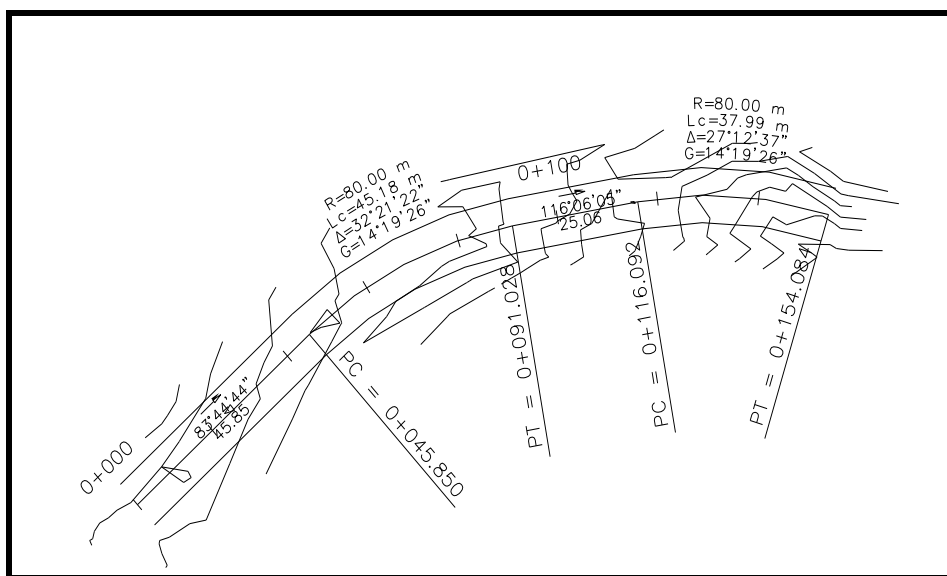
Figura 2. **Elementos de la curva horizontal**



Fuente: YLLESCAS PONCE, Alvaro Danilo. *Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetnamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá.* p. 24.

Para la realización de este diseño de carretera del caserío El Rodeo a la finca Taxiscobal, se utilizó el programa AutoCAD Land Desktop que es específicamente para proyectos de diseño de carreteras, por lo cual se presenta el análisis de los elementos de la primera curva horizontal del proyecto.

Figura 3. **Diseño de primera curva del alineamiento horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.4.1.3. Curvas de transición

Cuando un vehículo pasa por un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se requiere al cambio de dirección como a la sobre elevación. Para lograrlo se usan estas curvas y su definición será la curva que une la tangente con una curva circular simple, teniendo como característica la variación continua en el valor del radio de curvatura a través de su longitud, desde infinito en la tangente al correspondiente para la curva circular.

2.4.1.4. Peralte

El peralte en carreteras se construye para compensar la fuerza centrífuga que hace que los vehículos salgan de la carretera. Cada país dispone de un reglamento o normativa que impone el porcentaje de peralte en función de los siguientes parámetros:

- Coeficiente de rozamiento transversal rueda-asfalto
- Velocidad de proyecto
- Radio de la curva

2.4.1.5. Sobreancho

Sobreancho de vía y su transición. El sobreancho se introduce en las curvas horizontales para mantener las mismas condiciones de seguridad que los tramos rectos, en cuanto al cruce de vehículos de sentido contrario, por las siguientes razones:

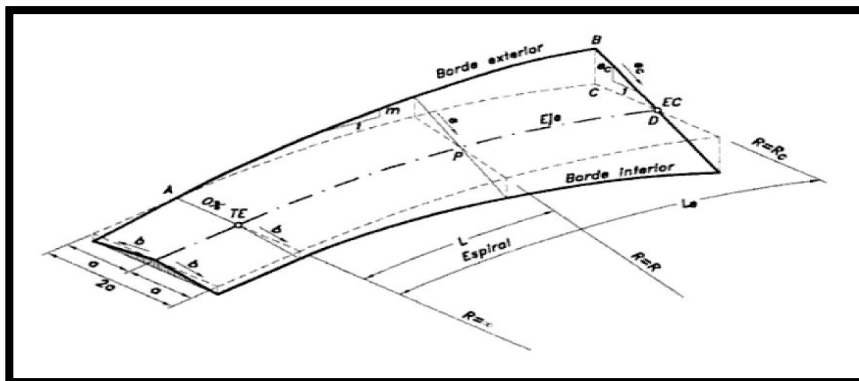
- El vehículo al describir la curva, ocupa mayor ancho que en la tangente, esto es debido a que las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras. Además, el extremo delantero izquierdo, describe la trayectoria exterior del vehículo.
- La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el eje del carril recorrido, debido a la menor facilidad de apreciar la posición relativa de sus vehículos dentro de la curva.

Sabiendo que si un vehículo va a baja velocidad, el sobreancho se podría describir geométricamente, ya que el eje posterior es radial, lo mismo ocurriría

cuando describiera una curva peraltada a una velocidad de equilibrio tal, de manera que la fuerza centrífuga quedara completamente contrarrestada por la acción del peralte. En cambio si la velocidad fuera menor o mayor que la velocidad de equilibrio, las ruedas traseras se moverían a lo largo de una trayectoria más cerrada o más abierta, respectivamente. Por lo expuesto la posición relativa de las ruedas traseras depende de la velocidad, y no existe forma analítica de calcular el desplazamiento entre las trayectorias de las ruedas delanteras y las traseras, ya que de ello depende el ángulo de esviaje desarrollado por el vehículo.

Para determinar el valor del sobreancho, debe elegirse el vehículo representativo o promedio del tránsito de la vía. Cuando el valor del sobreancho sea menor de 30 centímetros (0,30 metros) no es obligatoria su aplicación. Hay que tomar en cuenta que si la curva horizontal consta de una espiral de transición, el sobre ancho se reparte en ambos lados de la vía y que si la curva horizontal no consta de una espiral de transición, el sobreancho se repartirá solo del lado interior de esta.

Figura 4. **Sobreancho en una carretera**



Fuente: *Sobreancho de vía y su transición*. <http://nodubitatio.es.tl/Sobreancho.htm>.

Consulta: 25 de febrero de 2015.

Tabla VIII. Resumen diseño geométrico curvas horizontales

CURVAS HORIZONTALES RESUMEN DE DATOS GEOMETRICOS												
No. Curva	R (m)	Lc (m)	Δ			G			St (m)	L (m)	e%	Sa (m)
			G	M	S	G	M	S				
1	80.00	45.18	32.00	21.00	22.00	14.00	19.00	26.00	23.21	11.00	2.60	0.68
2	80.00	37.99	27.00	12.00	37.00	14.00	19.00	26.00	19.36	11.00	2.60	0.68
3	100.00	113.18	64.00	51.00	-	11.00	27.00	33.00	63.52	11.00	2.10	0.60
4	350.00	163.26	26.00	43.00	33.00	3.00	16.00	27.00	83.14	11.00	0.60	-
5	60.00	43.29	41.00	20.00	27.00	19.00	5.00	55.00	22.64	11.00	3.40	0.88
6	65.00	41.29	36.00	23.00	47.00	17.00	37.00	46.00	21.37	11.00	3.10	0.80
7	50.00	63.47	72.00	43.00	40.00	22.00	55.00	6.00	36.81	13.00	3.90	0.99
8	120.00	20.60	9.00	50.00	15.00	9.00	32.00	57.00	10.33	11.00	1.70	0.60
9	130.00	20.53	9.00	2.00	59.00	8.00	48.00	53.00	10.29	11.00	1.50	0.60
10	60.00	26.57	25.00	22.00	28.00	19.00	5.00	55.00	13.51	11.00	3.40	0.88
11	100.00	30.36	17.00	23.00	50.00	11.00	27.00	33.00	15.30	11.00	2.10	0.60
12	50.00	31.45	36.00	2.00	26.00	22.00	55.00	6.00	16.27	13.00	3.90	0.99
13	70.00	25.10	20.00	32.00	49.00	16.00	22.00	13.00	12.69	11.00	2.90	0.76
14	60.00	26.29	25.00	6.00	34.00	19.00	5.00	55.00	13.36	11.00	3.40	0.88
15	60.00	65.91	62.00	56.00	38.00	19.00	5.00	55.00	36.73	11.00	3.40	0.88
16	50.00	27.49	31.00	29.00	54.00	22.00	55.00	6.00	14.10	13.00	3.90	0.99
17	70.00	51.19	41.00	54.00	6.00	16.00	22.00	13.00	26.80	11.00	2.90	0.76
18	80.00	28.85	20.00	39.00	56.00	14.00	19.00	26.00	14.59	11.00	2.60	0.68
19	100.00	34.63	19.00	50.00	28.00	11.00	27.00	33.00	17.49	11.00	2.10	0.60
20	100.00	26.55	15.00	12.00	38.00	11.00	27.00	33.00	13.35	11.00	2.10	0.60
21	100.00	35.70	20.00	27.00	19.00	11.00	27.00	33.00	18.04	11.00	2.10	0.60
22	45.00	49.83	63.00	26.00	57.00	25.00	27.00	53.00	27.82	14.00	4.30	1.11
23	40.00	32.75	46.00	54.00	27.00	28.00	38.00	52.00	17.35	16.00	4.80	1.23
24	55.00	37.87	29.00	27.00	12.00	20.00	50.00	5.00	14.46	12.00	3.60	0.92
25	50.00	39.85	45.00	40.00	13.00	22.00	55.00	6.00	21.05	13.00	3.90	0.99
26	75.00	50.93	38.00	54.00	15.00	15.00	16.00	44.00	26.49	11.00	2.70	0.72
27	70.00	39.36	32.00	12.00	46.00	16.00	22.00	13.00	20.21	11.00	2.90	0.76
28	45.00	62.81	79.00	58.00	6.00	25.00	27.00	53.00	37.74	14.00	4.30	1.11
29	85.00	50.38	33.00	57.00	38.00	13.00	28.00	53.00	25.96	11.00	2.40	0.64
30	60.00	45.34	43.00	17.00	44.00	19.00	5.00	55.00	23.81	11.00	3.40	0.88
31	50.00	42.06	48.00	12.00	2.00	22.00	55.00	6.00	22.37	13.00	3.90	0.99
32	75.00	20.61	15.00	44.00	36.00	15.00	16.00	44.00	10.37	11.00	2.70	0.72
33	150.00	33.50	13.00	33.00	40.00	7.00	38.00	22.00	17.83	11.00	1.30	0.60
34	50.00	40.56	46.00	28.00	26.00	22.00	55.00	6.00	21.47	13.00	3.90	0.99
35	60.00	27.29	26.00	3.00	20.00	19.00	5.00	55.00	13.88	11.00	3.40	0.88
36	45.00	41.06	52.00	16.00	43.00	25.00	27.00	53.00	22.08	14.00	4.30	1.11
37	45.00	31.96	40.00	41.00	19.00	25.00	27.00	53.00	16.69	14.00	4.30	1.11
38	150.00	20.92	7.00	59.00	32.00	7.00	38.00	22.00	10.48	11.00	1.30	0.60
39	100.00	20.41	11.00	41.00	37.00	11.00	27.00	33.00	10.24	11.00	2.10	0.60
40	400.00	20.09	2.00	52.00	38.00	2.00	51.00	53.00	10.05	11.00	0.40	-
41	45.00	33.02	42.00	2.00	24.00	25.00	27.00	53.00	17.29	14.00	4.30	1.11
42	55.00	38.35	39.00	57.00	10.00	20.00	50.00	5.00	19.99	12.00	3.60	0.92
43	150.00	32.85	12.00	32.00	54.00	7.00	38.00	22.00	16.49	11.00	1.30	0.60
44	150.00	21.75	8.00	18.00	33.00	7.00	38.00	22.00	10.90	11.00	1.30	0.60
45	45.00	24.77	31.00	32.00	1.00	25.00	27.00	53.00	12.71	14.00	4.30	1.11
46	90.00	20.25	12.00	53.00	37.00	12.00	43.00	57.00	10.17	11.00	2.20	0.60
47	125.00	20.04	9.00	11.00	3.00	9.00	10.00	2.00	10.04	11.00	1.70	0.60

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.4.2. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos. Lo ideal es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones del tránsito y a las características del terreno, generando un proyecto lo más económico posible tanto en su operación como para su construcción.

2.4.2.1. Diseño de subrasante y pendiente

La función de la subrasante es soportar las cargas que transmite la carpeta y darle sustentación, además de considerar la cimentación. Otra de las funciones de la subrasante es evitar que el terraplén contamine la carpeta y que sea absorbido por las terracerías.

Pendiente es la que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación pueden darse tres tipos:

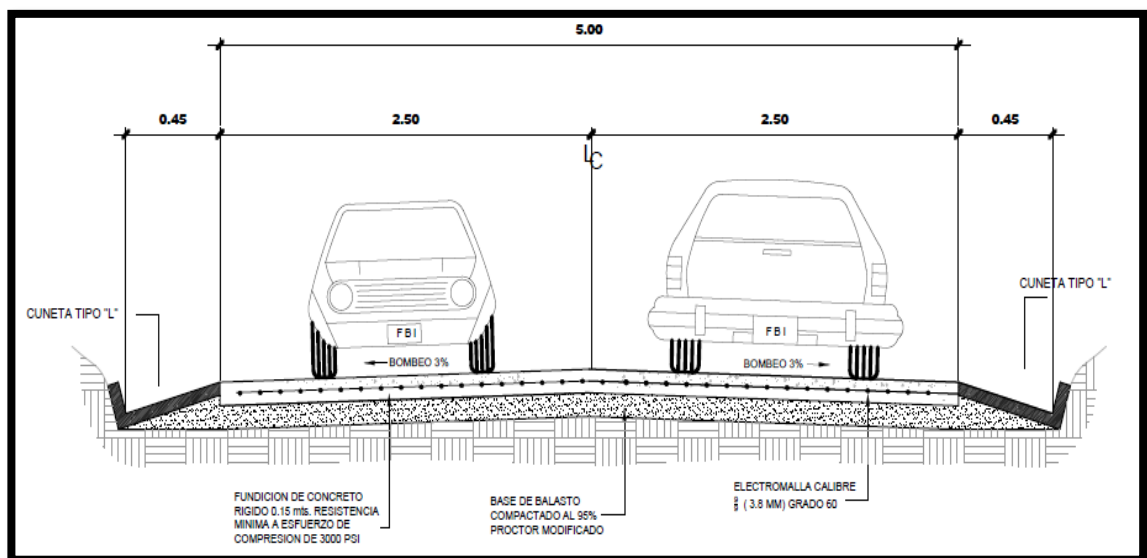
- Pendiente por bombeo: es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

- Pendiente por peralte: es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.
- Pendiente por transición: es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo.

2.4.2.1.1. Bombeo

Pendiente transversal descendiente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal. Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua. En este diseño se utilizará un bombeo de 3 % hacia ambos lados.

Figura 5. Bombeo del 3 %



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.4.2.2. Curvas verticales y correcciones

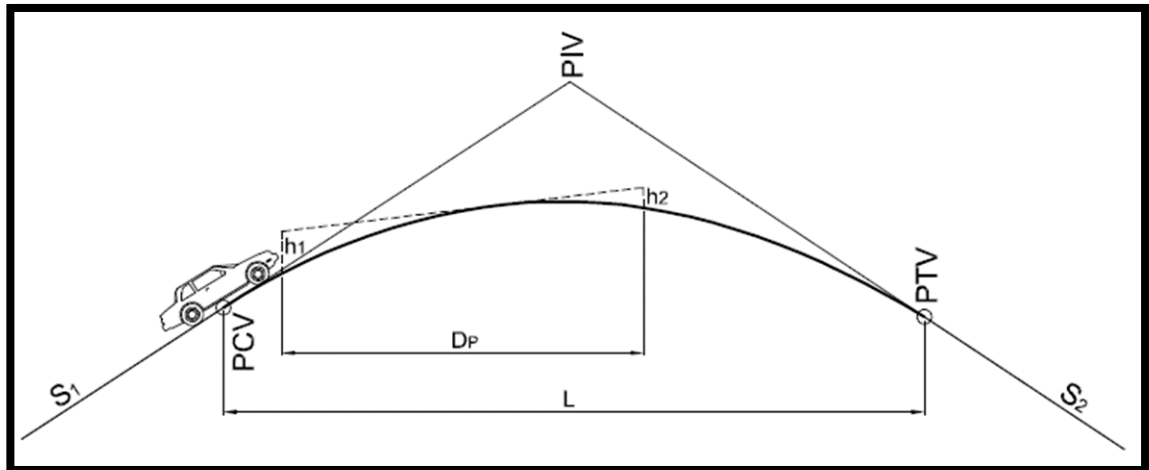
Los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas y son los siguientes:

- Criterio de seguridad

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento.

En curvas verticales convexas, de acuerdo con el criterio de seguridad, la longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de la distancia de visibilidad de parada (DP). Se presentan dos relaciones entre la distancia de visibilidad (DP) y la longitud de la curva (L): cuando $DP < L$ y $DP > L$. Las ecuaciones que se indican a continuación presentan la longitud de la curva para cada relación, teniendo en cuenta la altura del ojo del conductor sobre la calzada (h_1), que es igual a un metro con ocho centímetros (1,08 m), y la altura del obstáculo (h_2), que es igual a sesenta centímetros (0,60 m).

Figura 6. **Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de seguridad**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cuando $DP < L$:

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{200 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Donde:

$L_{mín}$: longitud mínima de la curva, en metros.

A: diferencia algebraica de pendientes, en porcentajes (%).

DP: distancia de visibilidad de parada, asociada a la velocidad específica de la curva vertical (VCV), en metros.

h_1 = altura del ojo del conductor, en metros. $h_1=1,08$ m.

h_2 = altura del obstáculo, en metros. $h_2=0,60$ m.

Sustituyendo los valores de h_1 y h_2 se tiene:

$$L_{min} = \frac{A * (D_P)^2}{658}$$

El control de la distancia de visibilidad de parada (DP) también se puede hacer mediante el parámetro K, el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal, en metros, necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1 %) a lo largo de la curva). Lo anterior se traduce en.

$$K_{min} = \frac{L}{A}$$

Y utilizando la ecuación adoptada se tiene que:

$$K_{min} = \frac{(D_P)^2}{658}$$

Los valores de K min para curvas convexas se presentan en la tabla XIII para diferentes velocidades específicas de las curvas verticales (VCV), de acuerdo con la expresión anterior. Por lo tanto, para obtener la longitud mínima de la curva se emplea la expresión:

$$L_{min} = K_{min} * A; A \text{ en porcentaje (\%)} \text{ Y } L_{min} \text{ en metros}$$

En curvas verticales cóncavas, el análisis de visibilidad considera las restricciones que se presentan en la noche y estima la longitud del sector de carretera iluminado hacia adelante, como la distancia de visibilidad. Dicha distancia depende de la altura de las luces delanteras del vehículo (H), para la cual asume un valor de sesenta centímetros (0,60 m) y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba (α) respecto al eje longitudinal del

vehículo de un grado (1°). De la misma forma que en las curvas convexas se presentan dos situaciones:

Cuando $DP < L$,

El conductor y el obstáculo están dentro de la curva y la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva. En términos generales, se tiene que:

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{200 * (H + D_p + \tan \alpha)}$$

Donde:

DP: distancia de visibilidad de parada, en metros.

H: altura de los faros delanteros del vehículo, igual a sesenta centímetros (0,60 m).

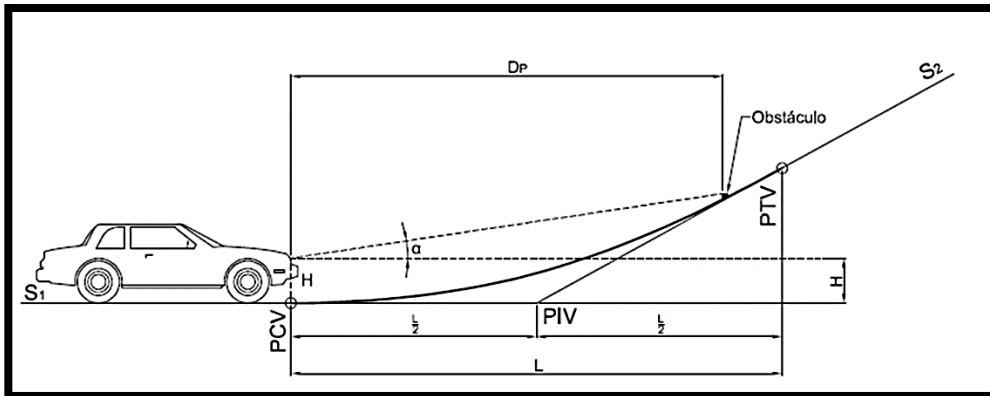
α : ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros. α : 1° .

A: diferencia algebraica de pendientes, en porcentajes (%).

Reemplazando los valores en la expresión anterior:

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{120 + 3.5 * D_p}$$

Figura 7. **Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical cóncava según criterio de seguridad**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cuando $DP > L$,

Cuando el conductor y el objeto están fuera de la curva, la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva. Para $H = 0,60$, $\alpha = 1^\circ$ y D_p es la distancia de visibilidad de parada, se tiene:

$$L_{min} = 2 * D_p - \frac{200(0,60 + D_p * \tan \alpha)}{A}$$

Sustituyendo el ángulo $\alpha = 1^\circ$.

$$L_{min} = 2 * D_p - \frac{120 + 3,5 * D_p}{A}$$

De los dos casos anteriores se adopta la ecuación para $D_p < L$, debido a que genera valores mayores, que cubren los valores asociados a $D_p > L$.

Por lo tanto:

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{120 + 3,5 * D_p}$$

De igual forma como en las curvas convexas, se puede determinar el parámetro K:

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{120 + 3,5 * D_p}$$

Los valores de Kmin para curvas cóncavas se presentan en la tabla II, para diferentes velocidades específicas de las curvas verticales de acuerdo con la expresión anterior. Por lo tanto, para obtener la longitud mínima de la curva se emplea la expresión:

$$L_{min} = K_{min} * A; A \text{ en porcentaje (\%)} \text{ Y } L_{min} \text{ en metros}$$

- Criterio de operación

La aplicación de este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga una adecuada estética y apariencia.

La longitud mínima de la curva vertical para cumplir con este criterio está en función de la velocidad específica y es dada por la siguiente expresión:

$$L_{min} = 0,6 * V_{CV}$$

Donde:

L_{min} = longitud mínima según criterio de operación, en metros

V_{cv} = velocidad Especifica de la curva vertical, en km/h

Las longitudes de curvas que permiten una distancia de visibilidad de adelantamiento son demasiado grandes, comparadas con la aplicación de los controles anteriores y se generan valores que son imprácticos e inusuales. No se recomienda proporcionar distancia de visibilidad de adelantamiento en curvas verticales convexas.

- Criterio de drenaje

Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa en su parte central resulte muy plana, dificultándose el drenaje de la calzada.

Es necesario controlar la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales en la batea o punto más bajo de la curva.

Los valores de K mínimos para el control de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales, la adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras y por consiguiente comodidad para los usuarios.

Tabla IX. **Valores mínimos para el control de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales**

Velocidad específica V _{cv} (Km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Valores de K _{min}				Longitud mínima según criterios de operación (m)
		Curva Convexa		Curva Cóncava		
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado	
20	20	0,6	1,0	2,1	3,0	20
30	35	1,9	2,0	5,1	6,0	20
40	50	3,8	4,0	8,5	9,0	24
50	65	6,4	7,0	12,2	13,0	30
60	85	11,0	11,0	17,3	18,0	36
70	105	16,8	17,0	22,6	23,0	42
80	130	25,7	26,0	29,4	30,0	48
90	160	38,9	39,0	37,6	38,0	54
100	185	52,0	52,0	44,6	45,0	60
110	220	73,6	74,0	54,4	55,0	66
120	250	95,0	95,0	62,8	63,0	72
130	285	123,4	124,0	72,7	73,0	78

Fuente: elaboración propia.

Aplicando los criterios al proyecto en la primera curva del alineamiento vertical:

$$PCV = 0+055$$

$$PTV = 0+095$$

$$PIV = 0+075$$

$$S1 = -3,97 \%$$

$$S2 = 3,44$$

$$A = |S1 - S2| = |-3,97 - (3,44)| = 7,41 \%$$

$$Dp = 20 \text{ metros}$$

Criterio de seguridad, para curva vertical cóncava número 1:

$$L_{\min} = (A \cdot D_p^2) / (120 + (3,5 \cdot D_p))$$

$$L_{\min} = (7,41 \cdot 202) / (120 + (3,5 \cdot D_p))$$

$$L_{\min} = 15,60 \text{ metros}$$

Por lo tanto, $L_{\text{diseño}} = 40$ metros entonces OK

Criterio de operación, para curva vertical cóncava número 1:

$$L_{\min} = 0,60 \cdot V_{el}$$

$$L_{\min} = 0,60 \cdot 20$$

$$L_{\min} = 12 \text{ metros}$$

Por lo tanto, $L_{\text{diseño}} = 40$ metros entonces OK

Criterio de drenaje, para curva vertical cóncava número 1:

$L_{\text{diseño}} = 40$ metros entonces No es demasiado larga, no hay empozamiento de agua.

$$K_{\min} = D_p^2 / (120 + (3,5 \cdot D_p))$$

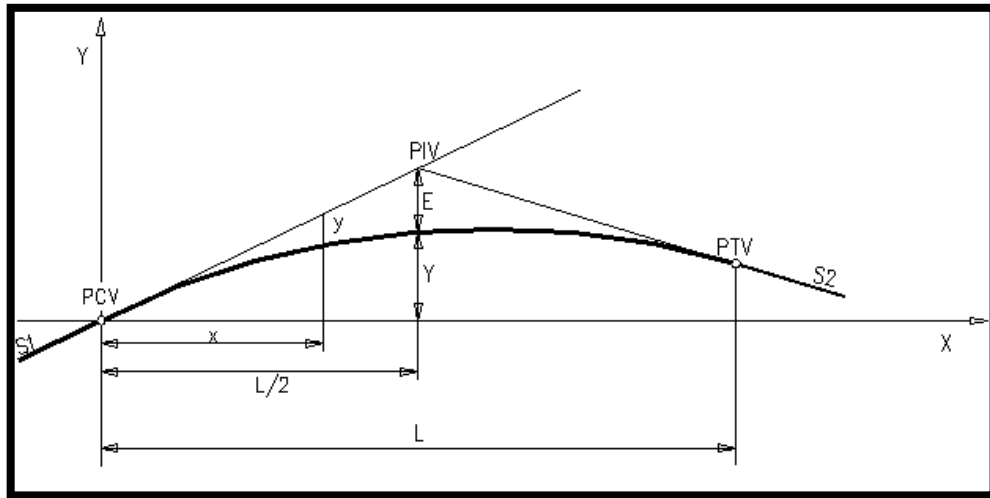
$$K_{\min} = 202 / (120 + (3,5 \cdot 20))$$

$$K_{\min} = 2,10$$

Por lo tanto, $K_{\text{diseño}} = 5,40$ entonces OK, garantizando las condiciones de estética y por consiguiente comodidad para los usuarios.

Luego de calcular las elevaciones de la subrasante conformada por rectas de pendientes definidas, es necesario corregir las mencionadas alturas en los caminamientos que conforman las curvas verticales, puesto que debe proporcionarse un cambio suave entre la pendiente de entrada y salida. La corrección depende si la curva es simétrica o asimétrica.

Figura 8. **Componentes de una curva vertical simétrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Donde:

PCV = principio de la curva vertical.

PIV = punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV = terminación de la curva vertical.

L = longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros.

S1 = pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 = pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

A = diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%), o sea:

$$A = |S_1 - S_2|$$

E = externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros, se denomina así:

$$E = \frac{A * L}{800}$$

x = distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

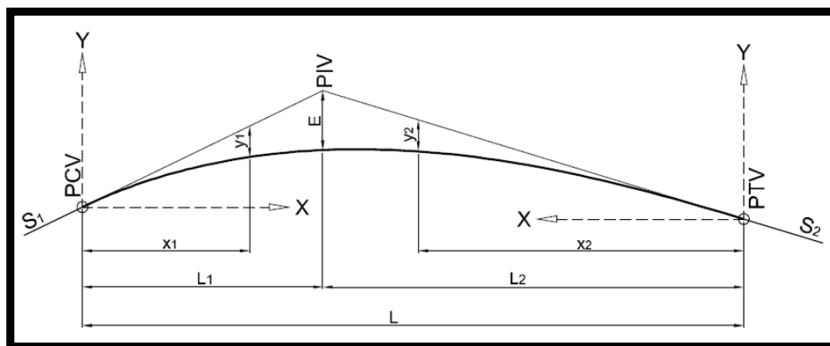
y = ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la expresión:

$$y = x^2 * \left(\frac{A}{200 * L} \right)$$

Curva vertical asimétrica:

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L_1 , L_2) que se unen en la proyección vertical de PIV.

Figura 9. **Componentes de una curva vertical asimétrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Donde:

PCV = principio de la curva vertical.

PIV = punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV = terminación de la curva vertical.

S_1 = pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 = pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

L1 = longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal, en metros.

L2 = longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros.

L = longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros, se cumple $L = L1 + L2$ y $L1 \neq L2$.

A = diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%), o sea:

$$A = |S_1 - S_2|$$

E = external ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros, se determina así:

$$E = \frac{A * L_1 * L_2}{200 * (L_1 + L_2)}$$

X1 = distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.

X = distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.

Y1 = ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la expresión:

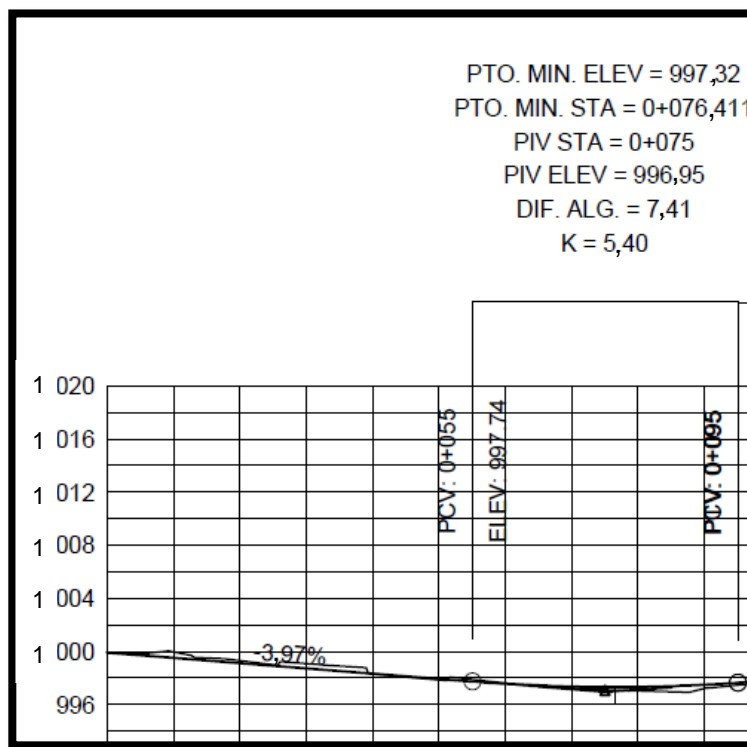
$$Y_1 = E * \left(\frac{X_1}{L_1}\right)^2$$

Y2 = ordenada vertical en cualquier punto de la segunda rama medida desde el PTV, su ecuación es:

$$Y_2 = E * \left(\frac{X_2}{L_2}\right)^2$$

Aplicando criterios de diseño a la primera curva de alineamiento vertical:

Figura 10. **Diseño de la primera curva del alineamiento vertical**



Fuente: elaboración propia.

Diferencia algebraica de pendientes:

$$A = |S1 - S2| = |-3,97 - (-3,44)| = 7,41 \%$$

External:

$$E = (A \cdot L_{cv}) / 800$$

$$E = (7,41 \cdot 40) / 800$$

$$E = 0,37 \text{ metros}$$

Corrección a cada 10 metros:

$$Y_{10} = x^2 \cdot (A / (200 \cdot L_{cv}))$$

$$Y_{10} = 10^2 \cdot (7,41 / (200 \cdot 40))$$

$$Y_{10} = 0,09 \text{ metros}$$

$$Y_{20} = x^2 \cdot (A / (200 \cdot L_{cv}))$$

$$Y_{20} = 20^2 \cdot (7,41 / (200 \cdot 40))$$

$$Y_{20} = 0,37 \text{ metros}$$

$$Y_{30} = x^2 \cdot (A / (200 \cdot L_{cv}))$$

$$Y_{30} = 30^2 \cdot (7,41 / (200 \cdot 40))$$

$$Y_{30} = 0,09 \text{ metros}$$

Esta corrección se suma a la cota de subrasante, obteniendo así la subrasante corregida, base para el resto del cálculo.

Tabla X. **Corrección para curva vertical núm. 1**

Descripción	Estación	Corrección (m)	Pendiente (%)	Longitud de curva vertical
PCV	0+055	0	-3,97	40 metros
	0+065	0,09		
PIV	0+075	0,37		
	0+085	0,09		
PTV	0+095	0	3,44	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Resumen diseño de curvas verticales

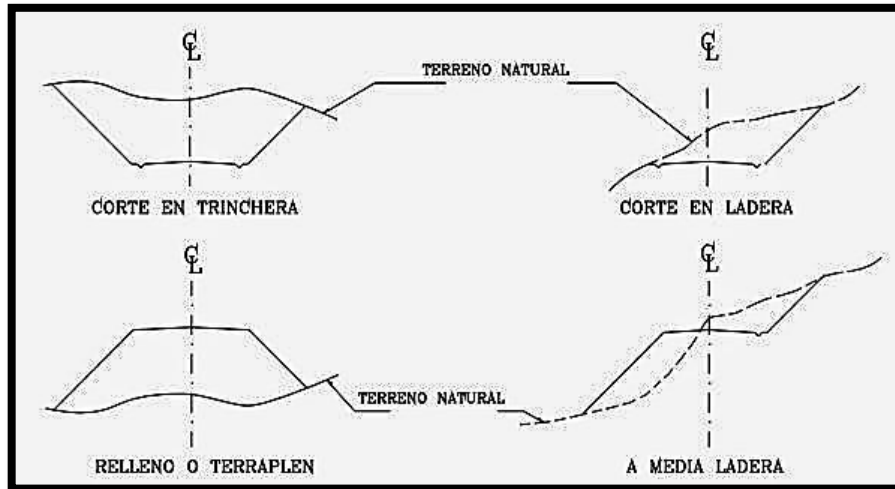
DISEÑO CURVAS VERTICALES - RESUMEN												
No. Curva	Estaciones			Elevaciones			Distancia (m)	%Pe	%Ps	K	LCV (m)	OM (m)
	PCV	PIV	PTV	PCV (m)	PIV (m)	PTV (m)						
1	0+055	0+075	0+095	997.74	996.95	997.64	20.00	- 3.95	3.45	5.40	39.96	0.37
2	0+095	0+120	0+145	997.64	998.50	996.00	25.00	3.44	-10.00	3.72	50.00	0.84
3	0+145	0+160	0+175	996.00	994.50	994.84	15.00	-10.00	2.27	2.44	29.93	0.46
4	0+340	0+380	0+420	998.59	999.50	1,005.35	40.00	2.27	14.63	6.48	80.03	1.24
5	0+420	0+460	0+500	1,005.35	1,011.20	1,011.68	40.00	14.63	1.20	5.96	80.01	1.34
6	0+560	0+610	0+660	1,012.40	1,013.00	1,004.39	50.00	1.20	-17.22	5.43	100.02	2.30
7	0+675	0+700	0+725	1,001.81	997.50	995.36	25.00	-17.24	- 8.56	5.77	50.08	0.54
8	0+750	0+790	0+830	993.22	989.80	988.48	40.00	- 8.55	- 3.30	15.20	79.80	0.52
9	0+830	0+875	0+920	988.48	987.00	979.80	45.00	- 3.29	-16.00	7.08	89.99	1.43
10	1+000	1+050	1+100	967.00	959.00	964.56	50.00	-16.00	11.12	3.69	100.07	3.39
11	1+100	1+140	1+180	964.56	969.00	963.07	40.00	11.10	-14.82	3.08	79.85	2.59
12	1+330	1+380	1+430	940.84	933.43	927.13	50.00	-14.82	-12.60	44.92	99.72	0.28
13	1+530	1+560	1+590	914.54	910.76	909.88	30.00	-12.60	- 2.93	6.21	60.03	0.73
14	1+590	1+620	1+650	909.88	909.00	906.70	30.00	- 2.93	- 7.67	12.64	59.83	0.35
15	1+895	1+995	2+095	887.88	880.20	862.22	100.00	- 7.68	-17.98	19.41	199.92	2.57
16	2+480	2+580	2+680	792.98	775.00	789.09	100.00	-17.98	14.09	6.24	200.12	8.02
17	2+750	2+800	2+850	798.95	806.00	800.69	50.00	14.10	-10.62	4.05	100.12	3.09
18	2+995	3+120	3+245	785.28	772.00	752.18	125.00	-10.62	-15.86	47.76	249.88	1.63
19	3+820	3+870	3+920	660.98	653.05	652.35	50.00	-15.86	- 1.40	6.92	100.06	1.81
20	3+940	3+980	4+020	652.06	651.50	644.90	40.00	- 1.40	-16.50	5.30	80.03	1.51
21	4+050	4+080	4+110	639.95	635.00	638.30	30.00	-16.50	11.00	2.18	59.95	2.06

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.5. Movimiento de tierras

En una obra vial es fundamental el movimiento de tierra, por lo que es indispensable conocer los volúmenes de tierra, cortar o rellenar. Para eso es preciso fijar el área de las secciones transversales del camino.

Figura 11. Tipos de corte y relleno en movimiento de tierras



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.5.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

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

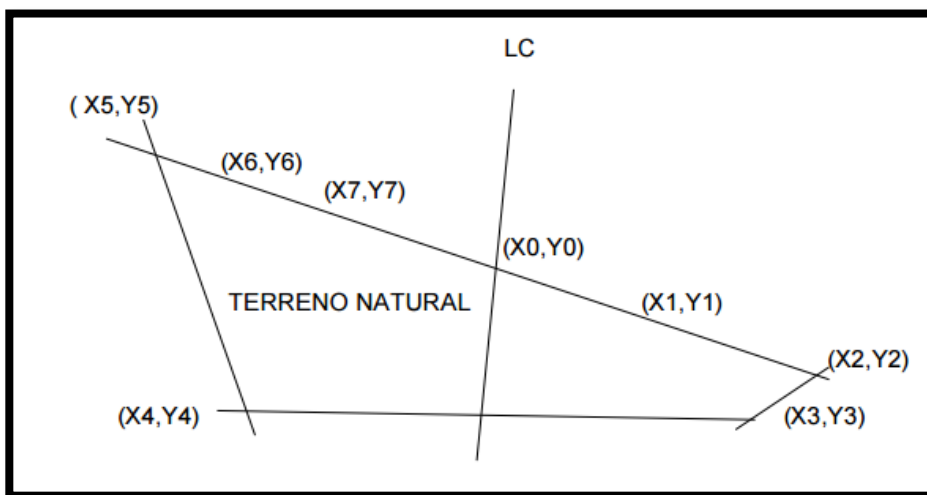
Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural. Se toma como área de relleno lo que está por debajo del terreno natural y como área de corte lo que está por arriba del terreno natural, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica. Se estimarán el ancho de rodadura, con sus pendientes de bombeo de 3 % o el peralte que sea apropiado, el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso.

Es de hacer notar que cuando es necesario se marca un espacio de remoción de capa vegetal en el que se cortará en una profundidad aproximada de 30 cm, este se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

Se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil, clasificando así separadamente el corte y el relleno necesario.

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar con un planímetro polar. Si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de los determinantes para encontrar el área. Para este caso el software de AutoCAD Land proporciona las áreas de cada sección.

Figura 12. **Sección transversal con coordenadas totales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.5.2. Cálculo de volúmenes, balance y diagrama de masas

Para calcular el volumen de corte y relleno correspondientes, se debe considerar las áreas de dichas secciones.

$$VC = (AC1 + AC2) * D/2$$

$$VR = (AR1 + AR2) * D/2$$

Donde:

VC Y VR = volumen de corte o relleno en m³

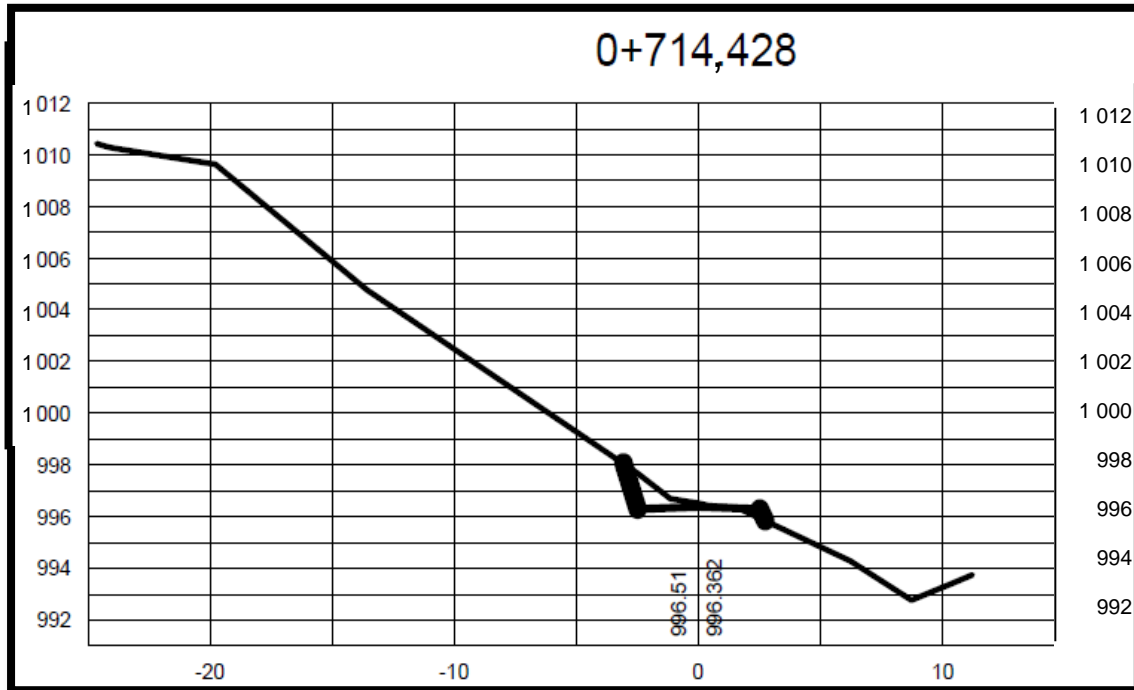
AC = área de corte

AR = área de relleno

D = distancia entre las dos secciones

El cálculo de volumen en el proyecto para los primeros 10 metros, se presenta a continuación:

Figura 13. Secciones transversales del proyecto



Fuente: elaboración propia.

$$VC = (0,29 + 2,56) * (10)/2 = 14,25 m^3$$

$$VR = (0,28 + 0) * (10)/2 = 1,40 m^3$$

Se presenta la tabla de volumen final, para el proyecto:

Tabla XII. Volumen de corte y relleno

Estación	Área de corte	Área de relleno	Volumen de corte (m ³)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen acumulado o de corte	Volumen acumulado o de relleno
000+000,000	0,290	0,280				
000+010,000	2,560	0,000	14,250	1,400	14,250	1,400
000+020,000	1,350	0,000	19,550	0,000	33,800	1,400
000+030,000	1,970	0,000	16,600	0,000	50,400	1,400
000+040,000	1,150	0,040	15,600	0,200	66,000	1,600
000+045,850	0,880	0,050	5,938	0,263	71,938	1,863
000+050,000	0,690	0,050	3,258	0,208	75,196	2,071
000+060,000	0,590	0,000	6,400	0,250	81,596	2,321
000+070,000	0,120	0,270	3,550	1,350	85,146	3,671
000+080,000	0,000	1,180	0,600	7,250	85,746	10,921
000+090,000	0,000	1,640	0,000	14,100	85,746	25,021
000+091,028	0,000	1,340	0,000	1,532	85,746	26,552
000+100,000	1,130	0,480	5,069	8,165	90,815	34,717
000+110,000	7,680	0,000	44,050	2,400	134,865	34,717
000+116,092	3,110	0,000	32,866	0,000	167,731	34,717
000+120,000	4,650	0,000	15,163	0,000	182,894	34,717
000+130,000	0,230	0,910	24,400	4,550	207,294	41,667
000+140,000	0,000	3,100	1,150	20,050	208,444	61,717
000+150,000	0,380	1,120	1,900	21,100	210,344	82,817
000+154,084	2,690	0,900	6,269	4,125	216,613	86,942
000+160,000	3,960	0,170	19,671	3,165	236,284	90,107
000+170,000	3,610	0,010	37,850	0,900	274,134	91,007
000+180,000	1,770	0,970	26,900	4,900	301,034	95,907
000+185,111	1,160	1,920	7,488	7,385	308,521	103,292
000+190,000	1,880	1,370	7,431	8,042	315,953	111,335
000+200,000	2,340	1,680	21,100	15,250	337,053	126,585
000+210,000	4,760	0,440	35,500	10,600	372,553	137,185
000+220,000	5,400	0,500	50,800	4,700	423,353	141,885
000+230,000	4,980	0,380	51,900	4,400	475,253	146,285

Fuente: elaboración propia.

2.6. Estructura de pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

2.6.1. Capa subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento, y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente o considerar la estabilización de los suelos subyacentes.

Para compactar la capa de subrasante, el espesor de esta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima según AASHTO T-180.

El módulo de reacción K de la subrasante es $226 \text{ lb/plg}^3 = 6,25 \text{ kg/cm}^3$ según la figura de interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte (ver anexos).

2.6.2. Capa subbase

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tráfico previsto. Esta capa puede estar formada en

corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

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

Los materiales que tienen que estar libres de vegetación y materia orgánica, de lo contrario el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente o considerar la estabilización de los suelos adyacentes.

En general los materiales apropiados para cada capa de subrasante, son los suelos de preferencia granulares con porcentajes de hinchamiento según ensayos AASHTO T-193 y que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo.

Para compactar la capa de subrasante, el espesor de esta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima según AASHTO T-180.

2.6.3. Base

La base de la estructura de pavimento está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que

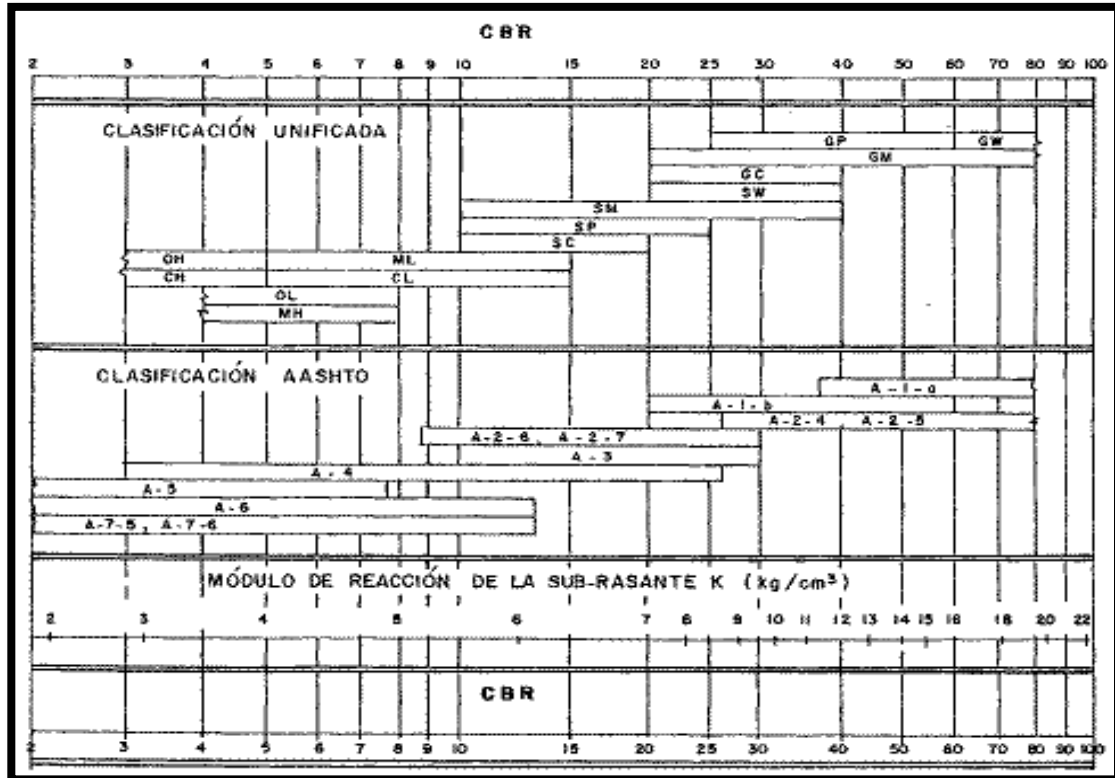
puedan afectar a la base. La base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

El material de base deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de subrasante y su espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante.

Los materiales de base deben ser suelos del tipo granular que llenen los siguientes requisitos:

- El valor soporte (CBR) debe determinarse según AASHTO T-180.
- El tamaño de las piedras que contenga el material de base no debe ser mayor a $2/3$ de espesor de esta y los porcentajes que pasan por los tamices núm. 40 y núm. 200 deben ser según AASHTO T-11 y T-27.
- El índice de plasticidad debe determinarse según AASHTO T-90 y el límite líquido según AASHTO T-89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo, según AASHTO T-146.
- El equivalente de arena es determinado por el método AASHTO T-176.
- El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla y cualquier otro material que pueda ocasionar problemas específicos al pavimento.

Figura 14. Módulo de reacción de la subrasante K (kg/cm³)

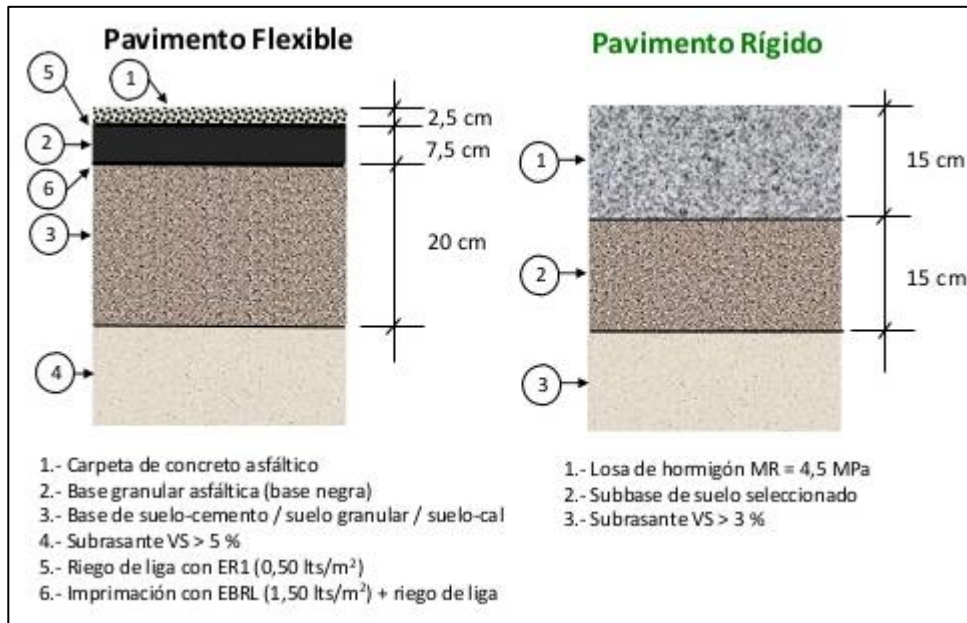


Fuente: AASHTO.

2.6.4. Capa de rodadura

La carpeta de rodadura tiene la función de proteger la base permeabilizando la superficie, con el objetivo de evitar posibles infiltraciones de agua que destruyan las capas inferiores. También evita el desgaste de la base provocado por el tránsito. Entre los distintos tipos de capas de rodadura, se pueden mencionar los siguientes: carpeta de rodadura de concreto (pavimento rígido), carpeta de pavimento asfáltico en caliente, carpeta de mezclas asfálticas en frío, adoquín de concreto.

Figura 15. Diferencia en capas para tipos de pavimento



Fuente: BECKER, Edgardo. *Desempeño y costos de pavimentos de concreto en Argentina*.
<http://image.slidesharecdn.com/beckerdesempeoycostosdepavimentosdeconcretoenargentinade definitivo-130208084141-phpapp02/95/becker-desempeo-y-costos-de-pavimentos-de-concreto-en-argentina-definitivo-5-638.jpg?cb=1360313058>. Consulta: 25 de febrero de 2015.

2.7. Diseño de pavimento rígido

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Los materiales a utilizar en un pavimento rígido son: cemento tipo portland: los cementos hidráulicos deben ajustarse a las Normas AASHTO M-85 para cementos portland y a las Normas AASHTO M-240 para cementos

hidráulicos mezclados. El cemento Portland debe cumplir con las especificaciones indicadas a continuación:

Tabla XIII. **Especificaciones para cemento Portland**

AASHTO	REFERENCIA
T-89	Finura del cemento (por turbidímetro)
T-105	Composición química del cemento
T-106	Resistencia a la compresión del mortero de cemento
T-107	Expansión del cemento en autoclave
T-127	Muestreo del cemento
T-131	Tiempo de fraguado (agua de Vicat)
T-137	Contenido de aire del mortero de cemento
T-153	Finura del cemento (permeámetro)
T-154	Tiempo de fraguado (aguja de Gilmore)
T-186	Endurecimiento inicial del cemento

Fuente: elaboración propia.

Además, se debe indicar su clase de resistencia en MPa, que corresponda a una resistencia mínima a los 28 días.

- Los agregados finos deben consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, de acuerdo a AASHTO M-6, clase B.
- Los agregados gruesos deben consistir en gravas o piedras trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, de acuerdo con AASHTO M-80.
- El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferencialmente limpia y libre de cantidades perjudiciales de

aceite, ácidos y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

El uso de aditivos para concreto, tiene por objetivo mantener y mejorar esencialmente la composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica.

2.7.1. Determinación de TPD

Es importante conocer el tránsito promedio diario que circula por la carretera existente, tomando en cuenta el porcentaje de tránsito pesado, de esta manera se conocerá la carga aproximada que debe resistir el pavimento y la acumulación de sus efectos, durante el período de diseño. Dado que nuestra ruta es intransitable, no se puede determinar el Tránsito promedio diario (TPD) de manera que se recurre a seleccionar un dato según la carretera a elegir, la cual es una tipo F. El tránsito promedio diario actual del camino existente es aproximadamente de 90 vehículos, con un tránsito pesado menor al 10 %, que equivale a 9 vehículos.

2.7.2. Método simplificado PCA

La Asociación del Cemento Portland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada, para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

Estos son: método de capacidad, que es utilizado cuando se cuenta con la información detallada de datos de carga por eje de los vehículos que transitan por la carretera; que son obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones y método simplificado; que se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Tabla XIV. **Clasificación de vehículos según su categoría**

Categoría	Descripción	Tráfico		Máxima carga por eje, KIPS		
		TPD	TPDC	Sencillo	Tandem	
			%			Por día
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras	700 a 5,000	5 a 18	de 40 a 1,000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12,000 para 2 carriles 3,000 a 5,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto)	3,000 a 20,000 para 2 carriles, 3,000 a 15,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 1,500 a 8,000	34	60

Fuente: Dirección General de Caminos.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizará el método simplificado propuesto por la Asociación del Cemento Portland (PCA por sus iniciales en inglés) donde se cuenta con tablas de datos tabulados para distribuciones de carga-eje en función de diferentes categorías de tránsito esperado para tramos.

- Módulo de reacción de subrasante (k):

Estas tablas se formularon para un período de diseño de 20 años y tienen un factor de seguridad de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3, y 4 respectivamente.

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en este caso, es de 14 al 95 % de compactación. Este módulo es realmente una propiedad de apoyo que se ofrece al tráfico, está definida como la pendiente o razón de cambio de la gráfica carga deformación obtenida *insitu* por el ensayo de disco normado por ASTM D-196 y su resultado se expresa en carga contra volumen (kg/cm³ o lb/in³).

Este valor es función de la clasificación de suelo, realizada por granulometría y límites de consistencia, o de su valor de CBR. Utilizando cualquier criterio se obtiene un valor ambiguo, por lo que “K” no será muy exacto; esto no repercute de forma apreciable en los requerimientos del espesor de la carpeta de rodadura (ver anexo).

El módulo de reacción K es de 6,25 Kg / cm³, que es equivalente a 226,00 PSI. Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la subrasante según la siguiente tabla.

Tabla XV. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K PSI
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 – 400

Fuente: Dirección General de Caminos.

- Módulo de ruptura del concreto (M_r):

Debido al paso de vehículos sobre la carpeta de rodadura se producen esfuerzos combinados de flexión y compresión; la compresión es mínima por lo que, por criterio, se desprecia en el diseño.

En cuanto a los esfuerzos flexionantes, estos son de gran magnitud y por lo tanto sus valores se usan para el diseño del espesor del pavimento rígido. La fuerza de flexión se determina por el módulo de ruptura del concreto " M_r ", el cual, en definición, es el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga prismática de concreto.

Esta resistencia es sumamente baja y de determinación ambigua pues existen concentraciones de esfuerzo cuando se trata de dar agarre al elemento en su ensayo; sin embargo, una buena aproximación se da por el método de ensayo de "hendido" donde la tensión máxima probable será 10 a 20 % de la resistencia a la compresión del elemento.

Como una propuesta real, se da un $f'_c = 4\ 000$ PSI y un 15 % de tensión máxima probable; por lo que:

$$M_r = 600 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

Según la siguiente tabla, el espesor del pavimento es de 6,5 pulgadas.

Tabla XVI. **Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr Y K**

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante – Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	100	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	50	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	220			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: Dirección General de Caminos.

Sabiendo que se funde sin bordillo/hombro, se utiliza el lado izquierdo, con un valor de K muy alto, y el módulo de ruptura del concreto de 600 PSI. Y número de camiones de nueve unidades se busca en la columna, un número entre el rango, el cual da como resultado un espesor de $t=6$ pulgadas.

2.7.3. Juntas

Las juntas tienen por objetivo principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción,

estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

La mayoría de las grietas en el concreto son debidas a tres efectos.

- Cambio de volumen por encogimiento por secado
- Esfuerzos directos por cargas aplicadas
- Esfuerzos de flexión por pandeo

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto caen dentro de dos clasificaciones: transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como de contracción, de construcción y de expansión.

2.7.3.1. Juntas longitudinales

Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales, pueden ser en forma mecánica, unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12,5 pies (3,81 m), es la que determina el ancho del carril.

2.7.3.2. Juntas transversales

Controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se construyen perpendicularmente al tráfico. También son

llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto.

La profundidad de la ranura debe ser igual a un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4,57 m). La colocación de las barras de transferencia depende de las características de la subrasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

2.7.3.3. Juntas de expansión

Estas son necesarias cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, aceras, alcantarillas, entre otras. Donde sea necesario este tipo de junta, se dejará una separación de dos centímetros. Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias.

2.7.3.4. Juntas de construcción

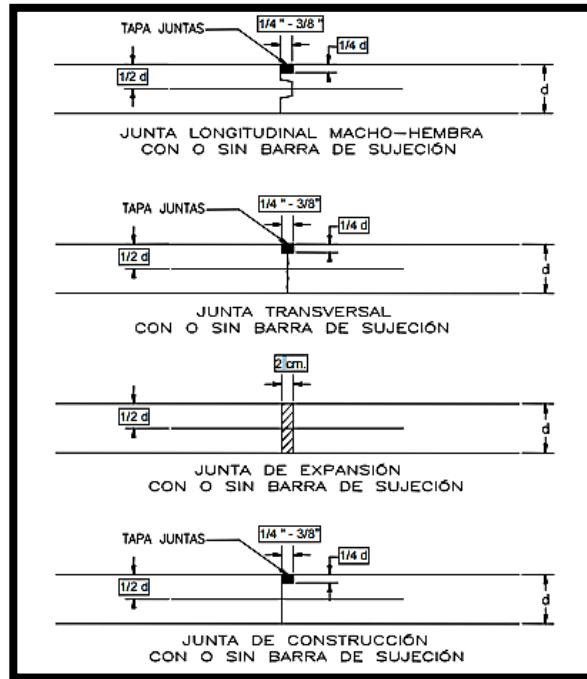
Se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir lleva barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

Existen dos dispositivos de transferencia de cargas entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasajuntas.

Las barras de sujeción, se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas contiguas. Se deben utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, colocadas a la mitad del espesor con el espaciamiento especificado y son hechas solamente para garantizar la continuidad del pavimento. La junta de trabe por agregados o barras de sujeción se construyen insertando una barra de acero para hacer la interconexión entre dos losas separadas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

Las dovelas o pasajuntas, se utilizan normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión y fueron diseñadas para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente. La junta tipo dovela se logra haciendo un detalle macho-hembra en el concreto en el sentido longitudinal. Este detalle requiere más trabajo, pero garantiza una disminución en el espesor de la losa.

Figura 16. Tipos de juntas



Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. *Diseño de pavimento rígido de la calzada principal al municipio de El Progreso*. p. 38.

2.7.4. Diseño de mezcla

El procedimiento descrito en ACI 211.1 detalla dos métodos de proporcionar mezclas de concreto de peso normal y denso que son:

- Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario.
- Basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto.

Los métodos descritos proporcionan una aproximación preliminar de las cantidades de materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, que luego deben ser verificadas mediante mezclas de prueba en el laboratorio o en el campo y efectuar los ajustes que sean necesarios, con el objetivo de lograr las características deseadas en el concreto fresco y endurecido.

Los pasos a seguir para el diseño de mezcla propuesto por el ACI 211.1, es el siguiente.

- Elección del revenimiento
 - Elección del tamaño máximo de agregado
 - Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire
 - Selección de la relación agua-cemento
 - Cálculo del contenido de cemento
 - Estimación del contenido de agregado grueso
 - Estimación del contenido de agregado fino
 - Ajuste por humedad del agregado
 - Ajustes en las mezclas de prueba
- Descripción del método de proporcionamiento de mezclas de concreto del “Centro de Investigaciones de Ingeniería”.

La resistencia y durabilidad (calidad) del concreto está principalmente relacionada con la relación agua-cemento de la pasta y con la granulometría y tipo de partículas del agregado. Pero, además del requisito de la trabajabilidad de un concreto afecta la relación agua-cemento y la proporción relativa de agregados gruesos y finos a usarse.

Una vez determinada la resistencia y trabajabilidad requeridas, los datos de relación agua-cemento (grado de concentración) y la cantidad aproximada de agua para alcanzar la trabajabilidad requerida, se toman de la tabla, dependiendo del tipo de y tamaño del agregado.

Luego se calcula el cemento, los agregados (el porcentaje de arena se toma de la tabla, de acuerdo con su módulo de finura y tamaño máximo del agregado).

Se calculan entonces por volumen absoluto o volumen de sólidos, las cantidades de material necesarios. Se pesan estos volúmenes.

Trabajabilidad o ductilidad deseada:

Se mide usualmente por asentamiento en el cono de Abrahms.

Tabla XVII. **Asentamientos usuales**

TIPO	Clases de concreto	Asentamiento	Consistencia
A	Concreto mezclado a máquina y colocado con vibrador	0-2 2-5	Seca plástica
B	Concreto mezclado a mano o a máquina, colocación apisonado manual	5 a 10	Blanda
C	Fundición de secciones angostas y profundas	10 a 15	Fluida

Fuente: CII 2002.

Escuela de Ingeniería Civil. 2002 *Manual de laboratorio del curso de Materiales de Construcción*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002.

Requisitos especiales (durabilidad, impermeabilidad y resistencia al desgaste).

Si el concreto estuviera sujeto a la acción del clima severo, aguas agresivas o debe ser impermeable, esto obliga a reducción del grado de concentración de pasta (relación agua-cemento), al uso de agregados especiales, u otras alternativas, por lo que en estos casos se debe consultar al laboratorio.

Obtención de datos de los materiales a usar:

Cemento: tipo y calidad, peso específico y peso unitario volumétrico.

Agregados: peso específico, peso unitario, porcentaje de absorción, módulo de finura (granulometría) y otras características: tamaño máximo, textura, composición mineralógica.

Se elabora un cuadro con estos datos:

El grado de concentración de pasta (relación agua-cemento) para la resistencia media requerida a 28 días.

La consistencia y cantidad de agua: de la tala núm. 3 se toma la cantidad de agua correspondiente a la concentración de pasta (relación agua-cemento) y según el tamaño máximo de agregado a usar, se corrige de acuerdo con la trabajabilidad deseada y la clase de agregado que se usará (grava o piedra).

La cantidad de cemento: conociendo la concentración de la pasta y la cantidad de agua necesaria para producir la consistencia que exige la

trabajabilidad dada, se calcula la cantidad de cemento. Para esto se multiplica la relación cemento-agua por la cantidad de agua necesaria. Puede lograrse también dividiendo la cantidad de agua necesaria entre la relación agua-cemento.

La proporción de la mezcla de agregados, determinación de porcentaje de arena: con base en el módulo de finura y el tamaño máximo del agregado, se toma de la tabla núm. 4, el porcentaje de agregado fino en volumen absoluto o “sólido”, sobre agregado total. Se supone que el agregado grueso está graduado correctamente. Si este no es el caso, se procede a mezclar 2 o más tipos de agregados gruesos para que den la graduación específica. Si el concreto llevara atrapador de aire, si se requiere concreto menos trabajable, o se usa pedrín en vez de grava, se corregirá el porcentaje de arena. Siempre deberá tratarse de usar la menor cantidad de arena posible sin menoscabo de la pastosidad y trabajabilidad de la mezcla.

Solo con los porcentajes de arena señalados en la tabla núm. 5, se obtiene concreto pastoso, estos deberán dejarse, aumentándose el agregado grueso. Obteniendo el porcentaje de arena en volumen absoluto se conocerá también el porcentaje de agregado grueso en volumen absoluto sobre agregado total.

- Cálculo de proporciones de la mezcla por metro cúbico

Para establecer la dosificación por metros cúbicos es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

El agua se evapora en parte, es parcialmente absorbida por los agregados y el resto forma la pasta agua-cemento, que retrae bastante antes de fraguar.

La concentración del concreto fresco es del orden del 2 al 2,5 %. Por tanto, la suma de volúmenes absolutos o de “solidos” reales de los materiales (incluyendo el aire atrapado) deberá ser 1,020 m³ con el fin de obtener el m³ de concreto endurecido.

De modo pues, que los materiales se proporcionarán sobre 1 m³ y después ya para hacer la mezcla, esta deberá calcularse para 1,02 m³ de concreto fresco.

Tabla XVIII. **Tipo de estructura**

Tipo de estructura	Asentamiento
Para cimientos, muros perforados, vigas, paredes reforzadas y columnas	10
Para pavimentos y losas	8
Concreto masivo	5

Fuente: CII 2002.

Tabla XIX. **Asentamientos**

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

Fuente: CII 2002.

Tabla XX. **Resistencia en relación agua-cemento**

Resistencia Relación A/C	
kg/cm²	Agua-cemento
352	0,47
316	0,5
281	0,54
246	0,57
210	0,6
176	0,64

Fuente: CII 2002.

Tabla XXI. **Tamaño del agregado grueso**

Tamaño máximo agregado grueso	% arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

Fuente: CII 2002.

Procedimiento de diseño de mezcla de concreto del Centro de Investigaciones de Ingeniería

Se necesita un concreto $f'c = 4\ 000$ psi, (281 kg/cm²)

Se piensa usar un agregado de 3/4"

- Paso 1.

Para pavimentos según la tabla XVIII el revenimiento es de 8 cm.

- Paso 2. Conociendo

Asentamiento de 8 cm

Agregado de 3/4"

De tabla XIX

La cantidad de agua 200 lts/m³

- Paso 3.

Sabiendo que: un mililitro de agua pesa 1 grm. Entonces 200 lts/m³ pesan 200 kg/m³. Entonces de la tabla núm. XX se tiene la relación de agua-cemento que al interpolar los datos de la tabla da 0,61.

Siguiendo el diseño:

Cantidad de cemento = agua/0,54

Cemento = 200/0,54 = 370 kg/m³

Se asume que peso unitario resultante es 2 300 Kg/m³.

Peso de agregado = peso total – peso (agua + cemento)

$$2\ 300 - (200+370) = 1\ 730\ \text{kg}$$

- Paso 4. Conociendo:

Agregado grueso 3/4"

De tabla XXI

Porcentaje de arena del total = 44 %

Entonces:

$$\text{Arena} = 0,44 * 1\ 730 = 761,20\ \text{Kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1\ 730 - 761,20\ \text{kg} = 968,80\ \text{kg}$$

Entonces se tiene:

Agua.....200 kg
Cemento.....370 kg
Arena.....761,20 kg
Agregado grueso.....968,80 kg

Que al relacionarlo con respecto al concreto se tiene:

$$\frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} = \frac{761,20}{370} = 2,06$$
$$\frac{\text{Piedrín}}{\text{Cemento}} = \frac{968,80}{370} = 2,62$$

El diseño quedará: (proporción en peso)

Cemento – arena – piedrín (3/4")

1 2.06 2.62

Relación agua-cemento = 0,54 en peso
(proporción en volumen)

$$Cemento = \frac{Peso\ Cemento}{P.U.Cemento} = \frac{370}{1\ 506} = 0,25\ m^3$$

$$Arena = \frac{Peso\ Arena}{P.U.Arena} = \frac{761,20}{1\ 530} = 0,50\ m^3$$

$$Piedrín\ 3/4\ " = \frac{Peso\ Piedrín}{P.U.Piedrín} = \frac{968,80}{1\ 395} = 0,69\ m^3$$

El diseño quedará: (proporción en volumen)

Cemento – arena – piedrín (3/4")

1 2 2,76

En resumen, para un período de diseño de 20 años, se considera el espesor de capa de base con balasto de 15 centímetros compactado al 95 % de proctor modificado, para la superficie de rodadura se considera una estructura de concreto rígido de 15 centímetros, el concreto de cemento portland para pavimento clase 4,000 psi, con una resistencia a la compresión AASHTO t-22 mínima de 3 000 libras/pulg² y una resistencia a la flexión AASHTO T-97 mínima de 650 lb/plg², determinadas sobre especímenes preparado según AASHTO 126 y T-23, ensayados a los 28 días, para el acero de refuerzo debe ser electro malla calibre 9/9 (3,8 mm) grado 60, juntas transversales a cada 3 metros y junta longitudinal a media sección, la pendiente de bombeo es de 3 %,

construcción de cuneta en talud de corte y contra cunetas donde lo indique la supervisión.

2.8. Drenajes

El objetivo fundamental del drenaje, es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar la carretera; esto se logra evitando que el agua llegue a ella o bien dando salida a lo que, inevitablemente, le llega. Los daños ocasionados por el agua encarecen el costo de la construcción y el mantenimiento, y a veces interrumpen el tránsito.

El cuidado en el estudio no solo es aplicable a cruces de grandes ríos, sino para cualquier obra de drenaje, por pequeña que sea; pues el drenaje menor, es el que regula la vida de la carretera. El peor enemigo de una carretera es el agua no controlada.

El drenaje por ser tan importante en la construcción de una carretera se le ha denominado también como obras de arte, clasificándose de la siguiente forma:

Obras de arte

- Transversal
- Puentes
- Alcantarillas
- Bóvedas
- Longitudinales
- Cunetas
- Contracunetas

- Subdrenaje
- Tubería perforada
- Drenaje francés
- Obras de protección
- Muros
- Revestimientos
- Desarenadores
- Disipadores de energía

Para determinar la necesidad de obras de arte en la carretera como puentes, alcantarillas, bóvedas, cunetas y contracunetas, lo más recomendable es realizar una inspección de campo, ubicando con exactitud los puntos donde será necesario colocar los drenajes. En la inspección de campo se deberá de anotar todos los pasos de agua existentes con sus coordenadas, y anotar la crecencia máxima (visual), las condiciones del lecho (ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedra suelta y tamaño), la vegetación de la cuenca (clase de cultivos, monte bajo o alto, y bosque), el esviaje con respecto de la carretera, los parámetros cuantificables como longitud, perímetro, área y un dibujo con la forma del lecho y socavación donde el paso del agua provoca erosión.

2.8.1. Consideraciones hidrológicas y cuencas

En el análisis hidrológico de las áreas de drenaje intervienen fundamentalmente los dos componentes del ciclo: precipitación y escurrimiento.

El estudio hidrológico e hidráulico permite determinar la altura que alcanza el agua en las zonas inundables con una frecuencia de 50 años.

Las finalidades del estudio hidrológico son permitir la predicción de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos del escurrimiento, con el fin de establecer los caudales máximos de diseño, para lo cual se necesita la información topográfica del sitio, y la información hidroclimática.

2.8.2. Cálculo de caudales por método racional

Para el cálculo del caudal con el que se diseñan los drenajes transversales se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

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

Donde:

Q = caudal de diseño en metros cúbicos segundos

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = intensidad de lluvia en milímetro hora

C = coeficiente de escorrentía

Tabla XXII. **Valores de máximos y mínimos de coeficiente de escorrentía**

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, Andrés. *Método de los coeficientes de escorrentía*. p. 15.

2.8.3. Diseño de drenaje transversal

El diseño de alcantarillas de una carretera se realizará, tomando en cuenta dos pasos básicos: el análisis hidrológico de la zona por drenar y el diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico permite la predicción de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos del escurrimiento.

El diseño hidráulico permite establecer las dimensiones requeridas de la estructura para desalojar los caudales aportados por las lluvias.

Se puede manifestar que las alcantarillas ayudan a drenar aguas provenientes de cunetas, o de pequeñas cuencas. El área de drenaje se puede determinar en las cartas topográficas del IGM (Instituto Geográfico Militar), escala 1:25,000, o en fotografías aéreas.

No obstante los sistemas de drenaje inciden en los costos de conservación y mantenimiento de las carreteras, es necesario que las alcantarillas sean proyectadas considerando que su funcionamiento deberá estar acorde con la conversación de la vía y su mantenimiento.

Desde el punto de vista hidráulico es importante establecer si la alcantarilla trabajará o no a presión, para estimar sus dimensiones.

En el diseño de las alcantarillas se debe considerar cual es la extensión de la cuenca del drenaje, de acuerdo a la extensión se elige el tipo de alcantarillas de acuerdo al material que la constituye.

Caudal de la cuenca:

$$Q = \frac{(0,33)(186,15)(10,95)}{360} = 1,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro de la tubería:

Utilizando $n = 0,015$ (tubería de PVC)

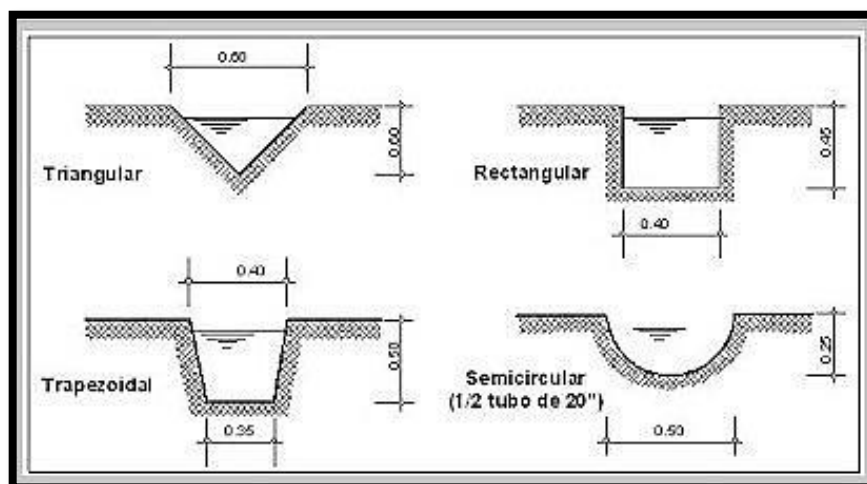
$$D = \left(\frac{Q \cdot 4^{5/3} \cdot n}{S^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = \left(\frac{1,87 \cdot 4^{5/3} \cdot 0,015}{\left(\frac{50}{1665} \right)^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,82 \text{ m} = 32,28 \text{ pulgadas}$$

Por lo tanto se propone utilizar un diámetro de 36”.

2.8.4. Diseño de drenaje longitudinal

Son zanjas abiertas en el terreno, revestidas o no, recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de la lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, entre otras.

Figura 17. Tipo de cuneta



Fuente: Preoc. http://www.preoc.es/fotos/KCO/FP3612/20130323_134025.jpg. Consulta: 25 de febrero de 2015.

En general la pendiente mínima para los proyectos de carreteras es 0,5 %.

Si el agua de escurrimiento o de infiltración alcanza la carretera, y esta no está provista de los elementos necesarios para conducirla o desviarla, puede ocasionar la inundación de la calzada, el debilitamiento de la estructura de la carretera y la erosión o derrumbe de los taludes.

Por lo tanto una evacuación correcta de las aguas superficiales, es indispensable para evitar que el agua, por un prolongado estancamiento sobre la calzada, pueda infiltrarse en grandes cantidades, y sea sobre la propia calzada o en el terreno subyacente.

Los métodos basados en observaciones directas requieren levantamientos cuidadosos del área contribuyente y de las características de la corriente.

El uso de fórmulas, ya sea que den la descarga de diseño, o directamente la abertura, puede resultar atractivo por su simplicidad. Por su fácil aplicación y su uso tan extendido se estudiará la fórmula de Talbot y la fórmula Racional.

La fórmula de Talbot, proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

Es un método muy utilizado para estimar el área de descarga en estructuras de drenajes. Para hacer una estimación preliminar del tamaño de las estructuras de drenajes menores se usa la fórmula de Talbot. La fórmula de Talbot fue determinada mediante observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (hasta 100 mm/h), en los Estados Unidos.

La expresión de la fórmula de Talbot es la siguiente:

$$a = 0,183 CA^{\frac{3}{4}}$$

Donde:

a = área hidráulica necesaria en la obra, en metros cuadrados (m²).

A = área de la cuneta en hectáreas (Ha).

C = coeficiente relacionado con las características del terreno (adimensional).

Este método se aplica principalmente a estructuras de drenaje menor, por lo que las áreas consideradas son generalmente carreteras o caminos; también es aplicable en cuencas hidrográficas. El proceso de cálculo es el siguiente:

Definir el área de la cuenca, determinando la participación de aguas que llegan a la cuenca hidrográfica. Para definir esta área se deben marcar todos los cursos de fondos o cauces de la cuenca, luego delimitar todas las particiones de aguas o divisorias de aguas (cuenca topográfica), en donde deberá ser circuito cerrado, partiendo desde el punto de interés para el paso por este, luego siguiendo en dirección de las agujas del reloj, por todas las divisorias hasta completar el circuito. El área hidráulica de la cuenca, se puede obtener por diferentes métodos topográficos, fotografía aérea, planos cartográficos, entre otros.

Medir el área de la cuenca, en la medición pueden utilizarse varios métodos, los cuales varían debido a la exactitud de los mismos, entre ellos están:

- Contar la cuadrícula de mapas cartográficos
- Área por coordenadas
- Uso de planímetro

Determinar el coeficiente “C”, de acuerdo a la clasificación de colores y simbología de vegetación del mapa cartográfico, se identifica el terreno y sus condiciones; si es cultivo, suelo desnudo, bosque, entre otros. Con las curvas de nivel que se encuentran en el mapa cartográfico se establece la pendiente del terreno y la forma del mismo, pudiendo ser: plano, ondulado o montañoso. Los valores de C son los siguientes:

Tabla XXIII. **Coeficientes C, según fórmula de Talbot**

C	CONDICIONES DEL TERRENO
1,00	Terrenos montañosos con suelos de roca y con pendientes pronunciadas.
0,65	Terrenos quebrados con pendientes moderadas.
0,50	Cuencas irregulares muy largas.
0,33	Terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es de 3 o 4 veces el ancho.
0,20	Terrenos llanos, sensiblemente horizontales no afectados por inundaciones fuertes.

Fuente: elaboración propia.

Calcular el área hidráulica, esta se obtiene al aplicarse la fórmula de Talbot.

La fórmula racional, expresa que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuneta.

El método racional utiliza varios parámetros para poder calcular la descarga o caudal de la cuenca, los cuales forman una fórmula la cual es la siguiente:

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

Donde:

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

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

A = área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1Ha = 10 000 m²)

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

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

Donde:

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

a = áreas parciales (hectáreas)

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Existen dos formas de obtener la intensidad que puede afectar a determinada región de Guatemala, la primera es usando las curvas de intensidad versus tiempo, la cual tiene diversas curvas que dan a conocer la posible intensidad que puede ocurrir en determinada frecuencia de años con relación a la duración de la lluvia, en las mencionadas curvas se puede analizar que los aguaceros más fuertes suceden en tiempos cortos. La segunda forma es usando la fórmula:

$$I = \frac{a}{(t + b)^n}$$

Donde:

a y b = constantes proporcionadas por el Insivumeh a=33,770, b=40, n=1,292

t = tiempo de concentración del lugar analizado, que generalmente se considera en 12 minutos en cuencas pequeñas, para cuencas grandes debe hacerse un análisis más minucioso considerando la pendiente promedio de la cuenca y de la velocidad de la partícula de agua analizada.

Para la intensidad de lluvia de la región en estudio, se consultó en el Insivumeh. La intensidad estará dada por el siguiente cálculo:

$$t = \frac{3 \times L^{1,15}}{154 \times H^{0,38}} = \frac{3 \times (818)^{1,15}}{154 \times (14)^{0,38}} = 16 \text{ min}$$

$$I = \frac{a}{(t + b)^n} = \frac{33,770}{(16 + 40)^{1,292}} = 186,15 \text{ mm/h}$$

Tabla XXIV. **Coefficiente C, según fórmula de racional**

C	TIPO DE SUPERFICIE
0,75 a 0,95	Superficie impermeable de techos
0,80 a 0,95	Pavimentos asfálticos
0,70 a 0,90	Pavimentos de hormigón
0,35 a 0,70	Pavimentos de piedra o ladrillo
0,40 a 0,65	Suelos impermeables **
0,30 a 0,55	Suelos impermeables con césped **
0,15 a 0,40	Suelos ligeramente permeables **
0,10 a 0,30	Suelos ligeramente permeables con césped **

Continuación de la tabla XXIV.

0,05 a 0,20	Suelos moderadamente permeables **
0,00 a 0,10	Suelos moderadamente permeables con césped **

** Para pendiente de 1 a 2 %

Fuente: elaboración propia.

El área del proyecto que en diseño es no urbanizada, por consiguiente se usa un coeficiente de escorrentía de 0,33.

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

$$Q = \frac{(0,33)(186,15)(3,6)}{360}$$

$$Q = 0,61 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diseño de cunetas: son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

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

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S = pendiente del canal en metros por metro

Condiciones de diseño

S = 3 %

Lleno al 90 %

Q = 0,33 m³/s

Determinación del área hidráulica

Utilizando n = 0,016 (concreto revestido)

$$Q = A \cdot V$$

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

Q = caudal en m³/seg.

A = área de la sección transversal del flujo en m²

$$Q = 1,62h^2 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1,62h^2}{P_m} \right)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}$$

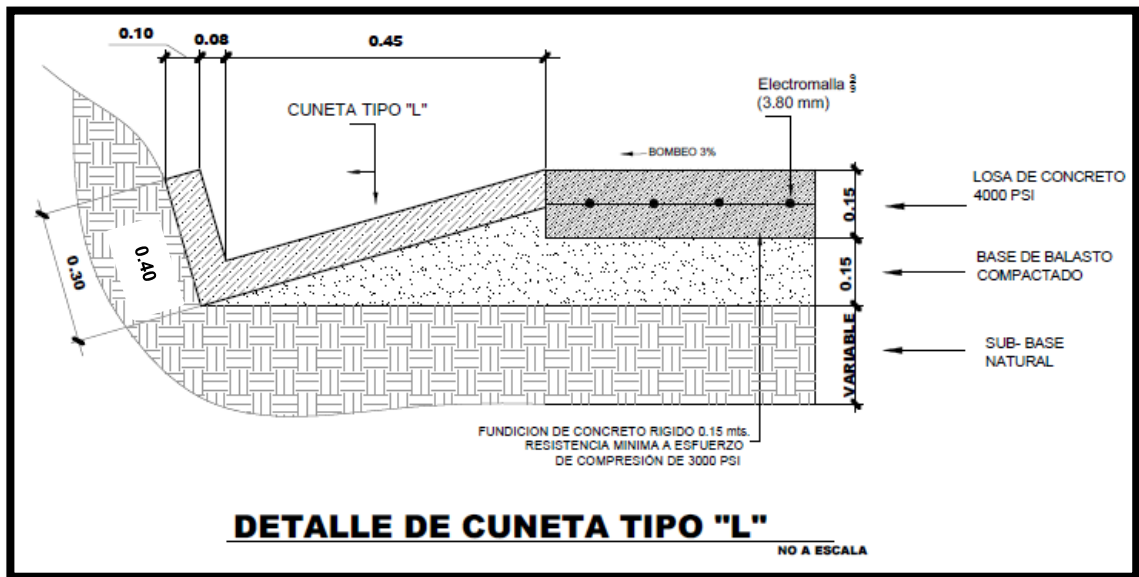
$$0,61 = 1,62h^2 \cdot \frac{1}{0,016} \left(\frac{1,62h^2}{2 \cdot 1,2728h} \right)^{2/3} \cdot (0,03)^{1/2}$$

$$0,61 = 12,975(h)^{8/3}$$

$$h = 0,32 \text{ m}$$

Para evitar el deterioro del pavimento, las cunetas deberán ser revestidas. Dicho revestimiento será a base de mampostería de piedra, concreto u otro material adecuado. A continuación se muestra el detalle de la cuneta a utilizar.

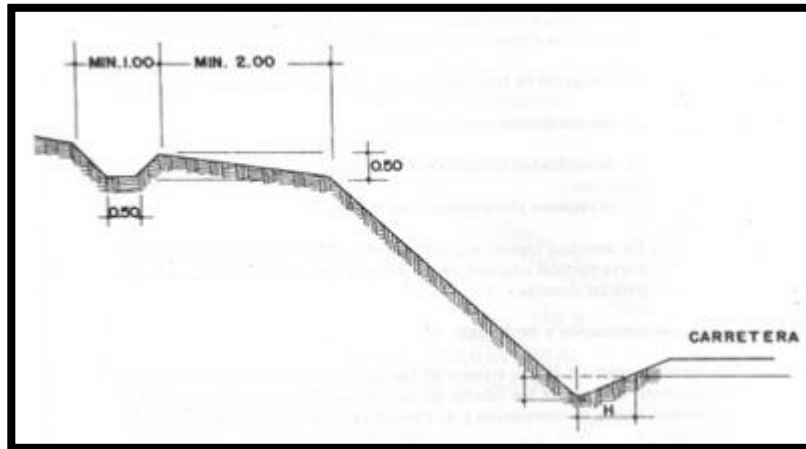
Figura 18. Cuneta tipo L



Fuente: elaboración propia, empleando Sketchup.

Canal que se ubica de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural, interceptando el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas, para evitar la erosión del talud y el incremento del caudal y su material de arrastre en la cuneta.

Figura 19. **Contracuneta o cuneta de coronación**



Fuente: *Diseño geométrico de carreteras*. <http://image.slidesharecdn.com/r-012disenogeometricodecarreteras1-131114124853-phpapp01/95/r012-diseo-geometrico-de-carreteras-47-638.jpg?cb=1384433356>. Consulta: 25 de febrero de 2015.

Se colocará contra cuneta donde especifique el supervisor de campo.

2.9. Planos

Los planos relacionados con el diseño geométrico de una carretera son:

- Planta de ubicación y localización
- Planta y perfil
- Secciones transversales
- Detalles varios

A continuación se realiza una descripción acerca del contenido de cada uno de ellos:

- Planta de ubicación y localización:

Se debe indicar la ubicación y localización del proyecto, tomando en cuenta la planta de todo el tramo carretero, desde el inicio hasta el final del proyecto.

- Planta y perfil

Deben permitir identificar de forma rápida, los distintos aspectos generales de la planta tales como: accesos, posición de obras especiales como muros de contención y estructuras importantes, intersecciones y características generales del relieve de la vía principal. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En planta:
 - Presentar únicamente el eje diseñado, etiquetado a cada cien metros (100 m).
 - La topografía será representada mediante curvas de nivel cada cinco metros (5 m).
 - Es fundamental detallar el orden de los planos de detalle, para lo cual se dibujarán recuadros con su respectiva numeración, que representen el tramo detallado y su orientación con respecto al diseño completo.
- En perfil:
 - La totalidad del perfil se delimitará mediante una cuadrícula que contenga el etiquetado general del proyecto y las cotas en que este se encuentre.

- Adicional a lo anterior, es necesario identificar claramente los estacionamientos y cotas de los PIV, longitudes de las curvas verticales y pendientes de las tangentes verticales.
 - Tanto en la planta como en el perfil longitudinal se deben localizar y representar las diferentes obras de drenaje identificándolos adecuadamente.
- Secciones transversales

El objetivo de este plano es permitir analizar la integración de la vía sobre el terreno. No es necesario colocar aspectos propios de la sección típica, ni la inclusión de los ejes de escala y acotaciones numéricas de los puntos del perfil. Los criterios de presentación se enuncian a continuación:

- Se debe representar la línea del terreno natural.
- Las secciones se deben identificar por estacionamiento, con el fin de reflejar mejor su ubicación dentro del alineamiento, así como representar la cota en el eje de la rasante de calzada y su proyección sobre el terreno natural.
- Las secciones se deben dibujar para estacionamientos espaciadas a cada diez metros (10 m) y en los puntos principales del eje en planta. El número de secciones representadas en una misma hoja debe ser el máximo posible, siempre que no se produzca excesiva acumulación de datos.

2.10. Presupuesto

Para el presupuesto de carreteras, se debe realizar la cuantificación de los diferentes renglones de trabajo, los precios varían según la ubicación o la

región donde se realice el proyecto, donde varían los costos de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, además se debe considerar los imprevistos, utilidades y prestaciones. Por lo tanto los contratistas deben tener un amplio conocimiento de los mismos para no errar en la elaboración del presupuesto.

El costo total del proyecto es de Q 13 477 453,95 (trece millones cuatrocientos setenta y siete mil cuatrocientos cincuenta y tres quetzales con 95/100 centavos). El metro cuadrado de apertura + pavimento rígido es de Q 656,67 (seis cientos cincuenta y seis quetzales con 67/100 centavos).

2.10.1. Integración de precios unitarios

Costo unitario es el elemento funcional más pequeño que compone un proyecto, y está a su vez formado por elementos unitarios de mano de obra, materiales, maquinaria u otros costos unitarios.

Para lograr la integración de los precios unitarios se necesita obtener los siguientes costos:

- Costos directos: se refiere esta parte a los costos por renglones de materiales, mano de obra calificada, mano de obra no calificada, costos de instalaciones especiales y los costos de subcontratos.
- Costos indirectos: se involucran acá las prestaciones laborales, los costos imprevistos, costos de herramientas y equipo, los gastos administrativos de oficina, las prestaciones laborales de oficina, los costos de operación en campo, el costo de seguro social en campo y

oficina, pagos de Irtira + Intecap, los gastos legales, y la utilidad estimada.

La suma de costos directos e indirectos nos permite obtener el total de gastos al cual se le tendrá que aplicar los respectivos porcentajes de:

- Impuesto sobre la renta
- Impuesto al valor agregado (iva)
- Impuesto de timbre profesional de ingeniería

La suma de costos directos e indirectos y los respectivos porcentajes antes mencionados, da el costo total a cobrarse por la ejecución de la obra en estudio.

Entonces el costo unitario se definirá por renglón o etapa de ejecución, y dependiendo de las cantidades totales de cada actividad o renglón será el estimado del valor total de la obra a ejecutarse.

Tabla XXV. Resumen de presupuesto

No.	DESCRIPCION	UD	CANT.	P/U	TOTAL
PRELIMINARES					
1	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	2.57	37,334.38	Q 95,949.36
2	TOPOGRAFIA, TRAZO Y REPLANTEO	KM	4.104785	22,250.00	Q 91,331.47
SUBTOTAL					Q 187,280.82
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
3	EXCAVACION NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO	M3	397,083.65	9.85	Q 3,911,273.95
4	EXCAVACION NO CLASIFICADA	M3	3,340.95	82.87	Q 276,864.53
5	NIVELACIÓN DE SUB-RASANTE + COMPACTADO	M2	20,523.93	7.98	Q 163,780.96
6	COLOCADO DE BASE + COMPACTADO E=15CM	M2	20,523.93	26.83	Q 550,657.04
SUBTOTAL					Q 4,902,576.48
FUNDICIÓN DE PAVIMENTO					
7	FUNDICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=15 CM	M2	20,523.93	374.60	Q 7,688,264.18
SUBTOTAL					Q 7,688,264.18
CONSTRUCCIÓN DE TRANSVERSALES					
8	EXCAVACION PARA ALCANTARILLA	M3	104.00	95.09	Q 9,889.36
9	TUBERIA PVC D=36"	ML	12.00	597.42	Q 7,169.04
10	CONCRETO CICLOPEO PARA CABEZALES	M3	12.96	1,397.59	Q 18,112.77
SUBTOTAL					Q 35,171.17
CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS					
11	FUNDICIÓN DE CUNETAS TIPO "L"	ML	3,285.00	202.18	Q 664,161.30
SUBTOTAL					Q 664,161.30
TOTAL				Q.	13,477,453.95

RESUMEN		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Longitud total del proyecto	4 104,79	ML
Ancho promedio	5,00	ML
Área total del pavimento	20 523,93	M2
Espesor del pavimento	0,15	M
Construcción de cuneta tipo "L"	3 285,00	ML

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.11. Cronograma físico financiero

Dará parte del avance físico de cada ítem en tiempos ligados a rendimientos unitarios, y financiero por brindar a los desembolsos económicos que se deba realizar semanal o mensualmente para el pago de obreros y material asignado, (ver anexos).

2.12. Evaluación ambiental inicial (EAI)

- Limpieza y desmonte

- 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 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 y 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, debe enterrarse en algún sitio del taller.

- Manejo y disposición final de desechos líquidos

- Impacto

Los desechos líquidos, aceites, grasas, hidrocarburos, entre otros, pueden contaminar la fuente de agua y el suelo si se llevan a cabo las acciones que se proponen.

- Medida de mitigación

Los aceites deberán recolectarse en toneles y utilizarse en el curado de madera y en formaleta; 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 material 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 elevaría el costo de la obra.

- Medida de mitigación

Que la materia orgánica como gramínea y herbácea sea depositada en el derecho de vía de la ruta con el 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 arbusto y herbáceas que ayuden el 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 especie 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.

Tabla XXVI. **Matriz de aspectos ambientales**

Núm.	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores o vecindario.
1	Aire	Humo	Causado por la maquinaria	En el recorrido de los camiones de los puntos de abastecimiento de material a la obra.	Se mantendrá toda la maquinaria en buenas condiciones de funcionamiento para evitar el humo en exceso.
		Ruido	Causado por la maquinaria	En el recorrido de los camiones de los puntos de abastecimientos de materiales a la obra.	Toda la maquinaria usará los silenciadores de fábrica y se les dará mantenimiento.
		Vibraciones	Causado por el rodo vibratorio	En el área donde se reconstruirá la carretera.	Esta no afectará vecindario ya que el área no esta poblada.
		Olores	No provocará ningún olor		
2	Agua	Abastecimiento de agua	El agua se proveerá por camiones cisternas	No genera ningún impacto	
		Aguas residuales ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas.	Cantidad: 0	El proyecto no genera aguas residuales ordinarias.	

Continuación de la tabla XXVI.

		Aguas residuales especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias).	Cantidad: 0	Descarga: el proyecto no genera aguas residuales especiales.	
		Mezcla de las aguas residuales anteriores.	Cantidad: 0		
		Agua de lluvia.	Captación: se construirá cunetas y tragantes.	Descarga: se conectará un cuerpo receptor cercano.	
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común).	Cantidad: 0	El proyecto no causará desechos sólidos.	
		Desechos peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos).	Cantidad: 0	Disposición: el proyecto no causará desechos peligrosos.	
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo).			
		Modificación del relieve o topografía del área.		No se modificará la topografía del área.	

Continuación de la tabla XXVI.

4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)		No habrá impacto ambiental ya que solo se limpiará el área donde se construirá la carretera.	
		Fauna (animales)		No se interferirá en el hábitat de ningún ser vivo.	
		Ecosistema		No se modificará el ecosistema.	
5	Visual	Modificación del paisaje	El paisaje se modificará positivamente con la construcción del proyecto.	No habrá impacto negativo desde el punto de vista social.	
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos.		No habrá impacto negativo desde el punto de vista social.	
7	Otros				

Fuente: MAGA.

CONCLUSIONES

1. El diseño geométrico horizontal y vertical cumple con normas y especificaciones de diseño, por lo cual se garantiza la movilización segura y eficiente por el mismo, siempre y cuando se cumpla con la velocidad de diseño en cada uno de los elementos que lo conforman.
2. Al realizar la planificación de un proyecto de carretera para los habitantes del municipio de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla, se apoya a Guatemala en el desarrollo comunitario, dando una opción de vía alterna para el comercio del área.
3. Para dicho diseño de carretera, se utilizaron los criterios técnicos y específicos para la planificación de proyectos de infraestructura vial, para lo cual se tomó como referencia las normas y especificaciones para cada punto desarrollado en el presente trabajo de graduación.
4. El desarrollo del presente informe tiene como resultado la planificación, el presupuesto y cronograma del proyecto de carretera caserío El Rodeo hasta la finca Taxiscobal, para comercializar sus productos.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Vicente Pacaya:

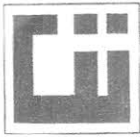
1. Ejecutar la supervisión técnica a los que trabajen el proyecto, de modo que sigan las especificaciones y procesos constructivos, para garantizar la calidad y el período de diseño.
2. La supervisión debe ser profesional para optimizar recursos y sacar el mejor provecho de estos, como también controlar la calidad de los materiales.
3. Dar mantenimiento al tramo carretero, sobre todo antes de la época de invierno, para poder evitar cualquier tipo de accidente vial y limpieza de cunetas, tragantes para evitar inundaciones en la carretera.
4. Colocar señalización respectiva para cada punto necesario a lo largo del proyecto, brindando seguridad a los conductores.
5. Actualizar precios que se presentan en el presupuesto debido a que estos pueden variar afectando el costo total del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association Of State Highway and Transportation Officials. USA: AASHTO, sf.
2. Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Micivi, 2001. 335 p.
3. Escuela de Ingeniería Civil. *Manual de Laboratorio del Curso de Materiales de Construcción*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 213 p.
4. *Manual del Ingeniero Civil*. Merrit Frederick (editor) 3a ed, México: Mc.Graw Hill, 1992. 454 p.
5. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Perú: Salaverry, 2008. 208 p.
6. MEZA NAVARRO, Juan José. *Diseño de tramo carretero que comunica la ciudad de Cuilapa con la aldea los pinos finalizando en el rio los Esclavos, municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. 245 p.

7. SIECA. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. SIECA, 2002. 315 p.
8. SOWERS, George B; SOWERS, George. *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa, 1990. 155 p.

ANEXOS



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



Nº 19016

INFORME No. 080 S.S.

O.T. No.: 27,845

Interesado: Cesar Joel Henandez Alvarado

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

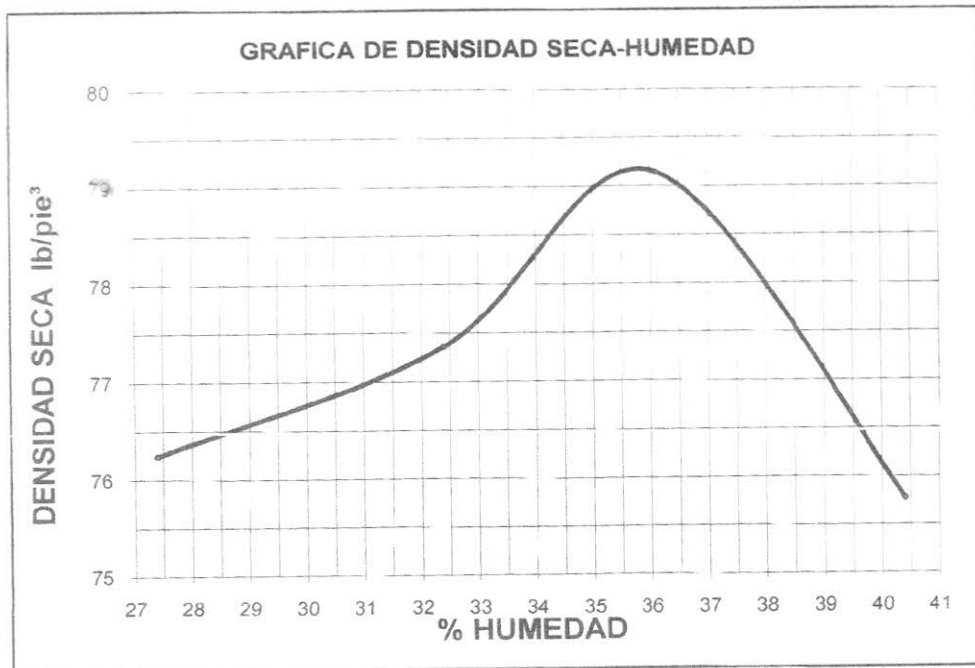
Proctor Estándar: () Norma:

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

Proyecto: EPS-Diseño de carretera del Caserío El Rodeo a la Finca Taxiscobal, en el municipio de San Vicente Pacaya del Departamento de Escuintla

Ubicación: San Vicente Pacaya, Escuintla

Fecha: 28 de Marzo del 2011



Muestra No.: 1

Descripción del suelo: Limo arenoso color café

Densidad seca máxima γ_d : 1,269 Kg/m³

79.2 lb/ft³

Humedad óptima Hop.: 35.7 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



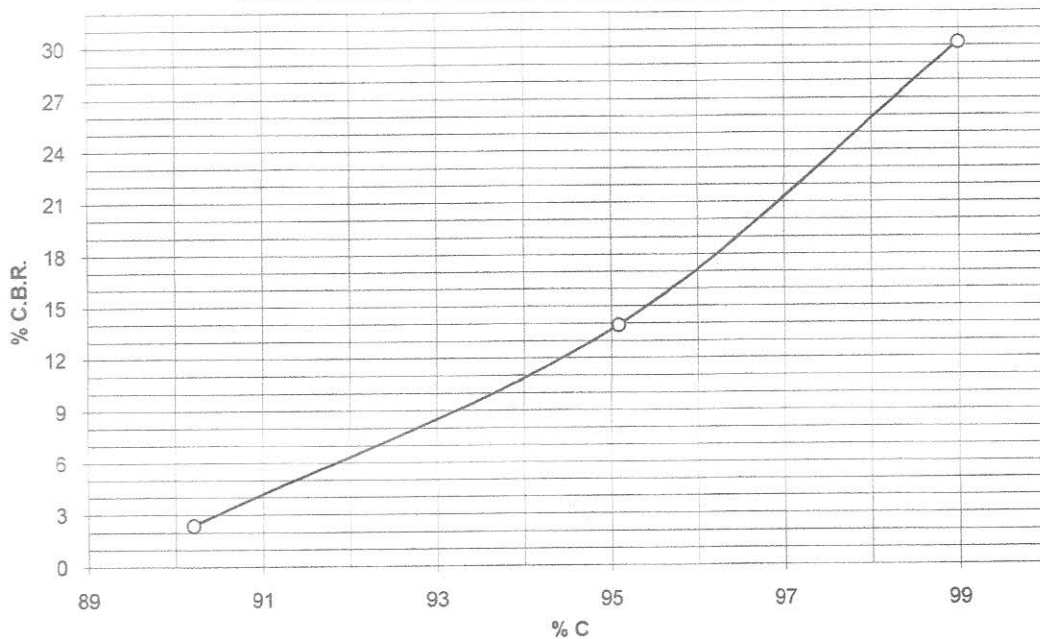
Omar Enrique Medrano Mendez
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



INFORME No.: 081 S.S. O.T. No.: 27,845
 Interesado: Cesar Joel Henandez Alvarado
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS-Diseño de carretera del Caserio El Rodeo a la Finca Taxiscobal, en el municipio de San Vicente Pacaya del Departamento de Escuintla
 Ubicación: San Vicente Pacaya, Escuintla
 Descripción del suelo: Limo arenoso color café
 Muestra No.: 1
 Fecha: 28 de Marzo del 2011

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/pie ³			
1	10	35.20	110.3	90.2	1.30	2.4
2	30	35.20	116.3	95.1	1.74	13.9
3	65	35.20	121.1	99.0	1.52	30.2

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



Atentamente,

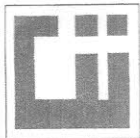
Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



Nº 19018

INFORME No. 082 S.S.

O.T. No. 27,845

Interesado: César Joel Hernández Alvarado

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

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

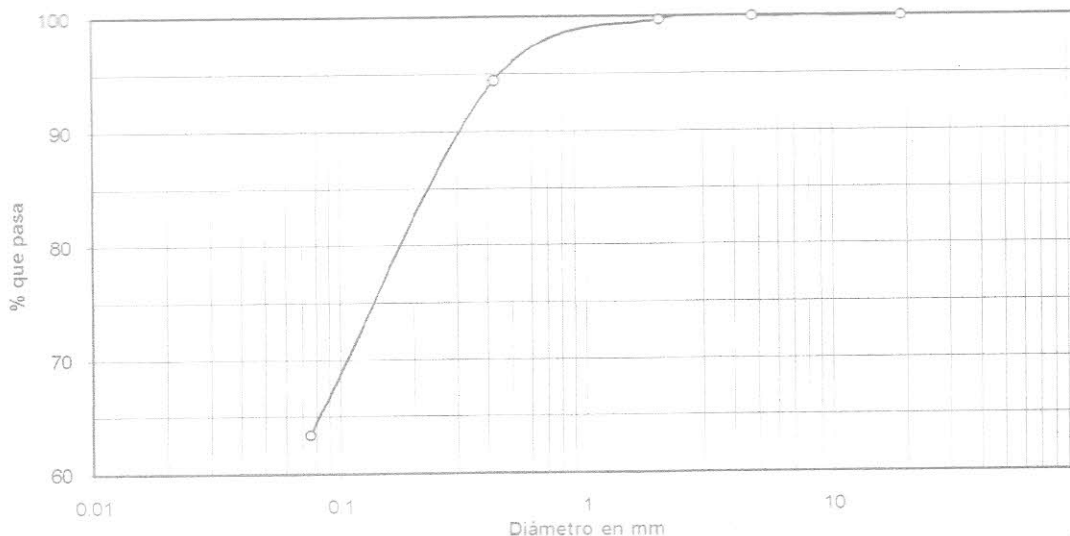
Proyecto: EPS-Diseño de carretera del Caserío El Rodeo a la Finca Taxiscobal, en el municipio de

Ubicación: San Vicente Pacaya, Escuintla

Fecha: 28 de Marzo del 2011

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

% de Grava: 0.02
% de Arena: 36.56
% de finos: 63.42



Descripción del suelo: Limo arenoso color café
Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A-5
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



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



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



Nº 19019

INFORME No. 083 S. S. O.T. 27.845

Interesado: César Joel Hernández Alvarado
 Proyecto: EPS-Diseño de carretera del Casero El Rodeo a la Finca Taxiscobal, en el municipio de San Vicente Pacaya del Departamento de Escuintla
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90
 Ubicación: San Vicente Pacaya, Escuintla
 FECHA: 28 de Marzo del 2011

RESULTADOS:

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

(*) CLASIFICACION SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



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

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENGLÓN : LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE

CANTIDAD

2.57 Ha.

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Machete	15.00	ud	125.00	1,875.00
Motosierra	2.00	ud	8,500.00	17,000.00
Azadon	8.00	ud	150.00	1,200.00
SUBTOTAL				20,075.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Nylon	135.00	yarda	7.50	1,012.50
Pintura	1.00	galon	160.00	160.00
Clavo	40.00	lib	6.00	240.00
SUBTOTAL				1412.50

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caporal	30.00	días	200.00	6,000.00
Ayudantes	400.82	días	100.00	40,082.47
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				46,082.47

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			67,569.97
---------------------------------	--	--	-----------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	3,378.50
SUPERVISION (5)	5.00 %	3,378.50
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	28.00 %	18,919.59
IMPREVISTOS (7)	4.00 %	2,702.80
PRECIO TOTAL		95,949.36
PRECIO UNITARIO		37,334.38

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENGLÓN : TOPOGRAFIA, TRAZO Y REPLANTEO

CANTIDAD 4.104785 Km

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Teodolito	40.00	día	500.00	20,000.00
SUBTOTAL				20,000.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Estacas	78.00	gal	12.00	936.00
Pintura	1.00	Galones	160.00	160.00
Clavo	30.00	lib	6.00	180.00
Crayon	2.00	cajas	60.00	120.00
Marcadores	2.00	cajas	60.00	120.00
SUBTOTAL				1,096.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caporal	45.00	día	200.00	9,000.00
Topógrafo	40.00	día	250.00	10,000.00
Cadenero	80.00	día	200.00	16,000.00
Ayudantes	120.62	día	100.00	12,061.82
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				47,061.82

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			68,157.82
---------------------------------	--	--	-----------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	3,407.89
SUPERVISION (5)	5.00 %	3,407.89
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	13,631.56
IMPREVISTOS (7)	4.00 %	2,726.31
PRECIO TOTAL		91,331.48
PRECIO UNITARIO		22,250.00

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENLÓN : EXCAVACION NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO

CANTIDAD **397,083.65 M3**

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tractor D-6	2,328.80	hora	550.00	1,280,840.00
Excavadora 310	2,328.80	dia	550.00	1,280,840.00
Carreta	1.00	ud	245.00	245.00
SUBTOTAL				2,561,925.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Combustible	8,839.60	gal	20.00	176,792.00
				0.00
				0.00
				0.00
SUBTOTAL				176,792.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Operador	414.10	dia	250.00	103,525.00
Ayudantes	779.20	dia	100.00	77,920.18
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				181,445.18

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			2,920,162.18
---------------------------------	--	--	--------------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	146,008.11
SUPERVISION (5)	5.00 %	146,008.11
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	584,032.44
IMPREVISTOS (7)	4.00 %	116,806.49
PRECIO TOTAL		3,913,017.32
PRECIO UNITARIO		9.85

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

REGLÓN : EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA PRESTAMO

CANTIDAD **3340.95 M3**

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tractor D-6	78.10	hora	550.00	42,955.00
Excavadora 310	78.10	dia	550.00	42,955.00
Camion de Volteo	348.00	viaje	100.00	34,800.00
SUBTOTAL				120,710.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Combustible	296.45	gal	20.00	5,929.00
SUBTOTAL				5,929.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Operador	13.89	dias	250.00	3,471.88
Ayudantes	26.13	dias	100.00	2,613.19
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				6,085.06
COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =				132,724.06
ADMINISTRACION (4)	5.00 %		6,636.20	
SUPERVISION (5)	5.00 %		6,636.20	
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %		26,544.81	
IMPREVISTOS (7)	4.00 %		5,308.96	
PRECIO TOTAL				177,850.24
PRECIO UNITARIO				53.23

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENGLÓN : TERRAPLEN

CANTIDAD **3,340.95 M3**

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cargador frontal	50.00	hora	450.00	22,500.00
Rodo Vibratorio	7.00	día	400.00	2,800.00
Camion de volteo	301.00	viaje	100.00	30,100.00
Patrol	12.00	hora	500.00	6,000.00
SUBTOTAL				61,400.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
combustible	225.00	gal	20.00	4,500.00
SUBTOTAL				4,500.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Operador	14.00	días	250.00	3,500.00
Ayudantes	44.98	días	100.00	4,497.67
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				7,997.67

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			73,897.67
---------------------------------	--	--	-----------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	3,694.88
SUPERVISION (5)	5.00 %	3,694.88
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	14,779.53
IMPREVISTOS (7)	4.00 %	2,955.91
PRECIO TOTAL		99,022.88
PRECIO UNITARIO		29.64

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

REGLÓN : NIVELACIÓN DE SUB-RASANTE + COMPACTADO

CANTIDAD 20,523.93 M2

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Patrol	120.00	hora	500.00	60,000.00
Teodolito (Estación Total)	30.00	día	500.00	15,000.00
SUBTOTAL				75,000.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Trompos	600.00	ud	10.00	6,000.00
SUBTOTAL				6,000.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Operador	32.00	días	250.00	8,000.00
Topógrafo	32.00	días	250.00	8,000.00
Cadenero	96.00	días	200.00	19,200.00
Ayudantes	60.25	días	100.00	6,024.60
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				41,224.60

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			122,224.60
--	--	--	-------------------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	6,111.23
SUPERVISION (5)	5.00 %	6,111.23
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	24,444.92
IMPREVISTOS (7)	4.00 %	4,888.98
PRECIO TOTAL		163,780.96
PRECIO UNITARIO		7.98

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENLÓN : COLOCADO DE BASE DE BALASTO + COMPACTADO E=15cm CANTIDAD 3,078.59 M3

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
cargador frontal	40.00	hora	450.00	18,000.00
excavadora	40.00	hora	550.00	22,000.00
patrol	220.00	hora	500.00	110,000.00
pipa	25.00	día	800.00	20,000.00
camión de volteo	335.00	viaje	350.00	117,250.00
			SUBTOTAL	287,250.00
MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
combustible	1,000.00	galon	20.00	20,000.00
selecto	4,095.00	m3	18.00	73,710.00
			SUBTOTAL	93,710.00
MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Operador	40.00	dias	250.00	10,000.00
Ayudantes	119.78	dias	100.00	11,978.09
Caporal	40.00	dias	200.00	8,000.00
			SUBTOTAL	29,978.09
COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			410,938.09	
ADMINISTRACION (4)	5.00 %		20,546.90	
SUPERVISION (5)	5.00 %		20,546.90	
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %		82,187.62	
IMPREVISTOS (7)	4.00 %		16,437.52	
			PRECIO TOTAL	550,657.04
			PRECIO UNITARIO	178.87

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENGLÓN : FUNDICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=15CM

CANTIDAD 20,523.93 UNIDAD

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
camión concretero	250.00	dia	1,500.00	375,000.00
carreta	30.00	ud	245.00	7,350.00
bote	20.00	ud	20.00	400.00
manguera	2.00	ud	150.00	300.00
bomba de fumigar	2.00	ud	600.00	1,200.00
cargador frontal	140.00	dia	450.00	63,000.00
vibrador de concreto	2.00	ud	10,000.00	20,000.00
planchón + rastrillo	4.00	ud	5,000.00	20,000.00
cortadora de concreto	2.00	ud	15,000.00	30,000.00
SUBTOTAL				517,250.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
piedrin	2,880.00	m3	350.00	1,008,000.00
arena	2,541.00	m3	150.00	381,150.00
cemento	37,268.00	saco	80.00	2,981,440.00
hierro de 1/2	3.00	qq	300.00	900.00
alambre de amarre	1.00	qq	600.00	600.00
antisol rojo	6.00	tonel	3,600.00	21,600.00
costanera de metal de 2 x 6	40.00	ud	125.00	5,000.00
combustible	5,600.00	gal	20.00	112,000.00
disco diamantado	6.00	ud	1,200.00	7,200.00
combustible	390.00	gal	20.00	7,800.00
SUBTOTAL				4,525,690.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caporal	240.00	días	200.00	48,000.00
Ayudantes	4,100.00	días	100.00	410,000.00
albañil	1,200.00	días	125.00	150,000.00
laboratorista	140.14	días	350.00	49,048.53
* incluye prestaciones laborales				
operador de cortadora	150.00	días	250.00	37,500.00
SUBTOTAL				694,548.53

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =	5,737,488.53
---------------------------------	--------------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	286,874.43
SUPERVISION (5)	5.00 %	286,874.43
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	1,147,497.71
IMPREVISTOS (7)	4.00 %	229,499.54
PRECIO TOTAL		7,688,234.63
PRECIO UNITARIO		374.60

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

REGLÓN : EXCAVACION PARA ALCANTARILLA

CANTIDAD

104.00 M3

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
retroexcavadora	15.00	hora	300.00	4,500.00
piochas	4.00	ud	60.00	240.00
pala mas cabo	4.00	ud	60.00	240.00
SUBTOTAL				4,980.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
SUBTOTAL				0.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
caporal	2.00	dias	200.00	400.00
ayudantes	20.00	dias	100.00	2,000.00
SUBTOTAL				2,400.00

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			7,380.00
---------------------------------	--	--	----------

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	369.00
SUPERVISION (5)	5.00 %	369.00
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	1,476.00
IMPREVISTOS	4.00 %	295.20
PRECIO TOTAL		9,889.20
PRECIO UNITARIO		95.09

CUADRO DE ANALISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENLÓN : TUBERIA PVC D=36"

CANTIDAD

12.00 ML

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
SUBTOTAL				0.00

MATERIALES (2)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tubo Ribloc de 36"	2.00	ud	1,162.50	2,325.00
SUBTOTAL				2,325.00

MANO DE OBRA (3)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caporal	2.00	dias	200.00	400.00
Ayudantes	20.00	dias	100.00	2,000.00
albañil	5.00	dias	125.00	625.00
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				3,025.00

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) = 5,350.00

ADMINISTRACION (4)	5.00 %	267.50
SUPERVISION (5)	5.00 %	267.50
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %	1,070.00
IMPREVISTOS	4.00 %	214.00

PRECIO TOTAL 7,169.00

PRECIO UNITARIO 597.42

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENLÓN : CONCRETOS Y CICLOPEO PARA CABEZALES

CANTIDAD

12.96 M3

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
SUBTOTAL				0.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
piedra bola	5.00	m3	150.00	750.00
cemento	60.00	saco	80.00	4,800.00
arena de rio	6.00	m3	150.00	900.00
tabla	2.00	docena	576.00	1,152.00
paral	2.00	docena	500.00	1,000.00
clavo de 3"	40.00	lib	6.00	240.00
SUBTOTAL				8,842.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caporal	4.00	dias	200.00	800.00
Ayudantes	20.00	dias	100.00	2,000.00
albañil	15.00	dias	125.00	1,875.00
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				4,675.00
COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =				13,517.00

ADMINISTRACION (4)	5.00 %		675.85	
SUPERVISION (5)	5.00 %		675.85	
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %		2,703.40	
IMPREVISTOS	4.00 %		540.68	
PRECIO TOTAL			18,112.78	
PRECIO UNITARIO			1,397.59	

CUADRO DE ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

RENGLÓN : FUNDICIÓN DE CUNETAS TIPO "L"

CANTIDAD

3285.00 ML

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA (1)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
carreta	10.00	ud	245.00	2,450.00
pala	8.00	ud	60.00	480.00
piocha	8.00	ud	60.00	480.00
bote	15.00	ud	25.00	375.00
concretera	90.00	dia	350.00	31,500.00
SUBTOTAL				35,285.00

MATERIALES (2)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
pedrín	215.00	m3	350.00	75,250.00
arena	200.00	m3	150.00	30,000.00
cemento	1,800.00	saco	80.00	144,000.00
madera	10.00	docena	576.00	5,760.00
regla	8.00	docena	400.00	3,200.00
combustible	270.00	galon	20.00	5,400.00
SUBTOTAL				263,610.00

MANO DE OBRA (3)				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caporal	40.00	días	200.00	8,000.00
Ayudantes	949.98	días	100.00	94,997.76
albañil	750.00	días	125.00	93,750.00
* incluye prestaciones laborales				
SUBTOTAL				196,747.76

COSTO DIRECTO (1) + (2) + (3) =			495,642.76	
ADMINISTRACION (4)	5.00 %		24,782.14	
SUPERVISION (5)	5.00 %		24,782.14	
UTILIDADES E IMPUESTOS (6)	20.00 %		99,128.55	
IMPREVISTOS (7)	4.00 %		19,825.71	
PRECIO TOTAL			664,161.30	
PRECIO UNITARIO			202.18	

CALCULO DE VOLUMENES EN MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA.												
	DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA												
UBICACIÓN	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA												
CONSULTORIA:	JOEL HERNANDEZ												
RESIDENTE:	INGA. MAYRA GARCIA												
SUPERVISOR:													
MATERIAL	ABCISA	DISTAN.	AREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		F.E.	VOLUMEN EXPANDIDO		VOLUMEN DE CORTE			
			CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO		CORTE	RELLENO	T.S.	R.S.	R.F.	
TERRENO SUELTO	0+0.00	0.00	0.29	0.28	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+020.00	20.00	1.35	0.00	16.40	1.40	1.10	18.04	1.40	18.04	18.04	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+040.00	20.00	1.15	0.04	25.00	0.20	1.10	27.50	0.20	27.50	27.50	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+060.00	20.00	0.59	0.00	17.40	0.20	1.10	19.14	0.20	19.14	19.14	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+080.00	20.00	0.00	1.18	2.95	5.90	1.10	3.25	5.90	3.25	3.25	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+100.00	20.00	1.13	0.48	5.65	16.60	1.10	6.22	16.60	6.22	6.22	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+120.00	20.00	4.65	0.00	57.80	2.40	1.10	63.58	2.40	63.58	63.58	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+140.00	20.00	0.00	3.10	23.25	15.50	1.10	25.58	15.50	25.58	25.58	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+160.00	20.00	3.96	0.17	19.80	32.70	1.10	21.78	32.70	21.78	21.78	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+180.00	20.00	1.77	0.97	57.30	11.40	1.10	63.03	11.40	63.03	63.03	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+200.00	20.00	2.34	1.68	41.10	26.50	1.10	45.21	26.50	45.21	45.21	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+220.00	20.00	5.40	0.50	77.40	21.80	1.10	85.14	21.80	85.14	85.14	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+240.00	20.00	2.07	3.48	74.70	39.80	1.10	82.17	39.80	82.17	82.17	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+260.00	20.00	2.56	1.55	46.30	50.30	1.10	50.93	50.30	50.93	50.93	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+280.00	20.00	3.90	0.05	64.60	16.00	1.10	71.06	16.00	71.06	71.06	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+300.00	20.00	2.28	0.85	61.80	9.00	1.10	67.98	9.00	67.98	67.98	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+320.00	20.00	7.80	0.00	100.80	4.25	1.10	110.88	4.25	110.88	110.88	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+340.00	20.00	1.17	2.67	89.70	13.35	1.10	98.67	13.35	98.67	98.67	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+360.00	20.00	0.64	2.12	18.10	47.90	1.10	19.91	47.90	19.91	19.91	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+380.00	20.00	3.38	0.75	40.20	28.70	1.10	44.22	28.70	44.22	44.22	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+400.00	20.00	3.97	0.53	73.50	12.80	1.10	80.85	12.80	80.85	80.85	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+420.00	20.00	1.78	2.43	57.50	29.60	1.10	63.25	29.60	63.25	63.25	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+440.00	20.00	3.64	0.29	54.20	27.20	1.10	59.62	27.20	59.62	59.62	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+460.00	20.00	2.61	0.30	62.50	5.90	1.10	68.75	5.90	68.75	68.75	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+480.00	20.00	1.55	2.38	41.60	26.80	1.10	45.76	26.80	45.76	45.76	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+500.00	20.00	0.47	5.02	20.20	74.00	1.10	22.22	74.00	22.22	22.22	0.00	0.00

TERRENO SUELTO	0+520.00	20.00	0.85	2.28	13.20	73.00	1.10	14.52	73.00	14.52	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+540.00	20.00	2.24	2.48	50.90	47.60	1.10	33.99	47.60	33.99	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+560.00	20.00	3.77	0.02	60.10	25.00	1.10	66.11	25.00	66.11	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+580.00	20.00	3.60	0.00	73.70	0.10	1.10	81.07	0.10	81.07	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+600.00	20.00	8.28	0.00	118.80	0.00	1.10	130.68	0.00	130.68	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+620.00	20.00	0.52	0.06	792.05	0.30	1.10	96.80	0.30	96.80	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+640.00	20.00	8.80	0.00	93.20	0.30	1.10	102.52	0.30	102.52	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+660.00	20.00	10.11	0.00	189.10	0.00	1.10	208.01	0.00	208.01	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+680.00	20.00	0.14	3.00	102.50	15.00	1.10	112.75	15.00	112.75	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+700.00	20.00	2.70	0.31	28.40	33.10	1.10	31.24	33.10	31.24	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+720.00	20.00	1.46	0.16	41.60	4.70	1.10	45.76	4.70	45.76	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+740.00	20.00	11.75	0.00	132.10	0.80	1.10	145.31	0.80	145.31	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+760.00	20.00	7.82	0.00	195.70	0.00	1.10	215.27	0.00	215.27	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+780.00	20.00	11.39	0.20	192.10	1.00	1.10	211.31	1.00	211.31	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+800.00	20.00	11.40	0.00	227.90	1.00	1.10	250.69	1.00	250.69	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+820.00	20.00	20.35	0.00	317.50	0.00	1.10	349.25	0.00	349.25	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+840.00	20.00	61.14	0.00	814.90	0.00	1.10	896.39	0.00	896.39	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+860.00	20.00	60.41	0.00	1,215.50	0.00	1.10	1,337.05	0.00	1,337.05	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+880.00	20.00	40.02	0.00	1,004.30	0.00	1.10	1,104.73	0.00	1,104.73	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+900.00	20.00	73.97	0.00	1,139.90	0.00	1.10	1,253.89	0.00	1,253.89	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+920.00	20.00	64.50	0.00	1,394.70	0.00	1.10	1,523.17	0.00	1,523.17	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+940.00	20.00	40.89	0.00	1,053.90	0.00	1.10	1,159.29	0.00	1,159.29	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+960.00	20.00	39.80	0.00	806.90	0.00	1.10	887.59	0.00	887.59	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	0+980.00	20.00	21.97	0.00	617.70	0.00	1.10	679.47	0.00	679.47	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+000.00	20.00	0.87	0.18	228.40	0.90	1.10	251.24	0.90	251.24	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+020.00	20.00	0.18	2.87	10.50	30.50	1.10	11.55	30.50	11.55	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+040.00	20.00	1.54	0.68	17.20	35.50	1.10	18.92	35.50	18.92	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+060.00	20.00	1.38	0.56	29.20	12.40	1.10	32.12	12.40	32.12	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+080.00	20.00	7.43	0.00	88.10	2.80	1.10	96.91	2.80	96.91	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+100.00	20.00	2.60	0.07	100.30	0.35	1.10	110.33	0.35	110.33	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+120.00	20.00	4.09	0.03	66.90	1.00	1.10	73.59	1.00	73.59	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+140.00	20.00	16.26	0.00	203.50	0.15	1.10	223.85	0.15	223.85	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+160.00	20.00	16.55	0.00	328.10	0.00	1.10	360.91	0.00	360.91	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+180.00	20.00	5.87	0.00	224.20	0.00	1.10	246.62	0.00	246.62	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+200.00	20.00	3.43	0.00	93.00	0.00	1.10	102.30	0.00	102.30	0.00	0.00

TERRENO SUELTO	1+220.00	20.00	0.85	0.25	42.80	1.25	1.10	47.08	1.25	47.08	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+240.00	20.00	4.01	0.00	48.60	1.25	1.10	53.46	1.25	53.46	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+260.00	20.00	6.02	0.00	100.30	0.00	1.10	110.33	0.00	110.33	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+280.00	20.00	10.04	0.00	160.60	0.00	1.10	176.66	0.00	176.66	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+300.00	20.00	16.64	0.00	266.80	0.00	1.10	293.48	0.00	293.48	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+320.00	20.00	9.13	0.00	257.70	0.00	1.10	283.47	0.00	283.47	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+340.00	20.00	6.26	0.00	153.90	0.00	1.10	169.29	0.00	169.29	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+360.00	20.00	0.36	1.47	66.20	7.35	1.10	72.82	7.35	72.82	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+380.00	20.00	1.35	0.90	17.10	23.70	1.10	18.81	23.70	18.81	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+400.00	20.00	0.71	0.49	20.60	13.90	1.10	22.66	13.90	22.66	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+420.00	20.00	1.53	0.00	22.40	2.45	1.10	24.64	2.45	24.64	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+440.00	20.00	3.22	0.00	47.50	0.00	1.10	52.25	0.00	52.25	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+460.00	20.00	4.34	0.00	75.60	0.00	1.10	83.16	0.00	83.16	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+480.00	20.00	3.38	0.00	77.20	0.00	1.10	84.92	0.00	84.92	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+500.00	20.00	4.20	0.00	75.80	0.00	1.10	83.38	0.00	83.38	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+520.00	20.00	1.28	0.12	54.80	0.60	1.10	60.28	0.60	60.28	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+540.00	20.00	6.11	0.00	73.90	0.60	1.10	81.29	0.60	81.29	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+560.00	20.00	3.46	0.18	95.70	0.90	1.10	105.27	0.90	105.27	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+580.00	20.00	0.88	2.08	43.40	22.60	1.10	47.74	22.60	47.74	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+600.00	20.00	19.80	0.00	206.80	10.40	1.10	227.48	10.40	227.48	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+620.00	20.00	39.12	0.00	589.20	0.00	1.10	648.12	0.00	648.12	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+640.00	20.00	32.05	0.00	711.70	0.00	1.10	782.87	0.00	782.87	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+660.00	20.00	4.67	0.26	367.20	1.30	1.10	403.92	1.30	403.92	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+680.00	20.00	0.00	13.89	23.35	141.50	1.10	25.69	141.50	25.69	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+700.00	20.00	0.00	10.14	0.00	240.30	1.10	0.00	240.30	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+720.00	20.00	10.66	0.00	53.30	50.70	1.10	58.63	50.70	58.63	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+740.00	20.00	24.50	0.00	351.60	0.00	1.10	386.76	0.00	386.76	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+760.00	20.00	72.67	0.00	971.70	0.00	1.10	1,068.87	0.00	1,068.87	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+780.00	20.00	59.96	0.00	1,326.30	0.00	1.10	1,458.93	0.00	1,458.93	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+800.00	20.00	66.28	0.00	1,262.40	0.00	1.10	1,388.64	0.00	1,388.64	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+820.00	20.00	97.27	0.00	1,635.50	0.00	1.10	1,799.05	0.00	1,799.05	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+840.00	20.00	144.25	0.00	2,415.20	0.00	1.10	2,656.72	0.00	2,656.72	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+860.00	20.00	118.32	0.00	2,625.70	0.00	1.10	2,888.27	0.00	2,888.27	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+880.00	20.00	121.41	0.00	2,397.30	0.00	1.10	2,637.03	0.00	2,637.03	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+900.00	20.00	172.22	0.00	2,936.30	0.00	1.10	3,229.93	0.00	3,229.93	0.00	0.00

TERRENO SUELTO	1+920.00	20.00	204.51	0.00	3,767.30	0.00	1.10	4,144.03	0.00	4,144.03	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+940.00	20.00	191.94	0.00	3,964.50	0.00	1.10	4,360.95	0.00	4,360.95	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+960.00	20.00	220.06	0.00	4,120.00	0.00	1.10	4,532.00	0.00	4,532.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	1+980.00	20.00	151.82	0.00	3,718.80	0.00	1.10	4,090.68	0.00	4,090.68	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+000.00	20.00	222.71	0.00	3,745.30	0.00	1.10	4,119.83	0.00	4,119.83	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+020.00	20.00	444.95	0.00	6,676.60	0.00	1.10	7,344.26	0.00	7,344.26	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+040.00	20.00	424.25	0.00	8,692.00	0.00	1.10	9,561.20	0.00	9,561.20	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+060.00	20.00	353.91	0.00	7,781.60	0.00	1.10	8,559.76	0.00	8,559.76	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+080.00	20.00	381.20	0.00	7,351.10	0.00	1.10	8,086.21	0.00	8,086.21	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+100.00	20.00	461.02	0.00	8,422.20	0.00	1.10	9,264.42	0.00	9,264.42	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+120.00	20.00	623.43	0.00	10,844.50	0.00	1.10	11,928.95	0.00	11,928.95	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+140.00	20.00	598.75	0.00	12,221.80	0.00	1.10	13,443.98	0.00	13,443.98	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+160.00	20.00	471.43	0.00	10,701.80	0.00	1.10	11,771.98	0.00	11,771.98	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+180.00	20.00	413.40	0.00	8,848.30	0.00	1.10	9,733.13	0.00	9,733.13	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+200.00	20.00	537.36	0.00	9,507.60	0.00	1.10	10,458.36	0.00	10,458.36	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+220.00	20.00	485.16	0.00	10,225.20	0.00	1.10	11,247.72	0.00	11,247.72	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+240.00	20.00	388.97	0.00	8,741.30	0.00	1.10	9,615.43	0.00	9,615.43	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+260.00	20.00	362.88	0.00	7,518.50	0.00	1.10	8,270.35	0.00	8,270.35	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+280.00	20.00	320.11	0.00	6,829.90	0.00	1.10	7,512.89	0.00	7,512.89	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+300.00	20.00	270.21	0.00	5,903.20	0.00	1.10	6,493.52	0.00	6,493.52	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+320.00	20.00	202.71	0.00	4,729.20	0.00	1.10	5,202.12	0.00	5,202.12	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+340.00	20.00	108.19	0.00	3,109.00	0.00	1.10	3,419.90	0.00	3,419.90	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+360.00	20.00	53.23	0.00	1,614.20	0.00	1.10	1,775.62	0.00	1,775.62	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+380.00	20.00	47.19	0.00	1,004.20	0.00	1.10	1,104.62	0.00	1,104.62	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+400.00	20.00	42.12	0.00	893.10	0.00	1.10	982.41	0.00	982.41	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+420.00	20.00	45.46	0.00	875.80	0.00	1.10	963.38	0.00	963.38	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+440.00	20.00	17.47	0.00	629.30	0.00	1.10	692.23	0.00	692.23	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+460.00	20.00	8.13	0.00	256.00	0.00	1.10	281.60	0.00	281.60	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+480.00	20.00	8.16	0.00	162.90	0.00	1.10	179.19	0.00	179.19	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+500.00	20.00	0.00	7.51	40.80	37.55	1.10	44.88	37.55	44.88	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+520.00	20.00	0.00	15.44	0.00	229.50	1.10	0.00	229.50	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+540.00	20.00	0.00	7.80	0.00	232.40	1.10	0.00	232.40	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+560.00	20.00	0.00	4.24	0.00	120.40	1.10	0.00	120.40	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+580.00	20.00	0.00	29.38	0.00	336.20	1.10	0.00	336.20	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+600.00	20.00	17.18	0.00	85.90	146.90	1.10	94.49	146.90	94.49	0.00	0.00

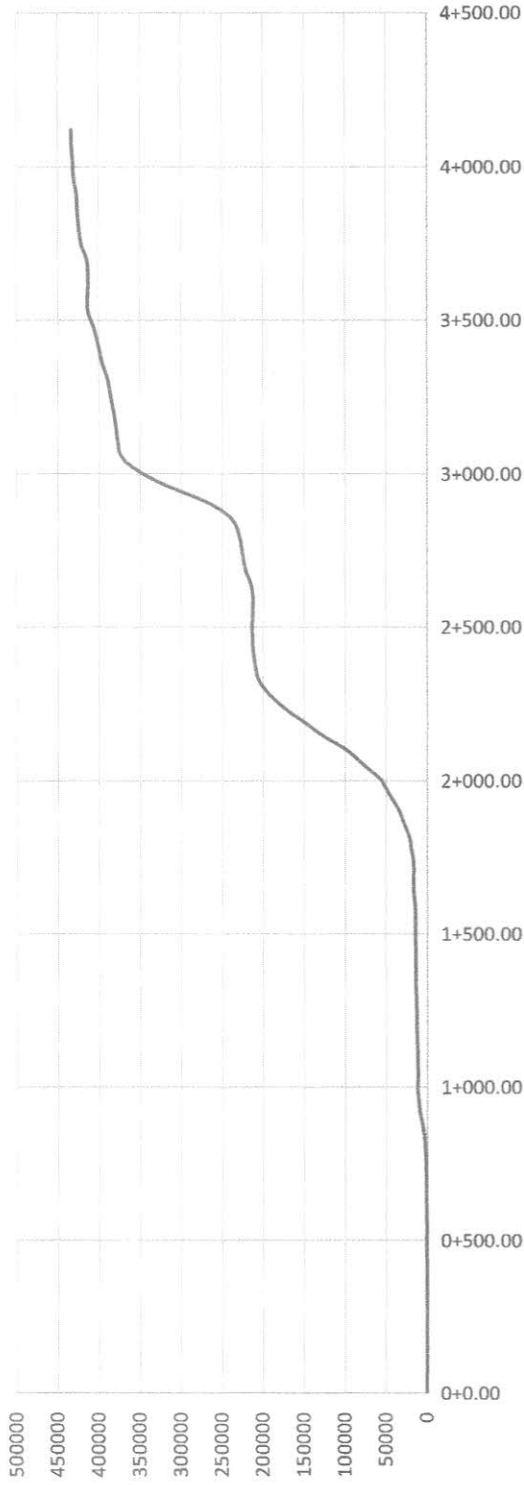
TERRENO SUELTO	2+620.00	20.00	36.23	0.00	534.10	0.00	1.10	0.00	587.51	0.00	587.51	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+640.00	20.00	117.39	0.00	1,536.20	0.00	1.10	0.00	1,689.82	0.00	1,689.82	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+660.00	20.00	144.19	0.00	2,615.80	0.00	1.10	0.00	2,877.38	0.00	2,877.38	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+680.00	20.00	130.34	0.00	2,745.30	0.00	1.10	0.00	3,019.83	0.00	3,019.83	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+700.00	20.00	58.26	0.00	1,886.00	0.00	1.10	0.00	2,074.60	0.00	2,074.60	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+720.00	20.00	41.71	0.00	999.70	0.00	1.10	0.00	1,099.67	0.00	1,099.67	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+740.00	20.00	49.39	0.00	911.00	0.00	1.10	0.00	1,002.10	0.00	1,002.10	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+760.00	20.00	69.19	0.00	1,185.80	0.00	1.10	0.00	1,304.38	0.00	1,304.38	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+780.00	20.00	81.80	0.00	1,509.90	0.00	1.10	0.00	1,660.89	0.00	1,660.89	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+800.00	20.00	75.44	0.00	1,572.40	0.00	1.10	0.00	1,729.64	0.00	1,729.64	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+820.00	20.00	110.68	0.00	1,861.20	0.00	1.10	0.00	2,047.32	0.00	2,047.32	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+840.00	20.00	191.68	0.00	3,023.60	0.00	1.10	0.00	3,325.96	0.00	3,325.96	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+860.00	20.00	346.87	0.00	5,385.50	0.00	1.10	0.00	5,924.05	0.00	5,924.05	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+880.00	20.00	529.65	0.00	8,765.20	0.00	1.10	0.00	9,641.72	0.00	9,641.72	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+900.00	20.00	635.76	0.00	11,654.10	0.00	1.10	0.00	12,819.51	0.00	12,819.51	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+920.00	20.00	814.52	0.00	14,502.80	0.00	1.10	0.00	15,953.08	0.00	15,953.08	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+940.00	20.00	876.90	0.00	16,914.20	0.00	1.10	0.00	18,605.62	0.00	18,605.62	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+960.00	20.00	776.15	0.00	16,530.50	0.00	1.10	0.00	18,183.55	0.00	18,183.55	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	2+980.00	20.00	748.29	0.00	15,244.40	0.00	1.10	0.00	16,768.84	0.00	16,768.84	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+000.00	20.00	522.12	0.00	12,704.10	0.00	1.10	0.00	13,974.51	0.00	13,974.51	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+020.00	20.00	506.42	0.00	10,285.40	0.00	1.10	0.00	11,313.94	0.00	11,313.94	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+040.00	20.00	349.64	0.00	8,560.60	0.00	1.10	0.00	9,416.66	0.00	9,416.66	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+060.00	20.00	173.06	0.00	5,227.00	0.00	1.10	0.00	5,749.70	0.00	5,749.70	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+080.00	20.00	64.15	0.00	2,372.10	0.00	1.10	0.00	2,609.31	0.00	2,609.31	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+100.00	20.00	31.04	0.00	951.90	0.00	1.10	0.00	1,047.09	0.00	1,047.09	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+120.00	20.00	43.71	0.00	747.50	0.00	1.10	0.00	822.25	0.00	822.25	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+140.00	20.00	42.88	0.00	865.90	0.00	1.10	0.00	952.49	0.00	952.49	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+160.00	20.00	48.34	0.00	912.20	0.00	1.10	0.00	1,003.42	0.00	1,003.42	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+180.00	20.00	54.69	0.00	1,030.30	0.00	1.10	0.00	1,133.33	0.00	1,133.33	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+200.00	20.00	59.14	0.00	1,138.30	0.00	1.10	0.00	1,252.13	0.00	1,252.13	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+220.00	20.00	63.73	0.00	1,228.70	0.00	1.10	0.00	1,351.57	0.00	1,351.57	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+240.00	20.00	82.09	0.00	1,458.20	0.00	1.10	0.00	1,604.02	0.00	1,604.02	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+260.00	20.00	38.50	0.00	1,205.90	0.00	1.10	0.00	1,326.49	0.00	1,326.49	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+280.00	20.00	36.71	0.00	752.10	0.00	1.10	0.00	827.31	0.00	827.31	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+300.00	20.00	87.83	0.00	1,245.40	0.00	1.10	0.00	1,369.94	0.00	1,369.94	0.00	0.00

TERRENO SUELTO	3+320.00	20.00	121.84	0.00	2,096.70	0.00	1.10	2,306.37	0.00	2,306.37	0.00	2,306.37	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+340.00	20.00	118.07	0.00	2,399.10	0.00	1.10	2,639.01	0.00	2,639.01	0.00	2,639.01	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+360.00	20.00	88.61	0.00	2,066.80	0.00	1.10	2,273.48	0.00	2,273.48	0.00	2,273.48	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+380.00	20.00	78.26	0.00	1,668.70	0.00	1.10	1,835.57	0.00	1,835.57	0.00	1,835.57	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+400.00	20.00	74.08	0.00	1,523.40	0.00	1.10	1,675.74	0.00	1,675.74	0.00	1,675.74	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+420.00	20.00	66.88	0.00	1,409.60	0.00	1.10	1,550.56	0.00	1,550.56	0.00	1,550.56	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+440.00	20.00	103.39	0.00	1,702.70	0.00	1.10	1,872.97	0.00	1,872.97	0.00	1,872.97	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+460.00	20.00	84.95	0.00	1,883.40	0.00	1.10	2,071.74	0.00	2,071.74	0.00	2,071.74	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+480.00	20.00	84.66	0.00	1,696.10	0.00	1.10	1,865.71	0.00	1,865.71	0.00	1,865.71	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+500.00	20.00	197.23	0.00	2,818.90	0.00	1.10	3,100.79	0.00	3,100.79	0.00	3,100.79	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+520.00	20.00	74.71	0.00	2,719.40	0.00	1.10	2,991.34	0.00	2,991.34	0.00	2,991.34	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+540.00	20.00	37.77	0.00	1,124.80	0.00	1.10	1,237.28	0.00	1,237.28	0.00	1,237.28	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+560.00	20.00	0.00	5.26	188.85	26.30	1.10	207.74	26.30	207.74	0.00	207.74	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+580.00	20.00	0.00	21.21	0.00	264.70	1.10	0.00	264.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+600.00	20.00	0.00	13.13	0.00	343.40	1.10	0.00	343.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+620.00	20.00	1.55	3.87	7.75	170.00	1.10	8.53	170.00	8.53	0.00	8.53	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+640.00	20.00	2.30	1.02	38.50	48.90	1.10	42.35	48.90	42.35	0.00	42.35	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+660.00	20.00	9.64	0.00	119.40	5.10	1.10	131.34	5.10	131.34	0.00	131.34	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+680.00	20.00	27.71	0.00	373.50	0.00	1.10	410.85	0.00	410.85	0.00	410.85	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+700.00	20.00	80.16	0.00	1,078.70	0.00	1.10	1,186.57	0.00	1,186.57	0.00	1,186.57	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+720.00	20.00	157.79	0.00	2,379.50	0.00	1.10	2,617.45	0.00	2,617.45	0.00	2,617.45	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+740.00	20.00	120.06	0.00	2,778.50	0.00	1.10	3,056.35	0.00	3,056.35	0.00	3,056.35	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+760.00	20.00	53.70	0.00	1,737.60	0.00	1.10	1,911.36	0.00	1,911.36	0.00	1,911.36	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+780.00	20.00	35.46	0.00	891.60	0.00	1.10	980.76	0.00	980.76	0.00	980.76	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+800.00	20.00	32.82	0.00	682.80	0.00	1.10	751.08	0.00	751.08	0.00	751.08	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+820.00	20.00	30.88	0.00	637.00	0.00	1.10	700.70	0.00	700.70	0.00	700.70	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+840.00	20.00	30.48	0.00	613.60	0.00	1.10	674.96	0.00	674.96	0.00	674.96	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+860.00	20.00	19.43	0.00	499.10	0.00	1.10	549.01	0.00	549.01	0.00	549.01	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+880.00	20.00	17.30	0.00	367.30	0.00	1.10	404.03	0.00	404.03	0.00	404.03	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+900.00	20.00	22.39	0.00	396.90	0.00	1.10	436.59	0.00	436.59	0.00	436.59	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+920.00	20.00	45.42	0.00	678.10	0.00	1.10	745.91	0.00	745.91	0.00	745.91	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+940.00	20.00	74.64	0.00	1,200.60	0.00	1.10	1,320.66	0.00	1,320.66	0.00	1,320.66	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+960.00	20.00	36.06	0.00	1,107.00	0.00	1.10	1,217.70	0.00	1,217.70	0.00	1,217.70	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	3+980.00	20.00	22.08	0.00	581.40	0.00	1.10	639.54	0.00	639.54	0.00	639.54	0.00	0.00
TERRENO SUELTO	4+000.00	20.00	10.94	0.00	330.20	0.00	1.10	363.22	0.00	363.22	0.00	363.22	0.00	0.00

CALCULO DE VOLUMENES EN MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERÍO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL, SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA.
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA
CONSULTORIA:	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
RESIDENTE:	JOEL HERNANDEZ
SUPERVISOR:	INGA. MAYRA GARCIA

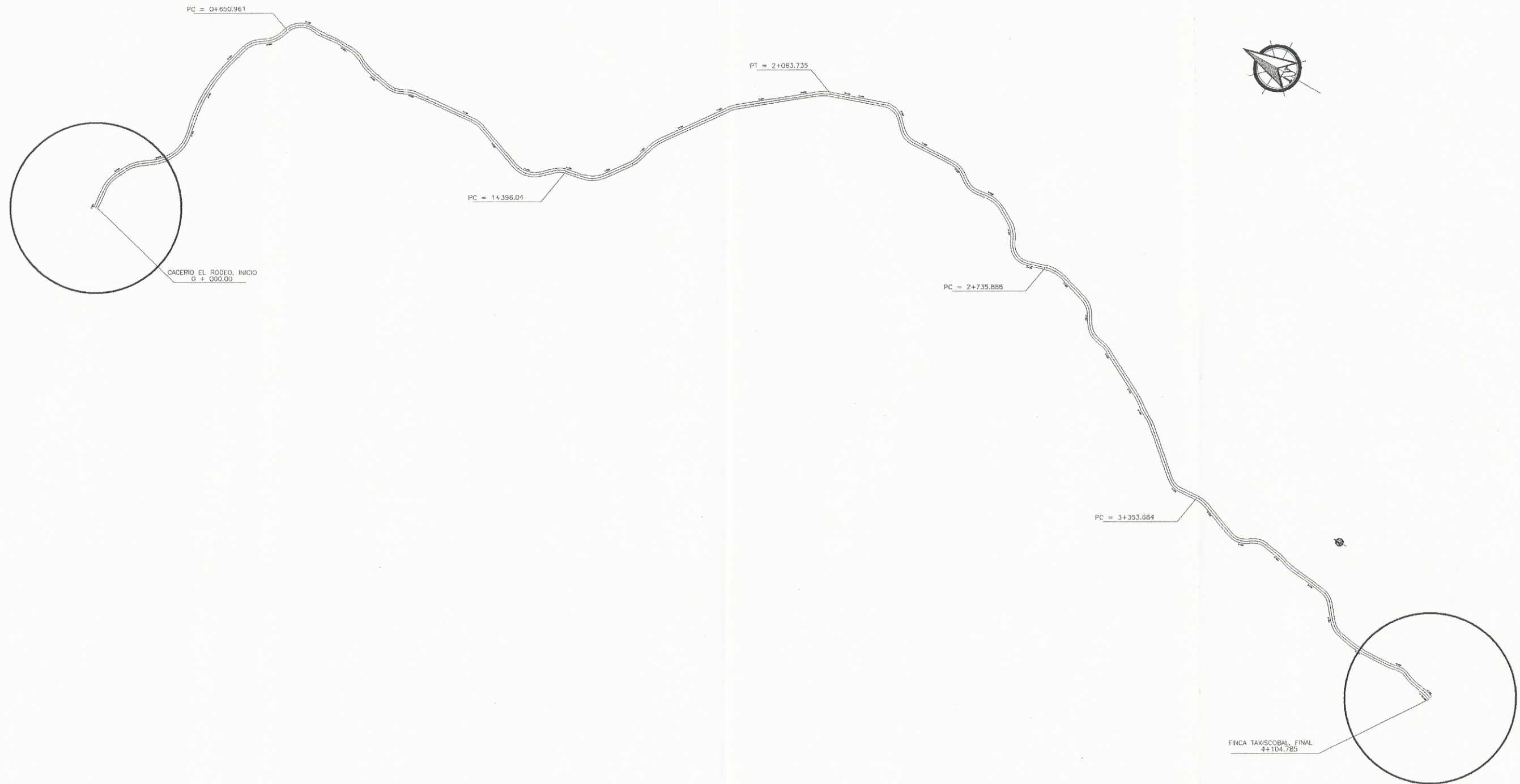
DIAGRAMA DE MASAS



VOLUMEN TOTAL DE CORTE DEL TERRENO SUELTO (V.C.T.S.):	436792.05
VOLUMEN TOTAL DE CORTE DEL ROCA SUELTO (V.C.R.S.):	0
VOLUMEN TOTAL DE CORTE DEL ROCA FIJA (V.C.R.F.):	0

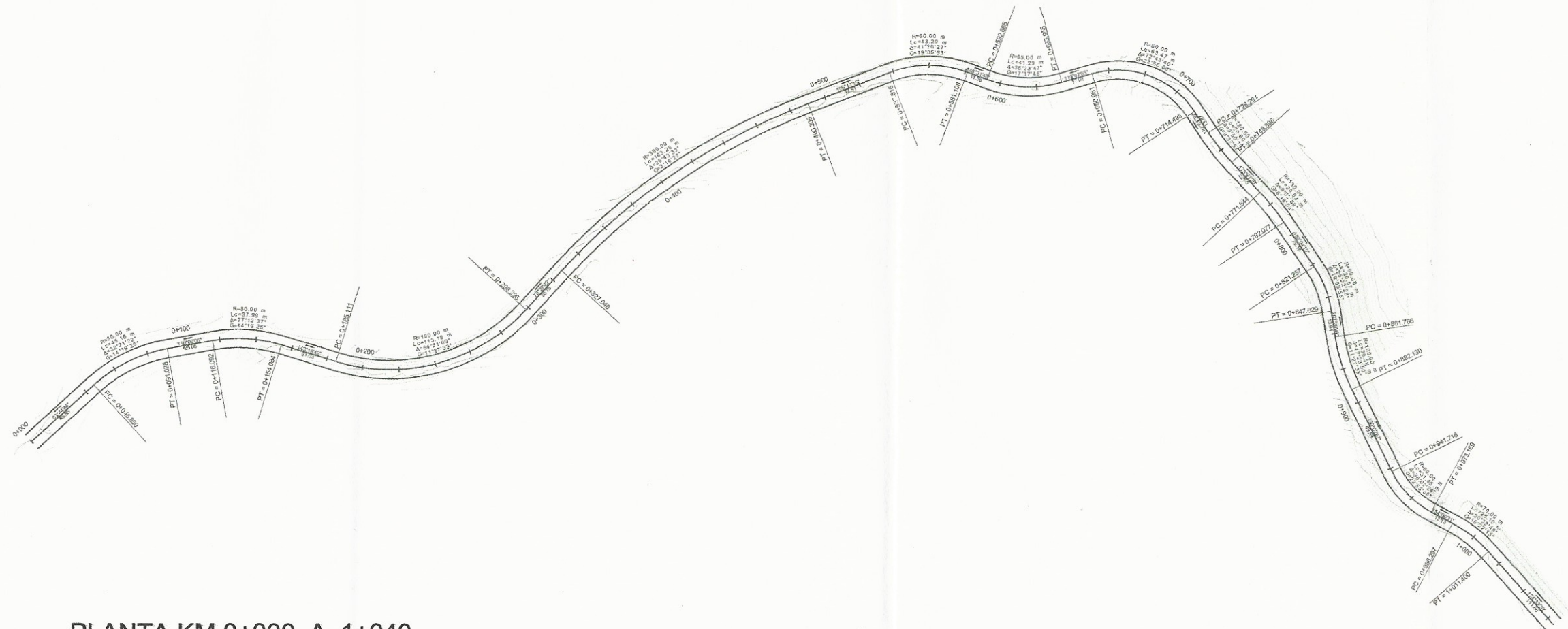
VOLUMEN DE CORTE TOTAL (m3)	397,083.65
VOLUMEN DE RELLENO TOTAL (m3)	3,340.95

VOLUMEN EXPANDIDO DE CORTE TOTAL	436,792.05
VOLUMEN DE RELLENO TOTAL	3,340.95
VOLUMEN DE PRESTAMO	0.00
VOLUMEN DE PARA ELIMINAR	433,451.10



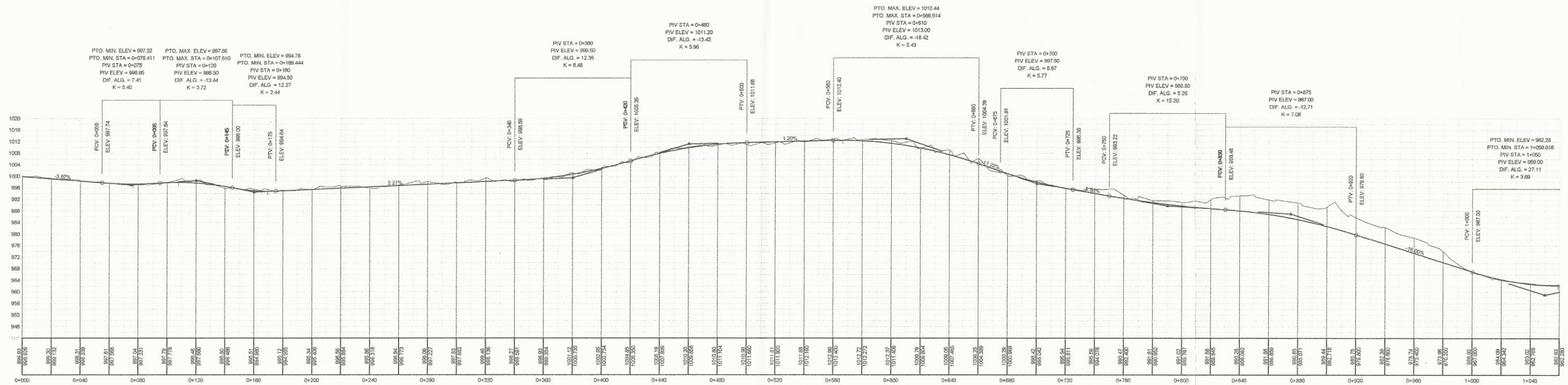
PLANTA GENERAL DEL PROYECTO

PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO:	SAN VICENTE PACAYA	CALCULO:	JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO:	ESQUINTLA	DIBUJO:	JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO:	PLANTA GENERAL DE CARRETERA	TOPOGRAFIA:	JOEL HERNANDEZ
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA:	HORIZONTAL 1:500
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería		HOJA No.	1 / 10



PLANTA KM 0+000 A 1+040

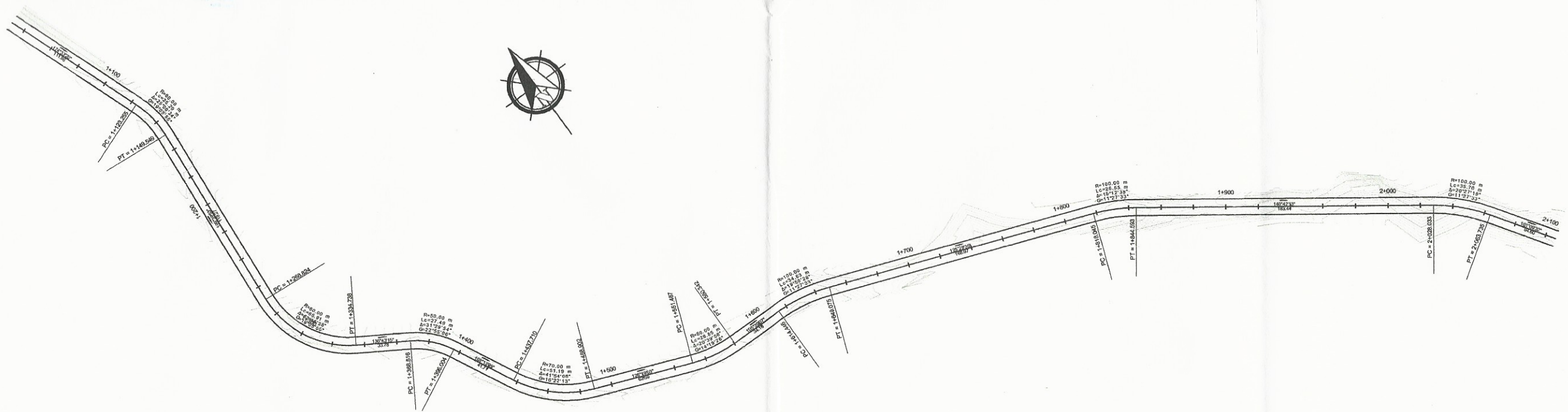
ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000



PERFIL KM 0+000 A 1+040

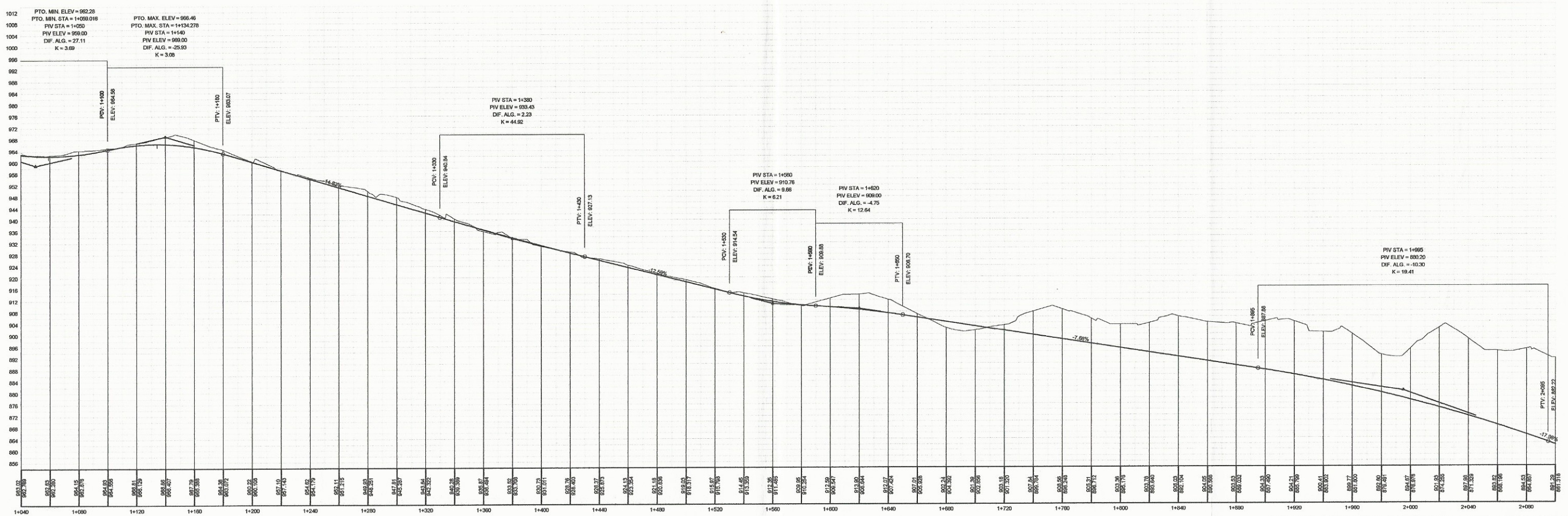
ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 500

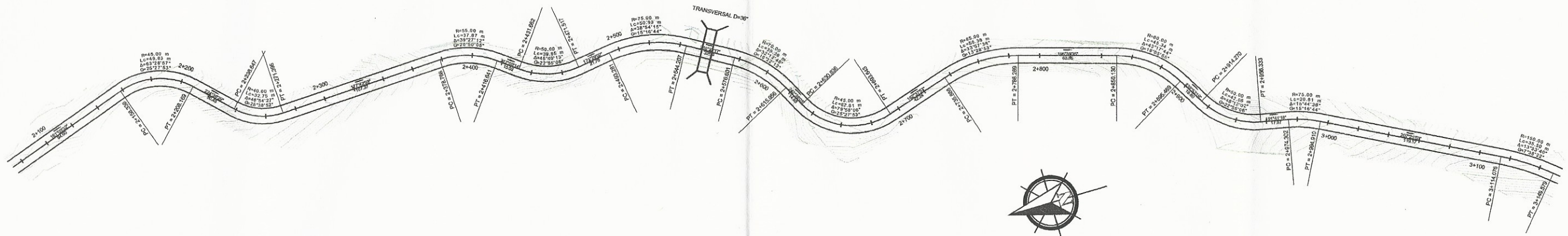
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO: JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO: SAN VICENTE PACAYA	CALCULO: JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO: ESQUINTLA	DIBUJO: JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO: PLANTA PERFILES ALINEAMIENTO 0+000 A 1+040	FECHA: OCTUBRE 2015
ESCALA: ESCALA HORIZONTAL DE 1:1000	TOPOGRAFIA: JOEL HERNANDEZ
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EP	HOJA No. 2



PLANTA KM 1+040 A 2+080

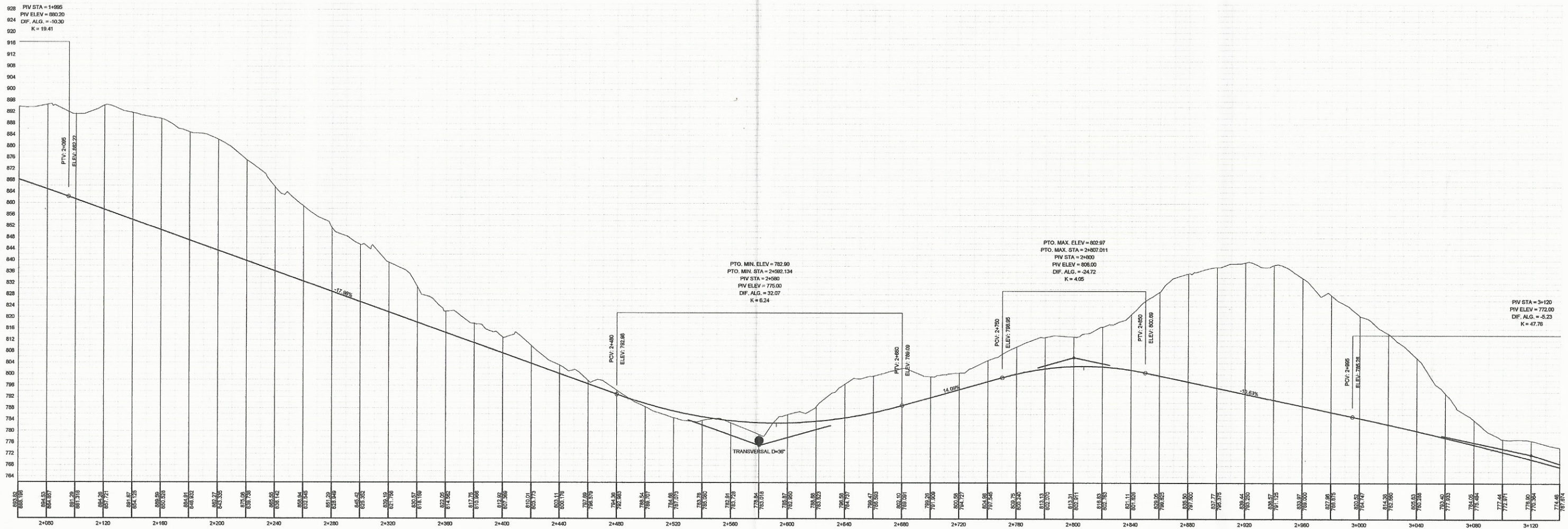
ESCALA HORIZONTAL 1/1000





PLANTA KM 2+080 A 3+120

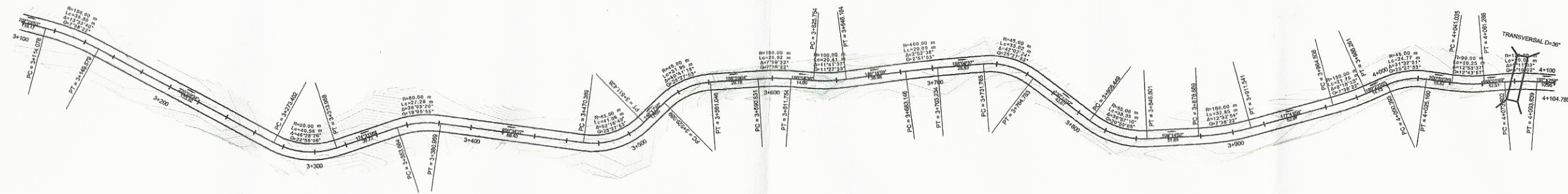
ESCALA HORIZONTAL 1/1000



PERFIL KM 2+080 A 3+120

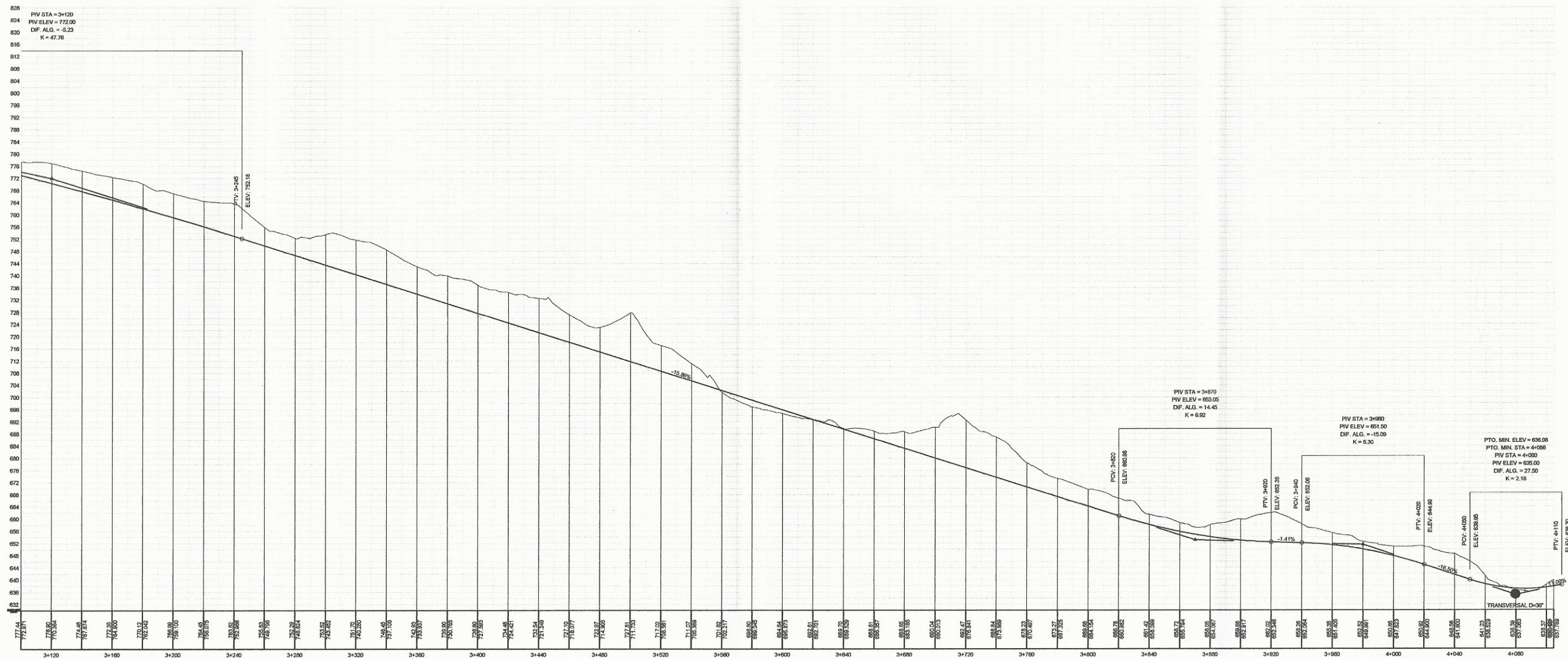
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO:	SAN VICENTE PACAYAN	CALCULO:	JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO:	ESCUAYAS	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO:	PLANTA PERIL ALINEAMIENTO 0+000 A 4+000	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
FECHA:	OCTUBRE 2014	TOPOGRAFIA:	JOEL HERNANDEZ
	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		
			HOJA No.



PLANTA KM 3+120 A 4+104.785

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000



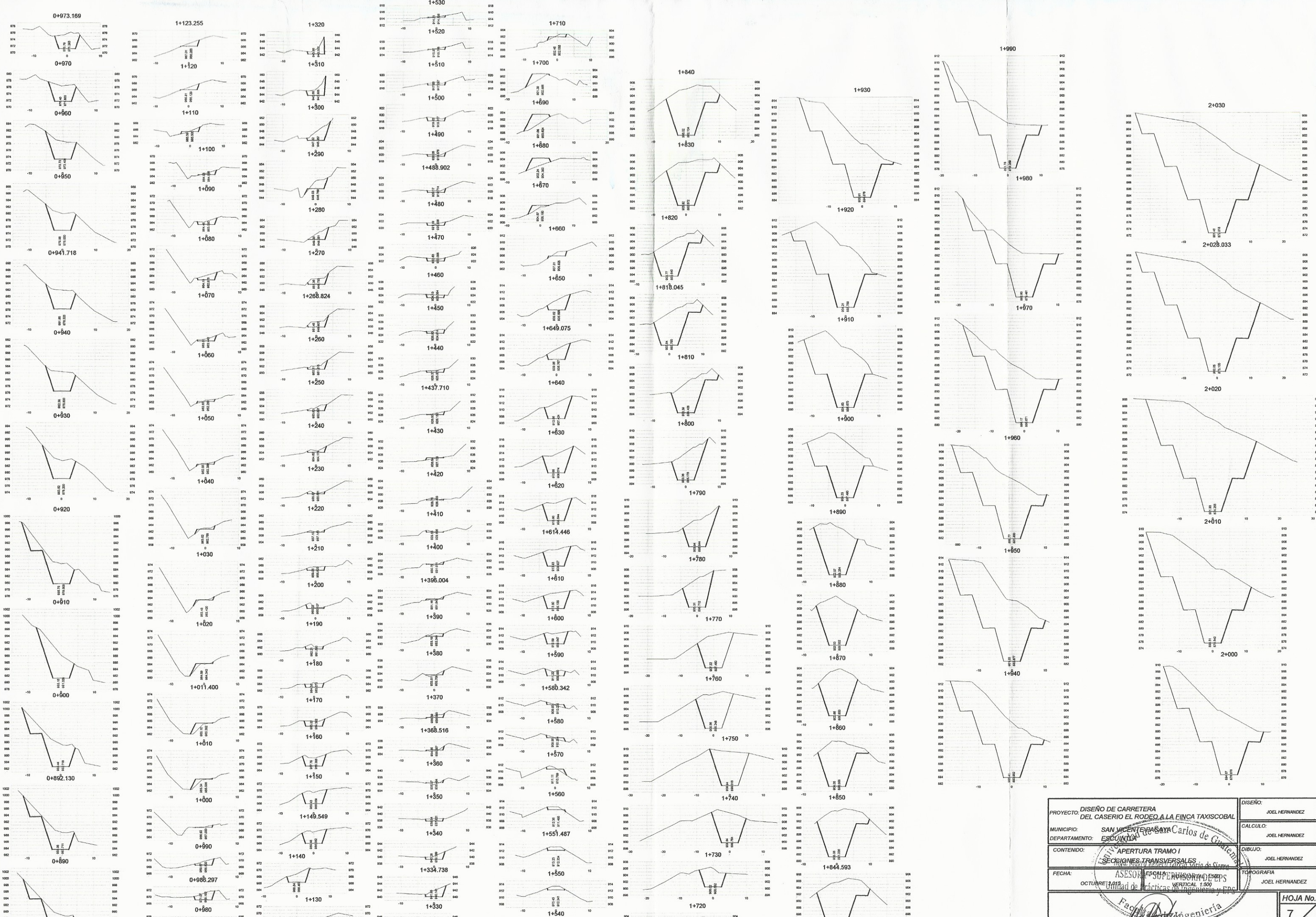
PERFIL KM 3+120 A 4+104.785

ESCALA HORIZONTAL 1 / 1000
ESCALA VERTICAL 1 / 500

PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL SAN VICENTE PACAYA	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO:	ESCUINTLA	CALCULO:	JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO:	GUATEMALA	DIBUJO:	JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL ALINEAMIENTO 3+120 A 4+104.785	TOPOGRAFIA:	JOEL HERNANDEZ
FECHA:	OCTUBRE 2015	INDICADA:	



DISEÑO DE CARRETERA PROYECTO: DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL		DISEÑO: JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO: SAN VICENTE BACAYA DEPARTAMENTO: ESCUNTLA		CALCULO: JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO: APERTURA TRAMO I SECCIONES TRANSVERSALES		DIBUJO: JOEL HERNANDEZ
FECHA: OCTUBRE 2009		TOPOGRAFIA: JOEL HERNANDEZ
ESCALA: HORIZONTAL 1:500 VERTICAL 1:20		HOJA No. 6



PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO: JOEL HERNADEZ
MUNICIPIO: SAN VICENTE PASAJA Carlos de Guzmán	CALCULO: JOEL HERNADEZ
DEPARTAMENTO: ESCUINTA	DIBUJO: JOEL HERNADEZ
CONTENIDO: APERTURA TRAMO I SECCIONES TRANSVERSALES	TOPOGRAFIA: JOEL HERNADEZ
FECHA: OCTUBRE 2011	HOJA No. 7

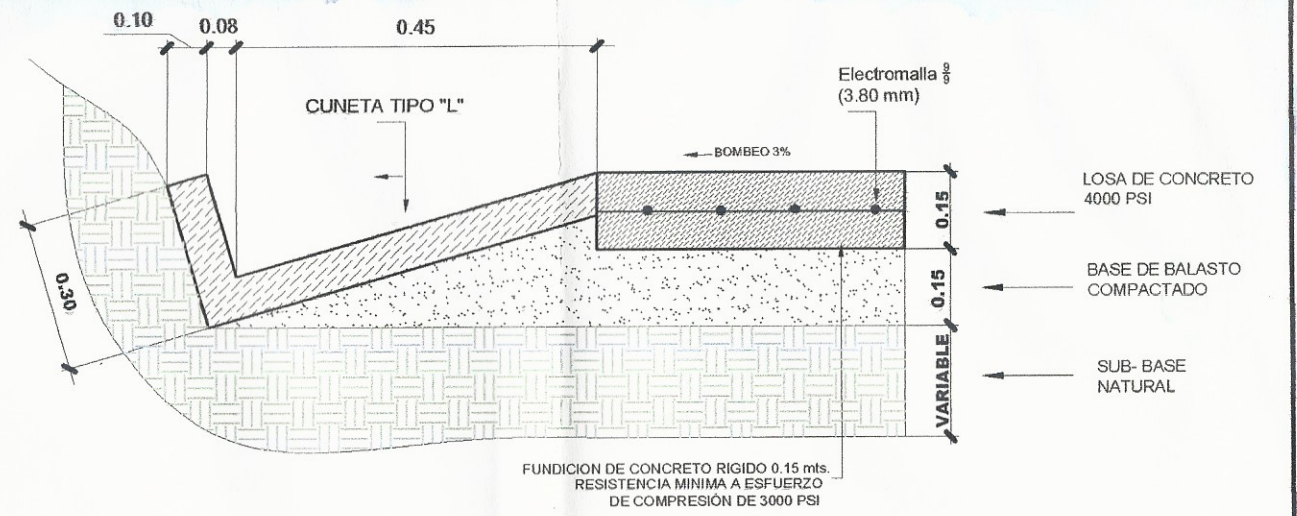
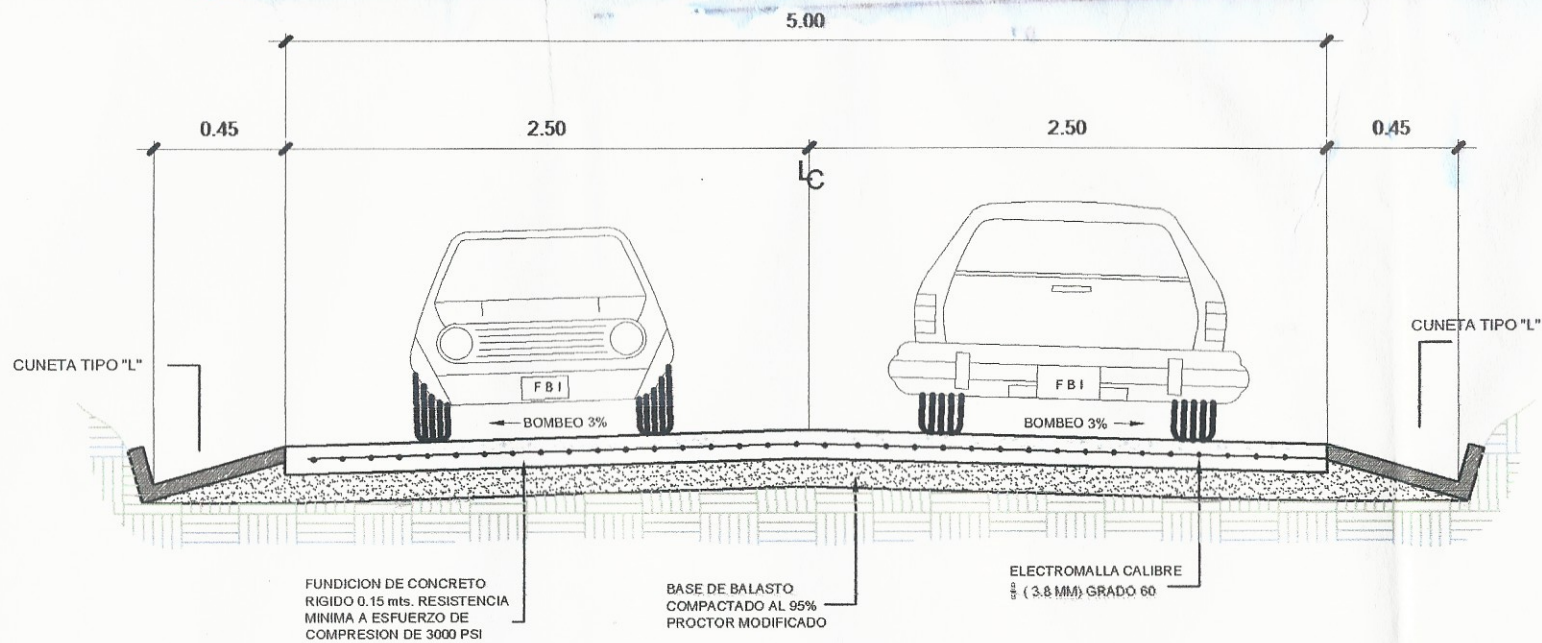
ESCALA: HORIZONTAL 1:500 VERTICAL 1:500
 ASESOR: SUPLENTE DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL ROBO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO:	SAN VICENTE PACAYA	CALCULO:	JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO:	ESCUAYULA	BIBLIO:	JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO:	APERTURA TRAMO I SECCIONES TRANSVERSALIA de Sierra	TOPOGRAFIA:	JOEL HERNANDEZ
FECHA:	OCTUBRE 2011	UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS	
Facultad de Ingeniería			HOJA No. 8



PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO: JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO: SAN VICENTE PACAYA	CALCULO: JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO: ESCUINTLA	BOBUCO: JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO: APERTURA DE TRAMO SECCIONES TRANSVERSALES	TOPOGRAFIA: JOEL HERNANDEZ
FECHA: OCTUBRE 2012	ESCALA: HORIZONTAL 1:500 VERTICAL 1:50

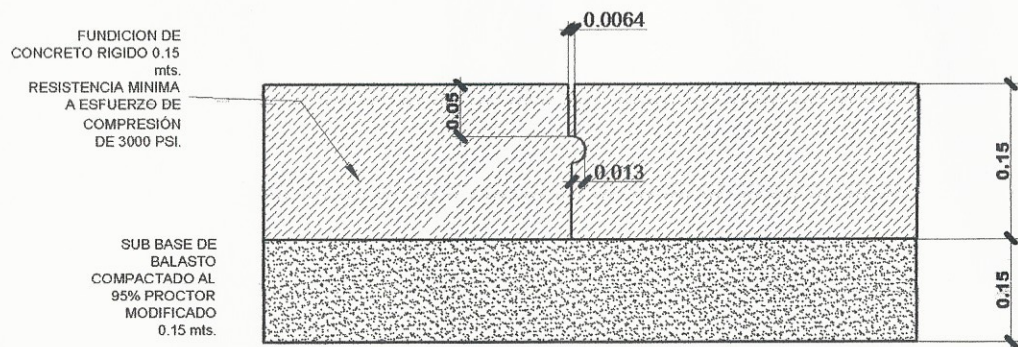


DETALLE DE CUNETA TIPO "L"

NO A ESCALA

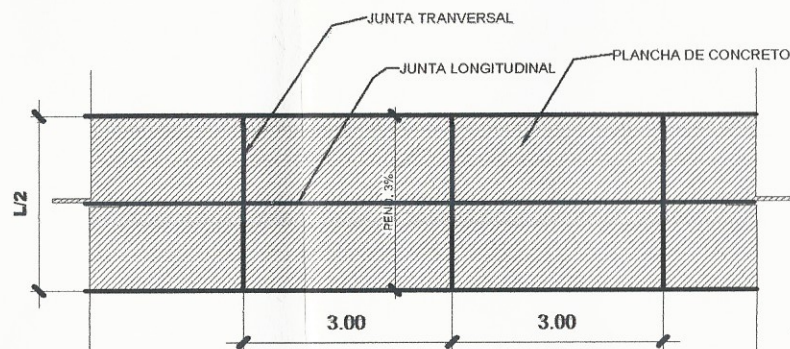
DETALLE DE GABARITO DE CALLE

ESCALA 1/40



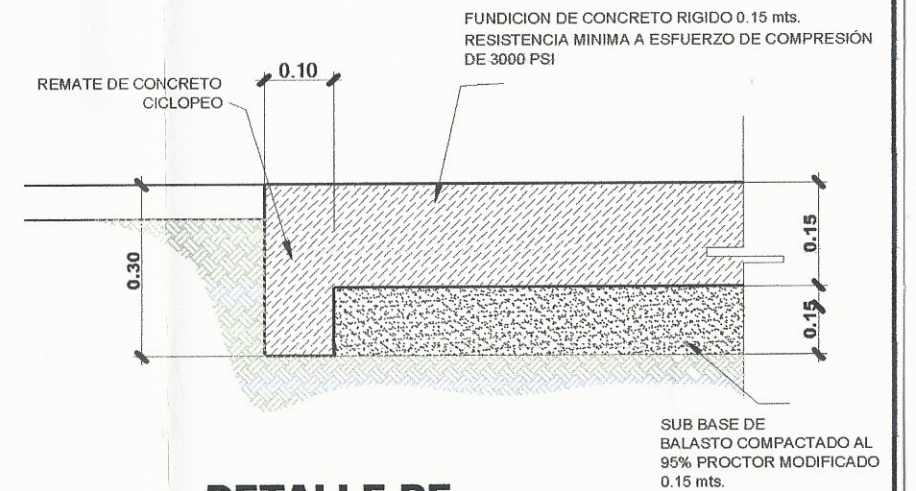
DETALLE DE JUNTA

ESCALA 1/10



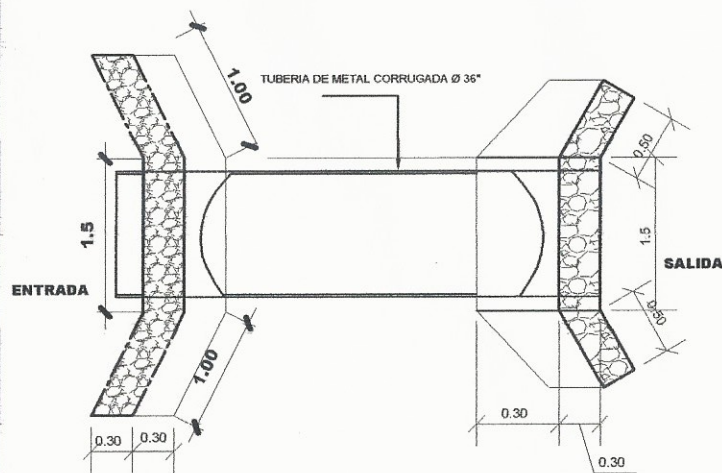
PLANTA DE UBICACION DE JUNTAS

ESCALA 1/40



DETALLE DE REMATE DE PAVIMENTO

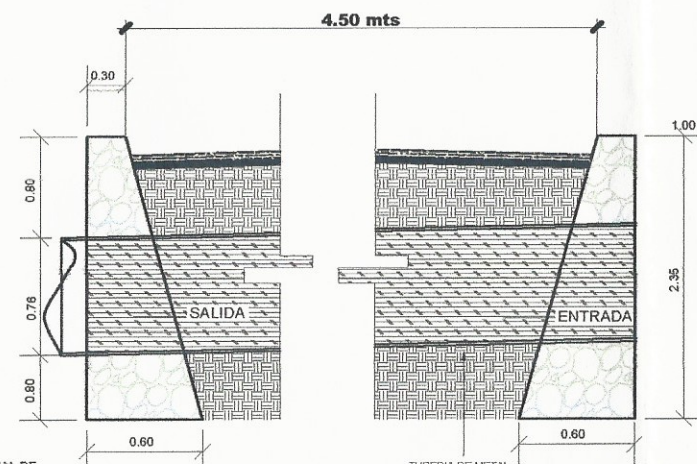
NO A ESCALA



PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL

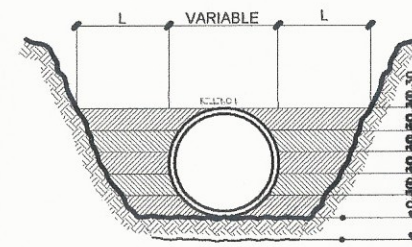
NO A ESCALA

NOTA:
PARA CONSTRUIR EL CABEZAL DE DESCARGA BUSCAR UN LUGAR APROPIADO PARA EL DESFOGUE



CORTE DRENAJE TRANSVERSAL

CON CUALQUIER TIPO DE CAMA LA ZANJA SE RELLENARA COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA



NOTA:
RELLENO EN CAPAS DE 0.30 CM SIMULTANEAMENTE EN AMBOS LADOS DE LA TUBERIA

DETALLE DE CAMA TIPICA

Especificaciones:

EL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND PARA PAVIMENTO, DEBE LLENAR LOS REQUISITOS MINIMOS Y SER COMO MINIMO CLASE 4,000 (281) CON UNA RESISTENCIA A COMPRESION AASHTO T22 MINIMA DE 3,000 lbs./plg. (210 Kgs./cm²), Y UNA RESISTENCIA A LA FLEXION AASHTO T97 MINIMA DE 650 lbs./plg. (46 Kg./cm²) DETERMINADAS SOBRE ESPECIMENES PREPARADOS SEGUN AASHTO T 126 Y T 23, ENSAYADOS A LOS 28 DIAS.

LA MEZCLA DE CONCRETO DEBE SER TRABAJABLE Y TENER UN ASENTAMIENTO DETERMINADO SEGUN AASHTO T 119, COMPENDIDO ENTRE 1 plg. (2.5 cm.) Y 2 1/2 plg. (6.4 cm.), DEBIENDO SER SIEMPRE VIBRADO

REQUISITOS PARA EL ACERO DE REFUERZO. CUANDO LAS DISPOSICIONES ESPECIALES O LOS PLANOS LO REQUIERAN EXPRESAMENTE, SE USARAN LOSAS REFORZADAS. EL REFUERZO DEBE CONSISTIR EN MALLAS DE ALAMBRE DE ACERO DE REFUERZO SOLDADO, AASHTO M55, O EMPARRILLADO DE BARRAS DE ACERO, AASHTO M 54.

PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA DEL CASERIO EL RODEO A LA FINCA TAXISCOBAL	DISEÑO:	JOEL HERNANDEZ
MUNICIPIO:	SAN VICENTE PACAYA	CALCULO:	JOEL HERNANDEZ
DEPARTAMENTO:	ESCUINTLA	DIBUJO:	JOEL HERNANDEZ
CONTENIDO:	DETA... San Carlos de Galindo		
FECHA:	OCTUBRE 2015	TOPOGRAFIA:	JOEL HERNANDEZ
ESCALA: Inga. Mayro Roberto García Soría de Sierra INGENIERO ASESOR - SUBDIRECCION Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS de Ingeniería		HOJA No.	10 / 10
REVISOR INGENIERO ASESOR			