



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

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN
DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES,
SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**

Rolin Antonio García Méndez

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN
DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES,
SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROLIN ANTONIO GARCÍA MÉNDEZ

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO 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
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha marzo de 2013.

Rolin Antonio García Méndez



Guatemala, 18 de julio de 2013
Ref.EPS.DOC.760.07.13

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

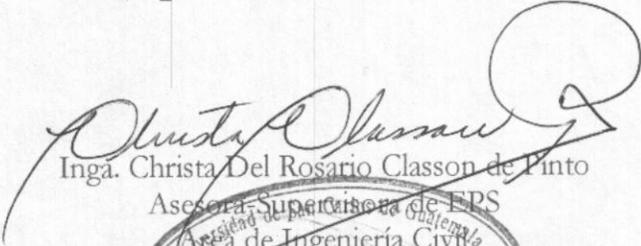
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rolin Antonio García Méndez** con carné No. **199616436**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO"**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Del Rosario Classon de Pinto

Asesora-Supervisora de EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ABESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS

Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
CDRSdP/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, 04 de Mayo de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación "DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM. 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rolin Antonio García Méndez con carné 1996-16436, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

Atentamente,

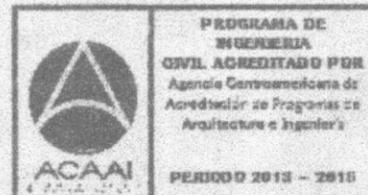
ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 26 de mayo de 2016
Ref.EPS.D.238.05.16

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

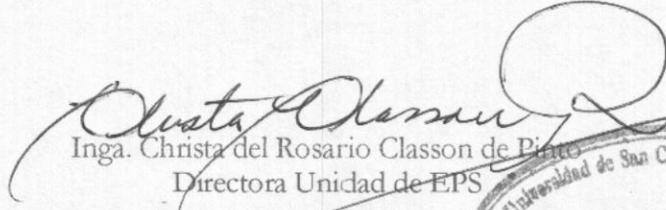
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rolin Antonio García Méndez, carné 199616436**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Del Rosario Classon de Pinto.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte como asesora supervisora y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CdRCdP/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 y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Rolin Antonio García Méndez, titulado **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

[Handwritten Signature]
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

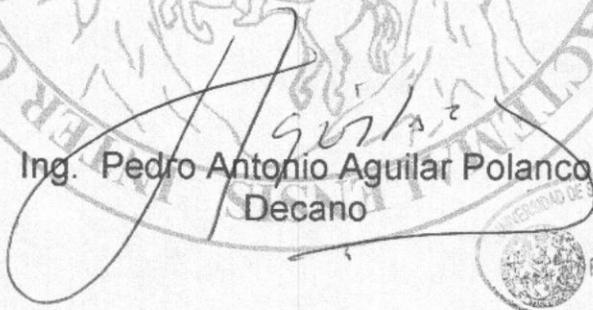


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.D.305.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, presentado por el estudiante universitario: **Rolín Antonio García Méndez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la oportunidad de hacer realidad mis sueños.
Mis padres	Marco Antonio García y María Estela Méndez, por todo el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de esta carrera.
Mi esposa	Iris Tatiana Santa Cruz, por la comprensión, los cuidados y el sufrimiento que ha tenido a mi lado.
Mis hijos	Rolin Stuart y Suamy Maribel García, por la comprensión y paciencia que me han tenido.
Mi hermano	Carlos Alberto García, por ese apoyo que me brindó.
Mi cuñada y sobrinas	Estela, Idalmis, Ceilin Gonzales y Cristina García, por el amor que me han tenido.
Mis tíos y primos	Por estar siempre anuentes a mi vida y por el apoyo brindado.
Mi suegra y cuñadas	Por el apoyo brindado.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para aplicarlos en la vida diaria y por alcanzar esta meta.

Carlos Sierra

Por ser una persona humilde y de grandes logros, Dios te bendiga.

**Sercoing, Cornadeso,
Adegua**

Empresas donde estoy naciendo y por darme la oportunidad de seguir creciendo.

**Municipalidad, San
Antonio La Paz**

Por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones.

Inga. Christa Classon

Por todo el apoyo que me brindó en el proceso de graduación.

Mis amigos

Pedro Vásquez, Melvin Gonzáles, Geovanni Barrios, Erick López, José Galicia, Ing. Ricardo Reyes, Ing. Juan Estrada, Carlos Muñoz, Hugo Orozco, por el apoyo brindado en mi vida, gracias.

**Comité de Huelga de
la Facultad de Ingeniería**

Por incentivar me a culminar mis metas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. CARACTERÍSTICAS Y SERVICIOS BÁSICOS SAN ANTONIO LA PAZ, MUNICIPIO DEL PROGRESO, DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	1
1.1. Aspectos físicos y generales	1
1.1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.1.2. Organización política y administrativa	2
1.1.3. Localización y ubicación	3
1.1.4. Límites y colindancias.....	3
1.1.5. Vías de acceso	3
1.1.6. Clima	4
1.1.7. Población e idioma	4
1.1.8. Servicios públicos	5
1.1.9. Suelo y topografía.....	8
1.1.10. Flora	8
1.2. Aspectos económicos.....	10
1.2.1. Producción.....	10
1.2.2. Aspectos socioculturales	13
1.3. Características generales y físicas de la aldea Dolores	14
1.3.1. Aldea Dolores	14

1.3.2.	Camino vecinal.....	15
1.3.3.	Servicio de telefonía.....	17
1.3.4.	Servicio de salud.....	18
1.3.5.	Servicio de educación.....	18
1.3.6.	Servicio de drenajes y alcantarillados.....	20
1.3.7.	Letrinización.....	20
1.3.8.	Transporte.....	21
2.	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO.....	23
2.1.	Descripción del proyecto.....	23
2.1.1.	Consideraciones generales.....	24
2.1.2.	Los vehículos de diseño.....	25
2.1.3.	Velocidad de diseño.....	27
2.1.4.	Velocidad del ruedo.....	27
2.1.5.	Zona de camino.....	28
2.1.6.	Ancho de calzada.....	29
2.2.	Especificaciones técnicas.....	29
2.2.1.	Excavación de material no clasificado (desperdicio, sección 203.03 Libro Azul).....	29
2.2.2.	Carga y acarreo de excavación no clasificado de desperdicio (sección 208 Libro Azul).....	30
2.2.3.	Reacondicionamiento de subrasante (sección 301.01 y 301.02 Libro Azul).....	30
2.2.4.	Material de base (sección 304.01 al 304.03 Libro Azul).....	31
2.2.5.	Pavimento de concreto hidráulico (sección 501 Libro Azul).....	32

2.2.6.	Bordillos (Sección 609 Libro Azul)	36
2.3.	Levantamiento topográfico preliminar	37
2.4.	Estudio de suelo	38
2.4.1.	Definición de suelos.....	38
2.4.2.	Componentes del suelo	38
2.4.3.	Granulometría.....	39
2.4.4.	Límites de Atterberg	40
2.4.5.	Proctor modificado.....	40
2.4.6.	CBR (California Bearing Ratio), relación de soporte de California.....	41
2.5.	Cálculo topográfico	43
2.5.1.	Planimetría.....	43
2.5.2.	Altimetría.....	44
2.6.	Diseño geométrico.....	47
2.6.1.	Sección transversal de una carretera	47
2.6.2.	Corona.....	47
2.6.3.	Calzada	47
2.6.4.	Hombros	48
2.6.5.	Pendiente transversal	48
2.6.6.	Taludes.....	48
2.6.7.	Cunetas	49
2.6.8.	Contracunetas	49
2.6.9.	Derecho de vía	49
2.6.10.	Curvas de transición.....	50
2.6.11.	Diseño de curvas horizontales.....	50
2.6.12.	Diseño de curvas verticales.....	54
2.6.13.	Subrasante	58
2.7.	Movimiento de tierras	58
2.7.1.	Cálculo de volúmenes de tierra	61

2.7.2.	Derecho de vía	63
2.7.3.	Coeficiente de contracción de hinchamiento	63
2.7.4.	Dibujo de secciones transversales	64
2.7.5.	Corona.....	64
2.8.	Diseño de la carpeta de rodadura	66
2.9.	Variables de entrada	67
2.9.1.	Período de vida útil.....	67
2.10.	Estudio de tráfico vehicular	68
2.10.1.	Aforo de tráfico	68
2.10.2.	Vehículo del proyecto	69
2.10.3.	Tráfico promedio diario anual	70
2.10.4.	Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA)....	71
2.11.	Tipo de carpeta de rodadura método y procedimiento de diseño simplificado para pavimentos rígidos PCA (Asociación del Cemento Portland).....	75
2.11.1.	Diseño de infraestructura de pavimento rígido	76
2.11.2.	Carpeta de rodadura	77
2.11.3.	Base	77
2.11.4.	Módulo de reacción de la subrasante k, en libras por pulgadas cúbicas	78
2.12.	Dibujo de secciones típicas.....	82
2.13.	Drenajes.....	83
2.13.1.	Ubicación de drenajes.....	83
2.13.2.	Cálculo de áreas de descarga por método racional y diseño	84
2.13.3.	Hidrología	84
2.13.4.	Determinación del coeficiente de escorrentía (C)....	85
2.13.5.	Determinación de caudales e intensidades	86
2.13.6.	Análisis de resultados	91

2.14.	Muros de contención	91
2.14.1.	Muro de contención por gravedad	97
2.14.2.	Estabilidad	98
2.15.	Presupuesto	104
2.16.	Resumen	117
2.17.	Cronograma.....	118
2.18.	Formulario de evaluación inicial ambiental	119
CONCLUSIONES		129
RECOMENDACIONES		131
BIBLIOGRAFÍA		133
APÉNDICES		135
ANEXOS		137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Aldea Dolores.....	14
2.	Caminos vecinales	16
3.	Línea férrea.....	17
4.	Teléfono	18
5.	Letrina	20
6.	Componentes de una curva horizontal.....	51
7.	Grado de curvatura	52
8.	Concavidades	56
9.	Componentes de una curva vertical.....	57
10.	Ejemplo del método analítico	60
11.	Representación para cálculo de volumen	62
12.	Secciones transversales	65
13.	Valor soporte relativo “CBR”	78
14.	Sección típica, carretera tipo “f”	82
15.	Representación de ángulos de fricción	92
16.	Muro de contención.....	93
17.	Empuje en muro	94
18.	Empuje en muro nulo	95
19.	Empuje en muro pasivo.....	96
20.	Muro de contención rígido y sin desplazamiento	96
21.	Muros de gravedad	98
22.	Diseño de muro de contención por gravedad.....	100

TABLAS

I.	Población del municipio de San Antonio la Paz.....	4
II.	Sistema Educativo Nacional del municipio de San Antonio la Paz	7
III.	Sistema educativo privado del municipio de San Antonio la Paz.....	7
IV.	Especies maderables.....	9
V.	Especies frutales más importantes	9
VI.	Cultivos de mayor importancia económica	9
VII.	Población de escuela.....	19
VIII.	Diseño de carretera	23
IX.	Límites de peso por eje.....	25
X.	Longitudes totales máximas	26
XI.	Distancia entre ejes	26
XII.	Libreta topográfica	45
XIII.	Coeficiente de fricción lateral según velocidad	53
XIV.	Valores de K en distintas velocidades	56
XV.	Cálculo de volumen por método analítico	61
XVI.	Análisis de resultados	66
XVII.	Censo volumétrico de tráfico	69
XVIII.	Cálculo del total de vehículos de diseño.....	73
XIX.	Cálculo, Centro de Investigación	79
XX.	Valores de K sobre bases de materiales granulares.....	79
XXI.	Tipos de suelos de la subrasante	80
XXII.	Determinación de espesores	81
XXIII.	Algunos coeficientes “C” utilizados en Guatemala.....	86
XXIV.	Fórmulas de intensidad de lluvia.....	88
XXV.	Valores típicos de coeficiente de rugosidad.....	89
XXVI.	Valores de Φ y δ para diferentes tipos de suelos.....	94
XXVII.	Puntos de muros de contención	99

XXVIII.	Cálculo de momentos.....	101
XXIX.	Diseño de tramo carretero y muro de contención	105
XXX.	Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales de alcantarillas	107
XXXI.	Excavación estructural para alcantarillas	108
XXXII.	Acarreo.....	111
XXXIII.	Concreto.....	112
XXXIV.	Bordillo de concreto simple	113
XXXV.	Suministro provisión y Colocación de alcantarilla PVC (Ø 30").....	114
XXXVI.	Mampostería	115
XXXVII.	Señales de tráfico informativas laterales simples de metal (SII, SIR), suministro y colocación, un tablero.....	116
XXXVIII.	Resumen de diseño de tramo carretero y muro de contención.....	117
XXXIX.	Formulario de evaluación inicial ambiental.....	119
XL.	Cuadro de impactos ambientales.....	125

GLOSARIO

AA	Asociación del Aluminio, por sus siglas en inglés (Aluminum Association).
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes. American Association of State Highway and Transportation Officials.
ACI	American Concrete Institute, Instituto Americano del Concreto.
ACPA	American Concrete Pavement Association, Asociación Americana de Pavimentos en Concreto.
AI	Asphalt Institute, Instituto de Asfalto.
AISC	American Institute of Steel Construction, Instituto Americano para Construcción en Acero.
AISI	American Iron and Steel Institute, Instituto Americano de Hierro y Acero.
ANSI	American National Standards Institute, Instituto Nacional Americano de Estándares.

ASTM	American Society for Testing and Materials, Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
ATE	Acuerdo de Trabajo Extra.
AWS	American Welding Society, Sociedad Americana de Soldadores.
BM	Banco de Marca de nivel fijo.
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.
Conama	Comisión Nacional del Medio Ambiente.
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
Covial	Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
DGA	Departamento de Gestión Ambiental.
DGC	Dirección General de Caminos.
EIA	Estudio de Impacto Ambiental.
FHWA	The Federal Highway Administration, Administración Federal de Carreteras.

GSA	General Services Administration, Administración de Servicios Generales.
IDAEH	Instituto de Antropología e Historia.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INAB	Instituto Nacional de Bosques.
Intecap	Instituto Técnico de Capacitación.
Irtra	Instituto de Recreación de los Trabajadores.
IVA	Impuesto al Valor Agregado.
NBS	National Bureau of Standards, Oficina Nacional de Normas.
OC	Orden de cambio.
OTS	Orden de Trabajo Suplementario.
PCA	Portland Cement Association, Asociación del Cemento Pórtland.
PCI	Prestressed Concrete Institute, Instituto de Concreto Preesforzado.

PTI	Post-Tensioning Institute, Instituto de Concreto Postensado.
SSPC	Steel Structures Painting Council, Consejo de Pintura de Estructuras de Acero.
UL	Underwriter's Laboratories, Laboratorio del Asegurador.

RESUMEN

En el tramo carretero que beneficiaría a la aldea Dolores, se empezó a trabajar de la siguiente manera:

Se extrajeron muestras del suelo para determinar qué tipo de material hay en el lugar, con esto se realizaron los ensayos de Proctor, límites de Atterberg, granulometría y CBR. Con esto se pudo determinar que se tiene con una clasificación del sistema unificado A-5, una densidad óptima del 17,3 %, un CBR de 8,6 % a una compactación del 99,2 %.

Para este tipo de suelo se recomienda una base granular con un espesor de 0,15 m y para el espesor del pavimento se calculó que tiene que tener un espesor de 0,15 m. todo estos cálculos se hicieron utilizando el método de PCA, con una resistencia del concreto de 4 000 psi.

Se calcularon transversales para el desenfoco de agua pluvial teniendo que utilizar una tubería de PVC de 36 pulgadas, este es el diámetro mínimo que se utiliza para este tipo de tubería par facilitar la limpieza del mismo.

Se diseñaron varios muros de contención por gravedad, se chequearon por volteo, deslizamiento y arrendamiento. Estos muros fueron diseñados con un concreto ciclópeo con una proporción de 1/3 de piedra grande de 4 pulgadas más 2/3 de concreto pobre.

Se realizó un presupuesto con materiales de primera calidad y los precios pueden valorar dependiendo del proveedor.

OBJETIVOS

Los objetivos a corto plazo tienen una relación directa con la implementación del proyecto y vienen expresados en:

- Posibilitar la transitabilidad vehicular permanente
- Reducir los costos de operación y mantenimiento de vehículos
- Reducir los tiempos de viaje de los vehículos
- Reducir los costos de transporte
- Reducir los costos de mantenimiento de la carretera

Los objetivos a mediano y largo plazo están ligados directamente con la obtención del mejoramiento de las condiciones de transitabilidad de la carretera y se hallan planteados para:

- Ofrecer una vía alternativa que permita una mejor vinculación regional.
- Aumentar la productividad y patrón de vida de la comunidad.
- Progreso social de las comunidades situadas en la zona de influencia de la carretera.
- Facilitar la creación de mercados de consumo y centros de producción.
- Creación de fuentes de trabajo.
- Promover el crecimiento de la región.

Los objetivos anteriormente mencionados se pueden resumir en cuatro rubros:

- Carretera geométricamente armoniosa
- Carretera funcional
- Carretera económica
- Carretera que genere el menor impacto ambiental

General

Definir el trazado geométrico más adecuado de acuerdo a cada uno de los objetivos planteados en el apartado anterior, del Diseño del tramo carretero y muros de contención del km. 42,5 carretera CA-9 a la aldea Dolores, municipio de San Antonio la Paz, El Progreso.

Específicos

1. Conocer el tránsito, la geología y la situación socioeconómica de la zona en estudio.
2. Elegir en particular una de las alternativas, y que sea la que mejor cumpla con las normas y requisitos establecidos.
3. Verificar la factibilidad del proyecto vial, mediante el análisis de beneficios y costos de construcción que determinen la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno (TIR), el momento de realizar la selección de alternativas.

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento generalizado que todo proyecto vial, tiende a buscar soluciones a los problemas o deficiencias que se pueden presentar en una determinada región, persiguiendo principalmente su desarrollo social, cultural y económico. Objetivo que se logra con una adecuada planificación, análisis correspondiente y estudio de las diferentes etapas, que permitirán tener un conocimiento más cabal y detallado del impacto que ocasionaría implantar dicho proyecto en la zona de estudio. Bajo esta premisa la división del estudio en etapas, ayuda a decidir al proyectista a continuar con el planteamiento del proyecto, enfocando siempre la insistencia de las metas planteadas logrando el mayor beneficio para la región, el menor impacto ambiental y la reducción de los costos de transporte, con la consiguiente disminución del tiempo de viaje y la mayor comodidad posible.

Razón por la cual el presente estudio tiene un enfoque técnico-económico, considera la optimización de los factores involucrados en el mismo, evaluando los indicadores de la implementación del proyecto, el impacto en el nivel de la vida de la población del área de influencia directa e indirecta, valorando la mitigación de los impactos ambientales que el proyecto genere, así como los efectos multiplicadores creados por el desarrollo de la región.

La planificación será determinada en la ejecución, verificando la oferta económica demandada.

Dentro de la planificación se consideran dos etapas:

- Anteproyecto
- Proyecto ejecutivo o definitivo

Anteproyecto

Esta etapa estudia al proyecto en primera instancia, de lo general a lo particular, enfocándose fundamentalmente en la obtención de mayores beneficios a bajos costos. Los beneficios deben ser encarados técnica, funcional, estética y económicamente.

Proyecto ejecutivo o definitivo

En esta etapa del proyecto, se determinaron las características geométricas, geológicas y de tráfico, consideradas fundamentales para la definición de la obra a construir.

1. CARACTERÍSTICAS Y SERVICIOS BÁSICOS SAN ANTONIO LA PAZ, MUNICIPIO DEL PROGRESO, DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

1.1. Aspectos físicos y generales

Posee un paisaje contrastante ya que en las planicies predomina un clima seco árido casi desértico, mientras en las partes altas se puede observar la espesa vegetación de sus bosques templados húmedos.

1.1.1. Antecedentes históricos

Se tienen dos historias acerca de la fundación del municipio; el fundador de este municipio fue Justo Rufino Barrios, en este entonces era una finca denominada El Encinal, propiedad de la familia Garrido Paredes, con pocos pobladores cuyo número de casas llegaba a seis.

Justo Rufino Barrios señaló el área donde se debería construir la Municipalidad y la Iglesia. En la actualidad solamente la Municipalidad se encuentra en el lugar señalado, la iglesia fue destruida por el terremoto de 1976, y su construcción se hizo en otro lugar.

La finca El Encinal se caracterizaba por tener el primer bosque de encino y pino, muchos manantiales de agua, lo que hoy en día es muy escaso. El nombre de San Antonio, fue dado en honor al Santo Patrono San Antonio de Padua, y La Paz debido a que este pueblo se caracterizaba por ser muy pacífico.

La otra historia cuenta que el municipio fue fundado por los españoles, quienes se instalaron en este lugar debido a lo pintoresco del mismo. De esta forma surgió la llamada finca El Encinal, la que se transformó en este municipio.

A principios del siglo XIX, el párroco de Palencia, fray Pedro García de la orden de los franciscanos fue mandado por los gobernadores a la finca El Encinal con caballos, hombres y mulas de carga, con el fin de descentralizar esa región, dándose cuenta que la gente era muy pacífica durante las celebraciones de un 13 de junio, en honor de San Antonio de Padua, y se decidió darle al pueblo su actual nombre San Antonio la Paz.

Por acuerdo del 12 de abril de 1831, se elige en la Municipalidad de la finca de San Antonio, disponiéndose que el jefe departamental de la Corte Capital del Estado de Guatemala pase a delinear la nueva población y que señale los lugares para la plaza, templo y oficinas públicas, dándose el nombre de San Antonio la Paz, por acuerdo de Gobierno del 22 de enero de 1835, se dispuso agregar al distrito de la capital a San Antonio la Paz y por Decreto 6-83 del Congreso fechado el 13 de abril de 1908, al crear el departamento de El Progreso, pasó a tomar parte del mismo como municipio.

El 9 de junio de 1920, pasó el municipio al departamento de Guatemala y al volverse a establecer dicho departamento por Decreto Legislativo 1965 del 3 de abril de 1934, volvió San Antonio la Paz a formar parte del departamento de El Progreso.

1.1.2. Organización política y administrativa

La administración de este municipio está a cargo de la Municipalidad. Funciona una corporación municipal integrada por un alcalde municipal,

síndicos, empleados municipales y alcaldes auxiliares nombrados por el alcalde municipal.

1.1.3. Localización y ubicación

Este municipio se encuentra ubicado al suroeste de la cabecera del departamento de El Progreso y cuenta con una extensión territorial de 209 kilómetros cuadrados.

El municipio se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1 240 metros y con una latitud norte de 14° 45' 25" y una longitud oeste de 90° 17' 08". Con una temperatura promedio anual de 20 centígrados, con una precipitación pluvial de 500 milímetros anuales y humedad relativa de 70 por ciento.

1.1.4. Límites y colindancias

Colinda al norte con el municipio de Sanarate, al este con Sanarate y Mataquescuintla departamento de Jalapa, al sur con Palencia departamento de Guatemala, al oeste con Palencia y San José del Golfo departamento de Guatemala, dista de la cabecera departamental Guastatoya 41 kilómetros, los cuales todos son asfaltados y la distancia de la ciudad capital son 40 kilómetros.

1.1.5. Vías de acceso

Las vías de acceso son cuatro. Una de las principales es la entrada en el kilómetro 36,4 ruta al Atlántico, la que se encuentra asfaltada, otra vía de acceso es la que se encuentra en el kilómetro 30 sobre la ruta al Atlántico por la aldea Agua Caliente y Agua Blanca y luego conduce a la aldea El Hato, y

bifurcarse a la cabecera municipal de San Antonio la Paz, la tercera vía de acceso parte del municipio de Palencia para llegar a la aldea Sansur del departamento de Guatemala y luego a la aldea Moritas, cuya carretera traslada hacia el área urbana del municipio, la cuarta entrada se ubica del municipio de Sanarate pasando por el caserío Puente de Plátanos llegando a la entrada del casco urbano, estas tres últimas vías de acceso son de terracería transitable todo el tiempo.

1.1.6. Clima

Por su ubicación y altura, su clima y paisaje difiere al de los restantes municipios de El Progreso, es fresco y con mucha vegetación, con una temperatura promedio anual de 20 grados centígrados, con una precipitación pluvial de 500 milímetros anuales y humedad relativa de 70 por ciento.

1.1.7. Población e idioma

A continuación se describen las aldeas, colonias y caseríos del municipio de San Antonio la Paz como también el idioma que practican o hablan.

Tabla I. **Población del municipio de San Antonio la Paz**

Aldea	Colonias y caseríos	Población caserío	Total población aldea
Cucajol	Peña de la Virgen		244
Dolores	El Plantón	41	747
	Las Tejas	185	
El Chile	Tierra Blanca	118	243
El Chorro	El Paxte	5	869
	El Zarzal	60	
	Sabana Larga	95	
El Hato	Peña del Cuervo		210
El Soyate	Remudadero	22	402
	Las Piedronas	2	
	Joya Honda	89	
	Las Xaras	27	

Continuación de la tabla I.

El Suquinay	Cangrejitos La Pedrera Miraflores Mango de Brea Joya del Ternero	35 23	657
Encuentro de Navajas			70
Jocotales	Finca Llanos de Aguirre Puente de Plátanos	56 148	620
Los Planes			770
Las Moritas			698
Los Gracianos	Navajas	122	410
Llano Largo	Sabanero Cimarrón	32	1 176
Santo Domingo los Ocotés	Col. Nuevo Sto. Domingo Las Minas Colinas de Sto. Domingo	35 34	3 302
Los Astales	Cieneguitas		118
Agua Caliente	Agua Blanca Col. Los Encinos Estación Agua Caliente Col. Prados de Canaán Granja El Achiote Finca La Esperanza Col. Valles de Belén	1 327 236 109 8	3 846
Cabecera municipal	Finca Las Pavas Las Veguitas Vista Hermosa	7 31 16	4 632
El Carrizo			259
El Naranjo			379
Santa Cruz El Carrizo			194
Los Amates			104
TOTAL			19 950

Fuente: Centro de Salud SALP / INE. 19 aldeas y la cabecera municipal 35 caseríos.

El idioma que se habla es el español.

1.1.8. Servicios públicos

Instituciones gubernamentales en la cabecera municipal de San Antonio la Paz:

- Policía Nacional Civil
- Renap
- Coordinadora Técnica de Educación
- Juzgado de Paz
- Centro de Salud
- Conalfa

Instituciones no gubernamentales en la cabecera municipal de San Antonio la Paz:

- Cooperativa Guayacán R. L.
- El Correo

Otros servicios

- Oficinas jurídicas
- Farmacias
- Clínicas médicas

Servicios existentes en la cabecera municipal de San Antonio la Paz:

- Agua potable
- Energía eléctrica
- Servicio telefónico
- Servicio de drenajes (en construcción)

Tabla II. Sistema Educativo Nacional del municipio de San Antonio la Paz

Cant. de alumnos:	Establecimiento:	Cantidad de Establecimientos:
518	Escuelas de Párvulos	18
2 927	Escuelas de Educación Primaria	23
609	Institutos de Educación Básica	01
Núm. cuantificado	(02 por Cooperativa, 06 de Telesecundaria)	08
Núm. cuantificado	Instituto Diversificado	01

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Sistema educativo privado del municipio de San Antonio la Paz

Colegio Privado Liceo San Antonio:	
Escolaridad:	Núm. de alumnos:
Preprimaria	24
Primaria	56
Básico	12
Liceo Tecnológico Agua Caliente:	
Escolaridad	Núm. de alumnos:
Preprimaria	13
Primaria	31
Básico	34
Diversificado	38

Fuente: elaboración propia.

1.1.9. Suelo y topografía

El tipo de suelo en el municipio es arcilloso, en su mayoría con pendientes hasta del 100 por ciento con topografías quebradas, onduladas y a menor escala suelos planos.

Cuenta con los siguientes accidentes hidrográficos: Agua Caliente, Agua Dulce, río Las Cañas, río Los Plátanos, río Agua Tibia y río Las Pacayas. También cuenta con los siguientes riachuelos: Agua Blanca, Agua Río, El Bijagual, Los Capitanes, El Naranja, El Pericón, El Quequexcal, Las Burras, Las Moritas, Los Gracianos, Los Limones, Llano Largo, Peña de la Virgen y San Antonio.

En el municipio se localiza la Sierra de Palencia, ubicada en el caserío de El Tambor de la aldea Moritas; también se pueden mencionar los siguientes cerros: El Alto, El Paxte, Los Ajales, El Brasil, El Incienso, Las Margarita, Los Mojones.

1.1.10. Flora

Posee muchas especies maderables, frutales, especies cultivadas de mucha importancia, especies alimenticias y ornamentales, entre otras, clasificadas de la siguiente manera.

Tabla IV. **Especies maderables**

Nombre común	Nombre científico
Encino	<i>Quercus sp.</i>
Pino	<i>Pinus Sp.</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus Globulos</i>
Jacaranda	<i>Jacaranda mimoseafolia</i>
Sauce	<i>Salix alba</i>
<i>Ciprés común</i>	<i>Cupresus lusitánica</i>

Fuente: DMP Municipalidad de San Antonio la Paz.

Tabla V. **Especies frutales más importantes**

Mango	<i>Mangifera indica</i>
Jocote corona	<i>Spondias pupurea</i>
Limón	<i>Citrus lemon</i>
Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>
Nance	<i>Byrsumina crassifolia</i>
Guayaba	<i>Psidium Guajaba</i>
Banano de seda	<i>Musa sp.</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Paterna	<i>Inga paterna</i>
Anona	<i>Annona squamosa</i>
Níspero	<i>Eriobotrya japónica</i>
Piña	<i>Ananas comuosus</i>

Fuente: DMP Municipalidad de San Antonio la Paz.

Tabla VI. **Cultivos de mayor importancia económica**

Maíz	<i>Zea mays</i>
Frijol común	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Tomate	<i>Lycopersicum sculentum</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Café	<i>Coffea arabiga</i>
Caña de azúcar	<i>Saecharum officinarum</i>
Jocote marañón	<i>Anacardium occidentale</i>
Izote	<i>Yuca Elephantipes</i>

Fuente: DMP Municipalidad de San Antonio la Paz.

Entre las plantas ornamentales más importantes están: clavel, begonia, flor de china, rosa común, colchón de niño, vara de San José, teléfono, mano de león, geranio, cola de quetzal, fucsia, ruda, llovizna y margarita.

1.2. Aspectos económicos

Los principales son: producción y socioculturales.

1.2.1. Producción

La actividad principal a la que se dedican los habitantes es la agricultura. Con respecto a la propiedad de terreno, un 90 % de los habitantes poseen tierra y el 10 % la arrendan para poder cultivar.

Los principales cultivos en el municipio son: el maíz y el frijol, sembrando un área de 5 a 7 tareas (625 metros cuadrados) de maíz y de 2 a 3 manzanas (6 988,96 metros cuadrados) de frijol.

Un 80 % de los agricultores utilizan técnicas de cultivo para la producción, empezando desde el trazo de curvas en sus terrenos y control fitosanitario.

Entre los cultivos secundarios también están: tomate, pepino, cebolla, chile pimiento y el café, solo para aquellos agricultores que poseen mayor cantidad de terreno en las alturas del poblado.

Entre los cultivos de autoconsumo se puede hacer mención de: izote, jocote, banano, plátano, aguacate, mango, chilacayote, ayote, caña de azúcar.

El rendimiento por manzana de los cultivos se describe de la siguiente manera:

35 a 37 quintales de maíz

23 a 25 quintales de frijol

834 cajas de tomate

31 quintales de café en pergamino

850 cajas de chile

Según el calendario agrícola que se utiliza en esta región, la siembra de maíz se hace de mayo a junio y la siembra de frijol se hace de junio a octubre.

La siembra de café la realizan a inicio de la época de lluvia, aunque la mayoría de agricultores ya tienen establecidas las parcelas del mismo.

Los cultivos hortícolas (tomate, cebolla, pepino y chile pimiento) se siembra de julio a diciembre.

Otras actividades:

- Industria para la fabricación de *block*, adoquín y construcción de puertas, ventanas, estanterías, amueblados de sala y dormitorio, cocinas, roperos, gaveteros y mostradores.
- Dos centros artesanales ubicados en las aldeas Agua Caliente y el Suquinay en donde se fabrican vasijas, platos bien labrados con memorias decorativas y figuras humanas, todos de barro.

- Comercio: en el municipio existen establecimientos como: tiendas, farmacias, molinos de nixtamal, cafeterías, comedores, casetas o pulperías.
- Pecuario: hay personas que se dedican a la crianza y engorde de pollos y cerdos para luego ponerlos en venta.

También existe la crianza de ganado vacuno (vacas, bueyes, toros), ganado caballar (caballos, yeguas, mulas) pero en menor escala.

Para la obtención de materiales e insumos agrícolas, la obtienen dentro del municipio de Sanarate, Guastatoya y Cobán.

Para lo pecuario lo obtienen en el municipio (zacate, caña de milpa, tuza).

Para la alimentación de otros animales como aves, tienen que recurrir al municipio de Sanarate o Guastatoya para poder obtener concentrados, vacunas u otros insumos para el mejor manejo de las especies.

Para lo artesanal, para objetos que tienen que pintarse tienen que comprar los insumos en la capital, así como materias primas para tiendas, farmacias, molinos de nixtamal, cafeterías, comedores y casetas

El ingreso promedio mensual de un agricultor es de Q 650,00 que equivale a Q 25,00 diarios. El ingreso mensual para la mujer es de Q 300,00 más dos tiempos de comida.

El destino de los productos obtenidos muy poco es para el consumo familiar y los excedentes los venden a través de intermediarios o al mercado de la capital en la terminal de la zona 4.

La migración en el municipio es muy común, las personas emigran a la ciudad capital y a fincas del departamento de El Progreso.

También hay agricultores que emigran a la costa sur, para trabajar en fincas aldoneras, cañeras o cafetaleras.

Esta migración la realizan todo el año, porque no cuentan con suficientes fuentes de trabajo. Por lo general los miembros que emigran son padres o hijos mayores.

1.2.2. Aspectos socioculturales

En el municipio de San Antonio la Paz la fiesta titular se celebra el 13 de junio de cada año, en honor al patrón San Antonio de Padua.

Las principales tradiciones son: Fiesta patronal, una procesión que recorre la carretera de la aldea El Chorro hasta el municipio, una procesión en la cual se hacen oraciones para que haya invierno; esta se realiza en junio y en Semana Santa. A principios de noviembre los niños vuelan barriletes, la Quema del Diablo el 7 de diciembre, Navidad el 24, Año Nuevo el 31 de diciembre, y el Día de Reyes el 6 de enero.

1.3. Características generales y físicas de la aldea Dolores

A continuación se describe la localización servicios y colindancias de la aldea Dolores.

1.3.1. Aldea Dolores

Se encuentra localizada en las proximidades a la Planta San Miguel–Cementos Progreso. La misma está compuesta por los caseríos de Las Tunas y Las Tejas. Se puede llegar a ella por medio de la Ruta al Atlántico interconectada por camino de terracería de una longitud de 1,5 kilómetros. Asimismo para los trabajadores de la Planta San Miguel también se puede acceder a ella desde las instalaciones de la Planta, por camino de terracería intercomunicados por medio de un puente de hamaca tipo peatonal, localizado de manera contigua a las instalaciones de la finquita de la Planta San Miguel que está sobrepuesto en el río Plátanos.

Figura 1. **Aldea Dolores**



Fuente: aldea Dolores.

La distancia de la aldea Dolores hacia la cabecera municipal de San Antonio la Paz es de 10,4 kilómetros

La comunidad de Dolores está compuesta por un total de 122 casas con un total de 130 familias que la habitan, con un total aproximado de 623 habitantes al 31 de diciembre de 2007; las casas habitadas se distribuyen de la manera siguiente: Dolores 67 casas, caserío Las Tunas 11 casas y caserío Las Tejas 52 casas.

La comunidad está compuesta por un total de 71 niños y 67 niños menores de 14 años, asimismo, de un total de 26 hombres y 33 mujeres mayores de 65 años. De los 130 jefes de hogar, 47 son hombres, y el restante son mujeres, de las cuales 42 son solteras, 26 son viudas y 15 separadas.

De igual manera se tiene el dato de que en la comunidad existen 3 minusválidos de los cuales son 2 hombres y 1 mujer, esto debido a accidentes.

1.3.2. Camino vecinal

Para poder acceder a la comunidad de Dolores, hay un camino de terracería con una longitud aproximada de 1,5 kilómetros desde la ruta al Atlántico km 42,5. El cual en época de invierno se torna un tanto inaccesible por la pendiente del mismo. Por lo que se considera importante darle mantenimiento continuo y un adecuado balastado, con sus respectivas cunetas y transversales, para que influya en la durabilidad del mismo.

Figura 2. **Caminos vecinales**



Fuente: aldea Dolores.

Cabe mencionar que la mayoría de las personas con las que se tuvo acercamiento coinciden en que este es un proyecto de tipo prioritario, ya que se han suscitado emergencias con personas enfermas o accidentadas y el trasladarlos al centro de salud más cercano es complicado debido a que no hay transporte con regularidad.

Los vecinos, para trasladarse a los caseríos de Las Tunas y Las Tejas lo hacen por medio de motocicleta o a pie sobre la línea férrea.

Figura 3. **Línea férrea**



Fuente: aldea Dolores.

1.3.3. Servicio de telefonía

En la comunidad de Dolores se cuenta con el servicio de telefonía tipo celular, facilitando el servicio de tres empresas: Movistar, Claro y Tigo. Asimismo, se cuenta con dos teléfonos tipo monederos que funcionan con monedas de 25 centavos y que son suministrados de energía por un sistema de paneles solares.

Figura 4. **Teléfono**



Fuente: aldea Dolores.

1.3.4. Servicio de salud

El puesto de salud más cercano se encuentra a una distancia de 2,5 kilómetros en la comunidad de Sinaca y para tener acceso a este, los vecinos tienen que caminar hacia el mismo por toda la línea férrea y luego cruzar el río Plátanos. En algunas oportunidades aunque si bien es cierto son atendidos por el personal de dicho puesto de salud, siempre son sujetos a crítica, debido a que les indica que deben de concurrir a solicitar servicio al puesto de salud de la cabecera municipal de San Antonio la Paz, que es a donde geográficamente pertenecen, ya que el puesto de Sinaca cubre las comunidades de Sanarate.

1.3.5. Servicio de educación

En la comunidad de Dolores funciona una Escuela Primaria y una de educación Preprimaria. La escuela Preprimaria tiene una población estudiantil de 23 niños comprendidos entre 5 y 6 años, de los cuales 9 son niñas y 14

niños, con una docente procedente de la cabecera municipal de Sanarate. Cabe mencionar que dicha escuela funciona en un edificio exclusivo para dicha actividad.

La escuela primaria tiene en la actualidad un total de 4 docentes, con una población estudiantil de 72 alumnos distribuidos de la manera siguiente.

Tabla VII. **Población de escuela**

	Niños	Niñas	Total
Preprimaria	14	9	23
Primaria	Niños	Niñas	Total
1ro	14	6	20
2do	5	9	14
3ro	5	3	8
4to	4	7	11
5to	4	8	12
6to	3	4	7
total	35	37	72

Fuente: DMP Municipalidad de San Antonio la Paz.

De la totalidad de docentes con que cuenta la escuela, una maestra es originaria de la comunidad, cuyo nombre es Libia Edith Sánchez Ramos y atiende primero primaria. Actualmente la directora es Florencia García. Otra docente de la escuela es Olga Folgar.

El edificio escolar se encuentra en buen estado, presta los servicios con normalidad, aunque la población estudiantil y docentes consideran importante el complementarla con una cancha polideportiva, de pequeña escala, debido al poco espacio con que se cuenta.

1.3.6. Servicio de drenajes y alcantarillados

Los vecinos de la comunidad no poseen dicho sistema para la disposición de las aguas servidas, se puede observar que todos trasladan sus aguas servidas a los traspatios de la casa, al camino, a las huertas, a las quebradas, a las hondonadas o en el peor de los casos al río Plátanos lo que provoca contaminación del mismo debido al uso de detergentes; restos de comida, grasas, entre otros. Todo ello tiene como repercusión la proliferación de moscas, zancudos y su consecuencia en la salud de los vecinos, en especial de mujeres y niños.

1.3.7. Letrinización

En la comunidad el 90 % de las viviendas poseen sistema de letrización de pozo ciego, y un 10 % con fosa séptica. Aunque también se pueden observar excretas en potreros y en las afueras de la comunidad lo que va en detrimento.

Figura 5. **Letrina**



Fuente: aldea Dolores.

1.3.8. Transporte

La comunidad no cuenta con transporte de tipo colectivo que acceda a la comunidad en un horario establecido, los únicos medios de transporte son *pick-up* de algunos vecinos de la comunidad que en caso de emergencia prestan el servicio o bien por medio de motocicletas y bicicletas que se transportan por la línea férrea.

2. DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO

2.1. Descripción del proyecto

En la siguiente tabla se encontrarán los diseños y parámetros adoptados. Los mismos están basados en el *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes y criterios adoptados por los proyectistas*, los cuales serán justificados a lo largo del desarrollo del siguiente documento.

Tabla VIII. **Diseño de carretera**

Promedio del tráfico diario (TPD)	1-100
Tipo de superficie de rodamiento	Concreto
Carretera	Montañosa
Tipo de carretera	F
Velocidad de diseño	20-30 kph
Ancho de calzada	5,50 metros
Radio mínimo	18 metros
Pendiente máxima	14 %
Pendiente transversal de carretera	2 %
Sobre anchos	Variables
Laterales	Se colocará bordillo

Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Consideraciones generales

Los usuarios de las carreteras, los vehículos que circulan por ellas, las carreteras mismas y los controles que se aplican para normar su operación, son los cuatro elementos básicos que interactúan y se relacionan entre sí para determinar las características del tránsito. Las carreteras y sus intersecciones, es el área más peligrosa en cualquier carretera, tiene que estar al cien por ciento con sus señales de tránsito así como de sus vías. Deben diseñarse con suficiente capacidad para satisfacer los requerimientos de las demandas de dicho tránsito, durante todo el período seleccionado para el diseño de las carreteras. La capacidad, a su vez, puede ser limitada por aspectos adversos de su entorno, relacionados con interferencia de peatones; frecuencia de intersecciones; condiciones del terreno y factores climáticos que afectan la visibilidad, disminuyendo la velocidad y las condiciones físicas y anímicas de los conductores.

Tan importante como ofertar mediante un buen diseño la capacidad requerida de una carretera, es brindarla en condiciones de óptima seguridad y eficiencia en los costos de operación de los vehículos. El tema de la seguridad vial, en particular, no ha merecido en Centroamérica la atención debida. Es por eso que se tiene estimado que más de 300 000 personas mueren en el mundo y entre 10 y 15 millones resultan lesionadas en un año, como producto de accidentes de tránsito. Una de las principales causas de muertes prematuras de personas entre 5 y 44 años de edad, son los accidentes de tránsito, de tal forma que para los países en vías de desarrollo, estos se han transformado en un problema real de salud, que produce elevados gastos en medicinas, uso de equipo especializado, instalaciones y personal. Se reconoce que estos gastos pueden disminuirse por medio de diseños de obras viales orientados hacia la seguridad del tránsito.

2.1.2. Los vehículos de diseño

Los vehículos de diseño, son los vehículos automotores predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por las carreteras, lo cual por sus pesos máximos autorizados son los siguientes expresados en toneladas métricas (1 000 kilogramos equivalentes a 22 quintales).

Tabla IX. Límites de peso por eje

Tipo de vehículo	Eje simple direccional	Eje simple doble rueda	Eje doble Tipo A	Eje doble Tipo B	Eje triple Tipo A	Total (+)
C-2	5,00	10,00	-----	-----	-----	15,00
C-3	5,00	10,00	16,50	11,50	-----	21,50
C-4	5,00	-----	-----	-----	20,00	25,00
T2-S1	5,00	18,00	-----	-----	-----	23,00
T2-S2	5,00	9,00	16,00	-----	-----	30,00
T3-S2	5,00	-----	16,00	16,00	-----	37,00
T3-S3	5,00	-----	18,00	18,00	-----	41,00
otros	-----	-----	-----	-----	-----	variable

Fuente: Acuerdo Centroamericano sobre Circulación Final.

Donde

C-2: camión de 2 ejes sencillos

C-3: camión de 3 ejes

C-4: camión de 4 ejes

T2-S1: semitráiler de 3 ejes sencillos

T2-S2: semitráiler con tractor de 2 ejes y remolque con 1 eje doble

T3-S2: semitráiler con tractor de 3 ejes y remolque con 1 eje doble

T3-S3: semitráiler con tractor de 3 ejes y remolque con 1 eje triple

Otros: se refiere a otros vehículos con remolque, vehículos articulados u otras combinaciones.

Las dimensiones de los vehículos automotores y sus combinaciones no deberán exceder de los siguientes límites en metros:

Ancho total máximo: 2,60

Altura total máxima: 4,15

Tabla X. **Longitudes totales máximas**

Tipo de vehículo	Longitud total máxima
C-2	12,00
C-3	12,00
C-4	16,75
T2-S1	16,75
T2-S2	17,50
T3-S2	17,50
T3-S3	17,50
Otros	Desde 18,30 hasta 23,00 máximo

Fuente: Acuerdo Centroamericano sobre Circulación Final.

La distancia mínima en metros entre los dos ejes más distantes se establecerá como sigue:

Tabla XI. **Distancia entre ejes**

Tipo de vehículo	Distancia mínima entre los dos ejes más distantes	Peso total en Ton. Métricas
C-2	5,00	15,00
C-3	5,00	21,50
C-4	5,00	25,00
T2-S1	6,67	23,00
T2-S2	10,50	30,00
T3-S2	14,40	37,00
T3-S3	14,40	41,00
Otros	Desde 12,38 hasta 16,00 máximo	40,00

Fuente: Acuerdo Centroamericano sobre Circulación Final.

Las ruedas de los vehículos automotores, de los semirremolques y de sus remolques deberán llevar llantas neumáticas, cuyas presiones de inflado sean las indicadas por el fabricante. Asimismo, el máximo de espesor de desgaste, será el que el fabricante especifique para la seguridad de los usuarios.

2.1.3. Velocidad de diseño

Determinan aquellos componentes de una carretera como curvatura, sobre elevación y distancias de visibilidad, de lo que depende la operación segura de los vehículos.

Una velocidad de diseño es de 110 kilómetros por hora en las siguientes secciones:

- Autopistas
- Vías expresas
- Carreteras troncales

En arterias urbanas reguladas y en condiciones topográficas del terreno las velocidades pueden oscilar entre 25 a 30 kilómetros por hora.

2.1.4. Velocidad del ruedo

Todo conductor mantendrá una velocidad racional y guiar con prudencia su vehículo y debe regular su velocidad a las dificultades de la circulación o de los obstáculos previsibles y reducirla apreciablemente:

- Al atravesar las poblaciones.

- Fuera de las poblaciones, cuando la carretera no esté despejada y no existan buenas condiciones de visibilidad; en las curvas, los descensos pronunciados, los tramos de carretera estrechos o con obstáculos, bordeados de casas, en los cruces y al aproximarse a la cima de las cuestas.

Las autoridades competentes quedan facultadas para fijar por medio de señales adecuadas las velocidades máximas en que se pueden conducir los vehículos.

Se exceptúan de las disposiciones relativas a velocidades máximas los vehículos con derecho a vía libre, los cuales deberán anunciar su presencia por medio de los dispositivos luminosos autorizados y sirenas.

2.1.5. Zona de camino

Antes de construir un camino se necesita asegurar el derecho de vías, lo que normalmente supone la adquisición de una franja de terreno que debe abarcar el ancho del camino que va a construirse, y un espacio adicional libre en ambos lados. La zona de caminos debe contemplar: el ancho necesario para la obra básica, espacio para permitir los desagües longitudinales, una zona de 35 m para servicios, y, si fuera necesario, espacio para futuras ampliaciones. Dicho ancho es normalmente de 10 m.

En este caso, por las características de la zona (montaña), se asume un ancho de camino de 5,50 m.

2.1.6. Ancho de calzada

Para caminos de carreteras tipo F este ancho es de 5,50 metros. Tomando en cuenta que el ancho máximo de un vehículo pesado es de 2,50 m, si se consideran dos vehículos circulando en forma conjunta, y que a su vez cada uno de ellos deja un retiro mínimo del borde de calzada de 0,25 m, más una separación central entre camiones de 0,25 m suma un ancho total necesario de 5,50 m. Por lo tanto se adoptará este ancho para el proyecto.

2.2. Especificaciones técnicas

Definen las normas, exigencias y procedimientos. Ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obra, elaboración de estudios, fabricación de equipos.

2.2.1. Excavación de material no clasificado (desperdicio, sección 203.03 Libro Azul)

El material de desperdicio, o sea el sobrante de la excavación no clasificada, podrá derramarse sobre los taludes o colocarse en botaderos.

En el caso de que en los planos o en las disposiciones especiales se permita el derrame del material de desperdicio sobre el talud exterior del corte, este no deberá ocasionar ningún daño a la propiedad privada, a la vida humana, a sembradillos, contaminar ninguna corriente de agua, obstruir la infiltración de la misma hacia el subsuelo, tampoco obstruir los canales de entrada y salida de las alcantarillas colocadas o de las que se deban de colocar, ni cubrir las áreas donde se construirán las cimentaciones de las estructuras.

2.2.2. Carga y acarreo de excavación no clasificado de desperdicio (sección 208 Libro Azul)

Es el transporte de material no clasificado, proveniente del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a cualquier distancia que exceda de 1 000 metros.

Este trabajo consiste en el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, para ser utilizados en la construcción de terraplenes, así como el transporte del material de desperdicio.

El trabajo no incluye el transporte de ningún material correspondiente a cualquier otra sección de estas especificaciones generales.

2.2.3. Reacondicionamiento de subrasante (sección 301.01 y 301.02 Libro Azul)

Este trabajo consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de la carretera, para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas por el delegado residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de $e=0,20$ m, con el objetivo de regularizar y mejorar mediante estas operaciones, las condiciones de la subrasante.

Reemplazo de material inadecuado

Cuando en la subrasante aparecieran áreas con material inadecuado, el delegado residente limita y notifica por escrito al contratista, quien procede a efectuar las remociones del material inadecuado (vaciados). Durante estas

operaciones el contratista tiene que señalar dichas áreas para evitar accidentes. Según se ordena por el delegado residente, las excavaciones se rellenarán con material de préstamo apropiado para subrasante.

La subrasante reacondicionada es compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de 13 por ciento de la humedad óptima, hasta lograr el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima. En la compactación, se harán calicatas y se comprobará con un CBR, esto con el propósito de poder verificar la densidad óptima y la humedad óptima.

La subrasante reacondicionada se acepta para efectos de pago, hasta que se encuentre debidamente cubierta con material de subbase, en el ancho total de subrasante indicado en las secciones típicas de pavimentación.

2.2.4. Material de base (sección 304.01 al 304.03 Libro Azul)

El material de base granular debe consistir en piedra o grava de buena calidad no mayor de dos pulgadas (2”), mezcladas con material de relleno (material selecto) no más de 60 %, de manera que el producto obtenido, corresponda a uno de los tipos de graduación estipulados y que además lleva los siguientes requisitos:

- Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 70 %, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación AASTHO T 180, o bien un valor R, AASTHO T 190 mayor de 85.
- Abrasión: la porción de agregado, retenida en el tamiz núm. 4 (4,75 mm), no debe tener porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones según AASTHO T 96.

- Impurezas: el material de base de grava o piedra trituradas, debe estar razonablemente exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base, pueden causar a criterio profesional, fallas en el pavimento.
- Graduación: el material para la capa de base o grava o piedra trituradas, debe llenar los requisitos de graduación, según AASTHO T 27 y T 11, para uno de los tipos que se establecen a continuación, según lo indiquen las disposiciones especiales.
- Plasticidad y cohesión: el material de base de grava o piedra trituradas, en el momento de ser colocado en la carretera, debe tener en la fracción que pasa el tamiz núm. 40 (0,425 mm) y un I. P. 6,0 % incluyendo el material de relleno.
- Material de relleno: cuando se necesite agregar material de relleno (selecto) en adición a la que se encuentra naturalmente en el material granular, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, este debe ser libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, limo inorgánico, polvo de roca, u otro material selecto, el cual no debe ser mayor al 30 % del volumen a utilizarse con alto porcentaje de particular que pasen en tamiz núm. 10 (2,00 mm).

2.2.5. Pavimento de concreto hidráulico (sección 501 Libro Azul)

Definición de pavimento de concreto. Es un pavimento, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito.

- Requisitos para los materiales

Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico deben llenar los siguientes requisitos:

- Cementos hidráulicos: estos cementos deben cumplir con los requisitos para una resistencia de 27,6 MPa (4 000 psi) o mayor.
- Agregado fino: debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, que llene los requisitos 551.04 del libro azul con las limitaciones sobre las cantidades de finos allí estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial.

El agregado fino debe ser almacenado separado del agregado grueso. En pilas independientes para las distintas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes de la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.

- Agregado grueso: debe consistir en piedra triturada, con granulometría que contenga diámetros 3/4 el 60 %, 1/2 el 25 %, 3/8 el 15 %, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos establecidos en 551.04 del Libro Azul, incluyendo los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas.
- Aditivos: el uso de aditivos (acelerantes o retardantes) para concreto debe ajustarse a lo prescrito en 551.05 del Libro Azul.

- Compactación
- Base

Se debe conformar ajustándose a los lineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. Se debe controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo densidad y compactación. La compactación que debe dar el material, según la maquinaria y el equipo del que se dispone, hasta lograr el 100 % de compactación. Se establece una tolerancia de 3 % menos, respecto al porcentaje de compactación especificado para la aceptación de la capa de base.

Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de base de cada de una de las capas que se compacten. Las densidades no pueden ser efectuadas a una distancia menor de 20,00 metros, en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas por corrección y que la parte supervisora requiera otros ensayos a menos de esta distancia. De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

- Deflexión

El contratista debe controlar, por medio de la viga de Benkelman (AASHTO T 256) o por aplicación de otro método técnico, reconocido y aceptado profesionalmente y aprobado por la supervisión, si la deflexión de la capa de la base conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión

máxima aceptable para dicha capa es de 1,5 mm. Respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3,68 m en cualquier dirección. El contratista deberá hacer pruebas de campo para determinar la deflexión por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de base de preferencia en la franja de mayor circulación de tránsito previsto y siguiendo el orden alternativo de derecha e izquierda del eje.

- Colocación del concreto utilizando formaleta fija

Las formaletas que pueden ser de metal o madera (tabloncillo de 1 ½) deben colocarse en cantidad suficiente y por lo menos 100 metros delante de las operaciones de colocación del concreto, debiendo ser asentadas sobre la superficie, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos, fijándolas a la base o subbase con varillas de acero, de modo que soporten sin deformación o movimiento, las operaciones de colocación y vibrado del concreto. El espaciamiento de las varillas no debe ser mayor de un metro, debiendo colocarse en el extremo de cada pieza una varilla a cada lado de la junta. Las formaletas no deben desviarse respecto del eje de colocación, en cualquier punto y dirección más de 3 mm por cada 3 metros y deben limpiarse y engrasarse previamente a la colocación del concreto.

El concreto debe ser vibrado hasta alcanzar el nivel del de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo a la sección típica, se pueden utilizar vibradores de rodillo, preferiblemente con aguja de 2" o montados sobre ruedas para aplicar la vibración directamente sobre todo lo ancho de la losa de concreto y no sobre las formaletas. Método que deberá estar sujeto a la aprobación del supervisor.

- Acabado texturizado y ranurado del concreto
 - Acabado final: el acabado final se debe efectuar siguiendo el procedimiento estipulado en la sección 553.17 (Libro Azul) utilizando el equipo indicado en 501.04 del libro azul. La ejecución del acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, pudiendo dejarse las aristas de las juntas.
 - Construcción de juntas: todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y la sisa debe ser delgada para evitar en lo posible la entrada de cuerpos extraños.
 - Curado del concreto: inmediatamente después del texturizado y ranurado se deberá curar el concreto, uno de los métodos es utilizar un aditivo (antisol rojo) que evite la evaporación del agua del concreto (escape de humedad), se deberá hacer como mínimo 1 cilindro por cada 200 metros cuadrados para determinar la resistencia correcta del pavimento.

2.2.6. Bordillos (Sección 609 Libro Azul)

Son las estructuras de concreto simple, que se construyen, en uno o en ambos lados del pavimento para el encauzamiento de las aguas, sobre todo en las secciones en relleno así como para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.

Las cuotas de la profundidad, las dimensiones, tipos y forma de bordillo, deben ser los indicado en planos. Los bordillos debe ser fundidos *in-situ* (en el

lugar) su elaboración, colocación y curado de concreto, deberá de tener la calidad específica para uso estructural, producto de la mezcla y combinación de cemento hidráulico, agregados y aditivos en las proporciones adecuadas.

Para aceptar el trabajo no deberán existir ratoneras, deberá quedar bien alineado, bien acabado y que la resistencia aquí indicada, de además en las esquinas se deberá formar $\frac{1}{4}$ de círculo, si el ancho de la calle no lo permitiera, deberá tener la aprobación del supervisor del diseño de la esquina.

Nota: los métodos de ensayo y disposiciones se basan en el libro *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes* (Libro Azul) de la Dirección General de Caminos, del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.

2.3. Levantamiento topográfico preliminar

La configuración del terreno no comprende solamente características físicas y topográficas del mismo sino también, el uso de las tierras y el desarrollo de la zona atravesada.

Si bien todos estos factores influyen en la elección de un trazado, la topografía del terreno, para un tránsito dado, es la que determina el nivel de las normas de diseño geométrico.

De acuerdo a su relieve, la norma clasifica el terreno en tres clases:

- Zona llana: posee pendientes del terreno tan reducidas que, el relieve en sí, no influye mayormente en el trazado o en el costo de un camino.

- Zona montañosa: las pendientes del terreno influyen de manera decisiva en el trazado o en el costo del camino que la atraviesa.
- Zona ondulada: posee características intermedias entre las dos anteriores.

El terreno en estudio corresponde a una zona montañosa.

2.4. Estudio de suelo

Permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo.

2.4.1. Definición de suelos

Es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, del viento y de los seres vivos.

El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos, se conoce con el nombre de meteorización.

2.4.2. Componentes del suelo

Se pueden clasificar en inorgánicos, como la arena, la arcilla, el agua y el aire; y orgánicos, como los restos de plantas y animales. Uno de los componentes orgánicos de los suelos es el humus. El humus se encuentra en las capas superiores de los suelos y constituye el producto final de la descomposición de los restos de plantas y animales, junto con algunos

minerales; tiene un color de amarillento a negro, y confiere un alto grado de fertilidad a los suelos.

Para este tipo de proyecto que es específicamente carretera, se efectuarán los siguientes estudios de suelo:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Proctor modificado
- CBR (California Bearing Ratio), relación de soporte de California

2.4.3. Granulometría

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaño las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente (ver anexo).

2.4.4. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg corresponden a la humedad, o sea, al porcentaje de agua respecto al peso de los sólidos en que los finos de los materiales pasan de una consistencia a otra. Así, el límite (Li) es la humedad correspondiente al límite entre el estado semilíquido y el plástico. En esta condición, el material tiene resistencia mínima al esfuerzo cortante de 25 [g/cm²].

El límite plástico (lp) es la humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y el semisólido; a la diferencia entre el límite líquido y plástico se le denomina índice plástico (Ip). Hay otros límites, como el de contracción o el equivalente de humedad de campo, que se dan con menos frecuencia (ver anexo).

Las normas a utilizar son las siguientes:

AASHTO T89-68 Y T90-70 ASTM 423-66 (límite-líquido) D424-59 (límite-plástico) ASTM (1960).

2.4.5. Proctor modificado

El ensayo Proctor se realiza para determinar la humedad óptima a la cual un suelo alcanzará su máxima compacidad. La humedad es importante pues aumentando o disminuyendo su contenido en el suelo se pueden alcanzar mayores o menores densidades del mismo, la razón de esto es que el agua llena los espacios del suelo ocupados por aire (se debe recordar que el suelo está compuesto de aire, agua y material sólido), permitiendo una mejor acomodación de las partículas, lo que a su vez aumenta la compacidad. Sin

embargo, un exceso de agua podría provocar el efecto contrario, es decir separar las partículas disminuyendo su compacidad.

Es por esto que el ensayo Proctor tiene una real importancia en la construcción, ya que las carreteras y las estructuras necesitan de una base resistente donde apoyarse, y un suelo mal compactado podría significar el colapso de una estructura bien diseñada, en algunos casos, como por ejemplo en caminos de poco tráfico o de zonas rurales, el suelo constituye la carpeta de rodado, por lo que la importancia de la compactación se hace evidente (ver anexo).

2.4.6. CBR (California Bearing Ratio), relación de soporte de California

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, subbase y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = \frac{\text{carga unitaria de ensayo}}{\left\{ \begin{array}{c} \text{Carga unitaria patrón} \end{array} \right\}} * 100$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

- Especificaciones

A continuación se presentan las especificaciones más comunes que se emplean para conocer el futuro comportamiento de un suelo según a lo que se destine. Estas especificaciones están sujetas a modificaciones según se vaya profundizando en el conocimiento del suelo y según las experiencias de los técnicos que año tras año se dedican a adaptarlas mejor a la realidad.

Es necesario que las especificaciones no se apliquen con excesiva rigidez, debiendo intervenir el criterio de una persona experimentada en el conocimiento de las características de los suelos y de su comportamiento según la duración, frecuencia e intensidad de las lluvias y drenaje de la obra por construir.

A continuación se presentan los estudios hechos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Análisis de resultados

Descripción de suelo	Arcilla limosa color café		
Clasificación S.C.U.:	CL	P.R.A.:	A-5
Límite líquido	29,3 %		

Índice de plasticidad	5 %
Densidad seca máxima	1 448 kg/m ³ 90,4 lb/pie ³
Humedad óptima H _{op}	17,3 %
CBR	8,6 %
Compactación	99,2 %

2.5. Cálculo topográfico

Manejo de la escala para hallar distancias, áreas, volúmenes y pendientes del terreno.

2.5.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal, la planimetría está en dos dimensiones (X,Y).

Equipo utilizado

- Estación Total Leica serie T-300
- GPS Garmin
- 3 prismas
- 3 trípodes
- 1 cinta métrica de 30 metros
- 1 almádana de 2 libras
- 2 machetes
- Pintura y pinceles

2.5.2. Altimetría

Son todos los trabajos que se realizan para obtener la información necesaria y así, representar el terreno en una tercera dimensión, generalmente se llama a estos trabajos, nivelación.

El trabajo de nivelación consistió en obtener información altimétrica de la línea central, en la que se colocaron estaciones a cada 20 metros.

A continuación de la nivelación del eje central, se trabajaron las secciones transversales, seccionado a cada 20 metros, sobre el eje central y 25 metros en ambos lados del eje. Esto con el propósito de determinar el volumen de corte y relleno.

Otro de los elementos importantes fue la colocación de Bancos de Marca (BM), estos son muy importantes para los replanteos topográficos de los trabajos, se colocan en puntos fijos o permanentes con una separación de 500 a 1 000 metros entre bancos de marca.

Tabla XII. Libreta topográfica

PUNTO	X	Y	Z	DESCRIPCION	PUNTO	X	Y	Z	DESCRIPCION
1	,838.1390	,278.2594	,997.7740	,ASFALTO	101	,681.2859	,393.7898	,971.8789	,CONCRETO
2	,833.6089	,267.7497	,997.0008	,ASFALTO	102	,655.4139	,416.3249	,966.2023	,PUNTO APOLLO
3	,826.7008	,281.7878	,998.5148	,ASFALTO	103	,688.2103	,383.0536	,973.9027	,CONCRETO
4	,824.2572	,270.6774	,997.5788	,ASFALTO	104	,683.7764	,385.4628	,972.9936	,CONCRETO
5	,816.6760	,284.1679	,999.0805	,ASFALTO	105	,677.6353	,389.7975	,972.0432	,CONCRETO
6	,813.4531	,273.3706	,998.2553	,ASFALTO	106	,677.1579	,395.9448	,970.9048	,ROSTRO CALLE
7	,806.7977	,285.9494	,999.6941	,ASFALTO	107	,675.2106	,391.9166	,971.5109	,ROSTRO CALLE
8	,799.9387	,275.4465	,999.1171	,ASFALTO	108	,667.8946	,405.0768	,968.5084	,ROSTRO CALLE
9	,796.8830	,287.0702	,1000.2629	,ASFALTO	109	,668.9822	,397.8949	,969.6694	,ROSTRO CALLE
10	,794.3563	,275.9686	,999.5034	,ASFALTO	110	,661.9975	,412.7499	,966.9300	,ROSTRO CALLE
11	,786.8290	,287.4336	,1000.8558	,ASFALTO	111	,663.6638	,404.0810	,968.3652	,ROSTRO CALLE
12	,786.7666	,276.1405	,999.9919	,ASFALTO	112	,659.4801	,409.5552	,967.2837	,ROSTRO CALLE
13	,776.9679	,286.9524	,1001.4341	,ASFALTO	113	,659.1878	,418.8235	,965.9081	,ROSTRO CALLE
14	,776.5880	,275.6208	,1000.6714	,ASFALTO	114	,653.1380	,420.9469	,965.4065	,ROSTRO CALLE
15	,767.4069	,285.8767	,1001.9972	,ASFALTO	115	,655.1462	,431.3646	,963.8122	,ROSTRO CALLE
16	,767.1542	,274.4829	,1001.3034	,ASFALTO	116	,653.4250	,440.0497	,962.2161	,ROSTRO CALLE
17	,756.6133	,283.7883	,1002.6449	,ASFALTO	117	,651.1251	,426.8069	,963.5219	,ROSTRO CALLE
18	,759.6859	,273.0963	,1001.7500	,ASFALTO	118	,652.8223	,447.9541	,960.7333	,ROSTRO CALLE
19	,751.6712	,271.1601	,1002.2942	,ASFALTO	119	,649.0780	,433.0136	,963.5018	,ROSTRO CALLE
20	,780.2472	,291.9065	,1001.1280	,CONCRETO	120	,653.5229	,458.0870	,958.8819	,ROSTRO CALLE
21	,782.1314	,294.7460	,1000.8837	,CONCRETO	121	,648.1634	,440.0991	,962.2883	,ROSTRO CALLE
22	,783.1135	,298.0136	,1000.5229	,CONCRETO	122	,647.8578	,447.3156	,961.0466	,ROSTRO CALLE
23	,811.7043	,291.0469	,999.5266	,CONCRETO	123	,648.8846	,458.8568	,959.3209	,ROSTRO CALLE
24	,783.6061	,301.6086	,1000.2502	,CONCRETO	124	,648.0012	,452.7503	,960.1597	,ROSTRO CALLE
25	,804.0200	,296.6755	,999.8767	,CONCRETO	125	,650.7449	,465.9396	,958.0166	,PUNTO APOLLO
26	,783.6940	,305.2291	,999.8757	,CONCRETO	126	,655.2991	,464.2721	,957.3945	,ROSTRO CALLE
27	,794.5362	,304.1937	,1000.0701	,CONCRETO	127	,653.5930	,472.6957	,956.5498	,ROSTRO CALLE
28	,783.8855	,308.8109	,999.4772	,CONCRETO	128	,658.2515	,470.1582	,955.9323	,ROSTRO CALLE
29	,792.0205	,306.0324	,1000.0232	,CONCRETO	129	,658.6249	,478.1906	,955.0710	,ROSTRO CALLE
30	,784.0524	,314.4002	,998.8536	,CONCRETO	130	,662.8238	,475.5225	,954.5581	,ROSTRO CALLE
31	,790.5967	,308.1090	,999.7808	,CONCRETO	131	,666.0984	,485.0508	,953.5219	,ROSTRO CALLE
32	,784.4034	,317.4034	,998.5360	,CONCRETO	132	,670.0554	,482.1672	,952.8821	,ROSTRO CALLE
33	,789.5357	,309.8806	,999.5376	,CONCRETO	133	,672.3794	,490.0289	,951.7714	,ROSTRO CALLE
34	,784.3826	,322.4649	,997.9657	,CONCRETO	134	,676.6172	,487.6955	,951.3941	,ROSTRO CALLE
35	,789.9042	,317.6928	,998.5885	,CONCRETO	135	,680.0895	,495.5642	,950.1280	,ROSTRO CALLE
36	,784.4760	,326.0469	,997.5619	,CONCRETO	136	,684.9916	,493.3455	,949.5980	,ROSTRO CALLE
37	,790.1968	,326.3322	,997.6796	,CONCRETO	137	,686.3684	,500.1062	,948.8341	,ROSTRO CALLE
38	,784.6439	,330.7980	,997.0498	,CONCRETO	138	,688.3099	,495.6334	,948.9297	,ROSTRO CALLE
39	,790.4468	,332.7553	,996.9276	,CONCRETO	139	,691.0015	,503.4197	,947.8953	,ROSTRO CALLE
40	,784.8128	,334.4519	,996.5885	,CONCRETO	140	,695.3967	,507.4576	,946.6986	,ROSTRO CALLE
41	,784.8334	,338.4040	,996.0470	,CONCRETO	141	,699.6203	,512.9197	,945.2802	,ROSTRO CALLE
42	,784.8962	,341.9095	,995.5438	,CONCRETO	142	,707.9310	,513.1550	,944.7106	,PUNTO APOLLO
43	,790.4622	,340.1425	,995.9654	,CONCRETO	143	,694.2441	,499.2154	,947.7770	,ROSTRO CALLE
44	,784.9083	,345.7148	,994.9619	,CONCRETO	144	,699.7001	,503.3317	,946.7073	,ROSTRO CALLE
45	,805.6848	,296.3357	,999.8521	,POST ELECTRICO	145	,703.1866	,507.6452	,945.8581	,ROSTRO CALLE
46	,786.3968	,372.4784	,991.3331	,PUNTO APOLLO	146	,707.1310	,514.9070	,944.3279	,ROSTRO CALLE
47	,784.8996	,349.9713	,994.2954	,CONCRETO	147	,701.9807	,517.5940	,944.2047	,ROSTRO CALLE
48	,790.6642	,346.3738	,995.1253	,CONCRETO	148	,705.1498	,525.7017	,942.3489	,ROSTRO CALLE
49	,784.5814	,353.8981	,993.6155	,CONCRETO	149	,710.0531	,524.4814	,942.1268	,ROSTRO CALLE
50	,790.5504	,352.9727	,994.2221	,CONCRETO	150	,712.6006	,532.6841	,940.2572	,ROSTRO CALLE
51	,784.3134	,356.8186	,993.1323	,CONCRETO	151	,708.0878	,533.8425	,940.4375	,ROSTRO CALLE
52	,790.2020	,359.2766	,993.3418	,CONCRETO	152	,710.7669	,542.7675	,938.2204	,ROSTRO CALLE
53	,783.4785	,360.8099	,992.2863	,CONCRETO	153	,715.5845	,541.1163	,938.5334	,ROSTRO CALLE
54	,789.4718	,362.2758	,992.8396	,CONCRETO	154	,717.7077	,549.0758	,936.4013	,ROSTRO CALLE
55	,781.7082	,363.2302	,991.5695	,CONCRETO	155	,713.3736	,549.5648	,936.5810	,ROSTRO CALLE
56	,788.1382	,365.5273	,992.3507	,CONCRETO	156	,720.3486	,559.6708	,934.2624	,ROSTRO CALLE
57	,778.2264	,365.1205	,990.4558	,CONCRETO	157	,715.6583	,560.0540	,934.4903	,ROSTRO CALLE
58	,786.5476	,367.8863	,991.9235	,CONCRETO	158	,723.0634	,575.1595	,931.4263	,ROSTRO CALLE
59	,782.9251	,370.5033	,991.2792	,CONCRETO	159	,718.1823	,575.1613	,931.5541	,ROSTRO CALLE
60	,775.1277	,365.0209	,989.6468	,CONCRETO	160	,725.5344	,591.3268	,928.5375	,ROSTRO CALLE
61	,780.4852	,371.5138	,990.8468	,CONCRETO	161	,720.6276	,591.1604	,928.8586	,ROSTRO CALLE
62	,771.8552	,363.6520	,988.8536	,CONCRETO	162	,728.5314	,606.2320	,925.9461	,ROSTRO CALLE
63	,773.6854	,371.3781	,989.7354	,CONCRETO	163	,723.4980	,606.0683	,926.1355	,ROSTRO CALLE
64	,768.4084	,361.6134	,988.2020	,CONCRETO	164	,730.4973	,620.2782	,923.6037	,ROSTRO CALLE
65	,770.9612	,370.3353	,989.2416	,CONCRETO	165	,725.7571	,620.7771	,923.4627	,ROSTRO CALLE
66	,765.3354	,359.5843	,987.5985	,CONCRETO	166	,731.2846	,633.4292	,921.1397	,ROSTRO CALLE
67	,762.3061	,364.3133	,987.6265	,CONCRETO	167	,732.2715	,640.0813	,919.8929	,ROSTRO CALLE
68	,759.8512	,355.5167	,986.5666	,CONCRETO	168	,727.9589	,641.1714	,919.9143	,ROSTRO CALLE
69	,755.6021	,359.4378	,986.4471	,CONCRETO	169	,730.1221	,648.1354	,918.4351	,ROSTRO CALLE
70	,754.3829	,352.1581	,985.8164	,CONCRETO	170	,733.2183	,654.8160	,917.1449	,ROSTRO CALLE
71	,749.8470	,356.5047	,985.4862	,CONCRETO	171	,735.7646	,660.4546	,915.8103	,ROSTRO CALLE
72	,749.0649	,349.9825	,984.9880	,CONCRETO	172	,726.8956	,633.1708	,921.2177	,ROSTRO CALLE
73	,744.5931	,354.5921	,984.6901	,CONCRETO	173	,747.2220	,705.0996	,906.4116	,PUNTO APOLLO
74	,743.9397	,348.5168	,984.3504	,CONCRETO	174	,735.3889	,646.1420	,918.8141	,ROSTRO CALLE
75	,739.8059	,353.1407	,984.0445	,CONCRETO	175	,739.3124	,654.1530	,917.1800	,ROSTRO CALLE
76	,790.2833	,370.3094	,992.4764	,POST ELECTRICO	176	,743.2971	,664.5566	,914.7625	,ROSTRO CALLE
77	,730.2761	,353.4957	,982.9771	,PUNTO APOLLO	177	,738.1885	,666.9576	,914.3668	,ROSTRO CALLE
78	,737.0635	,352.4900	,983.7293	,CONCRETO	178	,740.7010	,678.2648	,911.5645	,ROSTRO CALLE
79	,734.2984	,352.1365	,983.4336	,CONCRETO	179	,746.1893	,678.0549	,911.5120	,ROSTRO CALLE
80	,737.7223	,346.8935	,983.7614	,CONCRETO	180	,748.5856	,689.9770	,909.0368	,ROSTRO CALLE
81	,732.9658	,346.1458	,983.2705	,CONCRETO	181	,743.3825	,691.0144	,908.7819	,ROSTRO CALLE
82	,730.1228	,346.5976	,982.1426	,DRENAJE	182	,742.8339	,696.5938	,907.3164	,ROSTRO CALLE
83	,731.7997	,355.8462	,981.5345	,DRENAJE	183	,749.1509	,692.8268	,908.4999	,ROSTRO CALLE
84	,726.8332	,348.5518	,982.7802	,CONCRETO	184	,741.4492	,700.6246	,906.1345	,ROSTRO CALLE
85	,727.2490	,355.3353	,982.2902	,CONCRETO	185	,749.5516	,697.9192	,907.7054	,ROSTRO CALLE
86	,723.3905	,350.8299	,982.3235	,CONCRETO	186	,748.5784	,702.2630	,906.9270	,ROSTRO CALLE
87	,721.7095	,362.0005	,981.0221	,CONCRETO	187	,757.2264	,707.2479	,904.5408	,ROSTRO CALLE
88	,720.5907	,353.9913	,981.8170	,CONCRETO	188	,745.3984	,707.5857	,905.7152	,ROSTRO CALLE
89	,717.5694	,367.6947	,980.0642	,CONCRETO	189	,733.5017	,711.7075	,903.4066	,ROSTRO CALLE
90	,717.6285	,357.9504	,981.1544	,CONCRETO	190	,741.1712	,712.0926	,904.4473	,ROSTRO CALLE
91	,712.2953	,372.9282	,978.6787	,CONCRETO	191	,728.3155	,716.8826	,902.3634	,ROSTRO CALLE
92	,714.7170	,362.0744	,980.3504	,CONCRETO	192	,735.2756	,716.8385	,903.0774	,ROSTRO CALLE
93	,710.9003	,366.3675	,979.2406	,CONCRETO	193	,723.1442	,720.1151	,901.2117	,ROSTRO CALLE
94	,704.1107	,379.6657	,976.4764	,CONCRETO	194	,729.8857	,720.4671	,902.1555	,ROSTRO CALLE
95	,706.3400	,370.5532	,977.9351	,CONCRETO	195	,718.9735	,722.3733	,900.4391	,ROSTRO CALLE
96	,694.0648	,385.9550	,974.4021	,CONCRETO	196	,725.0421	,724.7836	,901.3842	,ROSTRO CALLE
97	,701.5326	,374.4436	,976.6117	,CONCRETO	197	,716.2361	,723.1758	,900.0362	,ROSTRO CALLE
98	,685.4684	,391.1644	,972.6664	,CONCRETO	198	,721.4169	,727.5526	,900.9592	,ROSTRO CALLE
99	,697.3286	,377.4190	,975.6909	,CONCRETO	199	,718.2680	,728.9713	,900.5626	,ROSTRO CALLE
100	,691.9667	,380.9943	,974.5001	,CONCRETO	200	,714.6117	,729.7513	,900.0807	,ROSTRO CALLE

Continuación de la tabla IX.

PUNTO	X	Y	Z	DESCRIPCION	PUNTO	X	Y	Z	DESCRIPCION
201	.714.5935	.724.3927	.899.9386	.PUNTO APOLLO	301	.466.1624	.843.9977	.854.3642	.ROSTRO CALLE
202	.708.8694	.728.7244	.899.3004	.ROSTRO CALLE	302	.460.8713	.841.8737	.853.8691	.ROSTRO CALLE
203	.708.4743	.722.7918	.898.9450	.ROSTRO CALLE	303	.455.5048	.839.7953	.853.1390	.ROSTRO CALLE
204	.701.5485	.726.0787	.898.2113	.ROSTRO CALLE	304	.450.2835	.836.5420	.852.7701	.ROSTRO CALLE
205	.702.1753	.721.4322	.898.0368	.ROSTRO CALLE	305	.445.8891	.832.8379	.852.3276	.ROSTRO CALLE
206	.696.6069	.720.2154	.896.9202	.ROSTRO CALLE	306	.442.5115	.828.0162	.851.5926	.ROSTRO CALLE
207	.695.1301	.723.1321	.897.0055	.ROSTRO CALLE	307	.435.0930	.821.5785	.850.6893	.PUNTO APOLLO
208	.690.9914	.721.7004	.896.2592	.ROSTRO CALLE	308	.450.5886	.843.3552	.853.6389	.ROSTRO CALLE
209	.691.7902	.718.4329	.896.1322	.ROSTRO CALLE	309	.447.6154	.840.4345	.853.3991	.ROSTRO CALLE
210	.687.3045	.717.4756	.895.7223	.ROSTRO CALLE	310	.442.9413	.835.6010	.852.8332	.ROSTRO CALLE
211	.687.5351	.721.1196	.895.6503	.ROSTRO CALLE	311	.438.5714	.829.4447	.851.8842	.ROSTRO CALLE
212	.684.1893	.721.8015	.895.1567	.ROSTRO CALLE	312	.436.3196	.823.5422	.850.8333	.ROSTRO CALLE
213	.683.4661	.717.3880	.895.3093	.ROSTRO CALLE	313	.440.7379	.823.2158	.850.7800	.ROSTRO CALLE
214	.678.9221	.719.3694	.894.6651	.ROSTRO CALLE	314	.439.1029	.815.7785	.849.2441	.ROSTRO CALLE
215	.680.2864	.723.3827	.894.5239	.ROSTRO CALLE	315	.434.8351	.815.9713	.849.2433	.ROSTRO CALLE
216	.675.3251	.727.5344	.893.6189	.ROSTRO CALLE	316	.438.0335	.808.7425	.847.9248	.ROSTRO CALLE
217	.672.6417	.723.4842	.893.5938	.ROSTRO CALLE	317	.433.2213	.810.1530	.847.6335	.ROSTRO CALLE
218	.667.8303	.727.1687	.892.6930	.ROSTRO CALLE	318	.436.7989	.804.2883	.847.4199	.ROSTRO CALLE
219	.672.3685	.730.1616	.893.1126	.ROSTRO CALLE	319	.431.3732	.808.2803	.846.6831	.ROSTRO CALLE
220	.661.4393	.729.7899	.891.5857	.ROSTRO CALLE	320	.434.3963	.801.1284	.847.1298	.ROSTRO CALLE
221	.666.3978	.733.2953	.892.1984	.ROSTRO CALLE	321	.429.5118	.808.2112	.845.8867	.ROSTRO CALLE
222	.665.7944	.730.8644	.890.6926	.ROSTRO CALLE	322	.430.3001	.799.5901	.846.7053	.ROSTRO CALLE
223	.658.9024	.735.5802	.891.3322	.ROSTRO CALLE	323	.427.4787	.809.1214	.845.1292	.ROSTRO CALLE
224	.649.5227	.731.3197	.889.7994	.ROSTRO CALLE	324	.426.3643	.800.3330	.846.1660	.ROSTRO CALLE
225	.649.4198	.734.0423	.889.5144	.ROSTRO CALLE	325	.425.6742	.801.6742	.845.6742	.PUNTO APOLLO
226	.642.3316	.731.6148	.888.7057	.ROSTRO CALLE	326	.423.7426	.803.1419	.845.5235	.ROSTRO CALLE
227	.641.1218	.735.4271	.888.8141	.ROSTRO CALLE	327	.422.0921	.818.6076	.842.4521	.ROSTRO CALLE
228	.637.6874	.735.2452	.888.3505	.ROSTRO CALLE	328	.421.2713	.807.2847	.844.7346	.ROSTRO CALLE
229	.607.2909	.740.8935	.884.9531	.PUNTO APOLLO	329	.419.9358	.825.4678	.841.2652	.ROSTRO CALLE
230	.632.5260	.735.5198	.887.6372	.ROSTRO CALLE	330	.419.6186	.811.3852	.843.6487	.ROSTRO CALLE
231	.626.6231	.737.6440	.887.0769	.ROSTRO CALLE	331	.416.4437	.836.3674	.839.5414	.ROSTRO CALLE
232	.636.6035	.731.5275	.888.1005	.ROSTRO CALLE	332	.417.2096	.818.8125	.842.0668	.ROSTRO CALLE
233	.620.6640	.739.5147	.886.3482	.ROSTRO CALLE	333	.415.0166	.847.7830	.837.9250	.ROSTRO CALLE
234	.628.3525	.732.8673	.887.1184	.ROSTRO CALLE	334	.414.5111	.827.0065	.840.6341	.ROSTRO CALLE
235	.614.6130	.740.7581	.885.4907	.ROSTRO CALLE	335	.413.9970	.856.6544	.837.1651	.ROSTRO CALLE
236	.618.2075	.735.3247	.886.0455	.ROSTRO CALLE	336	.411.9667	.836.6732	.839.1345	.ROSTRO CALLE
237	.613.8386	.736.6521	.885.6865	.ROSTRO CALLE	337	.410.1624	.845.9253	.837.9412	.ROSTRO CALLE
238	.609.5259	.739.1613	.885.2549	.ROSTRO CALLE	338	.408.7108	.856.0215	.837.0476	.ROSTRO CALLE
239	.610.0567	.743.7463	.884.8359	.ROSTRO CALLE	339	.408.0055	.866.7569	.836.0906	.ROSTRO CALLE
240	.604.9400	.744.0423	.884.5914	.ROSTRO CALLE	340	.405.4757	.882.4303	.834.5233	.PUNTO APOLLO
241	.605.2230	.750.0201	.884.5198	.ROSTRO CALLE	341	.451.7035	.843.9883	.853.6288	.PUNTO APOLLO
242	.601.2424	.748.1728	.883.9539	.ROSTRO CALLE	342	.451.3170	.847.0647	.853.7248	.ROSTRO CALLE
243	.594.5978	.755.3134	.882.8004	.ROSTRO CALLE	343	.460.0817	.845.3136	.854.0435	.ROSTRO CALLE
244	.593.0228	.762.8439	.881.8356	.ROSTRO CALLE	344	.457.6910	.845.0150	.853.5889	.ROSTRO CALLE
245	.588.4435	.761.7631	.881.5298	.ROSTRO CALLE	345	.456.3868	.846.5140	.853.2460	.ROSTRO CALLE
246	.581.4799	.768.8242	.880.0716	.ROSTRO CALLE	346	.452.3638	.849.6598	.853.4474	.ROSTRO CALLE
247	.582.4125	.774.4775	.879.3158	.ROSTRO CALLE	347	.451.7319	.848.7215	.852.3694	.ROSTRO CALLE
248	.576.0788	.775.3559	.878.6182	.ROSTRO CALLE	348	.453.5362	.852.0037	.852.9379	.ROSTRO CALLE
249	.576.3946	.782.3667	.877.6349	.ROSTRO CALLE	349	.461.8621	.853.5184	.851.2800	.ROSTRO CALLE
250	.570.6435	.782.7230	.877.2206	.ROSTRO CALLE	350	.467.1362	.860.6121	.849.8337	.ROSTRO CALLE
251	.570.8177	.792.3039	.875.9352	.ROSTRO CALLE	351	.460.4104	.858.9669	.850.7008	.ROSTRO CALLE
252	.566.4753	.789.6966	.876.1066	.ROSTRO CALLE	352	.470.7726	.867.2918	.848.9364	.ROSTRO CALLE
253	.565.2975	.801.6110	.874.4340	.ROSTRO CALLE	353	.466.6855	.865.8528	.849.3041	.ROSTRO CALLE
254	.561.5212	.798.4404	.874.4184	.ROSTRO CALLE	354	.473.1426	.874.4248	.848.1367	.ROSTRO CALLE
255	.557.3411	.804.4364	.873.8758	.ROSTRO CALLE	355	.469.0996	.873.1222	.848.4439	.ROSTRO CALLE
256	.552.0108	.812.3740	.872.2944	.ROSTRO CALLE	356	.476.3079	.881.9227	.847.5798	.ROSTRO CALLE
257	.545.2232	.821.2058	.871.1750	.ROSTRO CALLE	357	.471.8219	.880.0353	.847.6865	.ROSTRO CALLE
258	.541.7466	.825.8949	.870.6581	.ROSTRO CALLE	358	.478.2375	.884.9343	.847.5510	.ROSTRO CALLE
259	.538.8005	.831.2303	.870.1112	.ROSTRO CALLE	359	.475.8260	.888.9545	.847.6235	.ROSTRO CALLE
260	.537.2604	.834.9839	.869.7028	.ROSTRO CALLE	360	.479.8579	.893.4312	.847.9547	.ROSTRO CALLE
261	.534.9687	.844.5077	.868.4827	.PUNTO APOLLO	361	.412.8929	.862.4897	.836.6409	.ROSTRO CALLE
262	.532.7422	.811.2275	.871.9350	.ROSTRO CALLE	362	.412.2367	.867.2367	.836.2567	.ROSTRO CALLE
263	.548.8279	.823.9324	.871.2673	.ROSTRO CALLE	363	.415.2730	.873.7170	.836.5102	.ROSTRO CALLE
264	.544.5459	.828.8727	.870.6006	.ROSTRO CALLE	364	.412.1917	.877.5964	.836.6116	.ROSTRO CALLE
265	.542.5036	.831.4094	.870.1522	.ROSTRO CALLE	365	.410.6730	.873.6623	.835.7305	.ROSTRO CALLE
266	.541.5804	.834.6767	.869.8918	.ROSTRO CALLE	366	.409.4870	.881.1553	.834.8440	.ROSTRO CALLE
267	.540.1332	.841.8050	.869.1928	.ROSTRO CALLE	367	.408.8515	.889.8040	.833.3089	.ROSTRO CALLE
268	.536.6999	.839.5553	.869.2087	.ROSTRO CALLE	368	.405.3830	.889.6343	.833.1712	.ROSTRO CALLE
269	.538.1446	.848.4455	.868.4457	.ROSTRO CALLE	369	.404.3555	.902.5683	.831.1108	.ROSTRO CALLE
270	.532.2224	.849.8216	.867.8529	.ROSTRO CALLE	370	.402.7440	.902.9709	.831.1874	.ROSTRO CALLE
271	.534.3161	.854.0871	.867.3259	.ROSTRO CALLE	371	.407.3037	.912.1319	.829.9942	.ROSTRO CALLE
272	.529.5357	.853.4587	.866.6902	.ROSTRO CALLE	372	.404.1114	.919.7467	.829.1800	.ROSTRO CALLE
273	.528.6696	.860.8973	.865.9304	.ROSTRO CALLE	373	.407.2391	.922.6019	.828.9880	.ROSTRO CALLE
274	.527.0393	.856.1967	.866.1031	.ROSTRO CALLE	374	.403.7912	.934.2489	.828.0779	.ROSTRO CALLE
275	.523.9723	.865.2853	.865.0773	.ROSTRO CALLE	375	.406.9023	.935.3547	.827.8320	.ROSTRO CALLE
276	.523.7098	.859.6035	.865.3802	.ROSTRO CALLE	376	.404.9639	.961.4090	.827.0471	.PUNTO APOLLO
277	.518.3521	.869.7254	.864.2660	.ROSTRO CALLE	377	.407.4161	.941.6482	.827.2610	.ROSTRO CALLE
278	.521.6948	.861.8298	.864.9977	.ROSTRO CALLE	378	.407.5282	.947.9261	.826.9567	.ROSTRO CALLE
279	.514.5762	.871.9932	.863.9675	.PUNTO APOLLO	379	.403.0611	.943.3770	.827.5224	.ROSTRO CALLE
280	.517.7783	.864.7235	.864.3004	.ROSTRO CALLE	380	.406.5335	.952.4935	.826.9339	.ROSTRO CALLE
281	.513.0476	.866.8440	.863.4370	.ROSTRO CALLE	381	.401.2330	.948.6592	.827.2543	.ROSTRO CALLE
282	.507.9648	.868.2766	.862.5165	.ROSTRO CALLE	382	.399.7198	.951.2848	.827.2729	.ROSTRO CALLE
283	.508.4338	.873.5408	.862.7874	.ROSTRO CALLE	383	.395.4735	.953.5102	.827.3441	.ROSTRO CALLE
284	.503.3511	.874.0159	.861.9617	.ROSTRO CALLE	384	.392.2234	.955.3915	.827.2967	.ROSTRO CALLE
285	.503.4381	.869.1198	.861.6820	.ROSTRO CALLE	385	.386.5300	.962.9030	.826.8059	.LINEA FERREA
286	.497.8164	.868.5060	.860.7069	.ROSTRO CALLE	386	.382.5626	.961.8928	.826.8753	.LINEA FERREA
287	.497.2632	.873.9993	.861.0124	.ROSTRO CALLE	387	.395.4974	.960.7255	.827.1039	.LINEA FERREA
288	.491.8627	.872.6992	.860.3048	.ROSTRO CALLE	388	.396.1964	.959.1126	.827.2112	.LINEA FERREA
289	.494.1869	.868.0381	.860.1892	.ROSTRO CALLE	389	.408.4131	.956.7580	.827.4209	.LINEA FERREA
290	.490.2189	.866.3176	.859.4017	.ROSTRO CALLE	390	.408.7287	.957.8575	.827.3709	.LINEA FERREA
291	.489.6143	.872.1775	.860.2769	.PUNTO APOLLO	391	.419.2782	.954.8757	.827.6140	.LINEA FERREA
292	.483.9588	.867.6024	.858.8505	.ROSTRO CALLE	392	.419.7341	.955.9340	.827.5721	.LINEA FERREA
293	.486.1475	.863.7555	.858.2672	.ROSTRO CALLE	393	.428.8233	.953.4195	.827.7851	.LINEA FERREA
294	.476.0610	.858.8217	.856.6987	.ROSTRO CALLE	394	.429.4581	.954.4628	.827.7435	.LINEA FERREA
295	.483.0569	.860.2189	.857.2759	.ROSTRO CALLE	395	.409.0733	.953.7325	.826.2872	.DRENAJE
296	.470.7732	.852.7232	.855.5477	.ROSTRO CALLE	396	.411.6811	.953.2158	.826.2968	.DRENAJE
297	.477.6236	.854.4950	.856.2112	.ROSTRO CALLE	397	.413.5128	.964.1704	.826.6065	.DRENAJE
298	.462.9664	.846.9004	.854.5029	.ROSTRO CALLE	398	.411.0030	.964.7497	.826.1567	.DRENAJE
299	.470.7510	.848.5174	.855.1315	.ROSTRO CALLE					
300	.458.6955	.844.8542	.853.6724	.ROSTRO CALLE					

Fuente: Estación total Topcon ES-50.

2.6. Diseño geométrico

Es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazo de una carretera o calle en el terreno.

2.6.1. Sección transversal de una carretera

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía.

2.6.2. Corona

Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes del terraplén y las interiores de las cunetas de un corte. El ancho de 4 metros de corona no permite el cruce o rebase de vehículos, entonces, para evitar accidentes de tránsito, así como para propiciar el adecuado parqueo, maniobras de rebase o cruce, es necesario proyectar ensanchamientos a la corona con un ancho, longitud y distancia razonables, cuyo espaciamiento se determina en cada caso según lo accidentado del terreno, la visibilidad y el volumen de tránsito a que estará sujeto el camino. El ancho de corona es de 5,50 metros, con una capa de rodadura de 3,60 metros.

2.6.3. Calzada

El ancho de la calzada deberá ser en tangente del alineamiento horizontal. En tangentes y curvas horizontales para carreteras de tercer orden, el ancho de la calzada no requiere ampliación por curvatura horizontal. Sin embargo, es necesario ampliar el ancho de la calzada, formando libradero, para permitir el

paso simultáneo a dos vehículos. Estos libraderos se espaciarán a una distancia de doscientos cincuenta metros si así lo requiere la visibilidad entre ellos.

2.6.4. Hombros

El ancho de los hombros deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno. En este caso no se contempló el ancho de hombros por ser un camino vecinal.

2.6.5. Pendiente transversal

En tangentes del alineamiento horizontal, el bombeo de la corona deberá ser:

De menos dos por ciento (-2 %) en carreteras tipo A, B, C, y D pavimentadas.

De menos tres por ciento (-3 %) en carreteras tipo D y caminos vecinales, revestidas o el terreno natural.

2.6.6. Taludes

Los taludes estarán definidos por su inclinación, expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente.

- En rellenos: el talud de la sección transversal en relleno deberá ser de uno y medio a uno (1.5:1), pudiendo tener una inclinación diferente si así lo especifica la DGC.

- En corte: el talud de la sección transversal en corte deberá ser el que especifique la DGC.

2.6.7. Cunetas

Las cunetas serán de forma triangular y están definidas por su ancho y sus taludes.

- Ancho: el ancho de la cuneta, medido horizontalmente entre el hombro de la corona y el fondo de la cuneta, deberá ser de un metro (1,00 m), pudiendo ser mayor si por capacidad hidráulica así se requiere.
- Taludes: el talud interno de la cuneta deberá ser de dos a uno (2:1). El talud externo de cuneta será el correspondiente al corte.

En este estudio no se incluye las cunetas.

2.6.8. Contracunetas

Las contracunetas serán generalmente de forma trapezoidal. Están definidas por su ancho de plantilla, su profundidad y sus taludes. Su utilización, ubicación y dimensiones estarán sujetas a los estudios de drenaje y geotécnicos o a lo que especifique la DGC.

2.6.9. Derecho de vía

El derecho de vía está definido por su ancho y su longitud. El ancho del derecho de vía es variable, según el orden de la carretera.

2.6.10. 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 sobreelevación. 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.

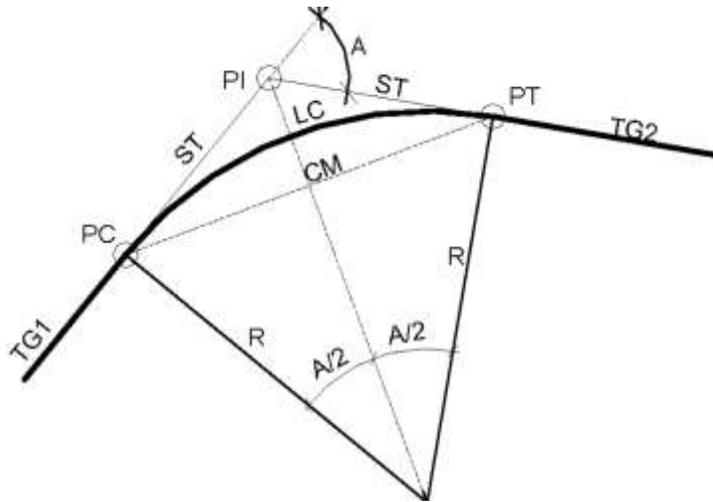
2.6.11. Diseño de curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas. En los caminos vecinales de cualquier tipo se usarán únicamente curvas circulares simples, sin curvas de transición en los extremos de estas tangentes.

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

Con el grado (G) y el delta (Δ) se calculan los elementos de la curva. En Guatemala se define un grado de curva (G) como el ángulo central, subtendido por un arco de 20 metros. De esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva circular.

Figura 6. Componentes de una curva horizontal



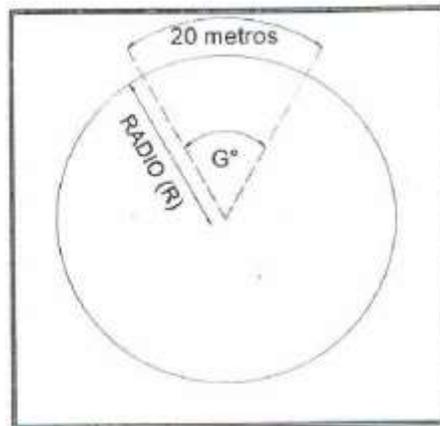
Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. *Diseño y cálculo geométrico de viales*. p. 9.

Donde

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

$$G/360 = 20/211R = G = 20 \cdot 360 / 211R = 145,9156/R$$

Figura 7. **Grado de curvatura**



Fuente: BARRAGÓN GONZÁLEZ, Enrique Estuardo. *Diseño y planificación de apertura de carretera*. p. 24.

Longitud de curva Lc: es la longitud del arco, comprendida entre el PC y PT, cuyo ángulo central es (Δ) (deflexión).

$$Lc = (20 \cdot \Delta) / G$$

Subtangente ST: es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT.

$$ST. = R \cdot \text{Tang } \Delta / 2$$

Cuerda máxima CM: es la distancia en línea recta desde el PC al PT.

$$C_{\text{max.}} = 2R \cdot \text{Sen} \Delta / 2$$

External: es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R \cdot \text{Sec} \Delta / 2$$

Ordenada media: es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$M = R * (1 - \text{Cos}\Delta/2)$$

Peralte: es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo, en las curvas del alineamiento horizontal. La ecuación para calcular el peralte necesario en una curva circular es:

$$S = 0,00785 * V^2/R - \mu$$

Donde

V = velocidad del vehículo, en kilómetros por hora

R = radio de la curva, en metro

μ = coeficiente de fricción lateral

Tabla XIII. **Coeficiente de fricción lateral según velocidad**

Velocidad específica (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Fricción lateral	0,180	0,172	0,164	0,157	0,149	0,141	0,133	0,126	0,118	0,110	0,102	0,094	0,086

Fuente: OSPINA, John Jairo. *Diseño geométrico de vías*. p. 285.

PC: punto donde inicia la curva horizontal

PT: punto donde termina la curva horizontal

PI: punto de unión entre dos subtangentes

TG1: tangente de entrada a la curva

TG2: tangente de salida a la curva

A: ángulo entre dos tangentes

Ejemplo de curva horizontal 1

Radio = 18 m

Grado de curvatura:

$$G = 1\,145,9156 / R \quad G = 1\,145,9156 / 18 \quad G = 63,66^\circ$$

Longitud de curva:

$$Lc = 20 * \Delta / G \quad Lc = 20 * 31,4882 / 63,66 \quad Lc = 9,89 \text{ m}$$

Subtangente:

$$St = R * Tg (\Delta / 2) \quad St = 18 * Tg (31,4882/2) \quad St = 5,07 \text{ m}$$

Cuerda máxima:

$$CM = 2R * Sen (\Delta / 2) \quad CM = 2 * 18 * Sen (31,4882/2) \quad CM = 9,77 \text{ m}$$

External:

$$E = R * Sec (\Delta / 2) \quad E = 18 * Sec (31,4882/2) \quad E = 18,70 \text{ m}$$

Ordenada media:

$$M = R * (1 - Cos(\Delta / 2)) \quad M = 18 * (1 - Cos (31,4882/2)) \quad M = 0,675 \text{ m}$$

Peralte:

$$S = 0,00785 * V^2/R - \mu \quad S = 0,00785 * 30^2/18 - 0,180 \quad S = 0,21$$

Las demás curvas están calculadas por medio del programa Civil 3D 2015

2.6.12. Diseño de curvas verticales

La finalidad de estas curvas es suavizar los cambios en el movimiento vertical, puesto que a través de su longitud se efectúa un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida; proporcionando de

esta forma una operación segura y confortable, además de una agradable apariencia y características para un drenaje adecuado.

Las curvas pueden ser circulares, parabólicas simples o parabólicas cúbicas, entre otras. La más utilizada en la Dirección General de Caminos es la parabólica simple simétrica, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación. Las especificaciones de la DGC tienen tabulados valores para las longitudes mínimas de curvas verticales para distancia de visibilidad de parada, en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño. Las curvas diseñadas para distancia de rebase resultan de gran longitud y debido al terreno montañoso del país, su uso resulta antieconómico. Las curvas verticales también pueden ser cóncavas o convexas. Según su forma se les conocen como curvas en columpio o en cresta respectivamente.

Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con el objetivo de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores. Estas curvas pueden ser calculadas de la siguiente forma.

Visibilidad de parada

$$L = K * A$$

Donde

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

K: constante que depende de la velocidad de diseño (ver tabla X).

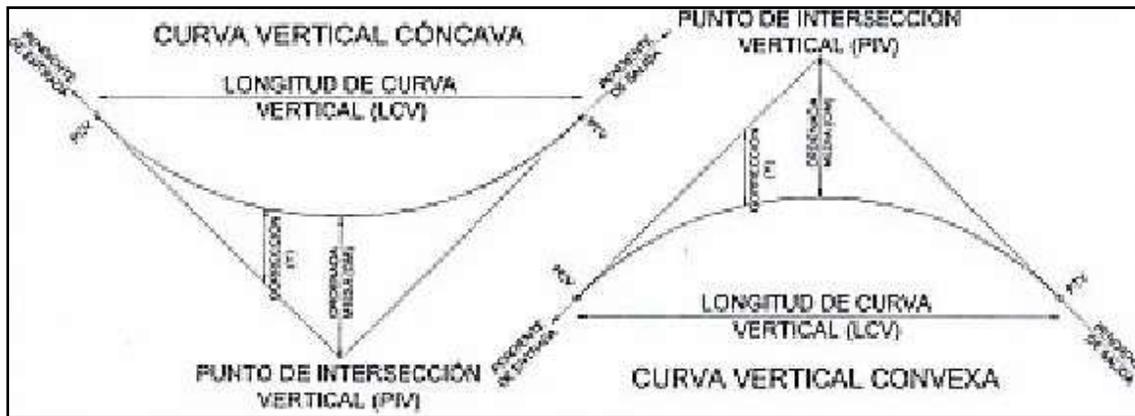
A: diferencia algebraica de pendientes

Tabla XIV. Valores de K en distintas velocidades

VELOCIDAD EN Km/h	CONVEXA	CÓNCAVA
	K	K
20	1	2
30	2	4
40	4	6
50	7	9
60	12	12
70	19	17
80	29	23
90	43	29
100	60	36

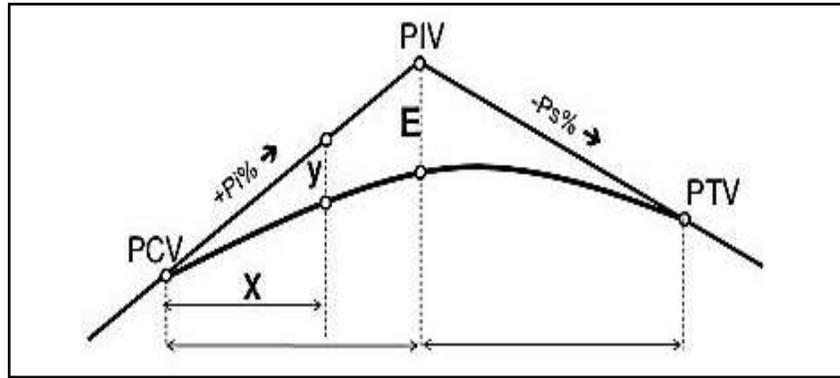
Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. *Guía de cálculo para carreteras*. p. 62.

Figura 8. Concavidades



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. *Diseño y cálculo geométrico de viales*. p. 17.

Figura 9. Componentes de una curva vertical



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio, Diseño y cálculo geométrico de viales. p. 17.

PCV: punto de comienzo de la curva vertical

PTV: punto de terminación de la curva vertical

PIV: punto de intersección vertical de las tangentes

P_i, P_s : pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente.

L: longitud total de la curva vertical.

Y: ordenada del punto P de la curva vertical con relación a X.

$$Y = A/200L (X)^2$$

X: distancia de PCV a cualquier punto P de la curva.

A: diferencia algebraica de pendientes $A = | P_i - P_s |$

OM: ordenada media $E = A/200L (L/2)^2$

Ejemplo para curva vertical curva 1

Diferencia de pendiente en curva vertical:

Es una curva convexa

$$A = | P_1 - P_2 | \quad A = |-9,24 - (-16,53) | \quad A = 7,29 \%$$

Longitud de curva vertical

$$L = K * A \quad L = 2*7,29 \quad L = 14,57 \text{ m}$$

Ordenada Media:

$$OM = A/200L (L/2)^2 \quad OM = 7,27/200*14,57(14,57/2)^2 \quad OM = 0,17$$

Ordenada del punto P de la curva vertical

$$Y = A/200L (X)^2 \quad Y = 7,27/200*14,57 (3)^2 \quad Y = 0,029$$

Las demás curvas están calculadas por medio del programa Civil 3D 2015.

2.6.13. Subrasante

La subrasante es el perfil de la terracería del camino, compuesta por líneas rectas con pendientes determinadas y unidas por arcos de curvas parabólicas verticales. Según el sentido del caminamiento, las pendientes ascendentes son positivas y las descendentes negativas, estas se proyectan con aproximación de centésimos. La subrasante que se proyecte debe compensar cortes y rellenos, pero no siempre es posible, debido a que, algunas veces existen puntos obligados. Para el diseño de la subrasante del camino se consideraron los siguientes elementos: pendientes máximas, estas están en función del tipo de carretera y el tipo de terreno; pendientes mínimas, estas se usan para establecer el drenaje en las carreteras. Otro elemento importante a considerar es el movimiento de tierras, tratando de compensar los cortes con los rellenos.

2.7. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes; además, se incluyen los materiales de

préstamo o desperdicio que sean aptos para la conformación, compactación y el terminado del trabajo de terracería.

Se debe tomar en cuenta que el movimiento de tierras se encuentra enlazado directamente con el diseño de subrasante de la carretera, incidiendo así, en el costo de la misma. Por lo tanto, el movimiento de tierras deberá ser el más factible, desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino fije.

Cálculo de áreas de las secciones transversales

Las formas de medir las áreas son la gráfica y la analítica.

Gráfica

Esta forma consiste en determinar al área de corte o relleno que encierra la gráfica de la sección típica, efectuándose la medida por medio del planímetro polar.

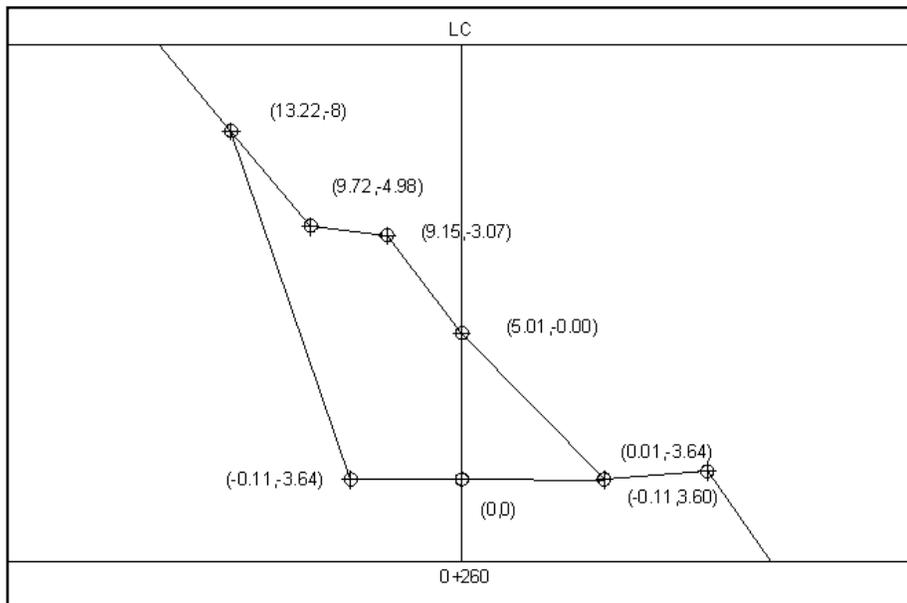
Analítica

Como las secciones transversales están ploteadas en papel milimetrado, se pueden determinar las coordenadas para cada punto, referidas a la línea central de la misma y luego por el método de los determinantes se encuentra el área de manera exacta.

El método a usar varía según el uso o finalidad del trabajo que se realiza. En la dirección general de caminos se usa el método gráfico con planímetro porque son datos que se usan para un presupuesto y por lo tanto no requiere

gran aproximación. Cuando se usan las áreas para una liquidación el resultado exacto tiene gran repercusión en el pago de cantidades de dinero por trabajos realizados.

Figura 10. **Ejemplo del método analítico**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Cálculo de volumen por método analítico**

X		Y
-8		13,22
-4,98		9,72
-3,07		9,15
0,00		5,01
3,64		0,01
3,60		-0,11
0,00		0,00
-3,60		-0,11
-8,00		13,22
Suma XY		Suma YX
-186,69		-76,54

$$\text{Área} = \left| \frac{\text{SUMA XY} - \text{SUMA YX}}{2} \right| = \left| \frac{-186,69 + 76,54}{2} \right| = 55\text{m}^2$$

Fuente: elaboración propia.

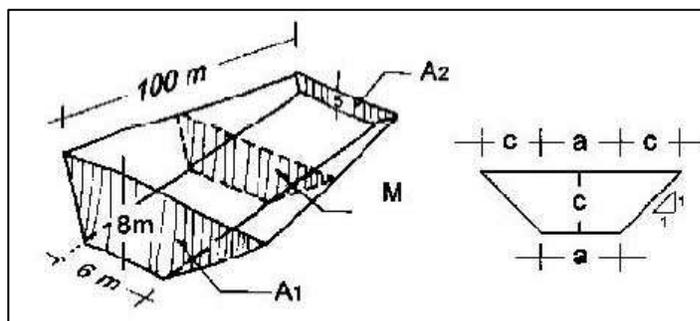
2.7.1. Cálculo de volúmenes de tierra

Para el cálculo de volúmenes se toma como el volumen de un prisma irregular y donde las áreas de dos estaciones consecutivas forman las bases de dicho prisma. La distancia entre estaciones es la altura del prisma, cuando el tramo es considerado, es solo corto y solo relleno. Cuando se trate de áreas en secciones intermedias, motivadas por accidentes notables de la topografía, se empleará la fórmula.

$$V = ((A1 + A2) / 2) * d$$

En donde d es la distancia entre las secciones, en tanto que, A1 y A2 son las áreas de las secciones extremas.

Figura 11. **Representación para cálculo de volumen**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cuando una de las áreas sea igual a cero, como es el caso de los puntos en que cambia de corte a terraplén o viceversa, se promediará con el área restante, o sea que, esta se dividirá entre dos; el resultado se multiplicará por la distancia entre las secciones.

La fórmula para calcular volúmenes es correcta para tramos rectos, pero no cumple para los que son en curva. Sin embargo, dadas las cantidades de metros cúbicos de tierra que se trabajan resulta insignificante.

Trabajar secciones en curva de manera más cercana a la realidad hace que el trabajo sea más laborioso sin que la diferencia resultante sea significativa.

La Dirección General de Caminos trabaja sin considerar las correcciones prismoidales y por curvatura, debido a que el grado de aproximación deseado se obtiene tal y como se trabaja.

2.7.2. Derecho de vía

El derecho de vía para las diversas clases de caminos tendrá la siguiente anchura:

- Para carreteras nacionales, veinticinco metros; 12,50 metros cada lado.
- Para carreteras departamentales, veinte metros; 10,00 metros cada lado.
- Para carreteras municipales, quince metros; y, 7,50 metros cada lado.
- Para caminos de herradura y vecinales, seis metros. 3,00 metros cada lado. Dentro de este derecho de vía, se construirán los caminos con la anchura que la intensidad del tránsito requiera. La apertura y construcción de caminos vecinales, a través de propiedades privadas, se harán de acuerdo con lo que prescribe el Código Civil para las servidumbres de paso.

2.7.3. Coeficiente de contracción de hinchamiento

Para explicar lo que es el coeficiente de contracción e hinchamiento, es necesario hacer notar que cualquier material (sea de corte o préstamo) empleado, experimenta un cambio de volumen cuando pasa del estado natural al relleno, lo cual hace necesario conocer la magnitud del cambio, para poder determinar con mayor exactitud los volúmenes del material a mover.

Este coeficiente varía según diversos factores tales como: la clase de suelo, la humedad contenida; las formas de excavación, el transporte usado y el tipo de compactación.

2.7.4. Dibujo de secciones transversales

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía.

2.7.5. Corona

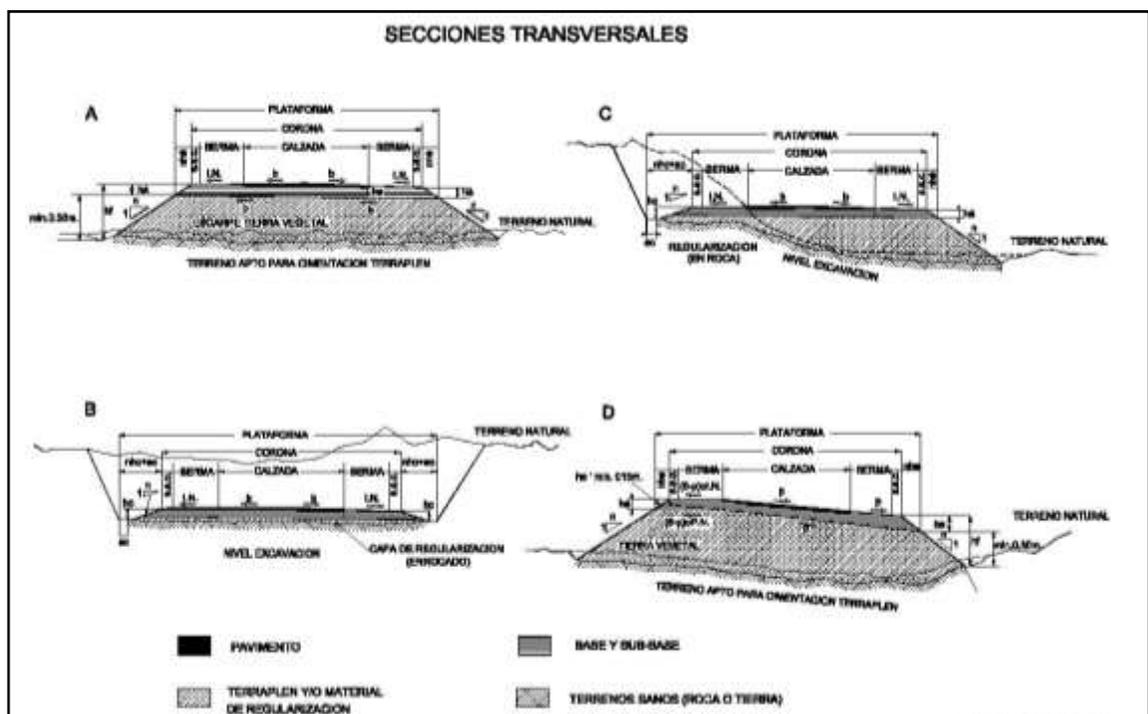
Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes del terraplén o las interiores de las cunetas de un corte. El ancho de 4 metros de corona no permite el cruce o rebase de vehículos, entonces, para evitar accidentes de tránsito, así como para propiciar el adecuado parqueo, maniobras de rebase o cruce, es necesario proyectar ensanchamientos a la corona con un ancho, longitud y distancia razonable, cuyo espaciamiento se determina en cada caso según lo accidentado del terreno, la visibilidad y el volumen de tránsito a que estará sujeto el camino.

La sección transversal de una carretera en un punto de esta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Para agrupar los tipos de carreteras se acuda a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de

la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación.

Figura 12. Secciones transversales



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los datos de subrasante usados en este diseño fueron proporcionados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Siendo una arcilla limosa color café con un espesor de 80 cm hasta el nivel de subrasante.

Clasificación = A-5 C.S.U. = CL

Densidad seca máxima: $90,4 \text{ lb/pe}^3 = 1\,448 \text{ kg/m}^3$

Humedad óptima $H_{op} = 17,3 \%$

Porcentaje CBR subrasante = 8,6 al 99,2 % de compactación

Según la tabla de clasificación de suelos uscs, se pueden ver las propiedades más importantes, según la denominación típica del laboratorio, donde indica que es una arcilla limosa color café.

Tabla XVI. **Análisis de resultados**

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Subrasante
5 - 8	Mala	Subrasante
8 - 20	Regular - Buena	Subrasante
20 - 30	Excelente	Subrasante
30 - 60	Buena	Subbase
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 120.

Se puede concluir que según el CBR de 8,6 % la subrasante está clasificada de regular a buena.

2.8. Diseño de la carpeta de rodadura

El diseño de la estructura de pavimento consiste en la definición de un paquete estructural adecuado en función a las características de los materiales de subrasante y a las solicitaciones de carga de tráfico, con el fin de garantizar una adecuada serviciabilidad durante su vida de servicio.

El presente informe contempla el diseño de la capa de pavimento rígido. Basado en los datos de subrasante proporcionados por Centro de

Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y en los criterios de diseño de la AASHTO 1993, que permite establecer en función de las características de los materiales de cada una de las capas del pavimento el espesor correspondiente.

La elección de este tipo de pavimento rígido con respecto a un pavimento rígido se basa en las siguientes observaciones:

- Mayor disponibilidad de equipos en la región.
- Menor necesidad de mano de obra calificada.
- Mayor capacidad de ingreso de equipos al lugar de la obra.
- Poca disponibilidad plantas de asfalto en la zona, lo que implica un acarreo-asfalto muy largo. Lo que elevaría los costos y enfriaría la mezcla del concreto asfáltico.

2.9. Variables de entrada

Se puede considerar 5,10 o 20 años, lo que influirá en las características del pavimento y, por lo tanto, su factibilidad económica.

2.9.1. Período de vida útil

El período de diseño o vida útil del pavimento es el tiempo entre la construcción del pavimento y el momento en el que se requiera rehabilitación por alcanzar un grado de serviciabilidad mínimo.

La metodología empleada define los períodos de diseño en función del tipo de carretera, así que para este caso se emplea un período de 20 años.

2.10. Estudio de tráfico vehicular

Tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera.

2.10.1. Aforo de tráfico

El diseño de una carretera o de un tramo de la misma debe basarse entre otras informaciones en los datos sobre tráfico, es por lo tanto que primeramente determinarán:

- Características del flujo de tránsito
- Previsión de tráfico
- Estimación de los volúmenes a futuro

El flujo del tránsito por una carretera está medido por la cantidad de vehículos que pasan por una determinada estación particular durante un período de tiempo dado.

La información sobre tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), con base en estudios de tráfico futuro utilizando pronósticos.

Los elementos de análisis para la obtención del flujo de tránsito son múltiples y dependen de factores tales como:

- Por las horas del día, de la semana y meses del año, es por lo tanto recomendable para el análisis obtener:

- Estadísticas generales determinadas sobre el plan nacional, control de la circulación de los caminos, encuestas de circulación, medición de velocidades y peso.

Para establecer el TPDA del proyecto, se realizó el censo volumétrico de tráfico durante 5 días de lunes a viernes, 12 horas diarias desde las 7:30 AM hasta las 7:30 PM, este censo corresponde a la segunda semana de abril, cual es uno de los más representativos del año.

Del censo volumétrico de tráfico realizado se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XVII. **Censo volumétrico de tráfico**

Tipo de vehículo		Días					total
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
Livianos		24	20	19	18	23	104
Pesados	Buses	1	0	0	1	0	2
	Camiones	4	2	2	2	4	14
	Tráiler	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

2.10.2. Vehículo del proyecto

Se llama vehículo de proyecto o de diseño a un tipo de cuyos peso, dimensiones y características de operación, se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase.

La AASHTO considera los siguientes vehículos de diseño: el P (automóvil o de pasajeros), el SU (camión sencillo), el BUS, el A-BUS (bus articulado), los WB-40, WB-50, WB-60 (semiremolques), el MH (vehículo de vivienda), el P/T (con tráiler o remolque) y el P/B (con remolque para bote).

Para el desarrollo de este proyecto se ha decidido seguir las equivalencias correspondientes a:

1 livianos = 1 vehículo de diseño

1 bus = 1,76 vehículo de diseño

1 camión = 2,02 vehículo de diseño

1 tráiler = 2,02 vehículos de diseño

2.10.3. Tráfico promedio diario anual

En Guatemala la unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual, cuya abreviación es el TPDA (tráfico promedio diario anual).

Para determinar el TPDA, lo ideal sería disponer de los datos de una estación de contaje permanente que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales. Además, convendría disponer del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento de tráfico que se puede esperar en el futuro.

El TPDA se puede ajustar con base en factores mensuales obtenidos de datos de las estaciones permanentes, cuando estas están disponibles, o del consumo de gasolina u otro patrón de variación estacional, como la periodicidad de las cosechas.

2.10.4. Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA)

Este se basa en la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_p + T_D + T_d + T_G$$

Donde

Td = tráfico desviado

Tp = tráfico proyectado

TD = tráfico desarrollado

TG = tráfico generado

Para una carretera que va a ser mejorada el "tráfico actual" está compuesto por:

- Tráfico existente: es aquel que se usa en la carretera antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los estudios de tráfico.
- Tráfico desviado: es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo.

En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el desviado y eventualmente por el inicial, que produciría el desarrollo del área de influencia de la carretera.

- Tráfico proyectado: el pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tránsito actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años y el crecimiento normal este, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo.
- Tráfico desarrollado: se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. Este componente del tráfico futuro puede continuar incrementándose durante parte o todo el período de estudio. Generalmente, se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios.
- Tráfico generado: el tráfico generado está constituido por aquel número de viajes que se efectuarían solo si las mejoras propuestas ocurren y lo constituyen:
 - Viajes que no se efectuaron anteriormente.
 - Viajes que se realizaron anteriormente a través de unidades de transporte público.
 - Viajes que se efectuaron anteriormente hacia otros destinos y con las nuevas facilidades han sido atraídos hacia la carretera propuesta.

Generalmente, el tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera.

Ahora se procederá al cálculo de los elementos necesarios para la obtención del TPDA:

Se estima el tráfico actual (TA):

$$T_A = \frac{\text{Total de vehículos}}{\text{tiempo}}$$

El total de vehículos de diseño se obtiene en la tabla siguiente

Tabla XVIII. **Cálculo del total de vehículos de diseño**

Tipo de vehículo		Tráfico Total	Factor de conversión	Vehículo de diseño
Livianos		104	0,5	52
Pesados	Buses	2	1	2
	Camiones	14	1,5	21
	Tráiler	0	2,5	0
				75

Fuente: elaboración propia.

En la cual el tiempo de duración de encuesta fue de: 5 días

Obteniéndose un total de:

$$T_A = 15 \text{ vehículos/día}$$

Tráfico proyectado T_p :

$$T_p = T_A * (1+i)^n$$

En donde

i = tasa de crecimiento

n = período de proyección expresado en años

Para el valor de la tasa de crecimiento, se asumirá la tasa del 5 % y el período de diseño se basa en una predicción del tráfico a 15 o 20 años

$$i = 0,05$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$T_p = 39,80 \text{ vehículos}$$

Tráfico desarrollado T_D :

$$T_D = T_A * (1 + i)^{n-3}$$

$$T_D = 34 \text{ vehículos}$$

Tráfico desviado T_d :

$$T_d = 0,20 * (T_p + T_D)$$

$$T_d = 14,76 \text{ vehículos}$$

Tráfico generado T_G :

$$T_G = 0,25 * (T_p + T_D)$$

$$T_G = 18,45 \text{ vehículos}$$

Tráfico promedio diario anual (TPDA):

$$\mathbf{TPDA = T_p + T_D + T_d + T_G}$$

$$TPDA = 107,01 \text{ vehículos}$$

$$TPDA = 107 \text{ vehículos}$$

2.11. Tipo de carpeta de rodadura método y procedimiento de diseño simplificado para pavimentos rígidos PCA (Asociación del Cemento Portland)

La PCA ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar cargas de tránsito de calles y carreteras.

- Método de capacidad

Procedimiento de diseño con posibilidad de obtener datos de carga. Este asume datos detallados de carga-eje y tienen que ser obtenidos de estaciones representativas. Este método no se describirá en el presente trabajo de graduación.

- Método simplificado

Procedimiento sencillo que determina el espesor de losa necesario, según tabla de distribución, compuesta de carga de eje, que representan diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

El método simplificado, como se mencionó, utiliza los datos de la tabla para las cuatro categorías de tránsito (ver tabla). Estas están diseñadas para un período de diseño de 20 años. Estas tablas han sido elaboradas contemplando el factor de seguridad de carga. Este factor incrementa el valor de carga estática por eje, ya que los esfuerzos producidos por movimientos son más que los ocasionados cuando el mismo eje está detenido, para que el esfuerzo producido por un eje estático alcance su máximo valor. Los factores de seguridad por los cuales deben multiplicarse las cargas nominales de eje son

1,0, 1,1, 1,2 y 1,3, respectivamente, para las cuatro categorías del eje de carga 1, 2, 3 y 4.

El material que se utilizará como carpeta de rodadura será concreto rígido y deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- La resistencia deberá ser de 28 MPa (4 000 psi) o mayor.
- Tanto el agregado fino como el grueso deberán estar limpios de material orgánico, y almacenarse separadamente.
- La composición del concreto deberá cumplir las siguientes características:
 - Relación agua cemento máxima: 0,49
 - Temperatura del concreto: 20 ± 10 °C
 - Asentamiento (AASHTO T 119): 40 ± 20 mm
 - Resistencia a compresión: 28 MPa
 - Resistencia a flexión: 4,5 MPa

2.11.1. Diseño de infraestructura de pavimento rígido

El pavimento rígido diseñado estará formado por una base y la carpeta de rodadura.

Para diseñar un pavimento rígido es necesario determinar ciertos datos que serán de utilidad al momento del diseño. El tráfico promedio diario anual (ya calculado), el módulo de ruptura del concreto, el módulo de reacción k y los tipos de suelo que soportarán al pavimento, son los datos que a continuación se determinarán.

Anteriormente se presentó el TPDA de la carretera, el cual es de 107 vehículos. El valor soporte o CBR obtenido en los ensayos de laboratorio fue de 8,6 al 99,2 %, el CBR es de utilidad para determinar el módulo de reacción k de la subrasante.

2.11.2. Carpeta de rodadura

Es la capa que recibe la carga directa de los vehículos. Para este diseño se utilizará una carpeta de rodadura de concreto, diseñada para soportar las cargas del tránsito. La carpeta de rodadura debe cumplir con las siguientes funciones:

- Soportar las cargas de vehículos sin deformaciones ni rupturas.
- Proteger las capas inferiores de la carretera (base, subbase, subrasante)
- Evitar la filtración de agua
- Buena resistencia al desgaste

2.11.3. Base

Es la capa intermedia entre la subrasante y la carpeta de rodadura. Tiene las siguientes funciones:

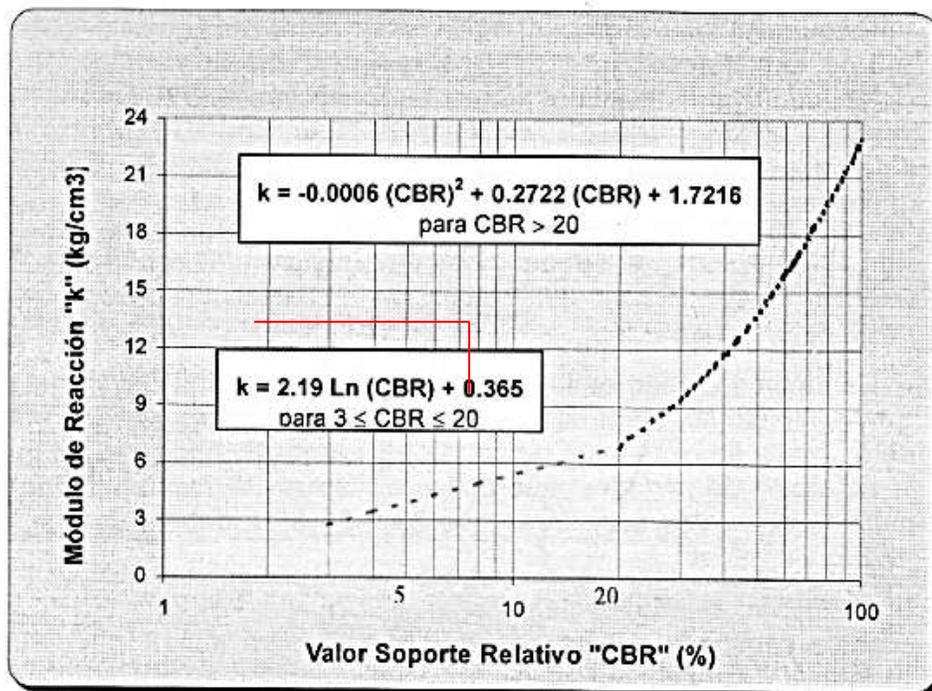
- Aumentar la capacidad de soporte de cargas del pavimento.
- Aumentar la distribución de cargas de los vehículos al suelo.
- En suelos arcillosos ayuda a prevenir cambios volumétricos ocasionados por la humedad.
- Proporcionar una superficie adecuada para colocar la carpeta de rodadura.

A continuación se presenta el procedimiento de diseño del pavimento rígido.

2.11.4. Módulo de reacción de la subrasante k, en libras por pulgadas cúbicas

A continuación se presenta el módulo de reacción de la subrasante k, en libras por pulgadas cúbicas.

Figura 13. Valor soporte relativo "CBR"



Fuente: MONTERROSO RIVAS, Bidkar Manuel. *Reporte de diseño de pavimento vialidades subestación*. p. 65.

Tabla XIX. **Cálculo, Centro de Investigación**

<p>Cálculo: El valor obtenido por medio del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el CBR es de 8,6 %, lo que da por medio de la ecuación $3 \leq \text{CBR} \leq 20$:</p> $k = 2,19 \text{ Ln (CBR) + 0,365}$ $k = 2,19 \text{ Ln (8.6) + 0,365}$ $k = 5,08 \text{ kg/cm}^3$ $k = 183,21 \text{ lb/pulg}^3$

Fuente: elaboración propia.

Con un CBR de 8,6 al 99,2 % se tiene un módulo de reacción K de 183,21 lbs/plg³.

Se colocará una base granular de 15 cm y el módulo de reacción aumentará de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla XX. **Valores de K sobre bases de materiales granulares**

Valor de K de la subrasante lb/in ³	Valor de K sobre la base LBS/IN ³			
	Espesor 4 in	Espesor 6 in	Espesor 9 in	Espesor 12 in
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: RODAS VALLE, Raúl. *Carreteras calles y aeropistas*. p. 334.

Haciendo una interpolación para calcular el valor final de K, se toma el valor de k entre 100 y 200 para interpolar el valor de 183,21 lb/pulg³ de la columna de espesor de losa de 6 pulgadas, se toman los valores 140 y 230 para obtener el valor de k de la base.

100 - 140

183,21 - k=?

200 - 230

$$K = 140 + ((230-140)/(200-100))(183,21-100)$$

$$K = 214,89 \text{ lb/pulg}^3$$

Entonces se tiene un valor final de k de 214,89 lb/plg³

Para identificar el tipo de suelo y su soporte se utiliza la siguiente tabla:

Tabla XXI. **Tipos de suelos de la subrasante**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K PCI
Suelos de grano fino en que el tamaño de partículas limo y arcilla predominan	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla	Medio	130-170
Arenas y mezclas de arena con grava relativamente libre de suelos finos	Alto	180-220
Sub-base tratada con cemento	Muy Alto	250-400

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149.

Con la tabla anterior se determina el soporte como alto, ya que el valor de k es de 214,89 lbs/plg³.

Finalmente para determinar el módulo de ruptura del concreto se estimará que dicho módulo será el 15 por ciento de la resistencia a la compresión del concreto. Como el concreto debe tener una resistencia a la compresión mínima de 28 MPa (4 000 psi) se tiene un módulo de ruptura de:

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

El último dato necesario para determinar el espesor de la losa se obtiene definiendo el tipo de junta y si la losa llevará dovelas.

La losa será con bordillo y no se utilizarán dovelas. Utilizando la siguiente tabla se define el espesor de losa:

Tabla XXII. **Determinación de espesores**

Pavimentos con juntas de trave por agregado (no necesita dovelas)								
Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo				
Espesor de losa (in)	Soporte subrasante subbase			Espesor de losa (in)	Soporte subrasante subbase			
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto	
Módulo de rotura de 650 PSI	4,5		0,1	4,0		0,2	0,5	
	5,0	0,1	0,8	4,5	2,0	8,0	25,0	
	5,5	3,0	15,0	5,0	30,0	130,0	330,0	
	6,0	40,0	160,0	5,5	320,0			
	6,5	330,0						
Módulo de rotura de 800 PSI	5,0		0,1	0,4	4,0			0,1
	5,5	0,5	3,0	9,0	4,5	0,2	1,0	5,0
	6,0	8,0	38,0	98,0	5,0	6,0	27,0	75,0
	6,5	76,0	300,0	760,0	5,5	73,0	290,0	730,0
	7,0	520,0			6,0	610,0		
Módulo de rotura de 950 PSI	5,5	0,1	0,3	1,0	4,5		0,2	0,6
	6,0	1,0	6,0	18,0	5,0	0,8	4,0	13,0
	6,5	13,0	60,0	160,0	5,5	13,0	57,0	150,0
	7,0	110,0	400,0		6,0	130,0	480,0	
	7,5	620,0						

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149.

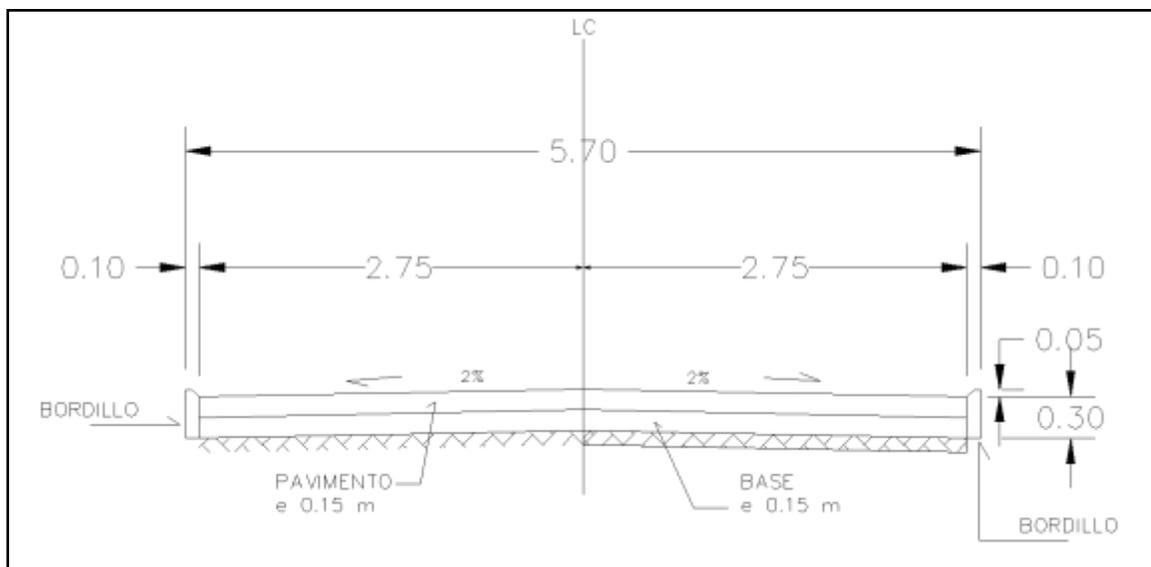
Según la tabla anterior se tomarán los datos sin hombros de concreto o bordillos un módulo rotura de 600 PSI, el cual da un espesor de losa de 6 pulgadas que equivalen a 15 cm para un tráfico pesado. Esto debido a que el soporte de la subrasante es alto, y es de 14, entonces se toma el valor próximo que es 98.

Por lo tanto se tiene una losa de 15,00 cm de espesor de concreto y una base granular selecto de 15 cm de espesor.

2.12. Dibujo de secciones típicas

Es la representación del corte ideal de la carretera, por el cual integran elementos; tales como, calzada o superficie de rodadura, bermas, carriles, cuencas, taludes y elementos complementarios.

Figura 14. Sección típica, carretera tipo "f"



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En esta carretera no llevará hombro debido a que no da el ancho, ya que en un lado hay terrero privado y en el otro lado es barranco. Por lo cual se considera colocar un bordillo.

2.13. Drenajes

Sistema de tuberías sumideros o trampas, con sus conexiones que permite el desalojo de líquidos generalmente pluviales de una población.

2.13.1. Ubicación de drenajes

Los drenajes estarán ubicados en los puntos más críticos, no se colocan en otra área ya que esta carretera cuenta con algunos drenajes que son funcionales, lastimosamente actualmente están tapadas con tierra y basura. Se tendría que dar un pequeño mantenimiento a los drenajes existentes.

Ubicación

Transversal 1	estación 0+140
Transversal 2	estación 0+560
Transversal 3	estación 0+840

2.13.2. Cálculo de áreas de descarga por método racional y diseño

Para la realización del estudio se acopió la información en el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (Insivumeh) de la ciudad capital.

De la fuente indicada se obtuvo la siguiente información:

- Datos hidrometeorológicos generales.
- Precipitaciones máximas anuales de las estaciones más cercanas al proyecto.

2.13.3. Hidrología

Para que una carretera se mantenga en buen estado, es necesario que cuente con un adecuado sistema de drenaje, que permita la oportuna y rápida evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales o subterráneas, sin que ellas causen daño al cuerpo vial. Asimismo, es fundamental el mantenimiento rutinario y periódico de estas estructuras de modo que mantengan su capacidad hidráulica y estructural.

El lugar donde se ubica el proyecto presenta una topografía muy accidentada, formando cauces con fuertes pendientes naturales, originando en esta zona, en la época de lluvia que se produzca un considerable arrastre de materiales, efecto que se debe tener muy en cuenta en el diseño de los sistemas de drenaje.

La función fundamental del sistema del drenaje de una vía es el de recolectar y conducir el agua de lluvia a través de estructuras diseñadas para ese propósito, con el fin de evitar que el agua afecte el paquete estructural de la carretera, las estructuras analizadas para el proyecto son la construcción de alcantarillas de dimensiones variables, según los requerimientos de caudales, velocidades y otros, son de chapa ondulada cincada, y por los cálculos las velocidades a la salida de las alcantarillas superan los 2,3 m/s, es necesaria la utilización de estructuras que protejan la salida en el pie del terraplén como es el caso del uso de "colchonetas". De esta manera se garantiza el paso del agua de un lado de la vía a otro, certificando de esta manera la seguridad y estabilidad de la vía.

Para este estudio hidrológico se han tomado en cuenta los datos registrados por el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (Insivumeh), de la cuenca de Morazán, por ser las más cercanas a la zona del proyecto.

2.13.4. Determinación del coeficiente de escorrentía (C)

Para la determinación del coeficiente de escorrentía, que teóricamente representa el porcentaje de lluvia que se convierte en escurrimiento superficial, depende de las características del terreno, de su uso y del tipo de manejo del suelo, y de las condiciones de infiltración, por tal motivo se precisa un criterio técnico conveniente y de amplia experiencia para optar por un valor específico, la elección del mismo se encuentra con la ayuda de los factores de relieve, infiltración, cobertura vegetal y almacenamiento de agua de la cuenca.

Los coeficientes de escorrentía más usados en carreteras se enumeran a continuación.

Tabla XXIII. **Algunos coeficientes “C” utilizados en Guatemala**

TIPO DE SUPERFICIE	C
Centro de la ciudad	0,70 – 0,95
Fuera del centro de la ciudad	0,50 – 0,0
Parques, cementerios	0,10 – 0,25
Áreas no urbanizadas	0,10 – 0,30
Asfalto	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Adoquín	0,70 – 0,85
Suelo arenoso	0,15 – 0,20
Suelo duro	0,25 – 0,30
Bosques	0,20 – 0,25

Fuente: GIL LAROJ, Joram Matías. *Evaluación de tragantes pluviales para la ciudad de Guatemala*. p. 15.

El diseño de drenaje del trabajo de EPS se realizó en una área boscosa y se usó un coeficiente $C = 0,2$.

2.13.5. Determinación de caudales e intensidades

Para la determinación de los caudales máximos e intensidades para el proyecto, es necesario determinar los caudales de descarga, uno de los métodos para calcular el área de descarga de los drenajes es el “Método racional” en donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la precipitación máxima (caudal de diseño) debe prologarse durante un período mayor, igual al que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano para llegar al punto considerado, en otras palabras el tiempo de concentración.

Este método se utiliza ampliamente, debido a su simplicidad y lógica, es utilizable en cuencas pequeñas, sin embargo, se deben tener presente sus limitaciones y las hipótesis que a continuación se mencionan:

- El método supone que el coeficiente de escorrentía se mantiene constante para distintas tormentas, lo cual es estrictamente válido solo para áreas impermeables, de allí la necesidad de amplificar los valores de C para períodos de retorno altos.
- Se asume que el período de retorno de la lluvia de diseño es igual al del caudal máximo.
- Considera también que la tormenta tiene distribución e intensidad constante en toda la cuenca.
- Supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída.

El método racional está representado por la fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Donde

Q = caudal de diseño (metros cúbicos por segundo)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (milímetros por hora)

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

Para la intensidad de lluvia, se consulta con la información del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) que tenga para la región en estudio, está dada por la fórmula de la tabla siguiente:

Tabla XXIV. **Fórmulas de intensidad de lluvia**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala (Zona Atlántica)	$2838/t+18$	$3706/t+22$	$4204/t+23$	$4604/t+24$
Ciudad de Guatemala (Zona Pacífica)				$6889/t+40$
Bananera, Izabal	$5771/t+48.8$	$710395/t+53.8$	$7961/t+56.63$	$36677/t+58.43$
Labor Ovalle Quetzaltenango	$977.7/t+3.8$	$11285/t+3.24$	$134554/t+3.49$	
La Fragua Zacapa	$37005/t+50$	$39905/t+41.75$	$4040/t+37.14$	
Chimaltenango	$1712/t+8.7$	$2201/t+10.17$		

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh).

$$i = 4\,604 / (t + 24)$$

i = intensidad de lluvia (milímetros por hora)

t = tiempo de concentración en minutos (se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de 12 minutos)

Donde

$$i = 4\,604 / (12+24) = 127,89 \text{ mm/hr}$$

n = coeficiente de rugosidad de Manning (se empleará el n = 0.009 para PVC, según tabla)

Tabla XXV. **Valores típicos de coeficiente de rugosidad**

Material	Coefficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C_H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Hierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmalado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

Fuente: Computer Applications in hydraulic Engineering, Haestad Metho.

Se calcula el caudal

$$Q = C \cdot i \cdot A / 360$$

$$Q = 0,2 \cdot 127,89 \cdot 3,6 / 360$$

$$Q = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se tiene las condiciones de diseño, las cuales serán:

$$S = 3 \%$$

d = ? donde d estará parcialmente lleno 90 %

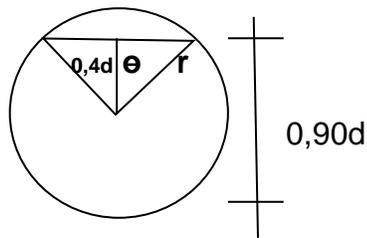
Fórmula para radio hidráulico sección circular

$$R = A/P$$

Donde

A = área

P = perímetro



$$\cos \theta = 0,4 d / 0,5 d$$

$$\theta = 0,6535 \text{ rad}$$

Se tiene

A1 = área círculo

$$A1 = \pi * r^2 = \pi * d^2 / 4 = 0,79 d^2$$

A2 = área sector circular

$$A2 = 0,6535 * d^2 / 4 = 0,16 d^2$$

A3 = área del triángulo

$$A3 = 2 * (0,5 * 0,4 d * 0,3 d) = 0,12 d^2$$

Área total es A1 - A2 + A3

$$At = 0,79 d^2 - 0,16 d^2 + 0,12 d^2$$

$$At = 0,75 d^2$$

Se calcula perímetro = perímetro del círculo – perímetro sector

$$P = \pi * d - 0,6435 d / 2$$

$$P = 2,82 d$$

Se calcula radio hidráulico = A / P

$$R_h = 0,75 d^2 / 2,82 d$$

$$R_h = 0,27 d$$

Y por último se utiliza la fórmula de Manning

$$Q = 1/n * A * R_h^{2/3} * s^{1/2}$$

$$Q = 1/0,009 * 0,75 d^2 * 0,42 d^{2/3} * 0,03^{1/2}$$

$$Q = 111,11 * 0,75 d^2 * 0,42 d^{2/3} * 0,03^{1/2}$$

$$Q = 5,95 d^{8/3}$$

Como $Q = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ se sustituye y despeja "d" el cual queda

$$d = (0,26 / 5,95)^{3/8}$$

$$d = 0,31 \text{ metros}$$

Se convierte a pulgadas y queda un diámetro de:

$$d = 12,20 \text{ plg}$$

Por cuestiones de limpieza se deja como diámetro mínimo una tubería de 30".

2.13.6. Análisis de resultados

Según los datos que se calcularon anteriormente se tiene que se utilizará una tubería de PVC de 15 pulgadas de diámetro y para la entrada como para la salida se estarán colocando como protección cajas de captación y cabezales con sus respectivos aletones de desfogue.

2.14. Muros de contención

Consideraciones fundamentales

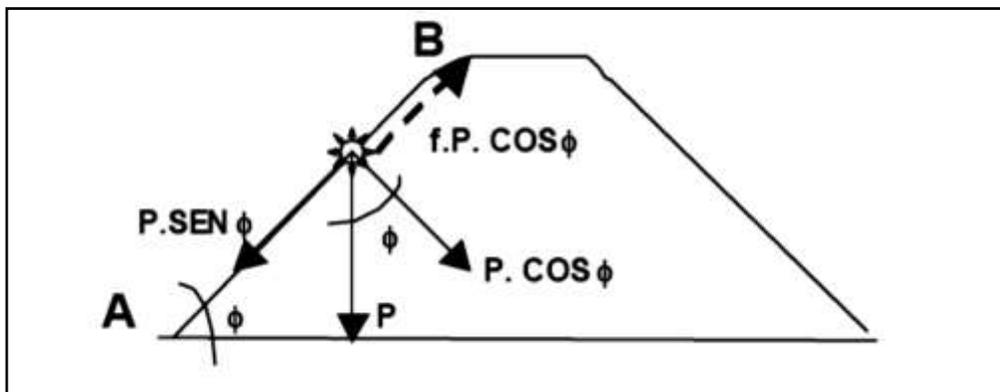
Un volumen de tierras, que se supone sin cohesión alguna, derramado libremente sobre un plano horizontal, toma un perfil de equilibrio que define el ángulo de talud natural de las tierras o ángulo de fricción interna del suelo ϕ .

Las partículas resbalan a lo largo del talud A-B, o talud natural de las tierras, que constituye la inclinación límite, más allá de la cual la partícula no puede mantenerse en equilibrio.

En la figura 13, se muestra un volumen de tierra derramado libremente y las fuerzas que originan una partícula sobre el talud. Considerando un elemento

de peso p que reposa sobre el talud, la componente según el talud vale: $p \cdot \text{Sen } \phi$, y el equilibrio se establece entre dicha componente y la fricción que se desarrollaría por el efecto de la componente normal al talud: $p \cdot \text{Cos } \phi$, al ponerse en movimiento dicha partícula.

Figura 15. Representación de ángulos de fricción



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 2.

Si se designa f el coeficiente de fricción de las tierras consigo mismas, la fuerza de fricción originada por el peso de la partícula en la dirección del talud A-B es: $f \cdot p \cdot \text{Cos } \phi$.

En el equilibrio

$$p \cdot \text{Sen } \phi = f (p \cdot \text{Cos } \phi) \quad (1)$$

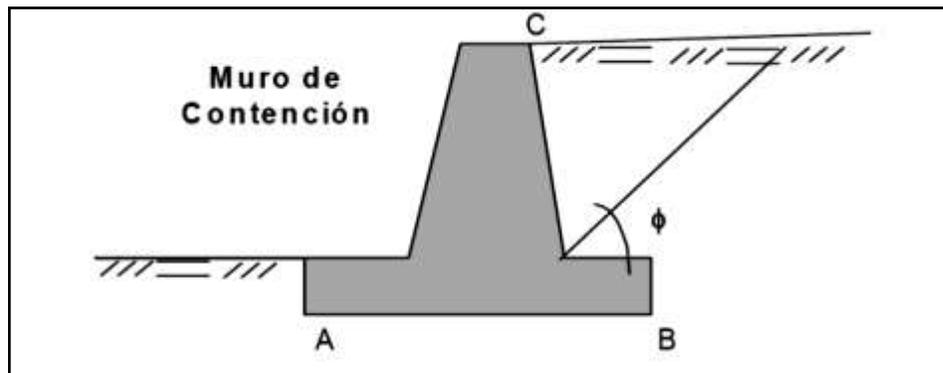
$$f = \text{Tan } \phi \quad (2)$$

Por lo tanto, la tangente del ángulo del talud natural es igual a la fricción interna de las tierras. El ángulo ϕ y el peso específico de los suelos γ , son

variables y dependen del tipo de suelo y del estado de humedad, entre otros. En la tabla XXII, se indican valores ϕ y γ , correspondientes a distintos tipos de suelos que se consideran desprovistos de cohesión, valores pueden ser de interés para las aplicaciones prácticas.

Si por cualquier circunstancia es preciso dar a las tierras un talud mayor que ϕ , será necesario evitar su derrumbamiento, colocando un muro de sostenimiento o de contención, que constituye un soporte lateral para las masas de suelo (ver figura 14).

Figura 16. **Muro de contención**



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 3.

El tipo de empuje que se desarrolla sobre un muro está fuertemente condicionado por la deformabilidad del muro. En la interacción muro-terreno, pueden ocurrir en el muro deformaciones que van desde prácticamente nulas, hasta desplazamientos que permiten que el suelo falle por corte. Pueden ocurrir desplazamientos de tal manera que el muro empuje contra el suelo, si se aplican fuerzas en el primero que originen este efecto.

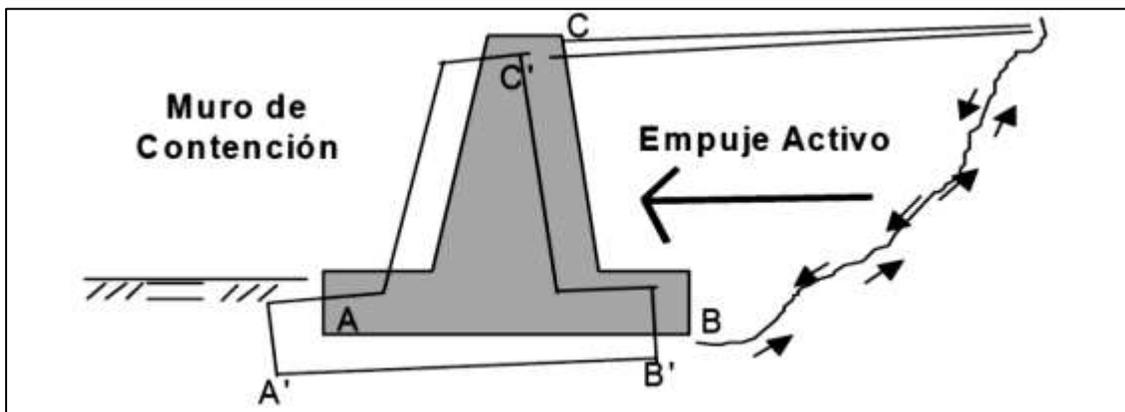
Tabla XXVI. Valores de Φ y δ para diferentes tipos de suelos

Clase de Material	Φ	γ (T/m ³)
Tierra de terraplenes, seca	35 a 40°	1,400
Tierra de terraplenes, húmeda	45°	1,600
Tierra de terraplenes, saturada	27°	1,800
Arena seca	35°	1,600
arena húmeda	40°	1,800
Arena saturada	25°	2,000
Gravilla seca	35 a 40°	1,850
Gravilla húmeda	25°	1,860
Grava de cantos vivos	45°	1,800
Cantos rodados	30°	1,800

Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 2.

Si el muro de sostenimiento cede, el relleno de tierra se expande en dirección horizontal, originando esfuerzos de corte en el suelo, con lo que la presión lateral ejercida por la tierra sobre la espalda del muro disminuye gradualmente y se aproxima al valor límite inferior, llamado empuje activo de la tierra (ver figura 15).

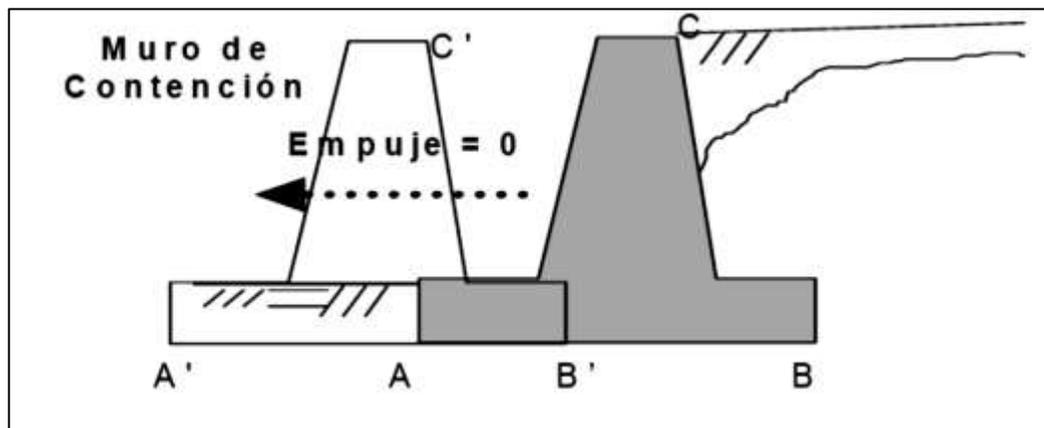
Figura 17. Empuje en muro



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel, *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 3.

Si se retira el muro lo suficiente y pierde el contacto con el talud, el empuje sobre él es nulo y todos los esfuerzos de corte los toma el suelo (ver figura 16).

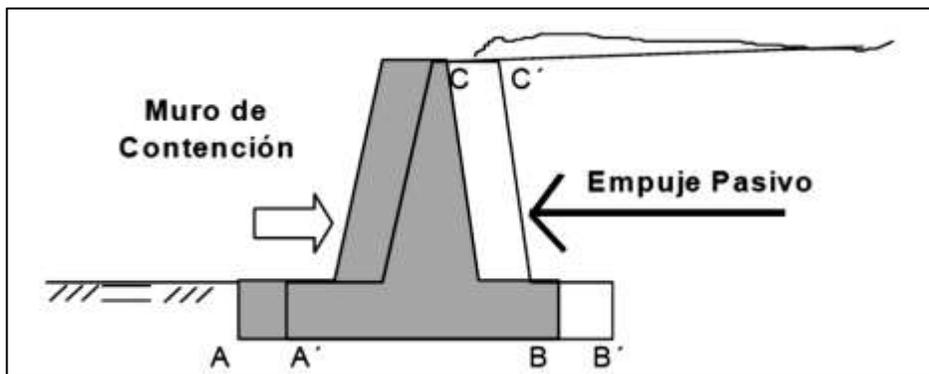
Figura 18. **Empuje en muro nulo**



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 3.

Si el muro empuja en una dirección horizontal contra el relleno de tierra, como en el caso de los bloques de anclaje de un puente colgante, las tierra así comprimida en la dirección horizontal originan un aumento de su resistencia hasta alcanzar su valor límite superior, llamado empuje pasivo de la tierra (ver figura 17). Cuando el movimiento del muro da origen a uno de estos dos valores límites, el relleno de tierra se rompe por corte.

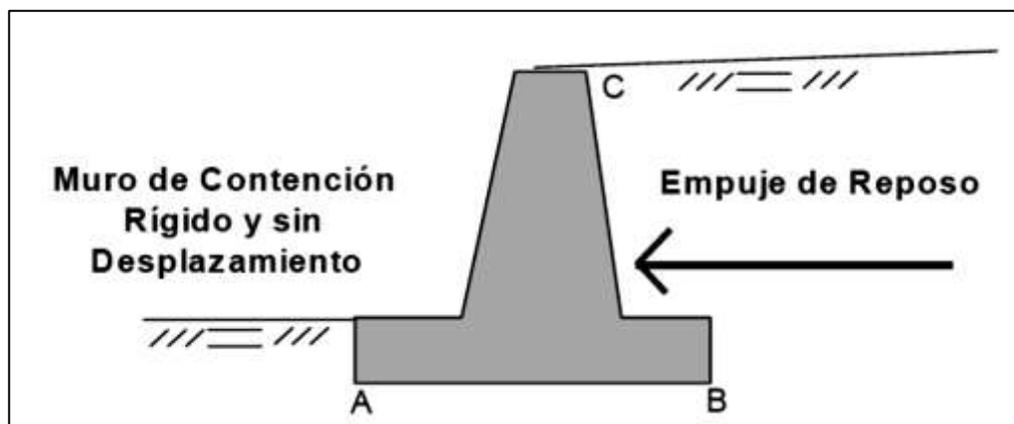
Figura 19. Empuje en muro pasivo



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 3.

Si el muro de contención es tan rígido que no permite desplazamiento en ninguna dirección, las partículas de suelo no podrán desplazarse, confinadas por el que las rodea, sometidas todas ellas a un mismo régimen de compresión, originándose un estado intermedio que recibe el nombre de empuje de reposo de la tierra (ver figura 18).

Figura 20. Muro de contención rígido y sin desplazamiento



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 3.

Se puede apreciar que los empujes de tierra se encuentran fuertemente relacionados con los movimientos del muro o pared de contención. Dependiendo de la interacción muro-terreno se desarrollarán empujes activos de reposo o pasivos, siendo el empuje de reposo una condición intermedia entre el empuje activo y el pasivo.

Con el estado actual del conocimiento se pueden estimar con buena aproximación los empujes del terreno en suelos granulares, en otros tipos de suelos su estimación puede tener una mayor imprecisión.

Los suelos arcillosos tienen apreciable cohesión, son capaces de mantener taludes casi verticales cuando se encuentran en estado seco, no ejercen presión sobre las paredes que lo contienen, sin embargo, cuando estos suelos se saturan, pierden prácticamente toda su cohesión, originando empuje similar al de un fluido con el peso de la arcilla, esta situación indica que si se quiere construir un muro para contener arcilla, este debe ser diseñado para resistir la presión de un líquido pesado, más resistente que los muros diseñados para sostener rellenos no cohesivos. En caso de suelos mixtos conformados por arena y arcilla, es conveniente desprestigiar la cohesión, utilizando para determinar el empuje de tierra solo el ángulo de fricción interna del material.

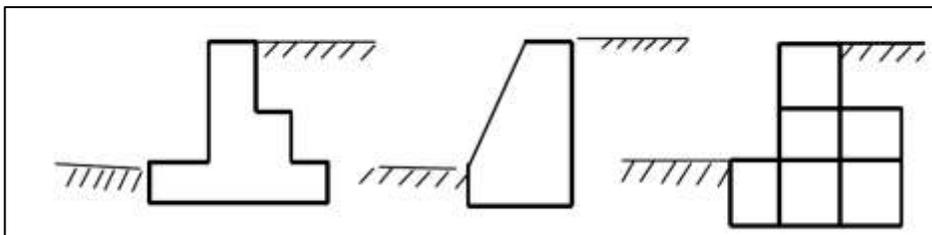
2.14.1. Muro de contención por gravedad

Muros de gravedad: son aquellos con gran masa que resisten el empuje mediante su propio peso y con el peso del suelo que se apoya en ellos; suelen ser económicos para alturas moderadas, menores de 5 m, son muros con dimensiones generosas, que no requieren refuerzo.

En cuanto a su sección transversal puede ser de varias formas, en la figura 19 se muestran algunas secciones de ellas.

Los muros de gravedad pueden ser de concreto ciclópeo, mampostería, piedra o gaviones. La estabilidad se logra con su peso propio, por lo que requiere grandes dimensiones dependiendo del empuje. La dimensión de la base de estos muros oscila alrededor de 0,4 a 0,7 de la altura. Por economía, la base debe ser lo más angosta posible, pero debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y deslizamiento, y para originar presiones de contacto no mayores que las máximas permisibles.

Figura 21. **Muros de gravedad**



Fuente: TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención*. p. 5.

2.14.2. **Estabilidad**

El análisis de la estructura contempla la determinación de las fuerzas que actúan por encima de la base de fundación, tales como empuje de tierra, peso propio, peso de la tierra de relleno, cargas y sobrecargas con la finalidad de estudiar la estabilidad al volcamiento y deslizamiento, así como el valor de las presiones de contacto.

El peso propio del muro: esta fuerza actúa en el centro de gravedad de la sección, y puede calcularse de manera fácil subdividiendo la sección del muro en áreas parciales sencillas y de propiedades geométricas conocidas.

La presión que la tierra ejerce sobre el muro que la contiene mantiene una relación directa con el desplazamiento del conjunto, en el estado natural si el muro no se mueve se dice que existe presión de reposo; si el muro se mueve alejándose de la tierra o cede, la presión disminuye hasta una condición mínima denominada presión activa. Si el muro se desplaza contra la tierra, la presión sube hasta un máximo denominado presión pasiva.

Para este tipo de proyecto y viendo la necesidad de los recursos económicos, se ha decidido hacer el diseño de los muros por gravedad, ya que en dicho lugar hay suficiente material que puede ser de mucha utilidad y también se utilizará un diseño de concreto ciclópeo.

Cálculos

Se hará el cálculo de un muro de contención el cual va a ser el más largo y más alto, con estos cálculos se estaría con el diseño para los demás muros de contención.

Tabla XXVII. **Puntos de muros de contención**

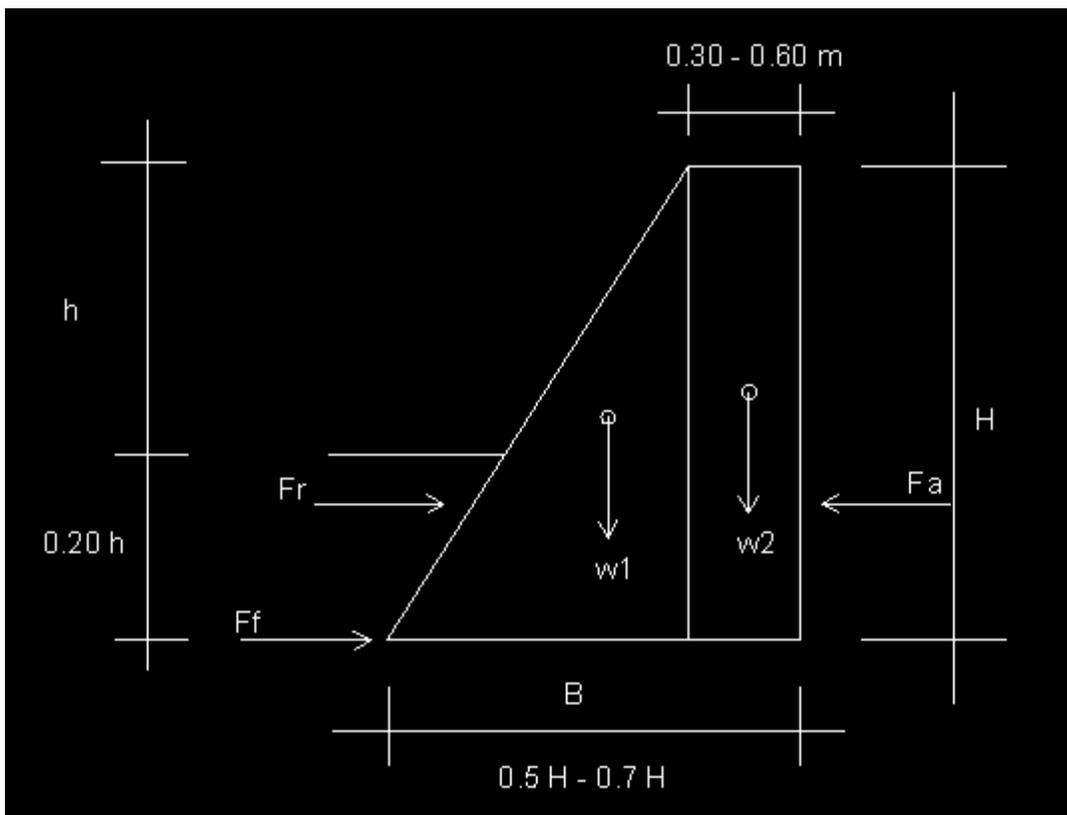
Muros de contención		
Estación	Largo	Alto
0+070	10,00	5,00
0+170	9,00	5,00
0+290	9,00	4,80
0+320	9,00	4,00
0+460	8,00	4,00

Continuación de la tabla XXVII.

0+510	7,00	4,00
0+590	7,00	3,15
0+620	4,00	2,50
0+670	4,00	2,50
0+745	3,00	2,50

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Diseño de muro de contención por gravedad**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos

H = 5 metros

$\varphi = 35^\circ$ de fricción interna

$\delta = 1\,448 \text{ kg/m}^3$

Peso específico del concreto $2\,400 \text{ kg/m}^3$

Valor soporte del suelo 15 ton/m^2

Predimensionamiento

$h = 0,20 * 5 \text{ m}$

$h = 1 \text{ metro}$

$B = 0,7 H$

$B = 0,7 * 5 \text{ m}$

$B = 3,5 \text{ metros}$

Chequeos del muro de contención

- Chequeo por volteo
momento resultante/momento volteo $\geq 1,5$
- Chequeo por deslizamiento
Fuerza resultante/fuerza actuante $\geq 1,5$
- Chequeo contra asentamiento

Cálculos

Chequeo por volteo

Tabla XXVIII. **Cálculo de momentos**

Porción	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	$2,7*(6/2)*1*2400 = 19\,440$	1,9	36 939
2	$0,3*6*1*2\,400 = 4\,320$	2,55	11 016
	$W = 23\,760 \text{ kg}$		47 952

Fuente: elaboración propia.

Momento resultante

$$MR = 47\,952 \text{ kg} - \text{m}$$

Momento actuante

$$MA = FA * YA$$

$$FA = \delta H^2 (ka/2)$$

$$Ka = (1 - \text{sen } \varphi) / (1 + \text{sen } \varphi)$$

$$Ka = (1 - \text{sen } 35) / (1 + \text{sen } 35)$$

$$Ka = 0,27$$

$$FA = 1\,448 * 0,27/2 * 6 * 1$$

$$FA = 7\,037,28 \text{ KG}$$

$$YA = H/3 = 6/3 = 2 \text{ m}$$

$$MA = FA * YA$$

$$MA = 7\,037,28 * 2 = 14\,074,56 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Momento resultante/ momento volteo $\geq 1,5$

$$MR = 47\,952 \text{ kg} - \text{m} / MA = 14\,074,56 \text{ kg} - \text{m} \geq 1,5$$

$$3,40 \geq 1,5 \text{ Chequeo por volteo}$$

Chequeo por deslizamiento

$$Fr = Fp + Ff$$

$$Fp = \delta h^2 (kp/2)$$

$$Kp = (1 + \text{sen } \varphi) / (1 - \text{sen } \varphi)$$

$$Kp = (1 + \text{sen } 35) / (1 - \text{sen } 35)$$

$$Kp = 3,69$$

$$h^2 = 1$$

$$Fp = 1\,448 * 1 * 3,69/2 = 2\,671,56$$

Fuerza fricción

$F_f = w$ (coeficiente de fricción)

Coeficiente de fricción = $(0,6 - 0,9) \tan \phi$

$0,9 \tan 35 = 0,63$

$F_f = 23\,760 * 0,63$

$F_f = 14\,968,8 \text{ kg}$

Fuerza resultante = $F_p + F_f = 2\,671,56 + 14\,968,8 = 17\,641,36 \text{ kg}$

- Chequeo por deslizamiento

Fuerza resultante / Fuerza actuante $\geq 1,5$

$F_r = 17\,641,36 \text{ kg} / F_A = 7\,037,28 \text{ kg} \geq 1,5$

$2,51 \geq 1,5$ Chequeo por deslizamiento

Chequeo contra asentamiento

$e = B/2 - M_r - M_a/N$ $N = W$

$e = 3/2 - (47\,952 - 14\,074,56)/23\,760$

$e = 0,07$ A la derecha del centro de la base

$P_1 = N/B (1+6e/B)$

$P_1 = (23\,760/3) * (1+6*0,07)/3$

$P_1 = 3\,748,8 \text{ kg/M}^2$

$P_2 = N/B (1-6e/B)$

$P_2 = (23\,760/3) * (1-6*0,07)/3$

$P_2 = 1\,531,20 \text{ kg/m}^2$

Los valores obtenidos en p_1 y p_2 son menores al valor soporte del suelo que son de 15 ton/m^2 ($13\,636,36 \text{ kg/m}^2$).

Con la ayuda de tablas de Excel, se calculó el diseño del muro de contención y si se repara en los resultados, el cálculo por volteo, deslizamiento

y asentamiento chequean conforme a los factores de seguridad que en este caso tienen un valor de 1,5.

Además, para este tipo de muro se estará usando un concreto ciclópeo en donde se tiene una proporción recomendada de la siguiente manera:

Su proporción será de $1/3$ de piedra grande de 4" + $2/3$ de concreto pobre.

Cemento.....	3,50 sacos
Arena de río.....	0,38 m ³
Piedrín.....	0,53 m ³
Piedra de río (bola) de 4".....	0,33 m ³

0,7 galones de agua por saco.

Equivalente a 20 galones de agua por metros cúbicos de concreto ciclópeo.

2.15. Presupuesto

Es aquel que por medio de mediciones y valoraciones da un coste de la obra a construir, la valoración económica de la obra, acerca a la realidad, aunque el costo final puede variar del presupuesto de obra inicial.

Tabla XXIX. **Diseño de tramo carretero y muro de contención**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO					
Renglón: Az 203.03 (b)					
Actividad: Excavación no clasica					
Cantidad: 1,00 m ³					
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Retroexcavadora cargadora	0,01	hora	Q 800,00	Q 8,00
	Equipo de topografía	0,01	días	Q 800,00	Q 8,00
	Camión de volteo 12 m ³	0,04	viajes	Q 600,00	Q 24,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 40,00
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Cheques	0,01	viajes	Q 40,00	Q 0,40
TOTAL RENGLÓN:					Q 0,40
MATERIALES					
	Descripción	Unidad		Precio Unitario	Subtotal
TOTAL RENGLÓN:					Q -
Total Costo Directo:				Q	40,40
Costos Indirectos: 20,00 %				Q	8,00
TOTAL POR RENGLÓN:				Q	48,00
TOTAL POR:				Q	48,00
					m ³

Continuación de la tabla XXIX.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto:	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERA Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO				
Renglón:	Az 203.03©				
Actividad:	Excavación no clásica para préstamo				
Cantidad:	1,00 m ³				
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Retroexcavadora Cargadora Motor	0,01	hora	Q 800,00	Q 8,00
	Camión de volteo de 12 m ³	0,04	viajes	Q 800,00	Q 32,00
	Equipo de topografía	0,01	día	Q 600,00	Q 6,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 46,00
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Cheques	0,01	hora	Q 40,00	Q 0,40
TOTAL RENGLÓN:					Q 0,40
MATERIALES					
	Descripción	Unidad		Precio Unitario	Subtotal
TOTAL RENGLÓN:					Q -
Total Costo Directo:				Q	46,40
Costos Indirectos: 20,00 %				Q	9,28
TOTAL POR RENGLÓN:				Q	55,68
TOTAL POR:		m ³		Q	55,68

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales de alcantarillas**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERA Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO					
Renglón: 205,05					
Actividad: Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales de alcantarillas					
Cantidad: 1,00 m ³					
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Retroexcavadora cargadora motor	0,04	hora	Q 800,00	Q 32,00
	Camión de volteo de 12,00 mts ³ .	0,10	viaje	Q 600,00	Q 60,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 92,00
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Peón	1,00	día	Q 75,00	Q 75,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 75,00
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
TOTAL RENGLÓN:					Q -
Total Costo Directo:					Q 167,00
Costos Indirectos: 20,00 %					Q 33,40
TOTAL POR RENGLÓN:					Q 200,40
TOTAL POR:					Q 200,40
					m ³

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Excavación estructural para alcantarillas**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERA Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO					
Renglón: 205,06					
Actividad: Excavación estructural para alcantarillas					
Cantidad: 1,00 m ³					
EQUIPO					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal	
Retroexcavadora cargadora Motor	0,01	horas	Q 800,00	Q	8,00
Camión de volteo de 12,00 mts ³	0,05	viaje	Q 600,00	Q	30,00
Topografía	0,01	horas	Q 800,00	Q	8,00
TOTAL RENGLÓN:				Q	46,00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal	
Peon	1,00	dia	Q 75,00	Q	75,00
TOTAL RENGLÓN:				Q	75,00
MATERIALES					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal	
TOTAL RENGLÓN:				Q	-
Total Costo Directo:				Q	121,00
Costos Indirectos: 20,00 %				Q	24,20
TOTAL POR RENGLÓN:				Q	145,20
TOTAL POR:		m ³			Q 145,20

Continuación de la tabla XXXI.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERA Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO
 Renglón: 304.01(a)
 Actividad: Base Granular Selecto t = 0,15 m
 Cantidad: 1,00 m³

EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Motoniveladora motor de 150 HP	0,03	horas	Q 550,00	Q 16,50
	Cisterna de 2 650 Gls.	0,02	camión	Q 600,00	Q 12,00
	Vibratorio rodo liso de 12,5 Ton.	0,02	horas	Q 350,00	Q 7,00
	Equipo de topografía	0,01	horas	Q 800,00	Q 8,00
	Equipo para laboratorio de suelos	0,15	horas	Q 50,00	Q 7,50
	Camión de volteo 12m ³	0,02	m ³	Q 275,00	Q 5,50
TOTAL RENGLÓN:					Q 56,50

MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Peón	0,05	horas	Q 15,00	Q 0,75
	Laboratorista	0,15	horas	Q 50,00	Q 7,50
TOTAL RENGLÓN:					Q 8,25

MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Base	1,00	m ³	Q 60,00	Q 60,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 60,00

Total Costo Directo:		Q 124,75
Costos Indirectos: 20,00 %		Q 24,95
TOTAL POR RENGLÓN:		Q 149,70
TOTAL POR:	m³	Q 149,70

Continuación de la tabla XXXI.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto:	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERA Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO				
Renglón:	304.01(a)				
Actividad:	Base granular selecto t = 0,15 m				
Cantidad:	1,00 m ³				
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Motoniveladora motor de 150 HP	0,03	horas	Q 550,00	Q 16,50
	Cisterna de 2 650 Gls.	0,02	camión	Q 600,00	Q 12,00
	Vibratorio rodo liso de 12,5 Ton.	0,02	horas	Q 350,00	Q 7,00
	Equipo de topografía	0,01	horas	Q 800,00	Q 8,00
	Equipo para laboratorio de suelos	0,15	horas	Q 50,00	Q 7,50
	Camión de volteo 12 m ³	0,02	m ³	Q 275,00	Q 5,50
TOTAL RENGLÓN:					Q 56,50
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Peón	0,05	horas	Q 15,00	Q 0,75
	Laboratorista	0,15	horas	Q 50,00	Q 7,50
TOTAL RENGLÓN:					Q 8,25
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Base	1,00	m ³	Q 60,00	Q 60,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 60,00
Total Costo Directo:				Q	124,75
Costos Indirectos: 20,00 %				Q	24,95
TOTAL POR RENGLÓN:				Q	149,70
TOTAL POR:		m ³		Q	149,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Acarreo

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto:	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERA Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO				
Renglón:	208,06				
Actividad:	Acarreo				
Cantidad:	1,00 m ³ Xkm				
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Camión de volteo de 12,00 mts ³ .	0,005	m ³	Q 600,00	Q 3,00
	Retroexcavadora cargadora motor	0,005	horas	Q 800,00	Q 4,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 7,00
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Cheques	0,01	viajes	Q 14,00	Q 0,14
TOTAL RENGLÓN:					Q 0,14
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
TOTAL RENGLÓN:					Q -
Total Costo Directo:				Q	7,14
Costos Indirectos: 20,00 %				Q	1,43
TOTAL POR RENGLÓN:				Q	8,57
TOTAL POR:		m ³ Xkm		Q	8,57

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Concreto

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO Renglón: Az551.02 Actividad: Concreto 28 Mpa (4,000 PSI) Cantidad: 1,00 m ³					
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Metro cubico de concreto 4 000 PSI	1,00	m ³	Q 1 650,00	Q 1 650,00
TOTAL RENGLON:					Q 1 650,00
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Equipo de colocación de concreto, incluye, formateado, colocación de concreto, planchado, rayado, aplicación de antisol	1,00	m ²	Q 65,00	Q 65,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 65,00
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
TOTAL RENGLÓN:					Q -
Total Costo Directo:					Q 1 715,00
Costos Indirectos: 20,00 %					Q 343,00
TOTAL POR RENGLÓN:					Q 2 058,00
TOTAL POR:		m ³			Q 2 058,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Bordillo de concreto simple**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO Renglón: 609,01 Actividad: Bordillos de concreto simple Cantidad: 1,00 ml					
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	toneles	0,02	toneles	Q 24,00	Q 0,48
	Mezcladora de concreto 1 saco	0,02	horas	Q 150,00	Q 3,00
	vibrador de concreto	0,01	horas	Q 125,00	Q 1,25
	Camión de volteo de 12,00 mts ³ .	0,01	viajes	Q 275,00	Q 2,75
TOTAL RENGLÓN:					Q 7,48
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Albañil	1,00	ml	Q 4,00	Q 45,00
	Ayudante	1,00	ml	Q 20,00	Q 20,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 65,00
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Cemento	0,28	saco	Q 77,00	Q 21,56
	Arena de río	0,02	m ³	Q 150,00	Q 3,00
	Piedrín	0,02	m ³	Q 225,00	Q 4,50
	costanera	0,16	ml	Q 100,00	Q 16,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 45,06
Total Costo Directo:					Q 117,54
Costos Indirectos: 20,00 %					Q 23,51
TOTAL POR RENGLÓN:					Q 141,05
TOTAL POR:		ml			Q 141,05

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Suministro provisión y Colocación de alcantarilla PVC (Ø 30")**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO					
Renglón: Co 208.02.3 (30")					
Actividad: Suministro provisión y colocación de alcantarilla PVC (Ø 30")					
Cantidad: 1,00 ml					
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Topógrafo	0,04	horas	Q 800,00	Q 32,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 32,00
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Colocador	0,16	ml	Q 50,00	Q 8,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 8,00
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Tubería de PVC 30"	0,16	ml	Q10 500,00	Q 1 680,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 1 680,00
Total Costo Directo:					Q 1 720,00
Costos Indirectos: 20,00%					Q 344,00
TOTAL POR RENGLÓN:					Q 2 064,00
TOTAL POR:					Q 2 064,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Mampostería**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto:	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42,5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO				
Renglón:	Coe 402.1				
Actividad:	Mampostería				
Cantidad:	1,00 m ³				
EQUIPO					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Camión cisterna de 2 650 Gls.	0,12	viajes	Q 800,00	Q 96,00
	Mezcladora de concreto 1 saco	0,40	horas	Q 200,00	Q 80,00
	Compactador manual	0,15	horas	Q 125,00	Q 18,75
	Camión de volteo de 12,00 mts ³	0,35	viajes	Q 600,00	Q 210,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 404,75
MANO DE OBRA					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Albañil	0,35	horas	Q 125,00	Q 43,75
	Peón	0,35	horas	Q 100,00	Q 35,00
TOTAL RENGLÓN:					Q 78,75
MATERIALES					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
	Cemento	3,50	saco	Q 77,00	Q 269,50
	Arena de río	0,38	m ³	Q 150,00	Q 57,00
	Piedrín	0,53	m ³	Q 225,00	Q 119,25
	Madera	14,00	pie	Q 5,00	Q 70,00
	Piedra de canto rodado	0,33	m ³	Q 120,00	Q 39,60
		5,70	gal	Q 3,40	Q 19,38
TOTAL RENGLÓN:					Q 574,73
Total Costo Directo:					Q 1 058,23
Costos Indirectos: 20,00 %					Q 211,65
TOTAL POR RENGLÓN:					Q 1 269,88
TOTAL POR:					Q 1 269,88

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Señales de tráfico informativas laterales simples de metal (SII, SIR), suministro y colocación, un tablero**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS						
Proyecto:	"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."					
Renglón:	707.04(b)LS					
Actividad:	Señales de tráfico informativas laterales simples de metal (SII, SIR), suministro y colocacion, un tablero					
Cantidad:	1,00 unidad					
EQUIPO						
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal	
TOTAL RENGLÓN:						Q -
MANO DE OBRA						
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal	
	albañil	0,04	horas	Q 125,00	Q	5,00
	Peón	0,04	horas	Q 100,00	Q	4,00
TOTAL RENGLÓN:						Q 9,00
MATERIALES						
	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Sub-Total	
	Rotulo del proyecto	1,00	unidad	Q 2 000,00	Q	2 000,00
	Cemento	1,00	saco	Q 77,00	Q	77,00
	Arena de río	0,08	m ³	Q 150,00	Q	11,25
	Piedrín	0,15	m ³	Q 225,00	Q	33,75
TOTAL RENGLÓN:						Q 2 122,00
Total Costo Directo:					Q	2 131,00
Costos Indirectos:		20,00 %			Q	426,20
Equipo:					Q	-
TOTAL POR RENGLÓN:					Q	2 557,20
TOTAL POR:					Q	2 557,20
						unidad

Fuente: elaboración propia.

2.16. Resumen

A continuación se indica la conclusión del tramo carretero y el muro de contención.

Tabla XXXVIII. **Resumen de diseño de tramo carretero y muro de contención**

**“DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5
CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL
PROGRESO.”**

RUTA	DESCRIPCION DEL TRAMO	LONGITUD	DEPARTAMENTO
ATLANTICO	PAVIMENTO DE CONCRETO DEL KM 42.5 HACIA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO SAN ANTONIO LA PAZ	1149.00	PROGRESO
LONGITUD TOTAL		1149.00	

RENGLON	DESCRIPCION DEL RENGLO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
Az 203.03 (b)	Excavacion no clasificada	m3	1,084.00	Q 48.48	Q 52,552.32
Az 203.03(c)	Excavación no clasificada para préstamo	m3	2,635.63	Q 55.68	Q 146,751.88
205.05	Excavación Estructural para Cimentación de Cajas y Cabezales de Alcantarillas	m3	30.36	Q 200.40	Q 6,084.14
205.06	Excavación Estructural Para Alcantarillas	m3	50.40	Q 145.20	Q 7,318.08
301	Reacondicionamiento de la Sub rasante existente (0.15 m)	m2	6,319.50	Q 28.08	Q 177,451.56
304.01(a)	Base Granular Selecto t = 0.15 m	m3	1,042.72	Q 149.70	Q 156,095.18
208.06	Acarreo	m3Xkm	10,542.52	Q 8.57	Q 90,349.40
Az551.02	Concreto 28 Mpa (4,000 PSI)	m3	1,042.72	Q 2,058.00	Q 2,145,917.76
609.01	Bordillos de concreto simple	ml	2,298.00	Q 141.05	Q 324,132.90
Co 208.02.3 (30")	Suministro provision y Colocación de alcantarilla PVC (Ø 30")	ml	16.80	Q 2,064.00	Q 34,675.20
Coe 402.1	Mampostería	m3	190.73	Q 1,269.88	Q 242,204.21
707.04(b)LS	Señales de Trafico Informativas laterales simples de metal (SII, SIR), suministro y colocacion, un tablero	unidad	3.00	Q 2,557.20	Q 7,671.60
Monto del proyecto				Q	3,391,204.23

Fuente: elaboración propia.

2.17. Cronograma

A continuación se presenta una lista de todos los elementos terminales del proyecto con sus fechas previstas de comienzo y final.

"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."										
META		TRAMOS		DEPARTAMENTO		LONGITUD				
ATLÁSTICO		PAVIMENTO DE CONCRETO DEL KM 42.5 A VECIN ALDEA DOLORES MUNICIPIO SAN ANTONIO LA PAZ		PROGRESO		1148.00		1148.00		
		LONGITUD TOTAL				1148.00				

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN/INVERSIÓN														
REGLÓN	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	PORCENTAJE	MESES							
							MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	TOTALES		
Az 203.03	Excavación no clasificada	M3	1894.88	Q. 48.48	Q. 92,052.30	1.0%	Q. 13,138.00	Q. 13,138.00	Q. 13,138.00	Q. 13,138.00	Q. 13,138.00	Q. 52,552.32		
Az 203.03	Excavación no clasificada para préstamo	M3	2835.83	Q. 95.88	Q. 148,751.98	4.3%	Q. 28,358.30	Q. 28,358.30	Q. 28,358.30	Q. 28,358.30	Q. 28,358.30	Q. 148,751.98		
295.05	Excavación Estructural para Orientación de Cajas y Cabezales de Alcantarillas	M3	30.38	Q. 200.48	Q. 6,084.14	0.18%	Q. 3,042.07	Q. 3,042.07				Q. 6,084.14		
295.06	Excavación Estructural Paso Alcantarillas	M3	10.46	Q. 145.28	Q. 1,518.00	0.22%	Q. 3,689.08	Q. 3,689.08				Q. 7,378.00		
303	Acercamiento de la Sub-estación costera (8.15 m)	M2	6319.58	Q. 28.88	Q. 177,451.06	5.2%	Q. 36,125.19	Q. 36,125.19				Q. 177,451.06		
304.01	Bases Gravales Selecta (8.15 m)	M3	1842.32	Q. 140.78	Q. 156,065.16	4.6%	Q. 52,017.73	Q. 52,017.73	Q. 52,017.73	Q. 52,017.73	Q. 52,017.73	Q. 156,065.16		
299.08	Acero	MM2	19542.52	Q. 8.57	Q. 167,349.40	2.6%	Q. 36,116.47	Q. 36,116.47	Q. 36,116.46	Q. 36,116.46	Q. 36,116.46	Q. 167,349.40		
4651.02	Concreto 28 Mpa (4 000 PSI)	M3	1842.32	Q. 2,858.88	Q. 2,445,917.76	63.2%			Q. 1,027,968.88	Q. 1,027,968.88	Q. 1,027,968.88	Q. 2,445,917.76		
689.01	Bordillo de concreto simple	M2	2298.88	Q. 141.65	Q. 325,132.80	9.5%			Q. 162,566.40	Q. 162,566.40	Q. 162,566.40	Q. 325,132.80		
208.62.3 (3)	Suministro, transporte y colocación de alcantarilla PVC (Ø 30")	M2	16.88	Q. 2,884.88	Q. 34,515.20	1.0%	Q. 17,337.68	Q. 17,337.68				Q. 34,515.20		
Coa 402	Transporte	M3	768.73	Q. 1,259.88	Q. 242,724.21	7.1%			Q. 242,724.21			Q. 242,724.21		
TIE 34(1)	Señales de Trabajo Intermedias: Muebles simples de metal (SR, SR), Suministro y colocación, 108 30x60	UNIDAD	3.08	Q. 7,671.80	Q. 23,607.16	0.7%					Q. 23,607.16	Q. 23,607.16		
				TOTAL		100.000%								
							INVERSIÓN QUINCENAL	Q. 44,337.86	Q. 141,889.42	Q. 111,762.13	Q. 1,031,781.74	Q. 1,031,857.44	Q. 100,718.88	Q. 4,398,294.21
							PORCENTAJE QUINCENAL	1.3%	1.4%	1.3%	47.4%	31.5%	1.0%	100.0%
							INVERSIÓN ACUMULADA	Q. 44,337.86	Q. 186,227.28	Q. 298,009.41	Q. 1,330,091.15	Q. 2,362,048.59	Q. 3,393,067.47	
							PORCENTAJE ACUMULADO	1.3%	1.7%	3.0%	67.7%	99.2%	100.0%	

Fuente: elaboración propia.

2.18. Formulario de evaluación inicial ambiental

Se utiliza para todo proyecto que se va a iniciar, pero por sus características es considerado de bajo impacto ambiental.

Tabla XXXIX. Formulario de evaluación inicial ambiental

 MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES REPÚBLICA DE GUATEMALA. EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL (Formato propiedad del MARN)	
Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>Núm. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo:</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
I. INFORMACIÓN LEGAL	

Continuación de la tabla XXXIX.

I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:			
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO.			
I.2. Información legal:			
A) Nombre del Proponente o Representante Legal:			
MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ			
B) De la empresa:			
Razón social:			

Nombre comercial:			
MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ			
Núm. de Escritura Constitutiva: _____			
Fecha de constitución: _____			
Patente de Sociedad	Registro Núm. _____	Folio Núm. _____	Libro Núm. _____

Patente de Comercio	Registro Núm. _____	Folio Núm. _____	Libro Núm. _____

Núm. de Finca	_____	Folio Núm.	Libro Núm.
_____ de _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.			

Continuación de la tabla XXXIX.

Número de Identificación Tributaria (NIT):	
<p>I.3 Teléfono _____ Fax _____</p> <p>Correo electrónico: _____</p>	
<p>I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: <u>ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO.</u></p> <p>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas:</p> <p>_____</p>	
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WG
PONER GEOGRAFÍAS	
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal):</p> <p style="text-align: center;"><u>MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO.</u></p> <p>_____</p>	

Continuación de la tabla XXXIX.

I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo:

II. INFORMACIÓN GENERAL

Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:

Etapas de:

I.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono

II.3 Área

a) Área total de terreno en m²: 6 250

b) Área de ocupación del proyecto en m²: 6 250

Continuación de la tabla XXXIX.

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE _____ SUR _____
 ESTE _____ OESTE _____

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO

II.5 Dirección del viento:

HACIA DONDE SOPLA EL VIENTO PARA VER EFECTOS SOBRE EL PROYECTO. A TAL ÁREA. POR EMANACIÓN DE TÓXICOS AMBIENTALES, EN CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO, EN OLORES PARTÍCULAS O GASES:

Este a sureste y no se utilizarán materiales tóxicos.

II.7 Datos laborales:

a) Jornada de trabajo: Diurna () Nocturna () Mixta () Horas Extras _____

b) Número de empleados por jornada _____ Total empleados _____

c) Otros datos laborales, especifique:

Continuación de la tabla XXXIX.

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si / no	Cantidad/ (mes, día, hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones y observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público						
	Pozo						
	Agua superficial						
	Otro						
Combustibles*	gasolina						
	Diésel						
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenamiento de combustibles adjuntar copia.

III. TRANSPORTE

III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

a) Número de vehículos _____

b) Tipo de vehículo _____

c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____

IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD

Fuente: elaboración propia.

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

Tabla XL. **Cuadro de impactos 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 y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)			
		Ruido			
		Vibraciones			
		Olores			
2	Agua	Abastecimiento de agua			
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad:		
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad:	Descarga:	
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad:	Descarga:	
		Agua de lluvia	Captación	Descarga:	

Continuación de la tabla XL.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad:		
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad:	Disposición	
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)			
		Modificación del relieve o topografía del área			
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)			
		Fauna (animales)			
		Ecosistema			
5	Visual	Modificación del paisaje			
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos			
7	Otros				

Nota: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes:

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA

CONSUMO:

V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (Kw/hr o Kw/mes) _____

V.2 Forma de suministro de energía

a) Sistema público _____

b) Sistema privado _____

c) generación propia _____

V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?

SI _____ NO _____

V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?

Continuación de la tabla XL.

I. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD			
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:			
a) <input type="checkbox"/>	la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio		
b) <input type="checkbox"/>	la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores		
c) <input type="checkbox"/>	la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores		
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuáles serían las actividades riesgosas			
<hr/>			
VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?			
a) inundación ()	b) explosión ()	c) deslizamientos ()	
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio ()	e) Otro ()
Detalle la información explicando el por qué?			
<hr/>			
<hr/>			
VI.3 Riesgos ocupacionales:			
<input type="checkbox"/>	Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores		
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores		
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores		
<input type="checkbox"/>	No existen riesgos para los trabajadores		
Ampliar información:			
<hr/>			
<hr/>			
VI.4 Equipo de protección personal:			
VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI () NO ()			
VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:			
VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?:			

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se consiguieron muestras del tipo de suelo que se encuentra en el proyecto, el cual es un material de arcilla limosa color café, en donde sus propiedades indican que es impermeable en estado compactado. Es un material regular a la resistencia al corte, su compresibilidad es media y la facilidad de tratamiento en obra es de regular a buena.
2. Según la clasificación AASHTO está en los suelos con más del 35 % de finos, se encuentra en la nomenclatura de a-5 (suelos limosos).
3. Para que este suelo sea excelente se tiene que hacer uso en la compactación del rodillo pata de cabra o *chifut*.
4. Se puede ver que por el tipo de lugar (montañosa) hay pendientes demasiado elevadas y curvas con radios que no cumplen con la norma, para eso es necesario colocar rótulos de prevención y precaución a lo largo del tramo carretero.
5. Para la zona donde se desarrolla el proyecto se determinó el uso de las cajas y cabezales de protección en cada uno de los transversales. Porque las velocidades de salida de cada uno puede ocasionar erosiones, y lo que se trata es de proteger para que no sucedan las erosiones en cada una de las salidas. Aunque las lluvias no son de períodos largos sino de poca duración, pero para no tener que hacer gasto más grandes, se hace necesario de dichas protecciones.

6. Además, en estos transversales se colocará tubería de PVC con un diámetro de 15" en cada uno.
7. Se construirán 10 muros de contención, el diseño de estos muros es por gravedad, estos muros trabajarán por su propio peso.
8. Para este tramo carretero se efectuarán los siguientes trabajos: se hará un reacondicionamiento de la subrasante de 15 centímetros, para luego colocar una base granular de 10 centímetros y luego colocar la carpeta de rodadura que llevará un espesor de 11,4 centímetros.

RECOMENDACIONES

1. Chapear en derecho de vía: con el fin de incrementar la vida útil de dicha obra se debe considerar que es importante incluir la limpieza en el derecho de vía. Realizar antes el chapeo y recolección de la maleza cortada y luego la limpieza para recolectar en esta última los restos de maleza en conjunto con la basura y otros desperdicios. Además, es importante desalojar de la zona de trabajo todas las piedras y otros objetos que puedan ser lanzados por las aspas de la chapeadora a gran velocidad y causar algún accidente.
2. Limpieza de drenajes longitudinal: realizar esta actividad después de limpiar en el tramo o ruta la actividad de chapeo; porque de lo contrario y como suele suceder, es necesaria otra limpieza en canaletas.
3. Limpieza de drenaje transversal: esta actividad debe realizarla una vez terminado el chapeo y la limpieza longitudinal, pues por las acciones del viento y las escorrentías de la lluvia, suelen arrastrar basura y otros desechos a las alcantarías.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Clasificación de suelos*. [en línea]. <http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms1/05_terzaghi_3.pdf>. [Consulta: octubre de 2015].
2. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Ingenieros Consultores de Centro América, 1980. 650 p.
3. Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. (Libro Azul) Guatemala: MICIVI, 2000. 807 p.
4. GARCÍA, Lida C.; DE CELIS, Rubín T.; AGUIRRE, Carla G. *Proyecto ejecutivo tramo pedernal*. Universidad Nacional de San Juan, Escuela de Ingeniería caminos de montaña. Eicam. Emp. R. N. 149 (sección III).
5. Insivumeh. *Intensidad de lluvia*. [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/folletos/INFORME%20de%20intensidades%20de%20lluvia%20Guatemala.pdf>>. [Consulta: octubre de 2015].

6. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano. Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.* Proyecto Usaid No. 5960181.20. Guatemala: Sieca, 2001. 434 p.

APÉNDICES

Planos de diseño de tramo de carretero y muros de contención de km 42,5 carretera CA-9 a la Aldea Dolores, San Antonio la paz el proceso.

ANEXOS

Anexo 1. Granulometría



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

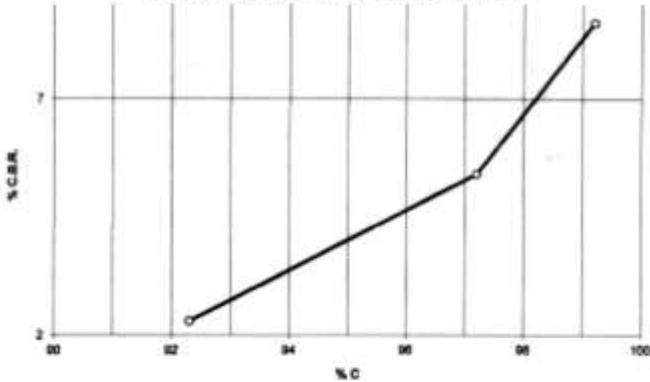


INFORME No.: 0289 S.S. O.T. No.: 30,119

Interesado: Rolin Antonio García Méndez
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS- Diseño del Tramo Carretero y Muros de Contención del Km. 42.5 Carretera CA-9 a la Aides Dolores, San Antonio La Paz, El Progreso
 Ubicación: San Antonio La Paz, El Progreso
 Descripción del suelo: Arcilla limosa color café
 Muestra No.: 1
 Fecha: 21 de septiembre del 2012

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma = 1.4 \text{ b/pie}^3$			
1	10	17.30	84.5	82.3	2.07	2.3
2	30	17.30	87.3	87.2	2.13	5.4
3	65	17.30	89.5	99.2	- 1.70	8.6

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Tetina Marcela Cano Morales
DIRECTORA CIUSAC



Ing. Omar Enrique Meltrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T.S. Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2418-8115, Pstnra 2418-8300 Ext. 86209 y 86221 Fax 2418-8121
 Pagina web: <http://ci.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 1.

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

INFORME No. C088 S. S. O.T.: 30.119

Interesado: Rolin Antonio Garcia Méndez
Proyecto: EPS- Diseño del Tramo Carretero y Muros de Contención del Km. 42.5
Carretera CA-9 a la Aldea Dolores, San Antonio La Paz, El Progreso
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: San Antonio La Paz, El Progreso
FECHA: 21 de septiembre del 2012

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U.*	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	29.3	5	CL	Arcilla limosa color café

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Agradamiento,

Vo. Bo.

Inga. Telma Mariela Cano Morales
DIRECTORA CIBUSAC

Ing. Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86203 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://oi.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 1.



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

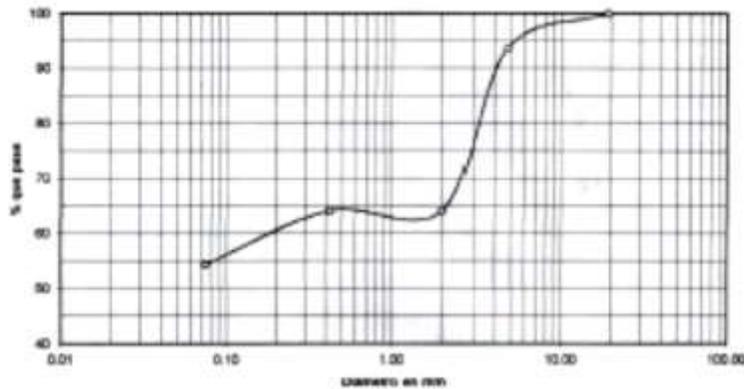


INFORME No. 0287 S.S. O.T. No. 30,119

Interesado: Rolán Antonio García Méndez
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: EPG- Diseño del Tramo Carretero y Marcos de Contención del Km. 42.5 Carretera CA-9 a la Aldea Dolores, San Antonio La Paz, El Progreso
 Procedencia: San Antonio La Paz, El Progreso
 Fecha: 1

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.75	93.54
10	2.00	84.71
40	0.85	64.18
200	0.075	54.33

% de Grava: 0.00
 % de Arena: 45.67
 % de Fines: 54.33



Descripción del suelo: Arcilla limosa color café
 Clasificación: S.C.U.: CL P.R.A.: A-5
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

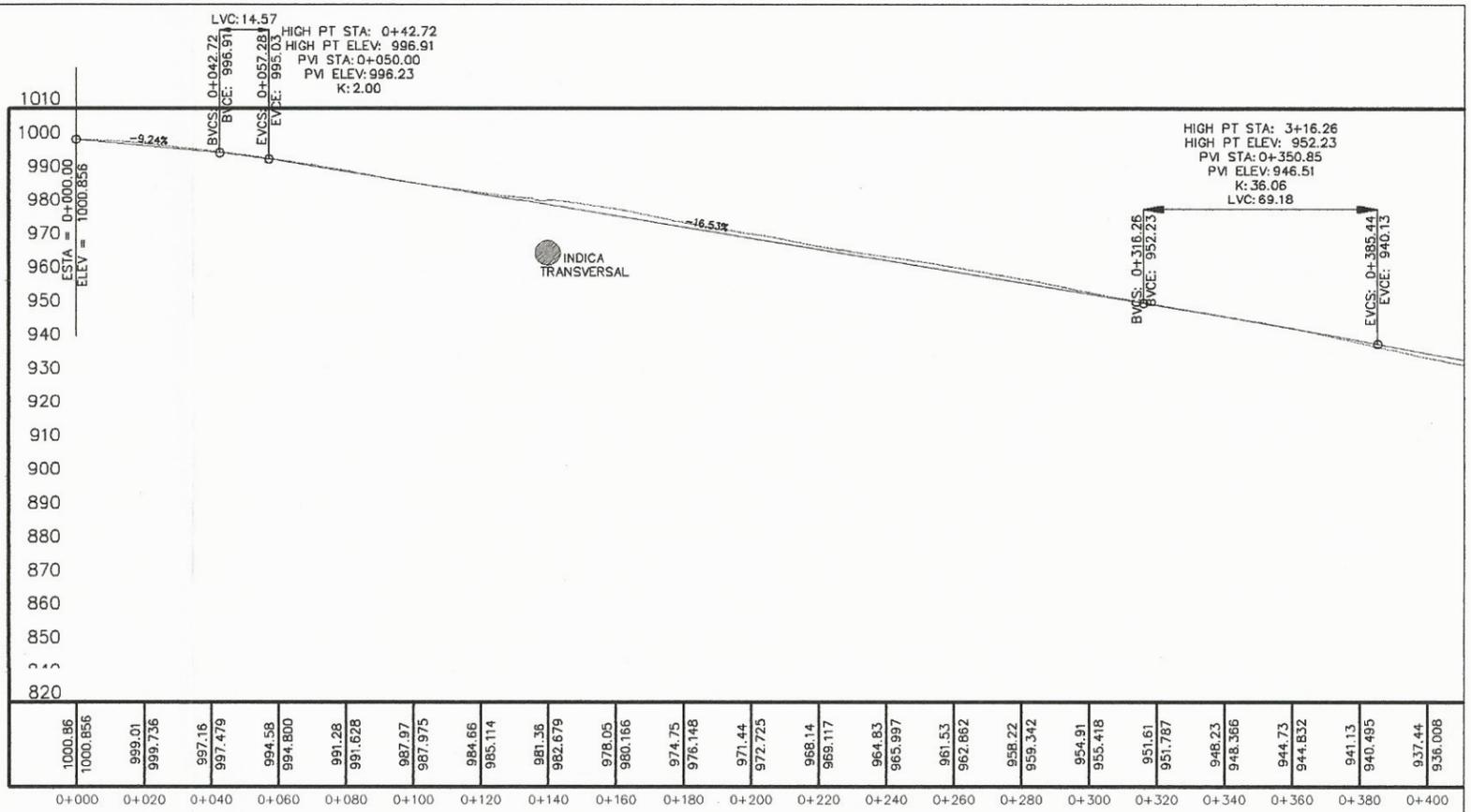
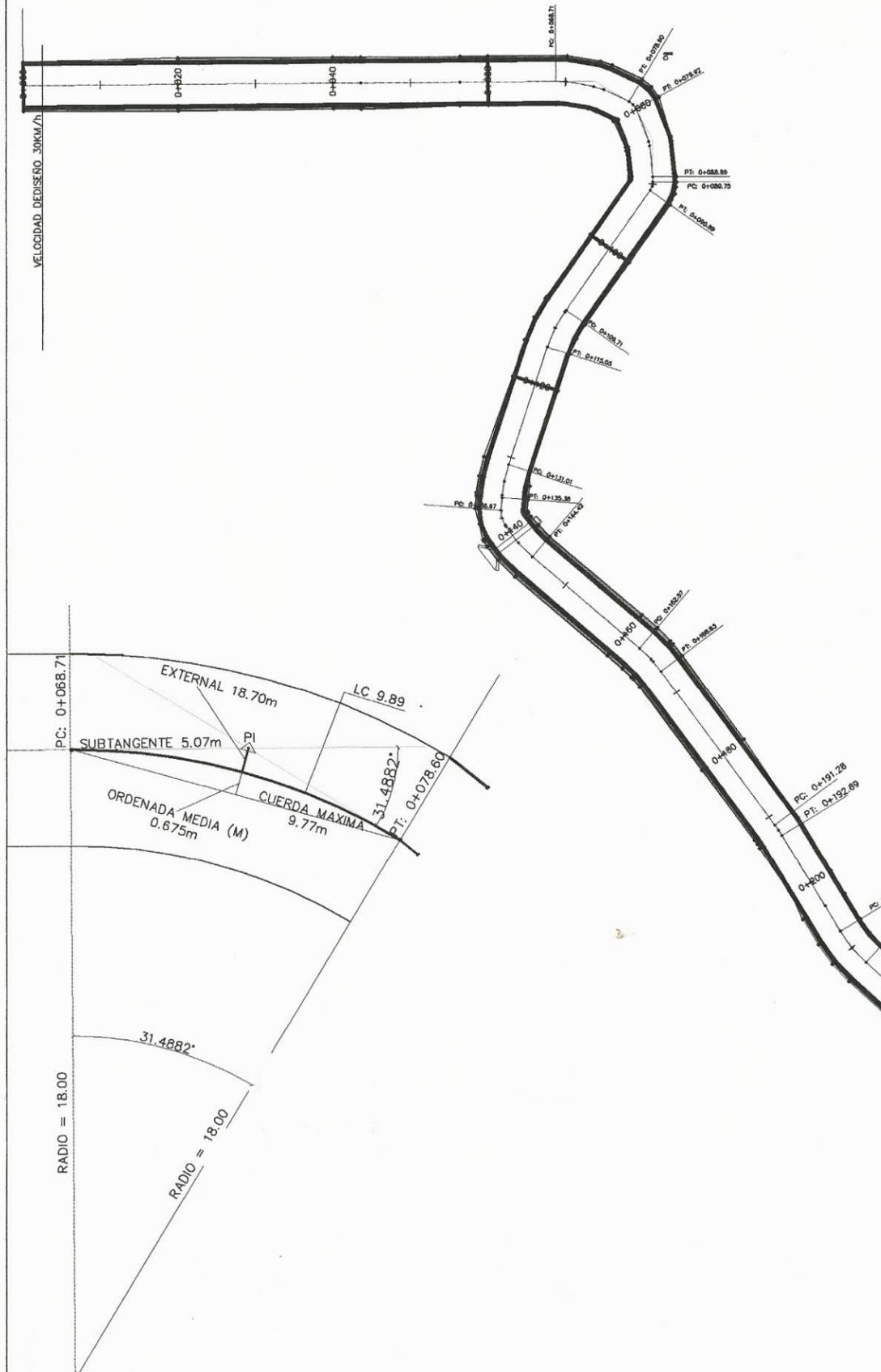
Atentamente,

Vs. Bc.
 Inga. Tetra Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CEUSAC

Rolán Antonio García Méndez
 Ing. Rolán Antonio García Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.



PERFIL EST. 0+000 - 0+400

PLANTA EST. 0+000 - 0+400



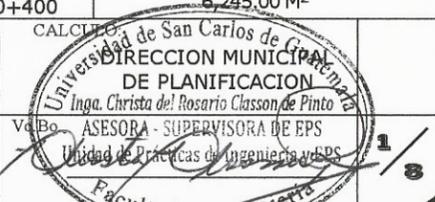
MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ

DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

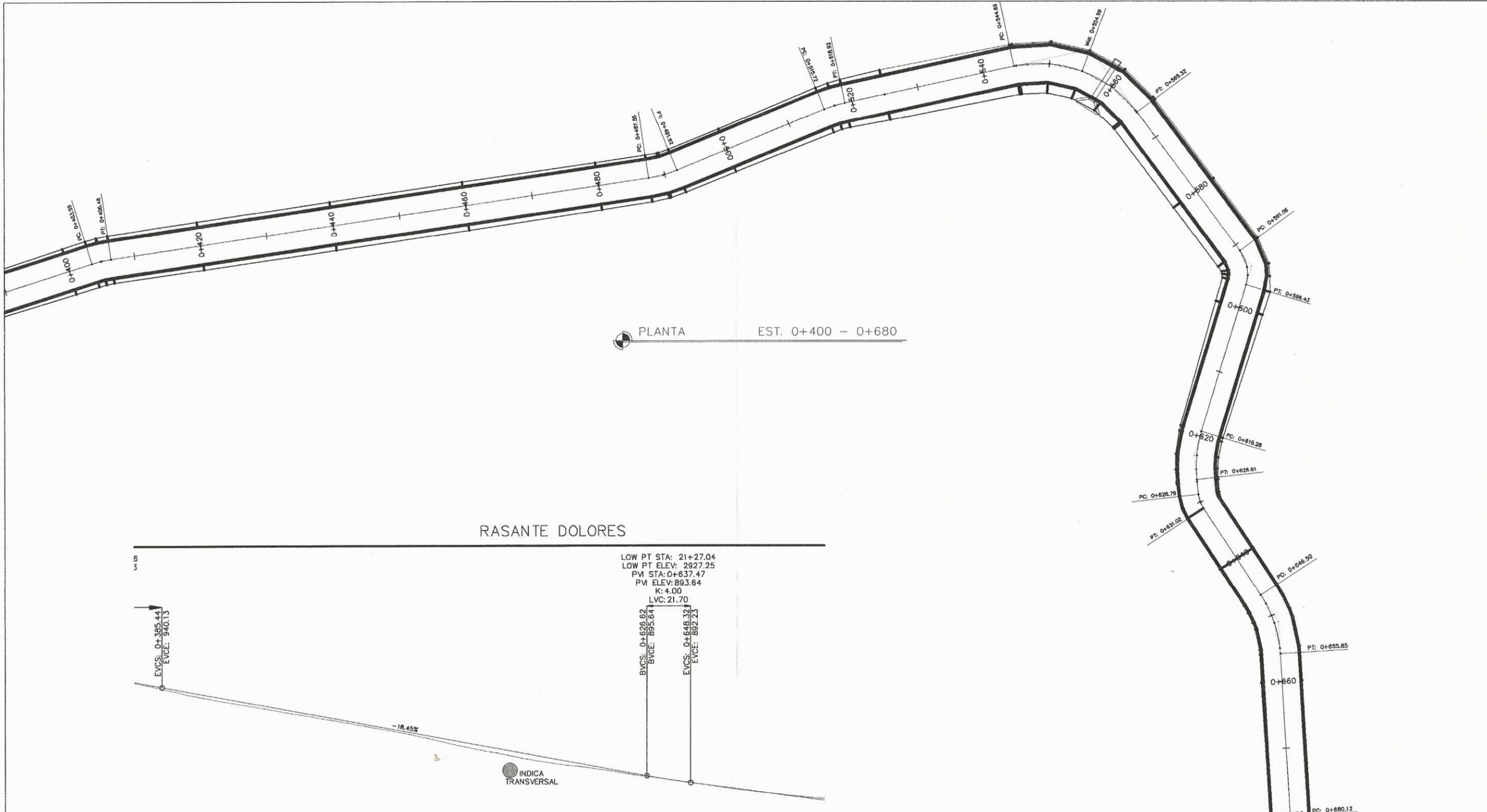
PROYECTO

"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."

CONTIENE: PLANTA PERFIL 0+000 A LA 0+400	AREA: 6,245.00 M ²
ESCALA: INDICADA	CALCULO: Universidad de San Carlos de Guatemala
FECHA:	DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION
DIBUJO: EPS 2016	Ing. Christa del Rosario Classon de Pinto
REVISO: DMP	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

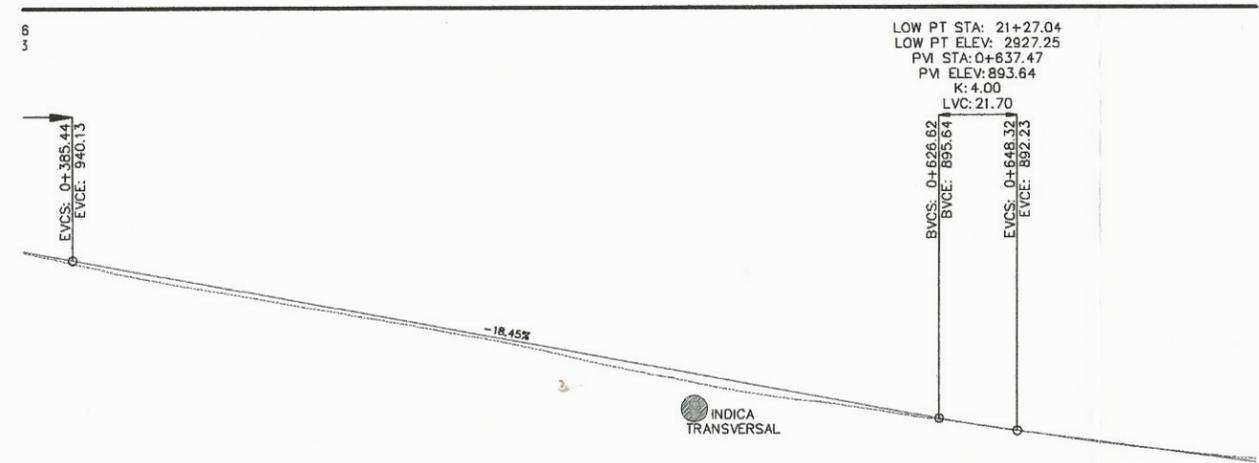


1/3



PLANTA EST. 0+400 - 0+680

RASANTE DOLORES



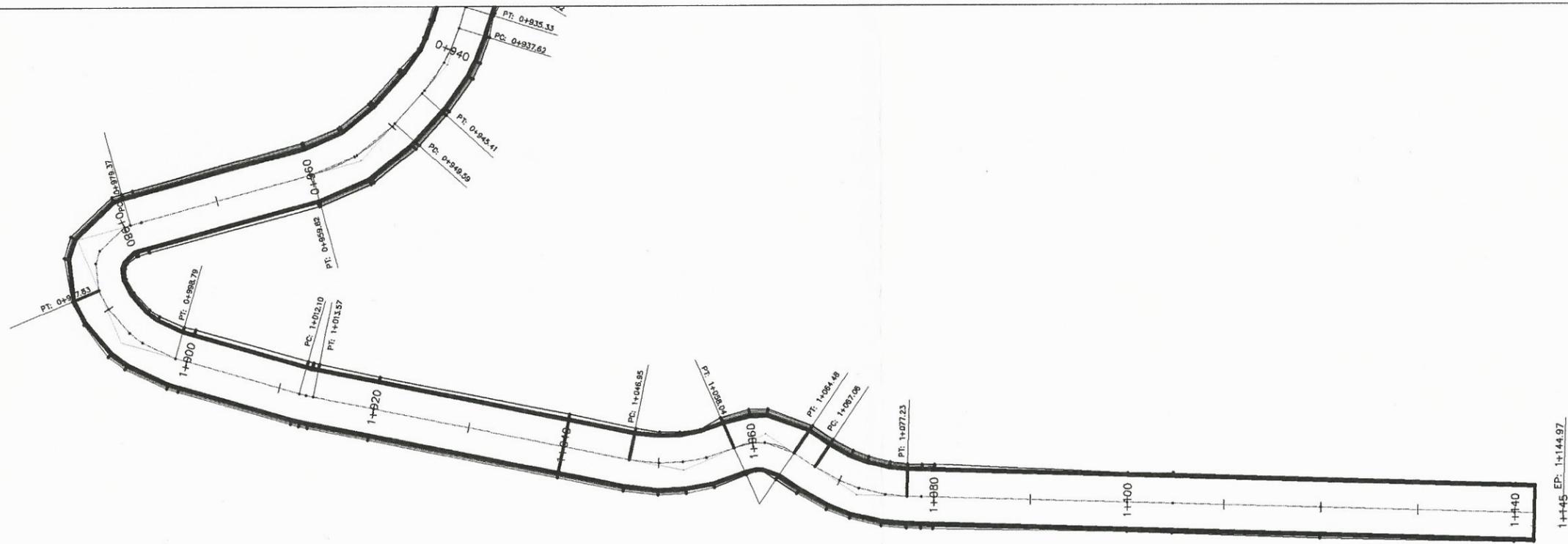
941.13	940.495	937.44	936.008	933.75	932.192	930.07	928.735	926.38	925.209	922.69	921.670	919.00	918.106	915.31	913.916	911.62	909.426	907.93	905.450	904.24	901.955	900.55	899.391	896.86	896.210	893.40	893.478	890.71	890.575	888.10	887.879	885.50	885.660
0+380	0+400	0+420	0+440	0+460	0+480	0+500	0+520	0+540	0+560	0+580	0+600	0+620	0+640	0+660	0+680	0+700																	

PERFIL EST. 0+400 - 0+680

MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO
 "DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."

CONTIENE: SECCIONES TÍPICAS 0+400 A LA 0+680	AREA: 6,245.00 M ²
ESCALA: INDICADA	CAJON DE SAN CARLOS DE GUAYMALA
FECHA: ABRIL 2016	DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION Inga. Christa del Rosario Clason de Pinto
DIBUJO: EPS 2016	V.Bo. ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
REVISO: DMP	Facultad de Ingeniería



PLANTA EST. 0+960 - 1+140

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+020.00	0.00	5.46	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.05	2.25	0.53	77.11	0.53	77.11
0+060.00	0.04	1.05	0.90	33.07	1.43	110.18
0+080.00	0.08	0.85	1.05	20.74	2.48	130.92
0+100.00	2.62	0.00	26.99	9.55	29.47	140.47
0+120.00	1.36	0.13	39.91	1.20	69.39	141.67
0+140.00	0.17	4.00	15.55	40.53	84.94	182.19
0+160.00	0.00	7.82	1.59	118.00	86.52	300.19
0+180.00	0.09	1.77	0.87	95.87	87.39	396.06
0+200.00	0.52	0.09	6.11	18.64	93.50	414.70
0+220.00	1.30	0.34	18.15	4.19	111.65	418.89
0+240.00	0.26	0.58	15.49	9.07	127.14	427.96
0+260.00	0.00	2.39	2.43	29.45	129.56	457.41
0+280.00	0.07	3.30	0.66	56.86	130.22	514.26
0+300.00	0.17	0.34	2.14	37.17	132.36	551.43
0+320.00	0.40	0.51	5.62	8.56	137.98	559.99
0+340.00	0.20	0.09	5.95	5.92	143.92	565.91
0+360.00	0.17	0.33	3.95	4.28	147.88	570.20
0+380.00	4.00	0.03	41.74	3.74	189.62	573.93
0+400.00	9.19	0.01	131.91	0.46	321.52	574.39

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+420.00	10.22	0.00	194.14	0.15	515.66	574.54
0+440.00	9.08	0.01	193.03	0.12	708.70	574.67
0+460.00	8.40	0.00	174.85	0.09	883.54	574.75
0+480.00	7.12	0.09	155.25	0.86	1038.79	575.61
0+500.00	6.26	0.07	134.19	1.48	1172.99	577.09
0+520.00	9.84	0.04	160.73	1.08	1333.72	578.17
0+540.00	17.94	0.00	277.81	0.36	1611.53	578.53
0+560.00	14.39	0.00	319.52	0.00	1931.05	578.53
0+580.00	14.30	0.00	283.59	0.00	2214.64	578.53
0+600.00	8.54	0.02	224.46	0.21	2439.11	578.74
0+620.00	4.80	0.02	133.38	0.37	2572.49	579.11
0+640.00	0.68	0.00	54.94	0.17	2627.42	579.28
0+660.00	1.72	0.07	23.35	0.73	2650.78	580.01
0+680.00	1.74	0.02	34.64	0.83	2685.42	580.85
0+700.00	0.00	0.81	17.49	8.33	2702.90	589.17
0+720.00	0.02	4.87	0.26	56.55	2703.16	645.72
0+740.00	0.00	2.85	0.26	77.17	2703.42	722.89
0+760.00	1.15	0.00	11.52	28.52	2714.95	751.41
0+780.00	3.91	0.02	50.58	0.18	2765.53	751.59
0+800.00	3.05	0.00	69.58	0.18	2835.11	751.76

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+820.00	0.01	1.37	30.64	13.67	2865.75	765.43
0+840.00	0.00	1.99	0.06	33.59	2865.81	799.02
0+860.00	0.23	0.16	1.99	21.68	2867.81	820.70
0+880.00	1.70	0.00	19.43	1.70	2887.24	822.40
0+900.00	5.26	0.00	70.95	0.02	2958.18	822.42
0+920.00	5.66	0.00	109.25	0.00	3067.44	822.42
0+940.00	0.42	1.84	60.33	17.48	3127.76	839.90
0+960.00	0.13	6.64	4.72	87.28	3132.48	927.18
0+980.00	1.32	0.51	14.43	71.62	3146.90	998.80
1+000.00	5.03	0.00	55.50	6.54	3202.40	1005.34
1+020.00	8.69	0.13	136.97	1.25	3339.37	1006.59
1+040.00	6.98	0.00	156.66	1.27	3496.03	1007.86
1+060.00	0.04	1.91	69.85	18.58	3565.88	1026.44
1+080.00	0.01	1.94	0.55	38.72	3566.42	1065.16
1+100.00	2.10	0.00	21.09	18.84	3587.52	1084.00
1+120.00	4.10	0.00	61.88	0.00	3649.46	1084.00
1+140.00	2.92	0.00	70.16	0.00	3719.63	1084.00

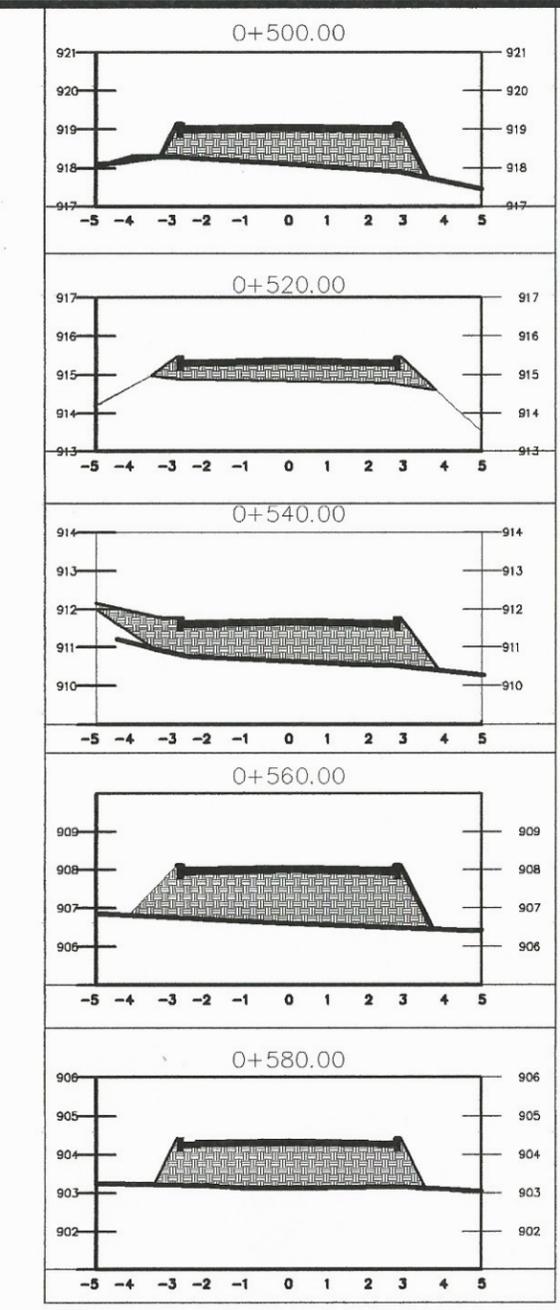
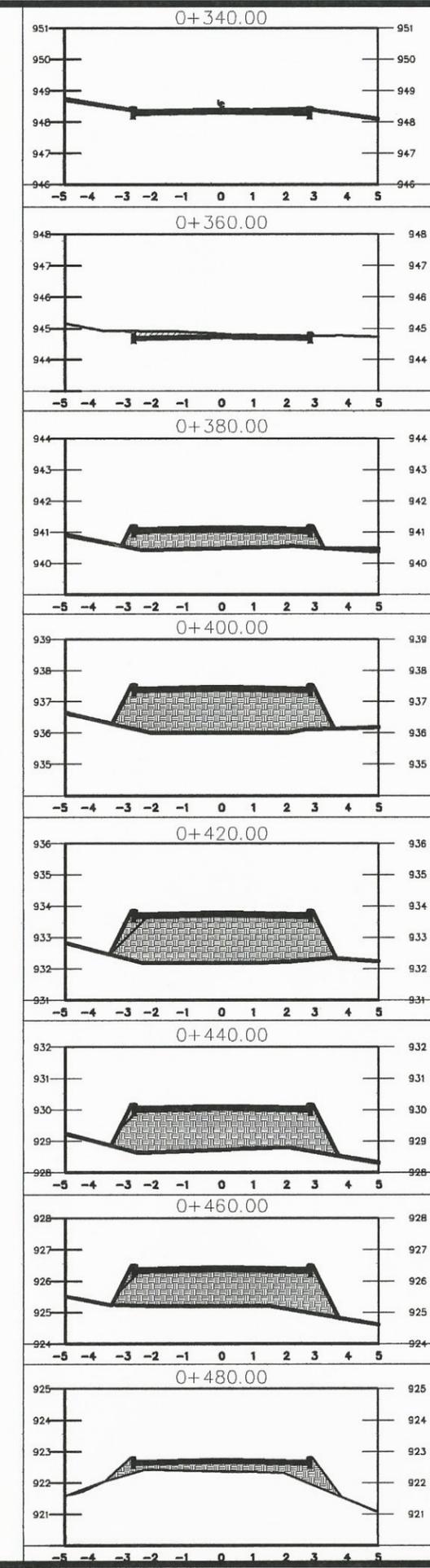
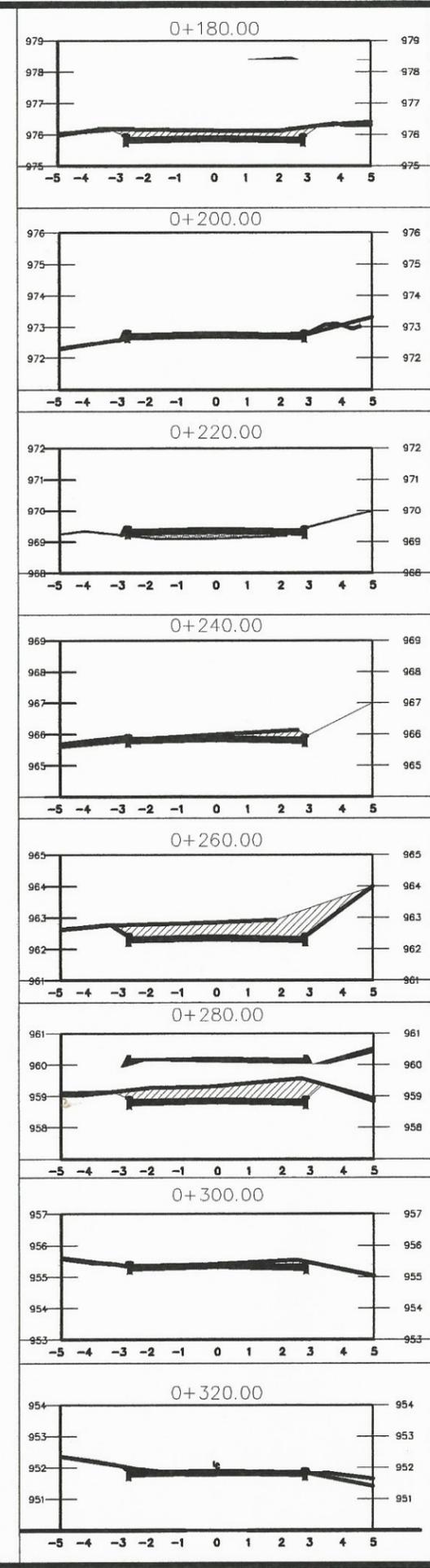
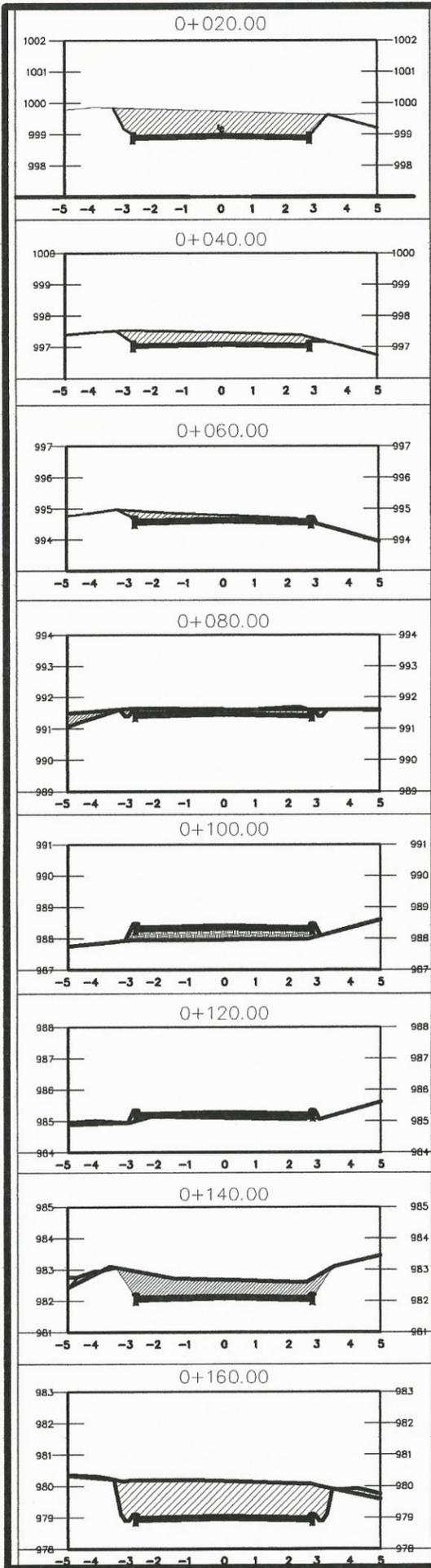
MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO
"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."

CONTIENE:	SECCIONES TÍPICAS 0+960 A LA 1+140	ÁREA: 6.045.00 M ²
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	ABRIL 2016	
DIBUJO:	EPS 2016	
REVISO:	DMP	

Ingeniero: *[Firma]*
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Municipalidad de Ingenu

4 / 3

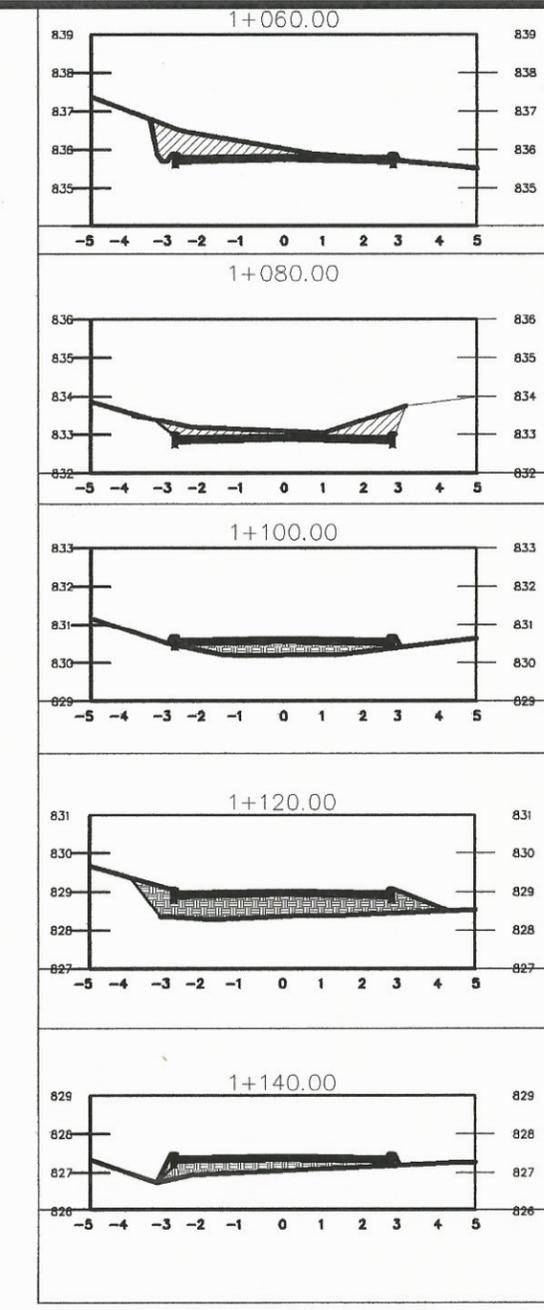
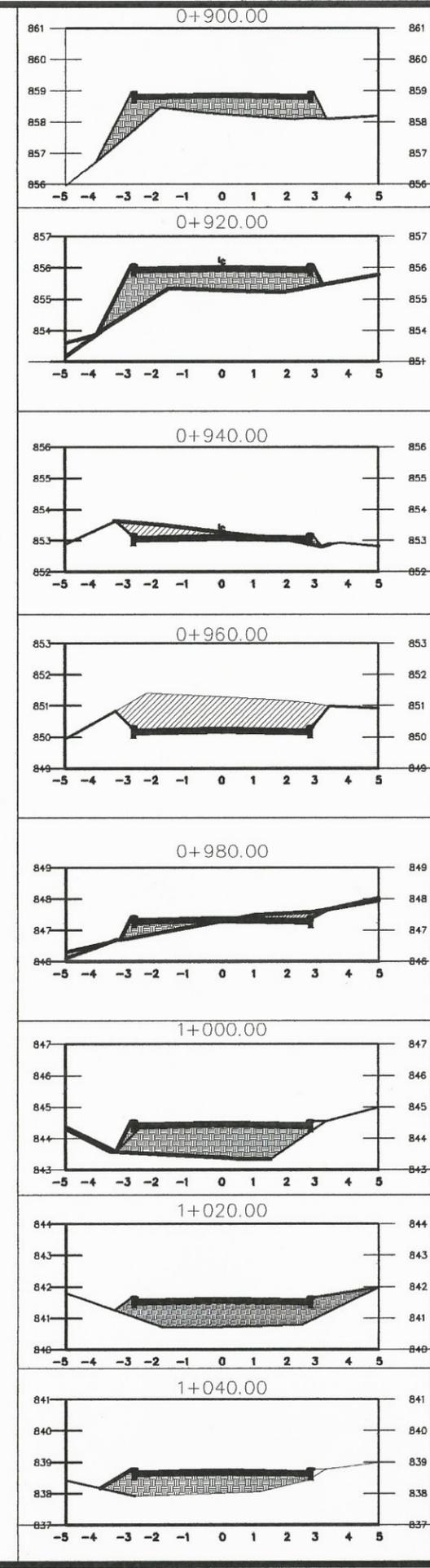
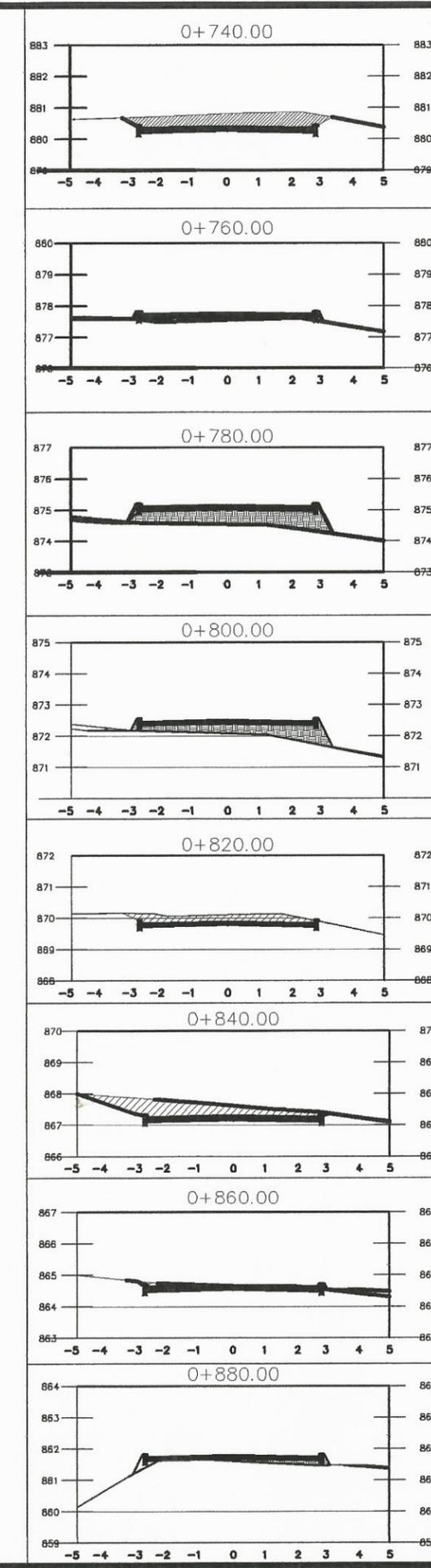
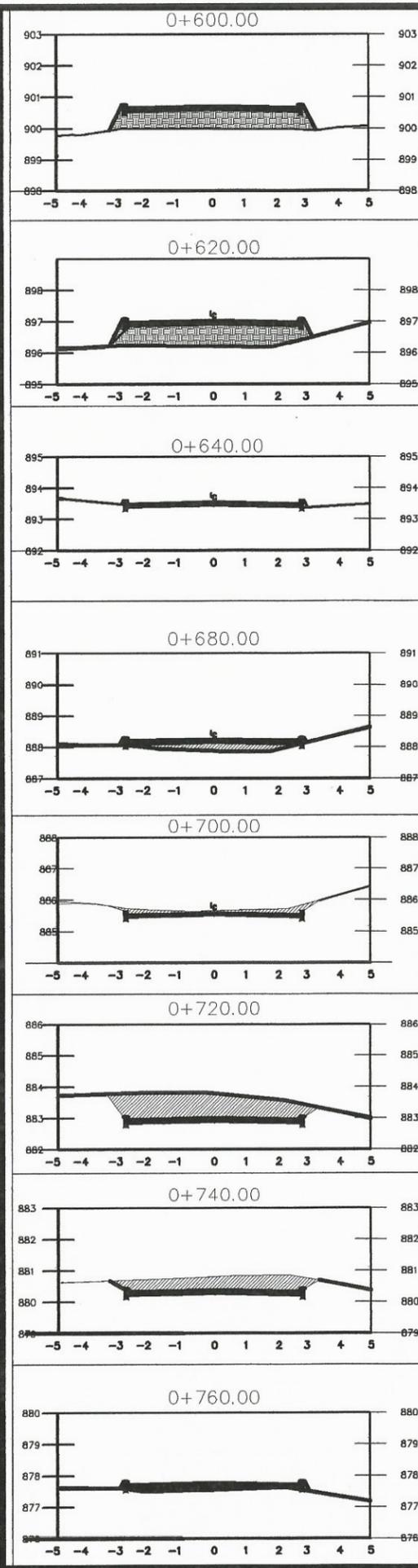


MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO
"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."

CONTIENE: SECCIONES TÍPICAS 0+000 A LA 0+580	ÁREA: 245,00 M ²
ESCALA: INDICADA	UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
FECHA: ABRIL 2013	DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION
DIBUJO: EPS 2013-1	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
REVISO: DMP	UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS

5/8





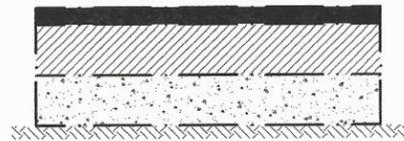
MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ

DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO

"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."

CONTIENE: SECCIONES TÍPICAS	ÁREA: 247.00 M ²
0+600 A LA 1+140	Unidad de San Carlos de Guatemala
ESCALA: INDICADA	DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION
FECHA: ABRIL 2013	Ing. Christy del Real
DIBUJO: EPS 2013-1	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
REVISO: DMP	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

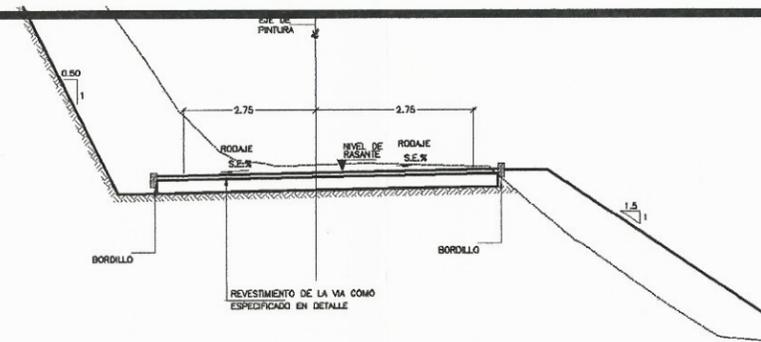


ESTRUCTURA	ESPESORES (plg)	ESPESORES (cm)
CONCRETO HIDRAULICO	6.0	15.24
BASE GRANULAR	6.0	15.24
SUBRASANTE ESTABILIZADA	6.0	15.24

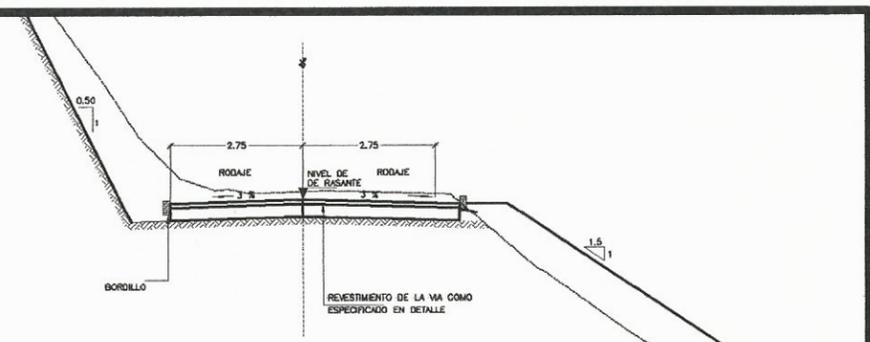
TRAMO KM. 0+000 - 1+140.00

NOTAS:
 - CONCRETO HIDRAULICO: - BASE GRANULAR: COMPACTADA AL 95% DE LA DENSIDAD SEGUN ASHTO T-180.
 - SUBRASANTE: ESTABILIZADA CON CAL EN UN ESPESOR DE 6 PLG. EN LOS LUGARES DONDE SE ENCUENTREN SUELOS CLASIFICADOS DE ACUERDO

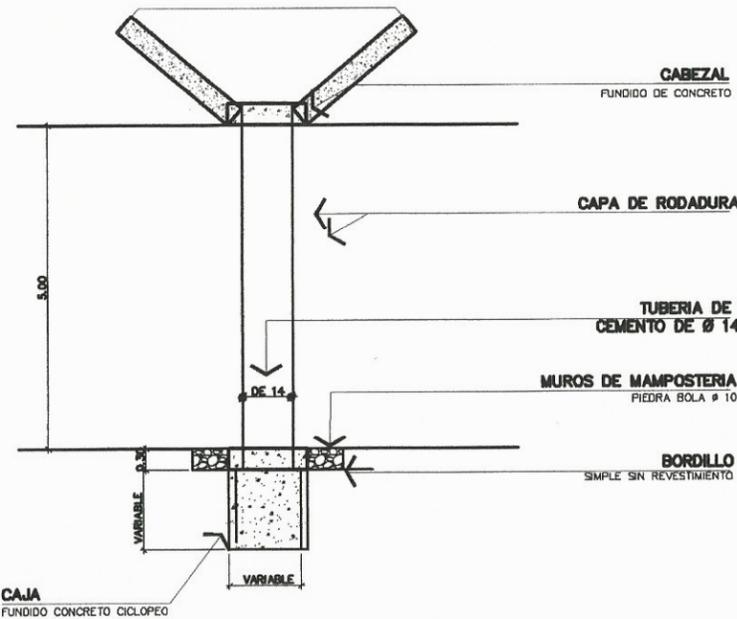
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
 TRAMO 0+000 - 1+140.00



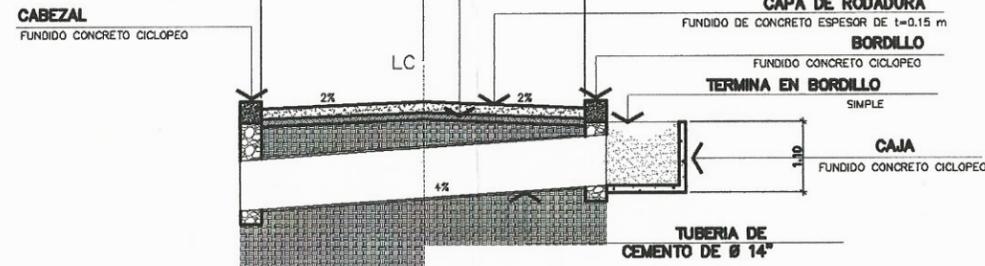
SECCION TIPICA EN CURVA
 ESCALA: 1:75



SECCION TIPICA EN TANGENTE
 ESC. 1:75

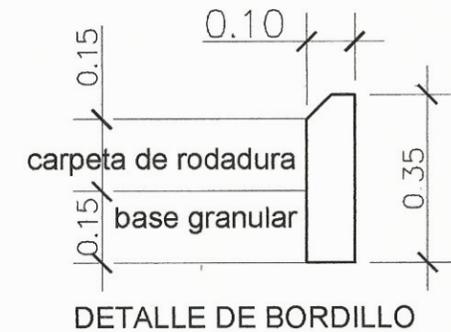


PLANTA DE DRENAJE
 ESCALA: 1/50

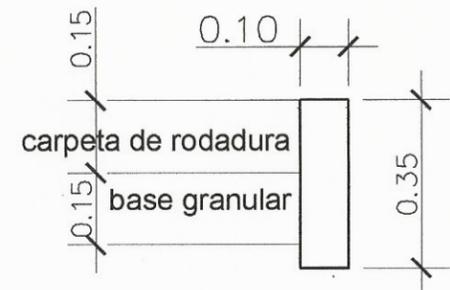


SECCION TIPICA DE DRENAJE TRANSVERSAL Y SECCION TIPICA
 ESCALA: 1/50

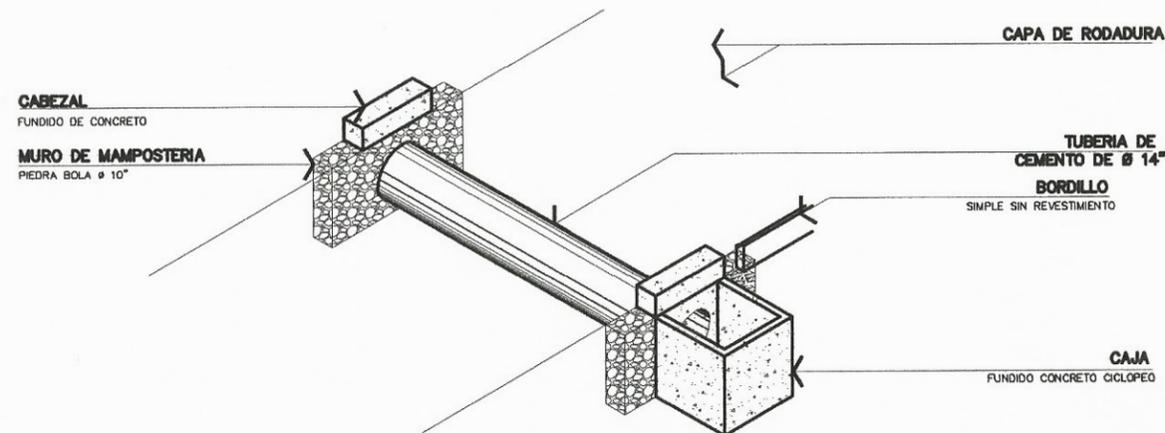
- LA TUBERIA SE COLOCARA 0.80 MTS ABAJO DE LA SUBRASANTE
- LA DIRECCION DE LA PENDIENTE DE LA TUBERIA SE ORIENTADA DE ACUERDO A LOS PUNTOS BAJOS EN LA TOPOGRAFIA



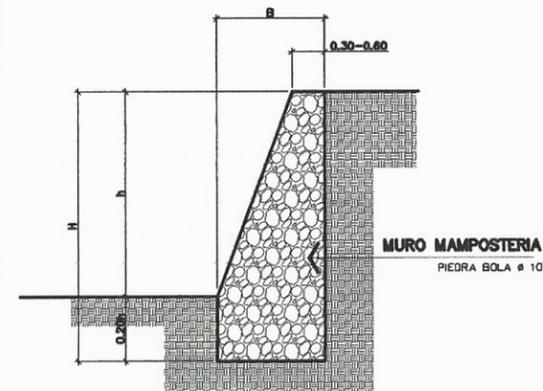
DETALLE DE BORDILLO



DETALLE DE BORDILLO EN INGRESO VEHICULARES



ISOMETRICO



DETALLE DE MURO DE CONTENCIÓN
 ESCALA: 1/50

MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO	
"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."	
CONTIENE:	DETALLES TIPICOS
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	ABRIL 2013
DIBUJO:	EPS 2013-1
REVISO:	DMP

TUBO	α	1 Y 2 TUBOS																					1 TUBO						2 TUBOS								
		plg.	D	e	T	L	β	γ	K	M	J	Q	N	R	Q	B	P	G	C	H	f	E	g	V _{AL}	V _{AC}	F	U	W	V _m	V _c	V _L	S	F'	U'	W'	V' _m	V' _c
0°	24	61	7.5	60	100	90°	45°	30	130	11	45°	136	46	46	80	40	65	105	165	49.1	29	32	0.99	0.99	106	160.0	300	0.85	2.03	0.84	30	210	232.5	405	1.30	3.28	1.24
	30	76	9.0	75	125	90°	45°	45	176	14	45°	176	57	57	75	40	85	125	185	58.1	31	33	1.05	1.05	125	187.5	375	0.98	4.07	1.24	38	255	252.5	505	2.01	5.11	1.65
	36	91	10.0	90	145	90°	45°	60	206	19	45°	206	69	69	90	45	95	140	200	66.2	29	33	2.21	2.21	140	215.0	430	1.29	5.70	1.60	46	300	266.0	560	2.86	7.27	2.45
	42	107	11.5	105	175	90°	45°	76	245	21	45°	246	80	80	105	45	115	160	220	174.5	30	33	3.06	3.06	160	262.5	505	1.75	7.62	2.15	64	345	345.0	660	3.02	10.00	3.28
	48	122	12.5	120	195	90°	45°	90	275	23	45°	275	92	92	120	45	130	175	235	82.2	28	33	4.00	4.00	175	282.5	565	2.18	8.13	2.54	81	385	387.5	775	5.03	13.01	4.05
	54	137	14.0	135	220	90°	45°	106	314	24	45°	314	103	103	135	45	150	195	255	90.6	30	33	5.21	5.21	195	320.0	640	2.79	3.19	3.33	99	430	437.5	875	6.53	16.94	5.11
	60	152	15.0	155	240	90°	45°	125	342	30	45°	342	119	119	155	50	180	210	270	100.8	28	34	6.72	6.72	210	347.5	695	3.41	6.95	3.68	76	470	477.5	955	8.26	21.89	5.99
15°	24	61	7.5	60	100	105°	45°	30	130	11	37°30'	136	46	46	80	40	65	105	165	49.1	29	32	1.15	0.88	110	157.5	315	0.69	2.71	0.67	30	220	212.5	425	1.37	3.40	1.29
	30	76	9.0	75	120	105°	45°	45	174	14	37°30'	176	57	57	75	40	85	125	185	58.1	31	33	1.80	1.38	125	192.5	385	0.97	4.15	1.25	38	255	252.5	525	2.10	5.28	1.90
	36	91	10.0	90	140	105°	45°	60	189	19	37°30'	189	69	69	90	45	95	140	200	66.2	29	33	2.56	1.96	145	222.5	445	1.34	5.86	1.64	46	305	302.5	605	2.88	7.40	2.49
	42	107	11.5	105	160	105°	45°	76	218	21	37°30'	218	80	80	105	45	115	160	220	74.5	30	33	3.59	2.75	165	282.5	525	1.80	8.13	2.22	54	355	357.5	715	4.02	10.38	3.38
	48	122	12.5	124	180	105°	45°	90	245	23	37°30'	245	92	92	120	45	130	175	235	82.2	28	33	4.82	3.55	180	290.0	590	2.21	10.39	2.69	61	400	400.0	800	5.24	13.32	4.17
	54	137	14.0	140	200	105°	45°	106	280	24	37°30'	280	103	103	135	45	150	195	255	90.6	30	33	6.05	4.64	200	330.0	630	2.83	13.82	3.41	68	440	450.0	900	6.93	17.32	5.23
	60	152	15.0	180	250	105°	45°	125	304	30	37°30'	307	114	114	150	50	180	210	270	100.8	28	34	7.90	5.97	220	390.0	720	3.60	17.39	4.01	76	485	495.0	995	8.90	22.29	6.17
30°	24	61	7.5	69	115	120°	60°	30	113	11	30°	107	85	26	60	40	65	105	165	49.1	29	32	1.40	0.80	120	172.5	345	0.74	2.95	0.59	30	240	232.5	455	1.48	3.89	1.45
	30	76	9.0	87	145	120°	60°	45	144	14	30°	140	81	43	75	40	85	125	185	58.1	31	33	2.19	1.27	140	215.0	430	1.08	4.54	1.44	38	290	290.0	580	2.26	5.73	2.14
	36	91	10.0	104	170	120°	60°	60	189	19	30°	189	89	52	90	45	95	140	200	66.2	29	33	3.12	1.80	160	247.5	495	1.47	6.90	1.87	46	340	337.5	675	3.21	8.13	2.81
	42	107	11.5	121	200	120°	60°	76	200	21	30°	197	114	61	105	45	115	160	220	74.5	30	33	4.37	2.62	180	290.0	590	1.94	8.82	2.49	54	395	397.5	795	4.47	11.36	3.90
	48	122	12.5	139	225	120°	60°	90	224	23	30°	199	130	69	120	45	130	175	235	82.2	28	33	5.84	3.25	200	325.0	650	2.45	11.34	3.05	61	440	445.0	890	5.72	14.61	4.67
	54	137	14.0	158	255	120°	60°	106	256	24	30°	244	147	78	135	45	150	195	255	90.6	30	33	7.36	4.25	220	387.5	735	3.09	14.99	3.63	69	490	502.5	1005	7.28	18.99	5.87
	60	152	15.0	179	280	120°	60°	125	279	30	30°	283	168	99	155	50	180	210	270	100.8	28	34	9.48	5.48	240	400.0	800	3.97	18.94	4.48	76	540	550.0	1095	9.48	24.43	6.92
45°	24	61	7.5	85	140	135°	67°30'	30	105	11	22°30'	105	83	37	60	40	65	105	165	49.1	29	32	1.93	0.75	135	207.5	415	0.81	3.39	1.21	30	285	282.5	565	1.74	4.33	1.70
	30	76	9.0	106	175	135°	67°30'	45	135	14	22°30'	135	104	47	75	40	85	125	185	58.1	31	33	2.96	1.19	165	257.5	515	1.26	5.30	1.78	38	330	330.0	700	2.73	6.78	2.82
	36	91	10.0	127	205	135°	67°30'	60	167	19	22°30'	167	125	66	90	45	95	140	200	66.2	29	33	4.07	1.89	185	297.5	595	1.85	7.40	2.27	46	410	410.0	820	3.66	9.60	3.45
	42	107	11.5	148	245	135°	67°30'	75	188	21	22°30'	188	145	85	105	45	115	160	220	74.5	30	33	5.70	2.37	215	322.5	705	2.28	10.35	3.05	54	475	482.5	965	5.33	13.39	4.64
	48	122	12.5	170	275	135°	67°30'	90	210	23	22°30'	210	168	75	120	45	130	175	235	82.2	28	33	7.36	3.04	240	365.0	730	2.91	13.31	3.74	61	530	540.0	1070	6.93	17.23	5.69
	54	137	14.0	191	315	135°	67°30'	106	240	24	22°30'	240	187	84	135	45	150	195	255	90.6	30	33	9.62	3.96	265	447.5	895	3.67	17.27	4.70	68	595	612.5	1225	8.91	22.91	7.19
	60	152	15.0	219	340	135°	67°30'	125	281	30	22°30'	281	215	96	155	50	180	210	270	100.8	28	34	12.40	5.13	285	485.0	970	4.48	22.01	5.45	76	660	697.5	1335	11.25	28.76	8.42

NOTAS GENERALES:

- PARA LA EJECUCION SE USARAN LAS ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA D.G.C. EDICION SEPTIEMBRE 2001.
- CONCRETO CICLOPEO: SE USARA CONCRETO CLASE 2,500 (175) Y DE ACUERDO COMO SE ESPECIFICA EN 507.01 Y 507.02 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.
- ZAMPEADO: SE USARA ZAMPEADO DE PIEDRA COLOCADO A MANO Y LI-GADO CON MORTERO DE CEMENTO SEGUN LO INDICADO EN LA SECCION 610 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.
- EL MATERIAL QUE SE EMPLEARA EN EL MURO Y ALAS DE LOS CABEZALES SERA CONCRETO CICLOPEO SEGUN LO INDICADO EN 507.03 Y 507.04 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.
- EL DELEGADO RESIDENTE DECIDIRA SI ES NECESARIO COLOCAR LA LOSA DEL PISO EN CADA CASO PARTICULAR, TAMBIEN DECIDIRA EL MATE-RIAL QUE SE EMPLEARA EN ELLA, CONCRETO CLASE 2,000 (140) O ZAM-PEADO DE PIEDRA (NOTA No. 2).
- LA PARTE SUPERIOR DE LOS CABEZALES DEBE TENER LA MISMA DIREC-CION Y PENDIENTE QUE LA RASANTE DE LA CARRETERA.
- ACABADO DE CONCRETO SERA ORDINARIO DE SUPERFICIE DE ACUERDO CON EL ARTICULO 505.14 (A) DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.
- LOS CABEZALES HAN SIDO DISEÑADOS CON LOS SIGUIENTES DATOS:
A) RESISTENCIA DEL TERRENO: 1.5kg/cm² (3,000lb/pie²) B) PESO DEL RELLENO 1,600kg/m³ (100lb/pie³) C) EQUIVALENTE LIQUIDO: 480 kg/m³ (30lb/pie³).
- TODAS LAS DIMENSIONES LINEALES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS Y LOS VOLUMENES EN METROS CUBICOS.
- TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS, DEBERAN SER BISELADAS 2cm.
- EL DELEGADO RESIDENTE, EN UN CASO PARTICULAR, PODRA HACER SU PROPIO DISEÑO DE MURO CABEZALES, DISTINTO AL DE ESTE PLANO.

VOLUMENES:

- V_{AL} = VOLUMEN ALA LARGA
- V_{AC} = VOLUMEN ALA CORTA
- V_M = VOLUMEN MURO
- V_L = VOLUMEN LOSA
- V_C = VOLUMEN CABEZAL = V_{AL} + V_{AC} + V_M

FORMULARIOS

$$C = E + D + 2e$$

$$P = g + e \quad (\text{aproximar al múltiplo de 5 más cercano})$$

$$G = C - P$$

$$f = \frac{K}{C} (E + e + \frac{D}{2}) + 30 \quad K = B - 30$$

$$N = C + 60$$

$$J = \frac{K}{C} \cdot P$$

$$L = \frac{L_0}{\cos \alpha}$$

$$L = 1.5 \frac{(C - g - e)}{\cos \alpha}$$

$$M = \frac{L_0}{\cos (\gamma - \alpha)}$$

$$N = \frac{L_0}{\cos (\beta + \alpha)}$$

$$F = \frac{D + 2e}{\cos \alpha} + 30$$

$$W = F + L_0 [\text{Tang} (\gamma - \alpha) + \text{Tang} (\beta + \alpha)]$$

$$W' = F' + L_0 [\text{Tang} (\gamma - \alpha) + \text{Tang} (\beta + \alpha)]$$

$$R = \frac{B [\text{Sen}^2 \beta + (\cos \alpha - \cos \beta)^2]}{\cos \alpha}$$

$$Q = \frac{B [\text{Sen}^2 \gamma + (\cos \alpha - \cos \gamma)^2]}{\cos \alpha}$$

$$F' = \frac{(D + 2e) + S}{\cos \alpha} + 30$$

VOLUMENES

$$\text{Ala Larga: } V_{AL} = 0.50 H (B + J + 0.30) + 0.50 \frac{B \cdot H}{\cos \alpha} + 0.15 (C + P) H + \frac{C \cdot \text{Sen} \alpha}{0.50 \cos \alpha} [(F + 0.30) (B + 0.30)] + \frac{H}{6} \frac{(C^2 - P^2)}{\cos \alpha}$$

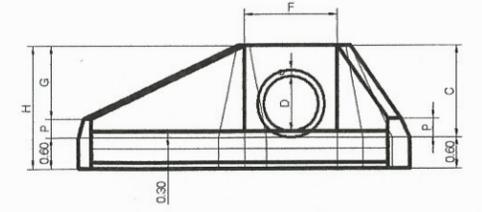
$$\text{Ala Corta: } V_{AC} = 0.50 M (B + J + 0.30) + 0.50 \frac{B \cdot M}{\cos \alpha} + 0.15 (C + P) M + \frac{C \cdot \text{Sen} \alpha}{0.50 \cos \alpha} [(F + 0.30) (B + 0.30)] + \frac{M}{6} \frac{(C^2 - P^2)}{\cos \alpha}$$

$$\text{Muro: } V_M = \frac{(B + 0.30) C + 0.40 B}{2} \cdot \frac{H (D + 2e + P)}{4 \cos \alpha}$$

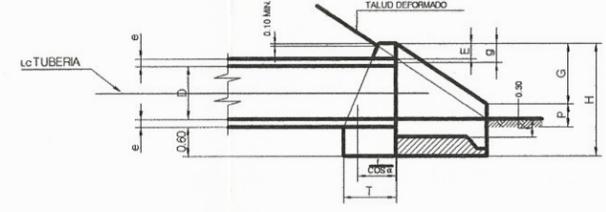
$$V_L = \frac{(D + 2e) C + 0.40 B}{2} \cdot \frac{H (D + 2e + P)}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Losa: } V_L = 0.15 L_0 (W + F) + 0.05 (W - 0.188 H)$$

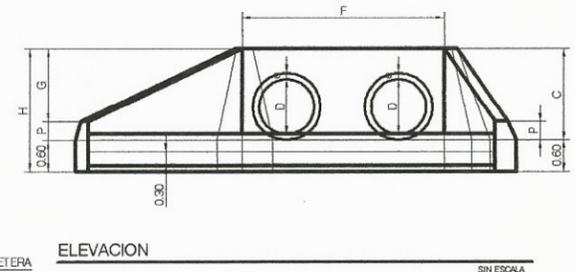
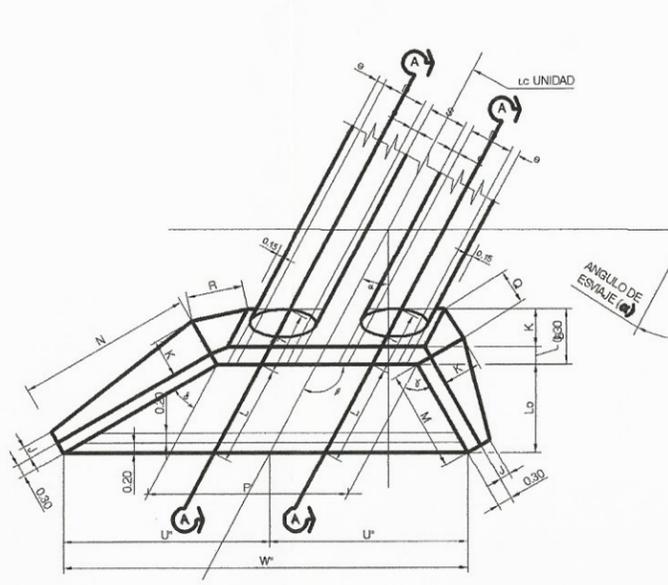
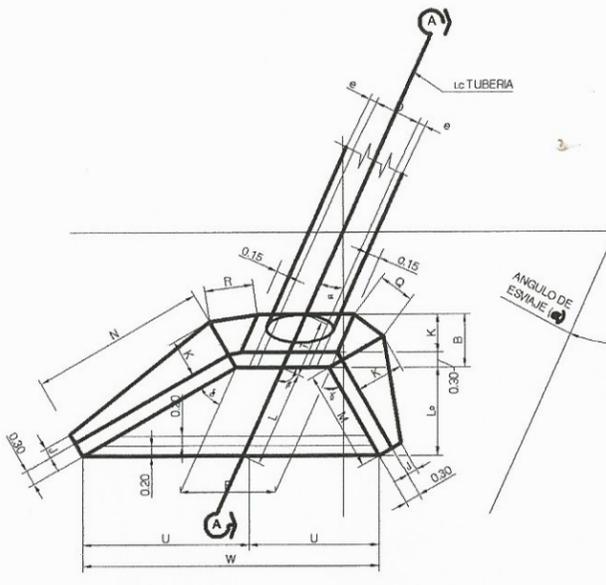
$$V_C = V_{AL} + V_{AC} + V_M$$



ELEVACION SIN ESCALA



CORTE A-A SIN ESCALA



ELEVACION SIN ESCALA

MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO
"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO Y MUROS DE CONTENCIÓN DEL KM 42.5 CARRETERA CA-9 A LA ALDEA DOLORES, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO."

CONTIENE: DETALLE DE TRANSVERSALES

ESCALA: INDICADA

FECHA: ABRIL 2013

DIBUJO: EPS 2013-1

REVISO: DMP

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Inga. Christina Rosales
Instituto de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala