



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA
SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES,
GUATEMALA**

William Laurence Hernández Guzmán

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, enero 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL
DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA
SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WILLIAM LAURENCE HERNÁNDEZ GUZMÁN

ASESORADO POR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR: Inga. Mayra Rebeca García de Sierra
EXAMINADOR: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIO: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA

El tema fue asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de febrero de 2003.



WILLIAM LAURENCE HERNÁNDEZ GUZMÁN



Guatemala 27 de octubre de 2010.
Ref.EPS.DOC.1079.10.10.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **William Laurence Hernández Guzmán** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9517157**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA"**.

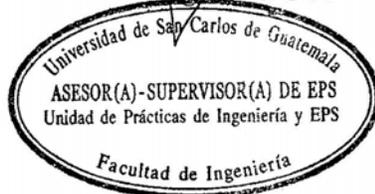
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



Guatemala, 27 de octubre de 2010.
Ref.EPS.D.781.10.10

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

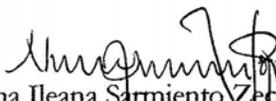
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **William Laurence Hernández Guzmán**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





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



Guatemala,
25 de noviembre de 2010

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil William Laurence Hernández Guzmán, quien contó con la asesoría del Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

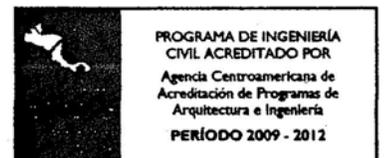
ID Y ENSEÑADA TODOS


Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



Guatemala,
26 de noviembre de 2010

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

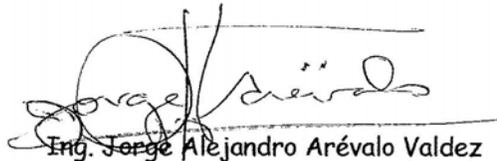
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil William Laurence Hernández Guzmán, quien contó con la asesoría del Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

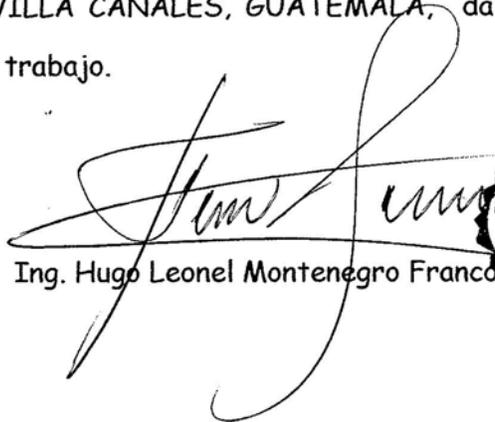




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante William Laurence Hernández Guzmán, titulado PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



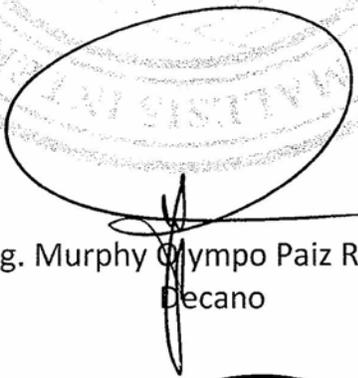
Guatemala, enero de 2011

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **William Laurence Hernández Guzmán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de enero de 2011

/gdech



AGRADECIMIENTO A:

- Dios** Autor principal de mis sueños y anhelos, no hay palabras para describir tu misericordia y gracia sobre mi vida.
- Mis padres** Efraín Hernández Mollinedo (Q.E.P.D.) y Gumercinda Guzmán Hernández.
- Mi madre** Porque me enseñaste a buscar el éxito, a ser mejor, este logro es insuficiente comparado con todo lo que has luchado, espero, en esta corta vida, ser un orgullo para ti.
- Mi padrino** Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su valiosa asesoría y apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.
- Mis hermanos** Juan Antonio (Q.E.P.D.), Carlos Augusto, Rosalina, Alma Dalila, Judith Maribel y Efraín Giovanni, por su apoyo y comprensión, deseándoles lo mejor en todo lo que se propongan.
- Mis amigos** Por su apoyo y amistad invaluable y compañía en los momentos difíciles; ustedes son como mi otra familia.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por la vida, la sabiduría y haberme guardado a lo largo de este camino.
Mis padres	Efraín Hernández Mollinedo (Q.E.P.D.) y Gumerinda Guzmán Hernández.
Mis hermanos	Juan Antonio (Q.E.P.D.), Carlos Augusto, Rosalina, Alma Dalila, Judith Maribel y Efraín Giovanni.
Mi familia en general	Con mucho cariño y aprecio a todos, esperando que este acto sea una satisfacción y ejemplo.
Mis amigos	Por que con ustedes compartí los mejores años de mi carrera.
La Facultad de Ingeniería	Por mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	XIX
OBJETIVOS	XXI
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Origen del nombre	1
1.1.3. Aspectos físicos	2
1.1.4. Distancia relativa	2
1.1.5. Colindancias	2
1.1.6. Población	3
1.1.7. Clima	3
1.1.8. Producción	3
1.2. Infraestructura de la comunidad	4
1.2.1. Vías de acceso	4
1.2.2. Energía eléctrica	4
1.2.3. Servicio sanitario	4
1.2.4. Servicio de agua potable	5
1.2.5. Mercado comunal	5
1.2.6. Servicio de rastro	5
1.2.7. Tipología de la vivienda	5

1.2.8.	Centros educativos	6
1.2.9.	Áreas para recreación	6
1.3.	Análisis de la comunidad	7
1.3.1.	Diagnóstico	7
2.	PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ	
	EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA	9
2.1.	Identificación del proyecto	9
2.2.	Límites del proyecto	9
2.3.	Levantamiento topográfico	9
2.3.1.	Planimetría y altimetría	10
2.3.2.	Libreta de campo	10
2.4.	Diseño urbanístico para la aldea San José El Tablón	13
2.4.1.	Demanda del crecimiento poblacional	14
2.4.2.	Área urbana y área urbanizable	16
2.4.3.	Destinación del terreno	17
2.4.4.	Legislación y reglamentación sobre urbanización	18
2.5.	Diseño de zonificación y adaptación de nomenclatura para la aldea San José El Tablón	21
2.5.1.	Selección de zonas	22
2.5.2.	Selección de calles y avenidas	23
2.5.3.	Determinación de la codificación	24
2.5.4.	Determinación de ancho de las vías	26
2.5.5.	Beneficios del proyecto	28
2.5.5.1.	Beneficios para la comunidad	28
2.5.5.2.	Beneficios viales	29
2.5.5.3.	Beneficios económicos	29
2.5.6.	Inscripción en los registros fiscales y en el catastro municipal	29

2.5.7.	Planos del proyecto	30
2.5.8.	Presupuesto del proyecto	31

3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

3.1.	Descripción del proyecto a desarrollar	33
3.2.	Estudio preliminar	33
3.2.1.	Definición de pavimentos	33
3.2.2.	Tipos de pavimentos	34
3.2.2.1.	Pavimento rígido	34
3.2.3.	Elementos constitutivos de los pavimentos	35
3.2.3.1.	Sub-rasante	35
3.2.3.2.	Capa de sub-base	35
3.2.3.3.	Capa de base	36
3.2.3.4.	Superficie de rodadura	36
3.3.	Toma de muestras del suelo	37
3.3.1.	Ensayo de los límites de Atterberg	38
3.3.2.	Ensayo de granulometría	39
3.3.3.	Ensayo de compactación (Proctor modificado)	39
3.3.4.	Ensayo del valor soporte del suelo (C.B.R.)	40
3.3.5.	Análisis de resultados	41
3.4.	Levantamiento topográfico preliminar	42
3.4.1.	Planimetría	43
3.4.2.	Altimetría	45
3.4.3.	Secciones transversales	46
3.4.4.	Cálculo topográfico preliminar	47
3.4.4.1.	Cálculo planimétrico	47
3.4.4.2.	Cálculo altimétrico	48
3.4.4.3.	Cálculo de secciones transversales	49

3.4.4.4.	Cálculo de curvas de nivel	50
3.5.	Diseño geométrico de la carretera	50
3.5.1.	Cálculo de los elementos de la curva horizontal	50
3.5.1.1.	Grado de curvatura (G)	52
3.5.1.2.	Longitud de curva (Lc)	54
3.5.1.3.	Sub-tangente (St)	54
3.5.1.4.	Cuerda máxima (Cm)	54
3.5.1.5.	External (E)	55
3.5.1.6.	Ordena media (Om)	55
3.5.1.7.	Principio de curva (Pc)	55
3.5.1.8.	Principio de tangente (Pt)	56
3.5.2.	Determinación de curva vertical	56
3.6.	Movimiento de tierras	59
3.6.1.	Diseño de la sub-rasante	59
3.6.2.	Cálculo de áreas de las secciones transversales	61
3.6.3.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	63
3.7.	Drenajes	66
3.7.1.	Principios de diseño	66
3.7.2.	Diseño de canales abiertos	67
3.7.3.	Fórmula de Manning	69
3.7.4.	Diseño de cunetas laterales	70
3.8.	Diseño de pavimento rígido	74
3.8.1.	Análisis de tránsito	75
3.8.2.	Clasificación de tránsito	76
3.8.3.	Espesor de la sub-base	76
3.8.4.	Espesor de la base	77
3.8.5.	Espesor de la capa de rodadura	77
3.8.6.	Resultados y diseño final	85
3.8.7.	Sección típica	85

3.8.8.	Planta perfil	86
3.9.	Estimación de costos para pavimento rígido	86
3.9.1.	Costo de pavimento rígido	87
CONCLUSIONES		89
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA		93
ANEXOS		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa de localización de la aldea	2
2	Distribución de la aldea	23
3	Distribución calles, avenidas y codificación	26
4	Limites de Atterberg	38
5	Elementos de una curva horizontal	51
6	Deflexión delta	53
7	Curva vertical cóncava	58
8	Curva vertical convexa	58
9	Detalle de secciones transversales	62
10	Sección del terreno natural	63
11	Prisma irregular	63
12	Medidas finales de cuneta	74
13	Sección típica	86

TABLAS

I	Planimetría	11
II	Altimetría	12
III	Resumen de censo poblacional	15
IV	Clasificación y tipos de construcción	17
V	Características de lotes	18
VI	Dimensiones mínimas de lotes	19
VII	Organización de los distintos usos del suelo	19
VIII	Requisitos para desmembración	21
IX	Resumen de zonificación y nomenclatura	25
X	Derecho de vía	27
XI	Retiro, ancho de vía y gabaritos	27
XII	Infraestructura de la aldea	30
XIII	Costo proyecto zonificación	31
XIV	Límites de Atterberg	38
XV	Ensayo de granulometría	39
XVI	Ensayo de proctor modificado	40
XVII	Clasificación del suelo	40
XVIII	Resultado del ensayo C.B.R.	41
XIX	Resultados de ensayo de laboratorio	42
XX	Libreta de planimetría	44
XXI	Libreta de altimetría	45
XXII	Libreta de secciones transversales	46
XXIII	Cálculo de planimetría	47
XXIV	Cálculo de altimetría	48
XXV	Cálculo de secciones transversales	49

XXVI	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	57
XXVII	Movimiento de tierra	65
XXVIII	Resumen movimiento de tierra	65
XXIX	Intensidad de lluvia para Guatemala	66
XXX	Coeficiente de escorrentía y áreas	66
XXXI	Relaciones geométricas de las secciones	69
XXXII	Tránsito promedio diario para la aldea San José El Tablón	76
XXXIII	Categoría de carga por eje	79
XXXIV	Tipo de suelo de la sub-rasante y valores aproximados de K	79
XXXV	Pavimento con juntas y agregados de trabe	80
XXXVI	Datos de diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de 4000 psi	83
XXXVII	Datos utilizados en el diseño del pavimento	85
XXXVIII	Presupuesto de pavimento rígido	87
XXXIX	Ensayo de compactación	97
XL	Ensayo de límites de Atterberg	98
XLI	Ensayo de C.B.R.	99
XLII	Ensayo granulométrico	100

GLOSARIO

Adobe	Masa de barro, mezclado o no con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol.
Adoquines	Bloques de concreto fabricados en moldes, son llenados manualmente o con máquina vibroprensadoras semimanuales o fabricados por maquinas automáticas.
Agua potable	Agua tratada según estándares internacionales de calidad, para consumo humano.
Ángulo	Es la menor o mayor abertura que forman entre sí dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice. Su mayor o menor abertura se mide en grados.
Arcilla	Silicato de alúmina hidratado; sustancia que, empapada en agua, se hace muy plástica. Contiene caliza, arena, óxidos metálicos y es de uso corriente en alfarería.
Asfalto	Es la destilación del petróleo crudo. Puede realizarse por vapor o por aire. La destilación por vapor da excelentes asfaltos para pavimentos.

Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso, con el objeto de proteger y que sirva de superficie de rodadura.
Base	Están constituídas por una capa de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado, que se construye sobre la sub-base.
Catastro	Inventario de los bienes y servicios de un país por medio de mapas que presentan los límites geométricos de las propiedades, sus dimensiones y el área que contienen.
Caudal	Volumen de agua escurrida en la unidad de tiempo.
Clinómetro	Instrumento para medir la inclinación de un plano.
Concreto	Mezcla de arena, grava y cemento, amasado con agua.
Coordenadas	Son líneas que sirven para determinar la posición de un punto y los ejes, o planos, a que se refieren aquellas líneas.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino. Se realiza a media ladera o en trinchera.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.

Cuneta	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o camino construido entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo comúnmente de forma triangular, trapezoidal y cuadrada. Captan y conducen las aguas que escurren superficialmente en calles y caminos, hacia conductos destinados a su desalajo.
Drenajes	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías, condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
Estación	Cualquiera de los puntos de un terreno en que miden ángulos o distancias.
Estadal	Complemento del equipo de medición topográfica que consiste en una escala graduada de cuatro metros de longitud.
Límite líquido	Es el que está entre el estado líquido de un suelo y su estado plástico.
Límite plástico	En un suelo, es el contenido de agua que tiene el límite inferior de su estado plástico.
Muestra	Porción pequeña de un suelo que permite considerarla como representativa del mismo.

Pavimento rígido	Es aquel pavimento que debido a su gran resistencia a flexión, distribuye las cargas del tránsito sobre un área extensa de la sub-rasante, teniendo como revestimiento una losa de concreto.
Perfil	Representación gráfica del corte o sección perpendicular del terreno o trazo.
Proctor	Se creó para determinar la humedad óptima con que un suelo puede alcanzar su máxima densidad posible.
Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Teodolito	Instrumento geodésico de precisión para medir ángulos.
Zonificación	División en distritos de determinadas áreas de una población, de acuerdo a disposiciones técnicas y administrativas de una municipalidad.

RESUMEN

Este trabajo de tesis trata sobre el diseño de pavimento y zonificación para la aldea San José El Tablón, del Municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala y es resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para su realización, se inicia con una investigación monográfica y diagnóstica de la comunidad, para llegar a determinar las necesidades inmediatas; posteriormente, se realizan los estudios necesarios para el diseño de los proyectos, entre los que destaca, el levantamiento topográfico para ambos proyectos.

Con la consolidación de la información topográfica, se realizan trabajos de gabinete, para obtener los datos necesarios para los diseños correspondientes. En el caso de la zonificación, la división de las zonas y distribución de la nomenclatura; en la carretera principal y calles auxiliares, el diseño geométrico y movimiento de tierras. Posteriormente, se procede a dibujar los planos, elaborar los presupuestos, especificaciones técnicas económicas y disposiciones especiales, para cada proyecto.

Asimismo, al finalizar el diseño de las propuestas, se llegó a determinar los beneficios y responsabilidades que la comunidad tendrá en el momento de ponerse a funcionar.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en coordinación con la Municipalidad de Villa Canales y el Consejo Comunitario de Desarrollo de la aldea San José El Tablón (COCODE), para disminuir los problemas que presentan, entre los que sobresalen: la circulación vial por la falta de pavimento en las vías principales y la identificación adecuada de los inmuebles por la demanda poblacional.

El trabajo espera contribuir con la solución de los problemas que existen en la comunidad, dotándola de los principios necesarios para el diseño de pavimentación y la propuesta de zonificación.

El capítulo 1, hace mención de la monografía y diagnóstico de la comunidad. El capítulo 2, describe la planificación urbanística, conformado por la distribución de calles, avenidas y zonas, de la aldea San José el Tablón. El capítulo 3, presenta el proceso de diseño de pavimento rígido de la calle que circunda la aldea.

Al final, se hace mención de las conclusiones a que se llegó, producto del trabajo realizado, así como sus respectivas recomendaciones, para que sean tomadas en cuenta. Asimismo, se incluye la bibliografía y los anexos correspondientes.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

San José El Tablón cuenta con un sistema de identificación habitacional, que funciona en forma aleatoria, pero, que no es adecuado, ocasionando confusión para la localización de los inmuebles; además, las vías principales de la comunidad son de terracería y se encuentran en mal estado. Con el estudio de zonificación y propuesta de pavimentación, se contribuye a la solución y mejora de la identificación, circulación y fluidez vehicular.

Es así como la unidad del Ejercicios Profesional Supervisado (E.P.S.), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Municipalidad de Villa Canales y el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de la aldea San José El Tablón acuerdan realizar un estudio de zonificación y propuesta de pavimentación. La comunidad mantiene una necesidad de actualización constante y la Municipalidad como responsable de la dirección, ejecución de programas y proyectos de servicio comunitario, debe tener la capacidad de realizarlos eficaz, eficiente y económicamente.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- **GENERALES**

Proporcionar al Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), de la aldea San José El Tablón la propuesta de zonificación y pavimentación; asimismo, presentar en forma exhaustiva los estudios previos al desarrollo de los diseños, apoyados en una base teórica que sirva como complemento para el proyecto final.

- **ESPECÍFICOS**

1. Desarrollar una investigación acerca de la monografía de la aldea San José El Tablón.
2. Realizar el diagnóstico de las necesidades prioritarias de la aldea San José El Tablón.
3. Realizar el estudio topográfico de la comunidad, para tener un mejor conocimiento de la orientación y trazo de las calles con que cuenta.
4. Elaborar detalladamente la planificación de materiales y presupuesto de los proyectos de zonificación y pavimentación.

1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

1.1. Generalidades

La aldea San José El Tablón, se ubica en el municipio de Villa Canales, en el departamento de Guatemala. En la latitud: 14 grados 29 minutos 05 segundos, y longitud: 90 grados 31 minutos 57 segundos. Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1 280 metros¹.

1.1.1. Reseña Histórica

Antes, la aldea El Tablón se llamaba el Pajal, porque la construcción de las viviendas era a base de paja y caña de milpa.

En el tiempo del General Justo Rufino Barrios, cambió su nombre al de San José El Tablón, porque para llegar a la aldea, ponían tablas, pues la separaba una laguneta. El cementerio se encontraba en la entrada de la aldea, habiendo sido trasladado al lugar actualmente llamado el Pajal².

1.1.2. Origen del nombre

Se debe su nombre, al Santo Patrono del lugar, San José, conocida actualmente como aldea San José El Tablón y celebra su fiesta titular el 19 de marzo, cuenta con los caseríos Candelaria, Tapacún y Nueva Esperanza².

¹ Información proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional.

² Información proporcionada por Unidad de Coordinación Técnica Urbanística y Cartográfica Municipal y COCODE de la aldea San José El Tablón.

1.1.3. Aspectos físicos

La región, donde se encuentra localizada la aldea San José El Tablón, es una zona rodeada de montañas y barrancos, por lo que su topografía es accidentada. Existen en el lugar variedad de cultivos y vida vegetal, por ejemplo: naranja, mandarina, limón, jocote, frijol, maíz y café.

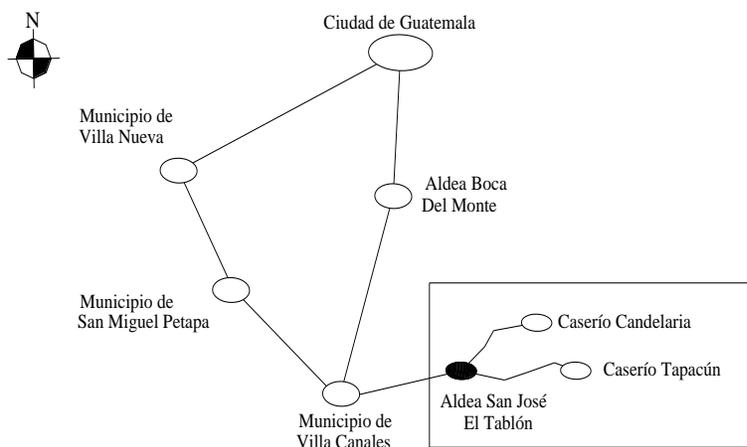
1.1.4. Distancia relativa

La distancia de la aldea a la cabecera municipal de Villa Canales es de 3 kilómetros. A la vez, la cabecera municipal dista 22 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

1.1.5. Colindancias

La aldea San José El Tablón colinda en el Norte con la finca Escamilla y cabecera municipal de Villa Canales; al Sur con los caseríos Tapacún, Nueva Esperanza, Candelaria y finca Victorias; al Este con la finca Candelaria y al Oeste con la finca Escamilla y caserío la Virgen de la cabecera municipal.

Figura 1. Mapa de localización de la aldea



1.1.6. Población

Los habitantes de la aldea San José El Tablón, son apegados a sus costumbres históricas y religiosas. Predomina la religión Católica, siguiéndole la Evangélica, Testigos de Jehová y Mormones.

La comunidad tiene una población de 3 801 habitantes de 950 viviendas lo que hace una media de 3 a 5 personas por hogar y una población estudiantil de 2 674 alumnos, distribuidos entre: educación primaria, secundaria y diversificado. Sus habitantes están organizados en comités pro-mejoramiento de agua potable, escuela, carretera, cultura y festejos.

1.1.7. Clima

El clima es templado y el invierno se presenta entre los meses de abril y noviembre. La precipitación pluvial es de mil (1 000) a mil quinientos (1 500) milímetros.

1.1.8. Producción

Las principales actividades económicas son: la agricultura y el comercio. La producción agrícola, en orden de importancia es: maíz, frijol y árboles frutales. Los cultivos y los pequeños comercios son de subsistencia y los vecinos son, en un alto porcentaje, propietarios de las tierras que ocupan.

1.2. Infraestructura de la comunidad

1.2.1. Vías de acceso

A la aldea se llega por caminos parcialmente pavimentados. La carretera principal parte de la cabecera municipal de Villa Canales hacia el casco de la aldea. La calle principal atraviesa toda la comunidad hasta la carretera que conduce a la aldea Santa Elena Barillas y carretera a El Salvador, siendo transitable en toda época del año; asimismo, cuenta con las calles de acceso: Candelaria, Cuchilla y Cuestona, transitables únicamente a pie y en época de verano.

1.2.2. Energía eléctrica

La población cuenta con energía eléctrica monofásica (110 voltios 60 hertz) y utiliza de cuatro a seis focos promedio por vivienda.

1.2.3. Servicio sanitario

La aldea no cuenta con un sistema colectivo de evacuación de las aguas servidas, de tal manera que, los habitantes la depositan superficialmente en los patios de sus casas, se forman zanjas y charcos de aguas contaminadas. Otro grupo menor la saca a las calles, por donde corre superficialmente, el resto posee pozos ciegos, servicio que utiliza la mayoría de la población.

Tampoco existe un depósito apropiado de las excretas, la reincidencia en las enfermedades es frecuente, debido a los diversos focos de contaminación que los mismos habitantes provocan. Por lo tanto, es necesaria la implementación de un sistema sanitario para aguas negras y aguas servidas domésticas.

1.2.4. Servicio de agua potable

La aldea cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, diseñado en el año de 1991, el cual se obtiene por las tres fuentes que se localizan dentro de las poblaciones: los nacimientos El Preciso y El Aguacate, en el caserío Tapacún y el pozo que abastece a la comunidad se ubica en el Sur del casco de la aldea. El abastecimiento de agua está constituido por un sistema de gravedad y controlado por un comité de vecinos. El aumento poblacional, ha dado como resultado la escasez en el servicio.

1.2.5. Mercado comunal

Se carece de este servicio y los vecinos viajan a la cabecera municipal para efectuar sus compras. Es necesaria su implementación, ya que sirve como foco de interacción social.

1.2.6. Servicio de rastro

No existe ninguna instalación formal de este tipo.

1.2.7. Tipología de la vivienda

Las casas en su mayoría están construidas con paredes de block, el 85% tiene cubierta de lámina de zinc y piso de cemento, el 15% es de piso cerámico y techo de losa; las viviendas están formadas por un dormitorio grande y un pequeño, luego está la cocina y el comedor. La mayoría de cocinas son de estufas de gas propano. Frente a la vivienda está un patio grande donde se ubica la acometida de agua potable, siendo recibida en pilas o en toneles.

La ventilación e iluminación en cada casa es escasa, ya que poseen ventanas muy pequeñas. En la mayoría de las viviendas hay de 3 a 5 personas por hogar y todos duermen en el dormitorio grande. Por lo tanto, se producen situaciones no sanas de vivencia en cada uno de estos hogares.

1.2.8. Centros educativos

En la aldea funciona una escuela de nivel pre-primaria y de nivel primario, ésta cuenta con doce salones, dirección y cocina, asisten de 900 a 1 000 alumnos con trece maestros pagados por el Estado. La educación secundaria y diversificada se puede recibir en el colegio católico privado San José de la Encarnación y en colegios e institutos de la cabecera municipal.

1.2.9. Áreas para recreación

La comunidad cuenta con un campo de fútbol situado en la finca San Ramón el Bosque, propiedad privada, y una cancha de básquetbol y papifútbol, a un costado del salón comunal, esta última propiedad que pertenece a la comunidad.

Carece de parque y áreas de recreo, por lo que es necesario hacer un estudio de los terrenos comunales, en particular en las áreas sur y centro de la comunidad, para determinar sitios con potencial para este fin.

1.3. Análisis de la comunidad

1.3.1. Diagnóstico

De acuerdo con la investigación realizada, para futuros proyectos en la comunidad, se priorizan las siguientes necesidades, en su orden:

- Agua potable
- Centro de educación
- Centros de salud
- Mejoramiento de caminos vecinales
- Drenajes
- Reforestación

2. PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

2.1. Identificación del proyecto

El objetivo del proyecto, es integrar a los habitantes de la aldea San José El Tablón, por medio de un ordenamiento adecuado de sus calles, avenidas y zonas. Se pretende beneficiar a 3 801 habitantes con una nueva nomenclatura, la que se desarrolla según las herramientas de cálculo e identificación apropiada. Los elementos que conforman el sistema son, los estudios de topografía, densidad de población, distribución de la nomenclatura y selección de zonas.

2.2. Límites del proyecto

Se limita la distribución de la nomenclatura al casco de la aldea, dado que la concentración de la población se da en el centro de la misma y estará dividida en tres zonas, las cuales se clasifican con base al crecimiento y distribuidas en sentido de las manecillas del reloj. Las calles están orientadas de Este a Oeste y las avenidas de Norte a Sur.

2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de planimetría y altimetría, se realizó usando el teodolito marca SOKKIA, modelo TM20ES, se usó el método de conservación de azimut, con orientación de estación a estación por vuelta de campana.

El rumbo de partida fue marcado en forma clara y referenciado respecto del norte magnético, utilizando brújula, y dejando un banco de marca que facilite un nuevo rumbo de salida.

2.3.1. Planimetría y altimetría

La traza de la comunidad está expresada por una variedad de arterias de paso vehicular y peatonal, que se entrecruzan, para fluir la comunicación entre un punto y otro. Para obtener la información es importante un levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, para poder diseñar la configuración de la aldea.

2.3.2. Libreta de campo

Los datos obtenidos del levantamiento planimétrico y altimétrico, son fundamentales para obtener las libretas de campo y planos de la traza con señalamientos de intersección de calles e infraestructura existente, como se muestra en la tabla I, de una fracción del levantamiento realizado.

Tabla I. Planimetría

Est	P.O.	AZIMUT			Dist. (m)	Xp Coor.	Yp Parciales	Xt Coor.	Yt Totales	OBS:
		Gra	Min	S						
1							0,00	0,00		
	1.1	211	50	20	16,11	-8,50	-13,69	-8,50	-13,69	Intersección calle
	1.2	287	37	50	7,26	-6,92	2,20	-6,92	2,20	esquina
	1.3	347	42	0	23,26	-4,96	22,73	-4,96	22,73	Iglesia
	2	95	45	20	49,77	49,52	-4,99	49,52	-4,99	
2										
	2.1	117	57	50	26,65	23,54	-12,50	73,06	-17,49	Intersección calle
	2.2	118	42	0	21,91	19,22	-10,52	68,74	-15,51	esquina
	2.3	118	52	20	18,37	16,08	-8,87	65,61	-13,86	viviendas
	3	101	52	0	127,30	124,58	-26,18	174,10	-31,17	
3								174,10	-31,17	
	3.1	183	39	50	5,11	-0,33	-5,10	173,78	-36,27	Intersección
	3.2	203	47	0	5,30	-2,14	-4,85	171,96	-36,02	de
	3.3	222	32	0	5,90	-3,99	-4,35	170,11	-35,52	calle
	3.4	54	3	0	6	4,86	3,52	178,96	-27,65	Y esquinas
	3.5	34	26	55	4,60	2,60	3,79	176,70	-27,38	de
	3.6	358	18	15	4,40	-0,13	4,39	173,97	-26,77	viviendas
	4	102	36	15	75,53	73,71	-16,48	247,81	-47,65	
4								247,81	-47,65	
	4.1	175	59	0	9,30	0,65	-9,28	248,46	-56,93	Intersección calle
	4.2	207	10	10	8,80	-4,02	-7,83	243,79	-55,48	fin de tramo

Fuente: Recopilación propia de información con base al levantamiento topográfico.

El procedimiento para determinar las diferencias de alturas o cotas en el poblado, fue de nivelación taquimétrica, la cual se realiza con teodolito para poder tener un avance favorable, dejando bancos de marca y referencias en cada intersección, como se presenta en la tabla II.

Tabla II. Altimetría

Est	P.O.	ESTADAL			ANG. VERT			Dist. (m)	Hinst	Cota	Observaciones
		Hs	Hm	Hi	Gra	Min	S				
1								1,43	100		
	1,1	0,362	0,280	0,200	94	12	55	16,112		99,96	Intersección calle esquina iglesia
	1,2	0,276	0,238	0,200	102	11	50	7,261		99,65	
	1,3	0,534	0,417	0,300	94	24	35	23,262		99,22	
	2	0,600	0,350	0,100	86	9	10	49,775		104,41	
2									1,45		
	2,1	0,368	0,235	0,100	85	43	0	26,650		107,62	Intersección calle esquina vivienda
	2,2	0,320	0,210	0,100	86	22	30	21,912		107,04	
	2,3	0,284	0,192	0,100	87	35	0	18,367		106,45	
	3	1,598	0,950	0,300	82	1	10	127,298		122,59	
3									1,44		
	3,1	0,452	0,427	0,400	97	38	10	5,108		122,92	Intersección calles esquina viviendas
	3,2	0,554	0,527	0,500	97	52	0	5,299		122,78	
	3,3	0,660	0,630	0,600	97	25	40	5,900		122,64	
	3,4	0,360	0,330	0,300	90	57	50	5,998		123,60	
	3,5	0,646	0,623	0,600	91	47	30	4,596		123,26	
	3,6	0,944	0,922	0,900	91	48	10	4,396		122,97	
	4	1,075	0,690	0,300	80	49	0	75,526		135,39	
4									1,37		
	4,1	0,193	0,146	0,100	89	18	50	9,299		136,72	Intersección calle fin tramo, cruce
	4,2	0,288	0,242	0,200	89	0	25	8,797		136,67	

Fuente: Recopilación propia de información con base al levantamiento topográfico.

Los datos requeridos para los cálculos de diferencia de niveles y chequeo de distancias horizontales, se obtuvieron por el método taquimétrico:

$$\text{Distancia Horizontal} = ((H_s - H_i) (\text{seno } \Delta)^2) * 100$$

$$\text{Cota} = (H_t + C_i + (\cos \Delta) * D_h) - H_m$$

$$\text{Coordenadas en Y} = \text{Distancia Horizontal} * \text{Seno Azimut}$$

$$\text{Coordenadas en X} = \text{Distancia Horizontal} * \text{Coseno Azimut}$$

2.4. Diseño urbanístico para la aldea San José El Tablón

Las aldeas, presentan la misma serie de transformaciones, aunque algunas por el aumento poblacional se han hecho más relevantes que otras.

La aldea San José El Tablón, se encuentra a poca distancia de la cabecera municipal de Villa Canales, por tal razón, es necesario regular el crecimiento y desarrollo urbano futuro a través de una adecuada preparación de proyectos de urbanización; destinados a vivienda o habitación, para garantizar a los habitantes la salud, seguridad, convivencia social, la participación comunitaria y su bienestar por medio de:

- a) La selección de áreas destinadas al desarrollo de proyectos residenciales, fijando prioridades para un adecuado desarrollo de los mismos y para beneficio integral de los habitantes de la comunidad.
- b) Garantizar la dotación apropiada de los servicios públicos y del equipamiento básico así como una adecuada numeración de calles y avenidas en viviendas y comercios.
- c) Promover la aplicación de normas técnicamente adecuadas en nuevos desarrollos urbanísticos a través de un reglamento municipal, principalmente para lotificaciones y urbanizaciones.

2.4.1. Demanda del crecimiento poblacional

En la aldea San José El Tablón, el crecimiento poblacional ha sido acelerado, por lo que con la cooperación del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) y vecinos, se recopilaron datos para tener estadísticas de la comunidad, considerando los siguientes factores:

- a) Distribución y densidad de la población
- b) Tipología de vivienda y nomenclatura.
- c) Identificación de edificios públicos, como escuelas, centros de salud, salones de usos múltiples, áreas deportivas, correos y alcaldía auxiliar.
- d) Identificación de los servicios básicos en la comunidad.

En la tabla III se muestran los resultados del censo realizado en la aldea.

Tabla III. Resumen del censo poblacional

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 E.P.S. INGENIERÍA CIVIL
 MUNICIPALIDAD DE VILLA CANALES, GUATEMALA
 PROYECTO: ZONIFICACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN
 MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA



1	HABITANTES	Menores de 12 años	1 273	33,49%
		Entre 12 y 18 años	467	12,29%
		Mayores de 18 años	2 061	54,22%
		TOTAL	3 801	
2	SEXO	Femenino	1 918	50,46%
		Masculino	1 883	49,54%
		TOTAL	3 801	
3	NIVEL EDUCACIÓN	Analfabeto	965	25,39%
		Primaria	2 160	56,83%
		Secundaria	470	12,36%
		Diversificado	144	3,79%
		Universitario	62	1,63%
		TOTAL	3 801	
4	RELIGIÓN	Católico	2 568	6,56%
		Evangélico	780	20,52%
		Testigo Jehova	43	1,13%
		Mormones	5	0,13%
		Ninguna	405	10,66%
		TOTAL	3 801	
5	TIPO DE VIVIENDA	Formal	632	67%
		Improvisada	135	14%
		Otros	183	19%
		TOTAL	950	
6	CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA	Propia	619	65%
		Alquiler	331	35%
		TOTAL	950	
7	SERVICIOS BÁSICOS DE LA COMUNIDAD 950 VIVIENDAS	Agua potable	619	65%
		Energía eléctrica	554	58%
		Drenaje Sanitario	0	0%
		Pavimento	131	14%
		Alumbrado público	585	61%
		Teléfono Tierra F.	32	4%
		Teléfono Celular	855	90,10%

Fuente: Recopilación propia de información con base al censo de la comunidad.

2.4.2. Área urbana y área urbanizable

Se entiende por área urbana, aquella que ha recibido los beneficios de la urbanización y ha quedado incorporada al cuerpo de la cabecera municipal o ciudad. Se entiende por área urbanizable aquella que por estar inmediata al área urbana, o por otros factores propios, está destinada a ser urbanizada en un futuro; es importante fijar éstas dos áreas ya que delimitan la vigencia de los reglamentos de urbanización que al efecto se emitan y es por ello que éste paso constituye la primera etapa para el desarrollo urbanístico de la aldea San José El Tablón.

La urbanización de la aldea consiste en la habilitación de tierras mediante la dotación de infraestructura, servicios públicos y equipamiento urbano, con fin de destinarlas a la construcción de viviendas. En relación a las características de la comunidad, predios, calles vecinales, vías o arterias principales y vías colectoras, barrancos y elevaciones topográficas. Para los efectos de éste estudio, las tierras se dividirán en dos grupos:

- a) Terrenos con desarrollo urbano abierto: cuando el espacio que circunda no presenta accidentes topográficos que limiten su relación, en cualquier sentido, con las áreas urbanas aledañas y puede por lo tanto conectarse abiertamente a ellas.

- b) Terrenos con desarrollo urbano cerrado: cuando un terreno por su localización esté delimitada por accidentes topográficos que le impidan conectarse o relacionarse, y su conexión solo podrá hacerse por el lado natural de acceso al terreno.

2.4.3. Destino del terreno

En la aldea El Tablón el 65% son propietarios de sus terrenos y a sus casas le dan el uso habitacional, combinado con comercio y agricultura, y en circunstancias crianza de animales, con el objeto de contribuir en la economía del hogar, por lo que es importante fomentar un ordenamiento urbano, que ayude a un destino adecuado del terreno que se adapte a la función propia de la población, respetando los parámetros de edificación residencial, comercial e industrial que generalmente se conocen en las áreas de alto desarrollo urbano.

Las áreas destinadas al uso privado se clasifican con base a la densidad y tamaño en lotes dentro del núcleo vecinal y comunidad urbana. Para efectos de edificación en cuanto a clasificación y tipos de construcciones en estos predios, se hace la clasificación de la tabla IV.

Tabla IV. Clasificación y tipos de construcción

Clasificación de la construcción	Tipos de edificaciones
Tipo A	Obras de uso industrial, comercial, talleres, etc.
Tipo B	Obras de 3 o más plantas mas sótano
Tipo C	Obras de 1 o 2 plantas mas sótano, con losas, voladizos, vigas, marcos, columnas aisladas de concreto armado, acero ó cualquier otro material
Tipo D	Obras combinadas o mixtas de una planta con techo de lámina o teja
Tipo E	Obras de una planta de adobe con techo de lámina o teja

Fuente: Consulta propia del reglamento para la emisión de licencias de construcción de la Municipalidad de Villa Canales.

2.4.4. Legislación y reglamentación sobre urbanización

En cuanto a este aspecto se recomienda tomar algunas normas y reglamentos aplicables para la República de Guatemala, entre estas está la del FHA, el Reglamento de la Construcción de la Municipalidad de Guatemala y la Ley de Parcelamientos Urbanos, los cuales dan los siguientes parámetros:

- a) Densidad máxima para lotificaciones: se permite una densidad de hasta 110 lotes por hectárea.
- b) Para los efectos de lotificación en áreas vecinales se tiene estimado de 25 a 35 lotes por manzana, contemplando las características que rigen las urbanizaciones. Se considera 6 a 8 habitantes por vivienda con un área de edificación de 20 a 25 m² por persona. Se recomienda basarse en futuras desmembraciones de acuerdo a tabla V.

Tabla V. Características de lotes

Lote	Índice de lote bifamiliar					
Tipo	Frente Mínimo (m).	Área (m ²).	Densidad neta Viv / Ha.	Proporción máxima	I.O.	I.C.
Vecinal	F= 7,20 L= 22,22	Min: 160	Max: 110 Min: 35	1: 3.1	0,85	1,70

Fuente: Consulta propia de las normas sobre la zonificación y urbanización de la municipalidad de Guatemala.

- c) Dimensiones mínimas de lotes: no podrán ser menores a 64 m² y con un frente mínimo de 4 m, permitiéndose reducciones de hasta 10% en rotondas o curvas en las vías vehiculares, no será permitida la subdivisión.

TablaVI. Dimensiones mínimas de lotes

Frente (m)	Fondo (m)	Área (m²)
8	8	64
7	9,20	64
6	11	66
5	13	65
4	16	64

Fuente: Consulta propia de las normas de planificación y construcción del F.H.A

- d) Índice de ocupación y construcción: se utilizaran índices máximos de 0,85 y 1,70, respectivamente.

Tabla VII. Organización de los distintos usos del suelo

Uso del suelo	Área útil para urbanización
Área privada	60% máximo
Circulación	25% máximo
Vehículos (mínimo)	60
Peatonal (máximo)	40
Áreas verdes y deportivas	10%
Equipamiento	10%
Total	100%

Fuente: Consulta propia de las normas sobre la zonificación y urbanización de la municipalidad de Guatemala.

- e) Las condiciones geológicas del terreno sujetas a erosión, inundaciones y contaminaciones, no podrán urbanizarse a menos que se tomen las medidas técnicas correctivas para eliminar el riesgo.
- f) Los bienes inmuebles deben tener fácil acceso a través de una vía pública o paso de servidumbre, como lo estipula el Código Civil, capítulo III, que reglamenta la Servidumbre Legal de Paso, mínimo 2 m y como máximo 6 m de ancho.
- g) El área útil de terreno deberá tener una pendiente máxima de 6%.
- h) El terreno y las áreas a desmembrar deberán ser autorizadas por la Coordinación técnica urbanística y cartográfica de la Municipalidad de Villa Canales. Para su evaluación debe cumplir con los requisitos de la tabla VIII, tomando como base las disposiciones de ley de Parcelamientos Urbanos, Decreto No. 1 427 de 1 961 del Congreso de la República.

Tabla VIII. Requisitos para desmembración

Solicitud de desmembración de bien inmueble	
Memorial	
1	Dirigido al Alcalde Municipal.
2	Datos completos del propietario y comprador (dirección, número de cédula, nit y teléfono).
3	Dirección exacta del inmueble a desmembrar.
4	Nombres claros de colindancias y medidas.
5	Número de finca, folio y libro del inmueble.
6	Petición clara y precisa de la desmembración.
Requisitos	
1	Fotocopia de cédula de vecindad completa del propietario y comprador.
2	Boletos de ornato del propietario y comprador.
3	Fotocopia del recibo de pago del impuesto único sobre inmuebles IUSI del último trimestre.
4	Fotocopia de certificación reciente u hoja electrónica original del registro de la propiedad.
5	Acta notarial de acreditación del representante legal, en caso de persona jurídica o empresa.
6	Fotocopia del testimonio de escritura de compraventa de finca matriz y fracción a desmembrar.
Planos	
	Planos elaborados, firmados y sellados por el profesional colegiado activo de ingeniería civil:
1	Finca matriz.
2	Fracción a desmembrar.
3	Estado de la finca matriz después de desmembrar.

Fuente: Consulta propia de Normas sobre desmembración y formación de predios nuevos de la Municipalidad de Villa Canales.

2.5. Diseño de zonificación y adaptación de nomenclatura para la Aldea San José El Tablón

La población está encaminada a formar parte del cuerpo urbano del municipio de Villa Canales, por lo que se debe promover el ordenamiento de la comunidad a través del levantamiento topográfico de la estructura de la aldea; para tener parámetros básicos para la adaptación de nomenclatura y zonificación.

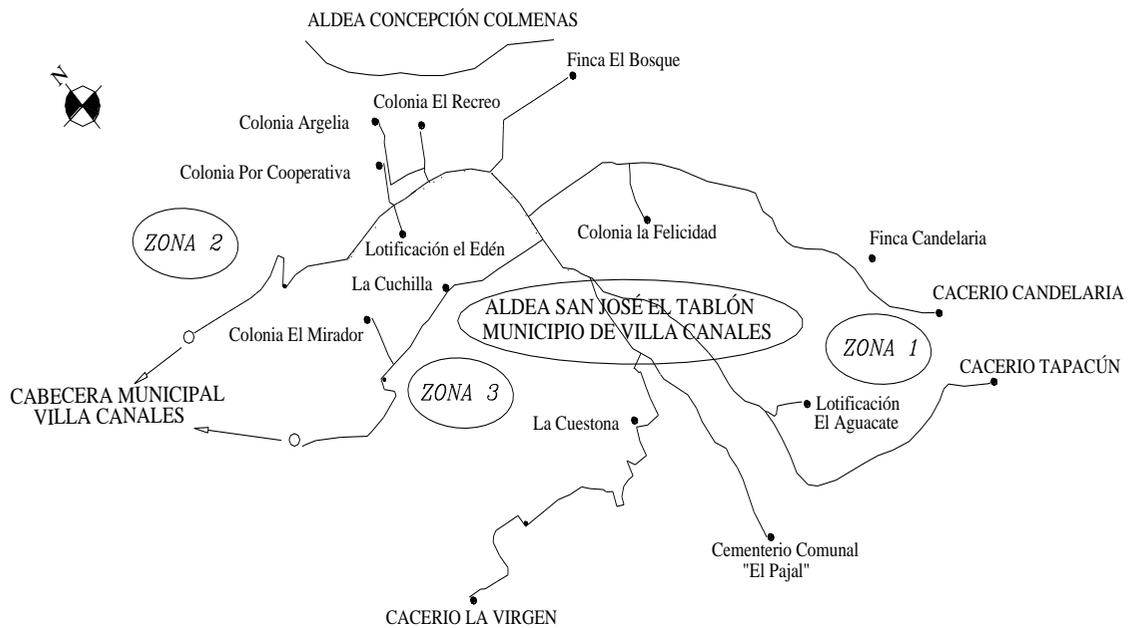
La nomenclatura consiste en registrar la ubicación de los inmuebles en un área o zona. El servicio que presta, al inmueble, como a su propietario, mediante el código asignado, permite diferenciarse de los demás, adquiriendo su propia identificación física.

2.5.1. Selección de zonas

En este proyecto de zonificación se hace la división en tres zonas, numeradas del uno al tres, sectores que antes correspondían a diferentes áreas cantónales, los cuales eran plenamente identificados por la población.

Para la zonificación, se partió del sector central como la zona número uno, en donde tienen su asiento las principales edificaciones como el centro de salud, escuela e iglesia católica; en sentido inverso a las manecillas del reloj, partiendo de la zona uno, se encuentra los cantones, El Volteadero, El Aguacate, El Zompopero, La Ceiba y La Felicidad; en este mismo orden se encuentra la zona dos con los cantones: El Bosque, El Recreo, Argelia y La Cuesta; seguidamente se ubica la zona tres, con los cantones: La Cuchilla, El Mirador, El Naranjo, La Cuestona y El Cementerio.

Figura 2. Distribución de la aldea



2.5.2. Selección de calles y avenidas

Se denominan como calles, aquellas que están orientadas de Este a Oeste, y avenidas las orientadas de Norte a Sur. Existen también diagonales que tienen su origen en calles y avenidas. La numeración de dichas arterias se inició con el número uno, dado que en el ámbito nacional se ha aceptado las especificaciones formuladas por el ingeniero Raúl Aguilar Batres, las que se basan en el sistema de los números enteros positivos.

2.5.3. Determinación de la codificación

Teniendo ya definida las zonas y las arterias, el siguiente paso es la numeración de los inmuebles a través de la codificación, para lo que se debe considerar los siguientes aspectos:

- a) El número pre-guión determina que el inmueble está situado entre dos determinadas arterias y separado por una distancia determinada.
- b) El guión, es el signo que separa los números pre-guión y post-guión.
- c) El número post-guión determina la distancia, en metros, que existe desde el centro de la arteria que señala el número del pre-guión al centro del ingreso principal del inmueble, al que pertenece el código, será utilizado para las arterias cuya longitud total sea igual o menor a los cien metros.
- d) Para el caso correspondiente a las cuadras que midan más de cien metros se aplicará la siguiente fórmula.

$$\text{Factor de medición} = 100 / (\text{Longitud total de la cuadra en metros})$$

El factor de medición será la fracción de la unidad, que deberá ser multiplicada por la distancia real que hay del centro de la arteria que origina el número pre-guión, al centro del ingreso principal del inmueble que se está codificando.

Por ejemplo, la cuadra que está sobre la 3a. avenida entre 5a. y 6a. calle de la zona 1, mide 152 metros, el factor de medición de esa cuadra es:

$$\text{Factor de medición} = 100 / 152 = 0,657$$

el inmueble a codificar está a 140 metros de la 5a. calle, entonces se procede a calcular :

$$\text{Código} = (140 \times 0,657) = 92,10$$

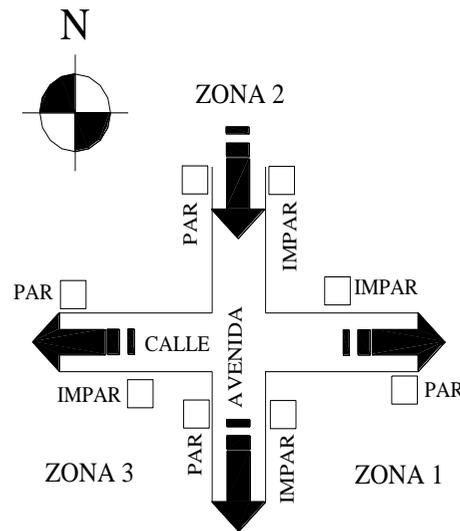
de esta forma se distribuye proporcionalmente la distancia y el número postguión de los códigos no rebasará los dos dígitos, quedando como: 3a. Avenida 5-92 zona 1, como se clasifica en el resumen de la siguiente tabla, en la cual solo se incluye una calle y una avenida de cada zona.

Tabla IX. Resumen de zonificación y nomenclatura

Zonificación de la aldea San José El Tablón, municipio de Villa Canales		
Orden	Dirección	Descripción
	Zona 1	
	1era. Calle zona 1	
1	1a Calle 4-57, Zona 1	Cantón El Bosque
2	1a Calle 4-67, Zona 1	
	1a Avenida Zona 1	
3	1a Ave. 0-13, Zona 1	Avenida principal
4	1a Ave. 2-09, Zona 1	
	Zona 2	
5	1a Calle Zona 2	
6	1a Calle 2-01, Zona 2	Colonia El Edén
7	1a Calle 2-16, Zona 2	
	4a Avenida Zona 2	
8	4 Ave. 0-26, Zona 2	Colonia El Edén
9	4 Ave. 0-44, Zona 2	
	Zona 3	
	1a Calle Zona 3	
10	1a Calle 8-11, Zona 3	Colonia El Mirador
11	1a Calle 8-21, Zona 3	
	1a Avenida Zona 3	
12	1a Ave. 0-20, Zona 3	Avenida principal, San José El Tablón
13	1a Ave. 0-24, Zona 3	

Fuente: Elaboración propia con base a la codificación, nomenclatura y zonificación de la aldea.

Figura 3. Distribución de calles, avenidas y codificación



Fuente: Elaboración propia con base a distribución de zonas.

2.5.4. Determinación de ancho de las vías

Las calles y callejones, cualquiera que sea su orientación, denominadas como vías o arterias, adoptan el nombre también de calle, avenida y, en algunos casos, de nombres célebres. Por tal motivo, es necesario tomar en cuenta consideraciones para el ancho en el derecho de vía para la apertura de futuras calles y avenidas.

El derecho de vía es el terreno propiedad municipal o estatal, que se encuentra delimitado por las líneas de propiedad privada y su uso es exclusivo para las vías públicas y sus servicios. Deberá coincidir con la sección transversal de la vía o gabarito. El objetivo del derecho de vía es la protección de la carretera y adecuado control con el excesivo desarrollo de los terrenos adyacentes.

Las vías públicas se clasifican en primarias, secundarias, terciarias, vecinales, de paso y se regirán de acuerdo al reglamento de derecho de vía de la Dirección General de Caminos (Acuerdo Gubernativo del 5 de junio de 1942), el cual se especifica en la tabla X.

Tabla X. Derecho de vía

Derecho de Vía	Ancho mínimo (m)	Ancho máximo (m)
Autopistas	50	
Carreteras Nacionales	25	40
Carreteras Departamentales	20	30
Carreteras Municipales	12	15
Caminos Vecinales	6	

Fuente: Derecho de vía de la Dirección General de Caminos de la República de Guatemala.

Se considera que para nuevas aperturas de calles, vías o accesos en la aldea San José El Tablón y se debe tomar en cuenta para su diseño lo estimado en la Tabla XI.

Tabla XI. Retiro, ancho de vía y gabaritos

Área de aplicación	Retiro de construcción mínimo (m)	Ancho de vía mínimos (m)	Gabaritos mínimos (m)	Banqueta, bordillo y cuneta mínimos (m)
Casco urbano y aldea	3	12	9	1, 0,20, 0,50
Lotificaciones y residenciales	5	8	6	1, 0,20
Condominios	6	10	8	1, 0,20

Fuente: Recopilación de anchos de vía, rodamiento, banquetas y bordillos de la Municipalidad de Guatemala.

2.5.5. Beneficios del proyecto

Como se describió anteriormente, la comunidad carece de orden y orientación en su estructura; la solución para dicho problema es la implementación de la zonificación y metodologías que permitan tener un mejor control de los inmuebles y viviendas.

2.5.5.1 Beneficios para la comunidad

La aldea San José El Tablón, caseríos y cantones con los que cuenta, serán beneficiadas con el desarrollo del proyecto de zonificación y nomenclatura, entre estos están:

- a) Beneficio a peatones: todas las personas que circulen en el lugar podrán hacerlo con mayor solvencia dado que estarán identificadas las viviendas con un número catastral así como las calles, avenidas y zonas. La dirección de residencia, es parte de la identificación de la persona, como sucede en nuestro medio, ya que es uno de los datos que aparecen en el documento personal de identificación (DPI) o cédula de vecindad guatemalteca.
- b) Beneficios por plusvalía: el valor de las tierras se incrementará y su cotización será mayor.
- c) Beneficios por ahorro de tiempo: las personas que circulen por la aldea, serán beneficiadas ya que les será más fácil el transportarse y llegar con prontitud al lugar deseado.

2.5.5.2. Beneficios viales

Con la señalización vial se tendrá un tránsito fluido y ordenado. En cuanto a la reglamentación en nuevas aperturas de calles y servidumbres de paso y mejoras en las existentes, se pueda transitar con mayor facilidad.

2.5.5.3. Beneficios económicos

La comunidad tendrá los beneficios de las empresas públicas, privadas y de carácter social que prestan servicios a domicilio, dado que lo podrán realizar con efectividad, tales como la Municipalidad, alcaldías auxiliares, juzgados, oficinas de correos y telégrafos, empresas de telecomunicación y cable, centros educativos, comercio, cooperativas, agrupaciones sociales y deportivas, oficinas estatales, bomberos municipales y voluntarios.

2.5.6. Inscripción en los registros fiscales y en el catastro municipal

El registro de las viviendas y predios identificados serán inscritos en la unidad de coordinación técnica urbanística y cartográfica o Departamento de Catastro de la Municipalidad de Villa Canales en cooperación con el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de dicha comunidad.

La Municipalidad, a través de la Oficina de Planificación Municipal (OMP), puede tener un mejor control en la inscripción de los inmuebles para efectos del impuesto único sobre inmuebles (I.U.S.I); como se muestra en la tabla IX.

2.5.7. Planos del proyecto

El plano se encuentra a escala 1:2 500 y contiene gráficamente la nomenclatura y zonificación, así como la señalización de calles y avenidas de la aldea. La recolección de información del entorno natural y artificial para la comunidad se muestra en Anexo I. Además de la identificación se clasifica, como se muestra en la tabla XII.

Tabla XII. Infraestructura de la aldea

SIMBOLOGÍA			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	VIVIENDA UNIFAMILIAR		HOSPITAL, DISPENSARIO, CENTRO DE SALUD Y CRUZ ROJA
	VIVIENDA MULTIFAMILIAR		SALÓN COMUNAL
	VIVIENDA Y COMERCIO		ALCALDIA AUXILIAR
	TANQUE DE CAPTACIÓN DE AGUA		COMITE DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUA POTABLE		CAMINO PAVIMENTADO
	ANTENA DE TELEFONÍA		CAMINO DE TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO
	ESCUELA PRIMARIA OFICIAL		QUEBRADAS O BARRANCAS
	INSTITUCIÓN PRIVADA		NACIMIENTO CON LAVADORES DE SERVICIO PÚBLICO
	IGLESIA CATÓLICA O CALVARIO		CEMENTERIO
	IGLESIA EVANGÉLICA		CANCHA DEPORTIVA
	SALÓN DEL REINO DE LOS TESTIGOS DE JEHOVÁ		PUENTE

Fuente: Elaboración propia con base a la infraestructura de la aldea.

2.5.8. Presupuesto del proyecto

En cuanto a la integración del presupuesto se toma en cuenta: precios de materiales que se cotizan en el municipio de Villa Canales, los salarios de mano de obra calificada y no calificada, se toma los que la municipalidad asigna para este efecto. Para los costos indirectos se toma un 10% del costo total del proyecto.

Tabla XIII. Costo proyecto zonificación

PRESUPUESTO INTEGRADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E.P.S. INGENIERÍA CIVIL

MUNICIPALIDAD DE VILLA CANALES, GUATEMALA

PROYECTO: ZONIFICACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN

MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA



No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U.	TOTAL
Trabajos preliminares					
1	Levantamiento topográfico planimétrico	1	global	Q43 975,00	Q43 975,00
2	Orientación de calles, avenidas y zonas	1	global	Q16 125,00	Q16 125,00
3	Asignación de preguión y postguión	950	viviendas	Q21 500,00	Q21 500,00
4	Diseño e impresión de planos	2	global	Q300,00	Q300,00
5	Tabulación de nomenclatura por zona	3	Zonas	Q10 750,00	Q10 750,00
SUBTOTAL					Q92 650,00
Materiales y accesorios					
6	Plaquetas de calle y zona en esquina	180	calles	Q120,00	Q21 600,00
7	Plaquetas de avenida y zona en esquina	210	avenidas	Q120,00	Q25 200,00
8	Plaquetas de calle, avenida, número de vivienda y zona	950	viviendas	Q75,00	Q71 250,00
9	Arena de río cernida de 1/16"	2	m3	Q75,00	Q150,00
10	Cemento	20	qq	Q60,00	Q1 200,00
SUBTOTAL					Q119 400,00
Mano de obra de instalación					
11	Plaquetas calles, avenidas y zonas en esquinas	Q390,00	global	Q6 000,00	Q6 000,00
12	Plaquetas de calle, avenida, número de vivienda y zona	Q925,00	global	Q15 000,00	Q15 000,00
SUBTOTAL					Q21 000,00
MONTO COSTOS DIRECTOS					Q233 050,00
MONTO COSTOS INDIRECTOS					Q23 305,00
MONTO TOTAL DEL PROYECTO					Q256 355,00
MONTO EN QUETZALES:					
Doscientos cincuenta y seis mil, trescientos cincuenta y cinco quetzales exactos.					

3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

3.1. Descripción del proyecto a desarrollar

El proyecto consiste en el diseño de pavimento rígido para la carretera vecinal que circunda el casco de la aldea San José El Tablón del municipio de Villa Canales, Departamento de Guatemala, la longitud es de 1,464 km, con un ancho de 6 y 9 m, consta de 10 716 m² de pavimento rígido, incluyendo cunetas revestidas.

Se realizarán los estudios topográficos, toma de muestra de suelos, ensayos de laboratorio, planos y presupuesto.

3.2. Estudio preliminar

Consiste en obtener la información necesaria para poder diseñar el circuito a pavimentar. La información la constituye el levantamiento topográfico y toma de muestras del suelo.

3.2.1. Definición de pavimentos

Lo constituye una estructura cuya función fundamental es distribuir las cargas al suelo subyacente, de manera que pueda soportarla sin falla o deformación excesiva. Comprende la sub-base, base y carpeta de rodadura en

las cuales se apoya. Las condiciones que debe reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y que proteja al suelo de la pérdida de sus propiedades por la exposición al sol, lluvia y el frío.

3.2.2. Tipos de pavimentos

De acuerdo con la forma como se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen dos tipos de pavimento: pavimento rígido y pavimento flexible. Para efectos de éste estudio integramos lo correspondiente a pavimento rígido.

3.2.2.1. Pavimento rígido

Es una losa de concreto que descansa sobre el suelo de fundación o subrasante, su objetivo principal es transmitir las cargas que genera el tránsito sobre ella, de una manera proporcional sobre el suelo. Asimismo, protege el suelo de los efectos del clima y de las cargas sobre el mismo.

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

Los pavimentos rígidos consisten en una mezcla de cemento portland, arena de río, agregado grueso y agua, tendido en una sola capa y pueden o no incluir, según la necesidad, la capa de sub-base y base, que al aplicarles cargas rodantes no se deflecten perceptiblemente, y al unir todos los elementos antes mencionados, constituyen una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variable. Los pavimentos de concreto están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- a) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- b) Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión, debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

3.2.3. Elementos constitutivos de los pavimentos

3.2.3.1. Sub-rasante

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

La sub-rasante tiene como función servir para la fundación del pavimento, después de haber sido terminado el movimiento de tierras, y que una vez compactada y afinada, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

3.2.3.2. Capa de sub-base

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar, y absorba las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la base.

La sub-base está constituida de cantidades y variedades de suelos, ya sea en su estado natural o mejorado. Una de sus funciones fundamentales es la de romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, controlando o eliminando los cambios de volumen, elasticidad o plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la sub-rasante. Un pavimento rígido puede prescindir de esta capa.

3.2.3.3. Capa de base

Es la capa formada por la combinación de piedras y grava, con arena y suelo en su estado natural, clasificados con trituración parcial para constituir la base integrante de un pavimento; está constituida de materiales seleccionados con granulometría y espesor determinado. Su función primordial es resistir los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidos por el tránsito, y tener mayor capacidad soporte que las sub-bases.

3.2.3.4. Superficie de rodadura

En pavimentos rígidos está constituida de losas de concreto de cemento portland simple o reforzado, diseñada de tal manera que soporte las cargas del tránsito. Constituye el área por donde circulan los vehículos y peatones. Es necesario que tengan otros elementos, no estructurales, para proteger tanto ésta capa como las inferiores, como juntas de dilatación longitudinales y transversales rellenas con material para su impermeabilización, bordillos, cunetas, o bien un sistema de alcantarillado pluvial, para el drenaje correcto del agua que pueda acumular en su superficie. Ésta debe tener las siguientes funciones.

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

3.3. Toma de muestras del suelo

Para la determinación del diseño de pavimento y diseño de las estructuras que intervienen en ella, se hace necesario conocer las características del suelo. En este caso se realizó una toma a pozo a cielo abierto, en la cual se hizo una perforación de 1 m² y aproximadamente 60 cm de profundidad, en donde se extrajeron aproximadamente 100 kg de suelo, para luego realizar los ensayos correspondientes. La perforación se realizó en las estaciones 0+040 m, 0+460 m y 1+000 m.

3.3.1. Ensayo de los límites de Atterberg

Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes: estado sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Límites de Atterberg



Después de realizados los ensayos de laboratorio de límites de consistencia, los resultados son los siguientes.

Tabla XIV. Límites de Atterberg

Límite líquido (%)	Índice plástico (%)	Descripción del suelo *CSU = Clasificación sistema Unificado
44,3	12,6	Limo arcilloso arenoso color café

Fuente: Ensayo de laboratorio de Límites de consistencia

3.3.2. Ensayo de granulometría

Este ensayo consiste en una serie de tamices de diferentes aberturas. Estas aberturas van desde el tamiz de 1" hasta el No. 200. Se toman unos 1 500 gramos de material, previamente secado al sol o secado al horno, se coloca en la parte superior, se tamiza el materia para luego obtener el porcentaje de material retenido en cada tamiz. La fórmula para conocer el porcentaje retenido es:

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso del suelo retenido}}{\text{Peso total de suelo}} * 100$$

Los porcentajes de material retenido por cada tamiz se especifican en la tabla XV.

Tabla XV. Ensayo de granulometría

Tamiz	% Retenido	% Pasa
3/4"	0	100
#4	1,80	98,20
#10	5,30	94,70
#40	16,10	83,90
#200	40	60

Fuente: Ensayo de laboratorio granulométrico

3.3.3. Ensayo de compactación (proctor modificado)

Con este ensayo, se busca la determinación del peso volumétrico de un suelo que ha sido compactado con diferentes niveles de humedad y determinar la humedad óptima del material para una compactación idónea. Los ensayos del ensayo de proctor modificado se resumen en la tabla XVI.

Tabla XVI. Ensayo Proctor Modificado

% Humedad	P.U.S.
9	76,20
24,80	77,40
28,80	82,90
30,90	84,70
32,90	83,80
35	81
36,90	79,30

Fuente: Ensayo de compactación proctor modificado

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

El ensayo del C.B.R. mide la resistencia al esfuerzo de corte en condiciones determinadas de humedad y compactación. El C.B.R. se determina cuando un pistón de una carga determinada se introduce en una muestra de suelo. El empleo que se le puede dar al suelo ensayado se puede ver en la tabla XVII.

Tabla XVII. Clasificación del suelo

C.B.R.	Clasificación
0 a 5	Sub-rasante muy mala
5 a 10	Sub-rasante mala
10 a 20	Sub-rasante regular a buena
20 a 30	Sub-rasante muy buena
30 a 50	Sub-base muy buena
50 a 80	Base buena
80 a 100	Base muy buena

Fuente: Manual de laboratorio de mecánica de suelos

Los datos del ensayo de expansión y el C.B.R., se dan a continuación en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Resultado del ensayo C.B.R.

No. Golpes	% Compactación	% Expansión
10	84	1
30	93,50	1,76
65	100	1,30

Fuente: Ensayo de laboratorio valor de soporte del suelo C.B.R.

3.3.5. Análisis de resultados

El suelo de la calle que circunda la aldea San José El Tablón se clasifica como un limo arcilloso arenoso color café. Por su C.B.R. es considerado un suelo apropiado para utilizarlo como sub-rasante, por su grado de compactación y su relativa humedad que se necesita para alcanzar dicha compactación. Se aplicará a dicho tramo una base de material selecto. También es de hacer notar que su porcentaje de expansión es del 1,76% a 30 golpes, el cual está dentro del rango aceptable para una sub-base dado que no excede el 2%.

El resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se detalla a continuación en la tabla XIX.

Tabla XIX. Resultados de ensayos de laboratorio

Ensayo	Resultados	Norma (AASHTO)
Clasificación	Limo arcilloso arenoso color café	(*) CSU = Clasificación sistema unificado
Compactación proctor	84,70	T-180
% Humedad óptima	30,90	*****
% De C.B.R. a 95% de compactación	14,20	T-193
% De expansión	1,76	*****
% De límite líquido	44,30	T-89
% De índice de plasticidad	12,60	T-90
% Pasa tamiz No. 200	60	T-27
% Pasa tamiz No. 4	98,20	*****

3.4. Levantamiento topográfico preliminar

El levantamiento topográfico se realizó sobre una carretera existente y consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- a) Punto de partida.
- b) Azimut o rumbo de salida.
- c) Kilometraje de salida.
- d) Cota de salida o banco de marca (B.M.).

Al realizar este levantamiento se debe tener cuidado, tanto para tener un grado de precisión razonable en la marcación y recopilación de la información, en su entorno natural como artificial. Dicho entorno se reduce a los accidentes que pudieran afectar la localización final, como barrancos, ubicación de viviendas, límites de propiedades y puntos obligados, por donde deberá pasar la carretera.

Para cada levantamiento preliminar se debe tomar en el campo: levantamiento planimétrico, que incluya radiaciones, referencias y trazo de eje preliminar, levantamiento altimétrico, que incluya la nivelación del tránsito y eje preliminar con sus secciones transversales.

3.4.1. Planimetría

El trazo de planimetría se realizó por medio del método de conservación del azimut, en cada estación se colocó un trompo, y referenciado de manera clara, para localizarla con facilidad. Para determinar el rumbo de partida se realizó referenciando a un norte magnético utilizando una brújula.

En intersección de rectas se colocó una estación y se midió el ángulo o delta; las distancias se midieron con cinta métrica.

El caminamiento se establece basándose en una carretera existente, todos los datos se anotaron en la libreta de planimetría, como se presenta en la tabla XX de una fracción del levantamiento.

Tabla XX. Libreta de planimetría

Est.	P.O.	Azimut			D.H.	Observaciones
		Gra	Min	S		
1						Estación salida
0	1,1	211	50	20	16,112	Radiaciones de
0	1,2	287	37	50	7,261	calle de la escuela
0	1,3	347	42	0	23,262	A=9,50 m
0	0+20	95	45	20	19,893	camminamiento
1	0+40	95	45	20	39,832	camminamiento
1	2	95	45	20	49,775	Estación
	2					
2	2,1	117	57	50	26,650	Radiaciones iglesia
2	2,2	118	42	0	21,912	Principe de Paz
2	2,3	118	52	20	18,367	A=9,60 m
2	0+60	101	52	0	10,187	camminamiento
2	0+80	101	52	0	29,720	camminamiento
2	1+00	101	52	0	49,486	camminamiento
2	1+20	101	52	0	69,812	camminamiento
2	1+40	101	52	0	89,465	camminamiento
2	1+60	101	52	0	107,968	camminamiento
2	3	101	52	0	127,298	Estación
	3					
3	3,1	183	39	50	5,108	Radiaciones de
3	3,2	203	47	0	5,299	intersección de calles
3	3,3	222	32	0	5,900	lado derecho
3	3,4	54	3	0	5,998	e izquierdo
3	3,5	34	26	55	4,596	del camminamiento
3	3,6	358	18	15	4,396	A=8,10 m
3	1+80	102	36	15	2,618	camminamiento
3	2+00	102	36	15	22,180	camminamiento
3	2+20	102	36	15	41,200	camminamiento
3	2+40	102	36	15	61,494	camminamiento
3	4	102	36	15	75,526	Estación
	4					Estación
4	2+60	99	3	0	5,414	Fin tramo

Fuente: Elaboración propia en base a levantamiento topográfico planimétrico.

3.4.2. Altimetría

La nivelación se efectuó tomando diferencias de nivel a cada 20 m sobre el eje central, esto se realiza por el método taquimétrico para tener un mejor rendimiento en campo, dejando referencias de B.M. (Bancos de marca o controles de nivel) a cada 100 m. Todos los datos de la nivelación se anotaron en la libreta de niveles como se muestra en la tabla XXI.

Tabla XXI. Libreta de altimetría

Est.	P.O.	Hilos			Angulo vertical			D.H.	H. inst.	Obs.
		H.S.	H.M.	H.I.	Gra	M	S			
	1								1,43	Estación salida
1	1,1	0,362	0,280	0,200	94	12	55	16,112		Radiaciones de
										calle de la
1	1,2	0,276	0,238	0,200	102	11	50	7,261		escuela
1	1,3	0,534	0,417	0,300	94	24	35	23,262		A=9,50 m
1	0+20	0,599	0,499	0,400	88	55	40	19,893		Caminamiento
1	0+40	0,600	0,400	0,200	86	17	10	39,832		Caminamiento
1	2	0,600	0,350	0,100	86	9	10	49,775	1,45	Estación
										Radiaciones
2	2,1	0,368	0,235	0,100	85	43	0	26,650		iglesia
2	2,2	0,320	0,210	0,100	86	22	30	21,912		Príncipe de Paz
2	2,3	0,284	0,192	0,100	87	35	0	18,367		A=9,60 m
2	0+60	0,302	0,252	0,200	92	0	55	10,187		Caminamiento
2	0+80	1,200	1,050	0,900	84	27	20	29,720		Caminamiento
2	1+00	0,600	0,350	0,100	84	11	0	49,486		Caminamiento
2	1+20	1,210	0,855	0,500	82	34	0	69,812		Caminamiento
2	1+40	1,310	0,855	0,400	82	32	15	89,465		Caminamiento
2	1+60	1,300	0,750	0,200	82	11	20	107,968		Caminamiento
2	3	1,598	0,950	0,300	82	1	10	127,298	1,44	Estación
3	3,1	0,452	0,427	0,400	97	38	10	5,108		Radiaciones de
										intersección de
3	3,2	0,554	0,527	0,500	97	52	0	5,299		calles
3	3,3	0,660	0,630	0,600	97	25	40	5,900		lado derecho
3	3,4	0,360	0,330	0,300	90	57	50	5,998		e izquierdo
										del
3	3,5	0,646	0,623	0,600	91	47	30	4,596		caminamiento
3	3,6	0,944	0,922	0,900	91	48	10	4,396		A=8,10 m
3	1+80	0,230	0,215	0,200	110	55	0	2,618		caminamiento

Fuente: Elaboración propia en base a levantamiento topográfico altimétrico.

3.4.3. Secciones transversales

En las estaciones de la línea central se trazaron perpendiculares, haciendo un levantamiento de 5 m de cada lado de la línea central, la longitud de las secciones varió de acuerdo con el terreno o criterio del topógrafo.

Dentro de estos datos se incluyeron las orillas de caminos, casas, localización de transversales, puentes y características de las construcciones que se encuentran dentro del caminamiento. Los datos de las secciones transversales se anotaron como se muestra en la tabla XXII.

Tabla XXII. Libreta de secciones transversales

Libreta de secciones transversales					
Lado derecho		Eje central	Lado izquierdo		
Lectura		Lectura	Lectura		
Distancia desde eje central		Caminamiento	Distancia desde eje central		
3,50 m	1,40 m	0+00	1,69 m	3,13 m	
1,65	1,72	1,73	1,57	1,71	
3,78 m	1,67 m	0+20	1,65 m	3,25 m	
1,4	0,87	1,61	1,56	1,44	
2,13 m	0,87 m	0+40	1,33 m	4,46 m	5,80 m
1,33	1,46	1,48	1,51	1,33	1,26
2,13 m	1,34 m	0+60	1,07 m	2,93 m	4,31 m
1,36	1,45	1,36	1,27	1,30	1,20
3,83 m	1,88 m	0+80	1,78 m	3,83 m	4,92 m
1,79	1,57	1,79	1,69	1,70	1,65
4,20 m	2,20 m	0+100	2,44 m	4,20 m	
1,15	1,04	1,15	1,17	1,13	
2,95 m	1,65 m	0+120	1,70 m	4,20 m	
0,99	1,02	1,195	1,215	1,22	
2,86 m	1,76 m	0+140	1,60 m	3,54 m	

Fuente: Elaboración propia en base a levantamiento topográfico.

3.4.4. Cálculo topográfico preliminar

3.4.4.1. Cálculo planimétrico

Con la información recopilada en campo, se realiza el cálculo de cada PI, teniendo la distancia y el azimut entre cada uno. A manera de ejemplo se presentan los resultados del cálculo planimétrico para una fracción del primer tramo.

Tabla XXIII. Cálculo de planimetría

Est.	P.O.	Azimut			D.H.	Xp.	Yp.	Xt.	Yt.	Observaciones
	1							0,000	0,000	Estación salida
1	1,1	211	50	20	16,112	-8,500	-13,688	-8,500	-13,688	Radiaciones de
1	1,2	287	37	50	7,261	-6,920	2,199	-6,920	2,199	Calle escuela
1	1,3	347	42	0	23,262	-4,955	22,728	-4,955	22,728	A=9,50 m
1	0+20	95	45	20	19,893	19,793	-1,995	19,793	-1,995	camino
1	0+40	95	45	20	39,832	39,631	-3,995	39,631	-3,995	camino
1	2	95	45	20	49,775	49,524	-4,992	49,524	-4,992	Estación
	2							49,524	-4,992	
2	2,1	117	57	50	26,650	23,539	-12,497	73,063	-17,488	Rads. iglesia
2	2,2	118	42	0	21,912	19,220	-10,523	68,744	-15,514	Principe de Paz
2	2,3	118	52	20	18,367	16,084	-8,869	65,608	-13,860	A=9,60 m
2	0+60	101	52	0	10,187	9,970	-2,095	59,494	-7,087	Camino
2	0+80	101	52	0	29,720	29,085	-6,111	78,609	-11,103	Camino
2	1+00	101	52	0	49,486	48,429	-10,176	97,953	-15,168	Camino
2	1+20	101	52	0	69,812	68,320	-14,356	117,844	-19,347	Camino
2	1+40	101	52	0	89,465	87,553	-18,397	137,077	-23,389	Camino
2	1+60	101	52	0	107,968	105,661	-22,202	155,185	-27,194	Camino
2	3	101	52	0	127,298	124,577	-26,177	174,101	-31,169	Estación
	3							174,101	-31,169	
3	3,1	183	39	50	5,108	-0,326	-5,098	173,775	-36,266	Radiaciones de
3	3,2	203	47	0	5,299	-2,137	-4,849	171,965	-36,017	Inter. calles
3	3,3	222	32	0	5,900	-3,988	-4,347	170,113	-35,516	lado derecho
3	3,4	54	3	0	5,998	4,856	3,521	178,957	-27,647	e izquierdo
3	3,5	34	26	55	4,596	2,600	3,790	176,701	-27,379	del camino
3	3,6	358	18	15	4,396	-0,130	4,394	173,971	-26,775	A=8,10 m
3	1+80	102	36	15	2,618	2,555	-0,571	176,656	-31,740	Camino

Fuente: Elaboración propia en base a levantamiento topográfico planimétrico.

3.4.4.2. Cálculo altimétrico

Este cálculo se desarrolla en base a la altimetría taquimétrica. El procedimiento para el cálculo de las cotas del eje central es el siguiente.

- a) Se asume una cota inicial de 100.
- b) Las elevaciones se calculan con la siguiente fórmula.

$$\text{COTA} = \text{B.M.} + \text{Hi} + ((\text{COS } \Delta) * \text{D.H.}) - \text{Hm}$$

B.M. = Banco de marca.

Hs = Hilo superior.

Hm = Hilo medio.

Hi = Hilo inferior.

Δ = Ángulo Vertical.

D.H. = Distancia horizontal.

Tabla XXIV. Cálculo de altimetría

Est.	P.O.	H.S.	H.M.	H.I.	Ángulo vertical			D.H.	H. inst.	COTA	OBS.
					Gra	Min	S				
	1								1,43	100,00	Estación salida
1	0+20	0,599	0,499	0,40	88	55	40	19,893		101,30	Caminamiento
1	0+40	0,600	0,400	0,20	86	17	10	39832		103,61	Caminamiento
1	2	0,600	0,350	0,100	86	9	10	49,775		104,41	Estación
	2								1,45	104,41	
2	0+60	0,302	0,252	0,200	92	0	55	10,187		105,25	Caminamiento
2	0+80	1,200	1,050	0,900	84	27	20	29,720		107,69	Caminamiento
2	1+00	0,600	0,350	0,100	84	11	0	49,486		110,53	Caminamiento
2	1+20	1,210	0,855	0,500	82	34	0	69,812		114,04	Caminamiento
2	1+40	1,310	0,855	0,400	82	32	15	89,465		116,63	Caminamiento
2	1+60	1,300	0,750	0,200	82	11	20	10,968		119,79	Caminamiento
2	3	1,598	0,950	0,300	82	1	10	127,298		122,59	Estación
	3								1,44	122,59	
3	1+80	0,230	0,215	0,200	110	55	0	2,618		122,88	Caminamiento
3	2+00	0,524	0,412	0,300	84	18	55	22,180		125,81	Caminamiento
3	2+20	0,620	0,410	0,200	82	3	55	41,200		129,31	Caminamiento
3	2+40	0,930	0,615	0,300	81	6	25	61,494		132,92	Caminamiento
3	4	1,075	0,690	0,300	80	49	0	75,526		135,39	Estación

Fuente: elaboración propia en base a levantamiento topográfico altimétrico.

3.4.4.3. Cálculo de secciones transversales

El cálculo de las secciones transversales se realizó de acuerdo a la nivelación del eje central, el que fue seccionado a cada 20 m. Cada sección fue nivelada en una franja de 5 m de cada lado del eje central, para determinar el volumen de corte y relleno. El método de cálculo consiste en tomar lecturas a la derecha e izquierda con el clinómetro en el estado para luego calcular cotas de los puntos referenciados con respecto del eje central, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXV. Cálculo de secciones transversales

Libreta de secciones transversales						
Lado izquierdo		Eje central		Lado derecho		
Lectura		Lectura		Lectura		
Distancia desde el eje central				Distancia desde el eje central		
3,50 m	1,40 m	Estación	0+00	1,69 m	3,13 m	
1,65	1,72	Nivel	100	1,57	1,71	
100,08	100,01	Cota	1,73	100,16	100,02	
3,78 metros	1,67 metros	Estación	0+20	1,65 metros	3,25 m	
1,40	0,87	Nivel	101,30	1,56	1,44	
101,51	102,04	Cota	1,61	101,35	101,47	
2,13 m	0,87 m	Estación	0+40	1,33 m	4,46 m	5,80 m
1,33	1,46	Nivel	103,61	1,51	1,33	1,26
103,76	103,63	Cota	1,48	103,58	103,76	103,83
2,13 m	1,34 m	Estación	0+60	1,07 m	2,93 m	4,31 m
1,36	1,45	Nivel	105,25	1,27	1,30	1,20
105,25	105,16	Cota	1,36	105,34	105,31	105,41
3,83 m	1,88 m	Estación	0+80	1,78 m	3,83 m	4,92 m
1,79	1,57	Nivel	107,69	1,69	1,70	1,65
107,69	107,91	Cota	1,79	107,79	107,78	107,83
4,20 m	2,20 m	Estación	0+100	2,44 m	4,20 m	
1,15	1,04	Nivel	110,53	1,17	1,13	
110,53	110,64	Cota	1,15	110,51	110,55	
2,95 m	1,65 m	Estación	0+120	1,70 m	4,20 m	
0,99	1,02	Nivel	114,04	1,215	1,22	
114,245	114,215	Cota	1,195	114,02	114,015	
2,86 m	1,76 m	Estación	0+140	1,60 m	3,54 m	
1,35	1,22	Nivel	116,63	1,36	1,135	
116,635	116,765	Cota	1,355	116,625	116,85	

Fuente: elaboración propia en base a levantamiento topográfico altimétrico.

3.4.4.4. Cálculo de curvas de nivel

Las curvas de nivel se calculan con los datos obtenidos de las secciones transversales. El procedimiento consiste en interpolar los valores de las curvas con cotas enteras utilizando para el efecto el método de la relación de triángulos semejantes. Las curvas de nivel se interpolan a cada metro, cumpliendo con los principios que no deben cruzarse entre sí y que deben ser equidistantes.

3.5. Diseño geométrico de la carretera

Consiste en llevar los datos topográficos calculados a un dibujo, el cual se desarrolla por medio de la planta geométrica y planta perfil de la carretera.

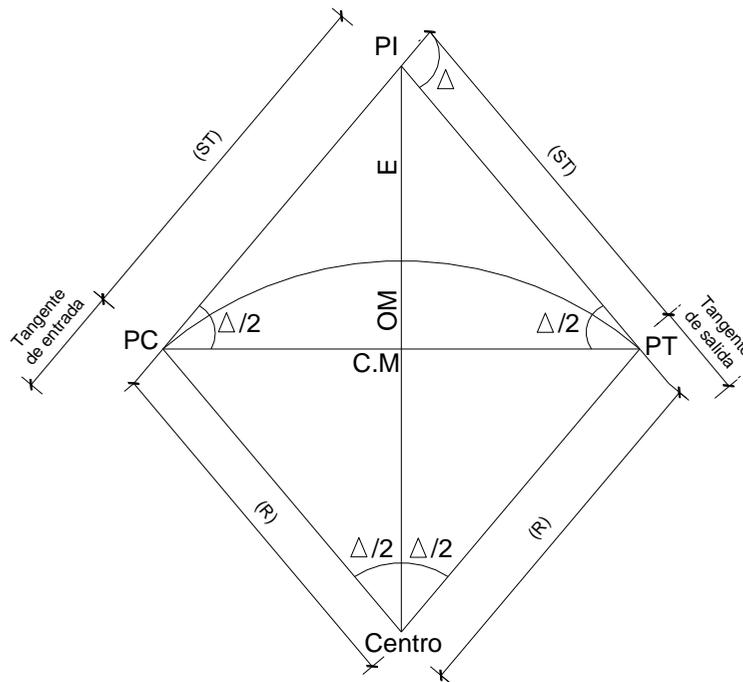
3.5.1. Cálculo de los elementos de la curva horizontal

Se llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes.

Para el cálculo de las curvas se toma como referencia la línea de topografía de la carretera existente, considerando puntos obligados; se toma como base un radio mínimo de 10 m, clasificando la carretera según la Dirección General de Caminos como tipo “D” montañosa y con una velocidad de diseño de 40 km/h.

Para el cálculo de los elementos de curva es necesario tener las distancias entre PI de localización, los deltas (Δ) y el grado de curvatura (G).

Figura 5. Elementos de una curva horizontal

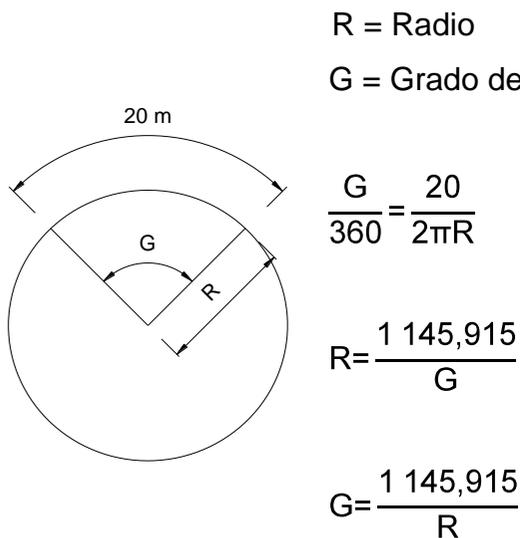


Donde:

- G = Grado de curvatura.
- R = Radio.
- LC = Longitud de curva.
- ST = Sub-Tangente.
- Δ = Delta.
- OM = Ordenada media.
- CM = Cuerda máxima.
- E = External.
- PC = Principio de curva.
- PI = Punto de inflexión.
- PT = Principio de tangente.

3.5.1.1. Grado de curvatura (G)

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 m, de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva horizontal circular. De otra forma, se dice que (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 m.



R = Radio

G = Grado de curvatura

$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R}$$

$$R = \frac{1\,145,915}{G}$$

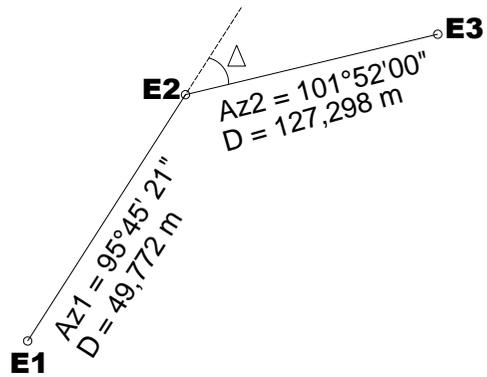
$$G = \frac{1\,145,915}{R}$$

Debido a que el grado de curvatura y el radio de una curva horizontal dependen uno del otro, existen especificaciones para carreteras que enumeran una serie de radios para distintos grados de curvatura, considerando las velocidades de diseño, el tipo de carretera y las deflexiones.

Los datos que se tienen para la deducción de fórmulas de la curva No.1 son los siguientes.

EST 00 + 050, $\Delta = 06^{\circ}06'39''$, R = 40,00 m. y G = 28°.

Figura 6. Deflexión delta



$$\Delta = \text{Azimut2} - \text{Azimut1}$$

$$\Delta = (101^{\circ}52'00'' - 95^{\circ}45'21'')$$

$$\Delta = 06^{\circ}06'39''$$

$$G = \frac{1\,145,915}{R}$$

$$G = \frac{1\,145,915}{40}$$

$$G = 28,647$$

3.5.1.2. Longitud de curva (LC)

Es la distancia, siguiendo la curva, desde el principio de curva (Pc), hasta el principio de tangente (Pt).

$$L.C = \frac{(20 \cdot \Delta)}{G} \qquad L.C = \frac{(20 \cdot 06^{\circ}06'39'')}{28^{\circ}38'52''}$$

$$L.C = 4,266 \text{ m}$$

3.5.1.3. Sub-tangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (Pc) y el punto intersección (Pi) o entre (Pi) y el principio de tangente (Pt).

$$St = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \qquad St = 40 \cdot \tan\left(\frac{06^{\circ}06'39''}{2}\right)$$

$$St = 2,135 \text{ m}$$

3.5.1.4. Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia, en línea recta, desde el principio de curva (Pc) al principio de tangente (Pt).

$$Cm = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) \qquad Cm = 2 \cdot 40 \cdot \sin\left(\frac{06^{\circ}06'39''}{2}\right)$$

$$Cm = 4,264 \text{ m}$$

3.5.1.5. External (E)

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

$$E=R \cdot \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) \qquad E=40 \cdot \sec\left(\frac{06^{\circ}06'39''}{2}\right)$$

$$E=0,057 \text{ m}$$

3.5.1.6. Ordenada media (Om)

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

$$Om= R \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right) \qquad Om = 40 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{06^{\circ}06'39''}{2}\right)\right)$$

$$Om = 0,057 \text{ m.}$$

3.5.1.7. Principio de curva (Pc)

Se calcula restando al punto de intersección (Pi) el valor de la subtangente (St).

$$Pc = (Pi - St) \qquad Pc = (0+49,78) - 2,135$$

$$Pc = 0+47,64$$

3.5.1.8. Principio de tangente (Pt)

Se calcula sumando al principio de curva (Pc) el valor de la longitud de curva (Lc).

$$Pt = (Pc + Lc)$$

$$Pt = (0+47,64) + 4,266$$

$$Pt = 0+51,91$$

3.5.2. Determinación de curva vertical

En la parte de altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas. También existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas), y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas) (ver figura 7 y 8).

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en nuestro país por la Dirección General de Caminos, es la parabólica simple, debido a su facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones del terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por esta institución, están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

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

En diseño de carreteras, para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseñadores, usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

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

$$L_{cv} = K * A$$

Donde: K = constante que depende de las velocidades de diseño
 A = diferencia algebraica de pendientes

Tabla XXVI. Valores de K para curvas cóncavas y convexas

Velocidad de diseño K.P.H.	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Departamento de carreteras. Dirección General de Caminos.

Figura 7. Curva vertical cóncava

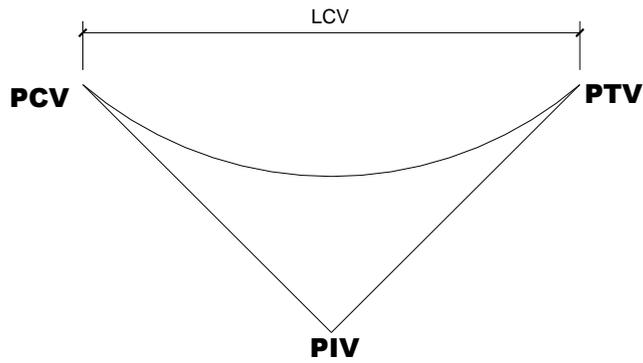
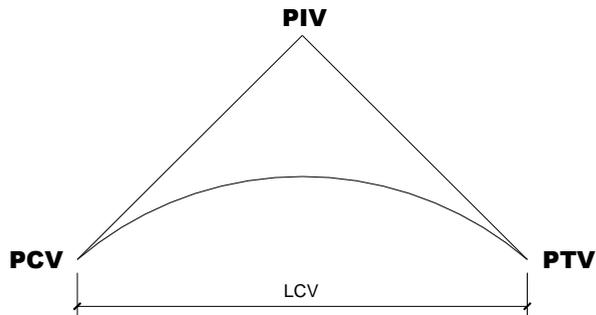


Figura 8. Curva vertical convexa



Para efectos del presente trabajo de graduación, para la primera curva vertical, se tienen los siguientes datos.

Datos:

Piv	=	0+019,58
Elev	=	101,36
%P entrada	=	6,93%
%P salida	=	9,81%
K	=	6

Cálculo:

$$A = (\%P \text{ entrada} - \%P \text{ salida}) = (6,93 - 9,81) \quad A = -2,88$$

$$Lcv = K * A \quad Lcv = 6 * 2,88$$

$$Lcv = 17,28 \text{ m}$$

3.6. Movimiento de tierras**3.6.1. Diseño de la sub-rasante**

La sub-rasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno. A lo largo de su trayectoria, la sub-rasante queda debajo de la sub-base, base y capa de rodadura en proyectos de pavimento, y debajo del balasto en proyectos de terracería.

La sub-rasante define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el reglón más caro en la ejecución. Por esta razón, un buen criterio para diseñarla es obtener la sub-rasante más económica. Es necesario indicar que el relleno genera más costo que el corte. Al diseñar la sub-rasante es recomendable usar pendientes máximas en tramos cortos.

En la mayoría de los casos el criterio técnico y el económico se encuentra en contradicción, en el presente caso, se trata de un camino rural con pendientes que exceden las permitidas (14% al 18%) por encontrarse sobre puntos obligados (viviendas, puentes, transversales, barrancos); se debe reducir a la obtención de una carretera transitable, en toda época del año, que será el criterio que dominará sobre los anteriores.

Para calcular la sub-rasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

La sección típica que se utilizará será de 6,00 y 9,00 m, el alineamiento horizontal del tramo, el perfil longitudinal del mismo, las secciones transversales, las especificaciones y criterios que regirán el diseño, datos de los puntos obligados y considerar los tramos de balance.

A continuación se exponen los criterios para diseñar la sub-rasante en diferentes tipos de terrenos:

- a) **Terrenos llanos:** son aquellos cuyo perfil, tiene pendientes longitudinales pequeñas y uniformes a la par de pendientes transversales escasas. En este tipo de terreno, la sub-rasante se debe diseñar en relleno con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras del drenaje transversal y además de esto quedar a salvo de la humedad del suelo.
- b) **Terrenos ondulados:** son aquellos que poseen pendientes oscilantes entre el 5% al 12%. La sub-rasante de estos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores de 500 m. También se debe tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.
- c) **Terrenos montañosos:** su perfil obliga a grandes movimientos de tierras, las pendientes generalmente son las máximas permitidas por las especificaciones. En proyectos carreteros de terracería para el área rural, las pendientes pueden ser mayores que las máximas permitidas por las

especificaciones y esto se da debido a que los principios que rigen estos caminos son los de proveer acceso al menor costo.

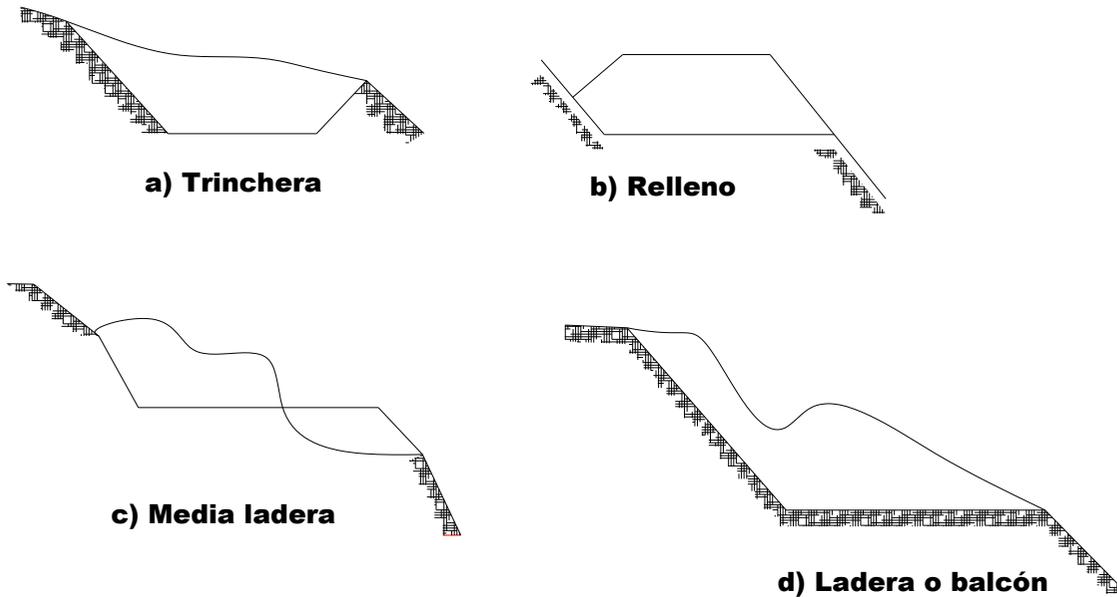
El presente proyecto se encuentra ubicado en una zona montañosa, por lo que los criterios para el diseño de la sub-rasante, se apegan a los utilizados en estos terrenos.

3.6.2. Cálculo de áreas de las secciones transversales

Es el perfil obtenido sobre una perpendicular al alineamiento principal de una ruta dada o establecida. Permite observar las dimensiones de sus elementos, influye fundamentalmente en la superficie que ocupa, en los costos de su construcción, conservación y explotación. El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada al tránsito. De acuerdo a la topografía predominará un tipo de sección transversal que será típica para esos tramos:

- a) Trinchera: este caso se da cuando toda la sección del tramo carretero se encuentra en corte.
- b) Relleno: como su nombre lo dice, es cuando el tramo se compone totalmente de relleno de material.
- c) Media ladera: cuando se combina transversalmente el corte y el relleno.
- d) Ladera o balcón: la sección está toda en corte, con el borde exterior de la sub-corona coincidiendo con el terreno.

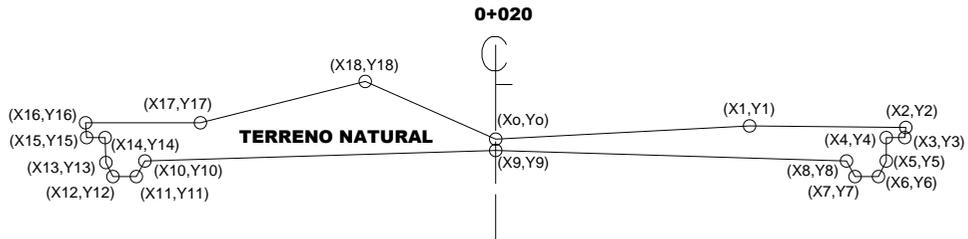
Figura 9. Detalle de secciones transversales



Para calcular el área de corte o relleno, se utilizó software adecuado (Autocivil y Autocad Land) y se realiza el chequeo respectivo mediante el método analítico, por lo que se tuvo que asignar coordenadas totales a los vértices del polígono de la sección transversal; después de identificar los vértices del polígono, se aplicó el método de determinantes para encontrar el área, utilizando la siguiente fórmula:

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

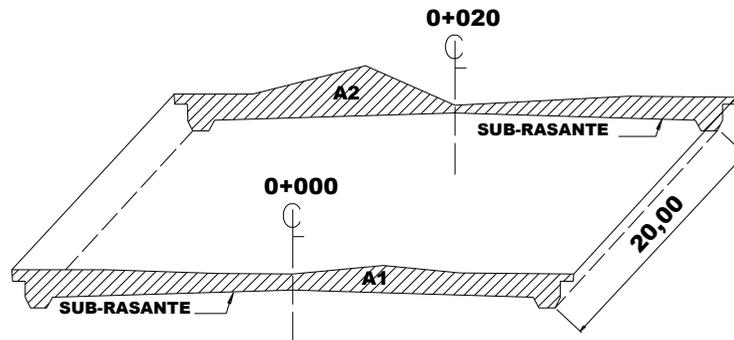
Figura 10. Sección del terreno natural



3.6.3. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Después de determinar las áreas de las secciones transversales, se constituye, en un lado, de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse. Asumiendo que el terreno se comporta de manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, para obtener los volúmenes de corte y de relleno en ese tramo.

Figura 11. Prisma irregular



$$V = \frac{AC1 + AC2}{2} * D$$

Donde:

AC1 = Área de la sección No.1

AC2 = Área de la sección No.2

D = Distancia entre estaciones

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y en el otro solamente de relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa de corte a relleno, esto se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas y de acuerdo a las fórmulas siguientes.

AR1= Área de relleno No.1

AR2= Área de relleno No.2

$$\text{Vol. Corte} = \frac{(AC1+AC2)^2}{[2*(AC1+AC2+AR1+AR2)]} * D$$

$$\text{Vol. Relleno} = \frac{(AR1+AR2)^2}{[2*(AC1+AC2+AR1+AR2)]} * D$$

A continuación se presenta una tabla con el cálculo del movimiento de tierras correspondiente al primer tramo y tabla de resumen:

Tabla XXVII. Movimiento de tierras

Estación	Áreas (m ²)		Volumenes (m ³)		Vol. Acumulado (m ³)	
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno
0 + 000	4,50	0,00	102,35	0,00	102,35	0,00
0 + 020	4,81	0,00	133,81	0,00	236,16	0,00
0 + 040	7,45	0,00	103,97	0,17	340,13	0,17
0 + 060	2,52	0,02	68,98	0,16	409,11	0,32
0 + 080	3,80	0,00	90,86	0,00	499,97	0,32
0 + 100	4,47	0,00	122,70	0,00	622,67	0,32
0 + 120	6,76	0,00	113,67	0,00	736,34	0,32
0 + 140	3,72	0,00	120,50	0,00	856,84	0,32
0 + 160	7,44	0,00	149,38	0,00	1006,22	0,32
0 + 180	6,16	0,00	109,00	0,00	1115,22	0,32
0 + 200	3,84	0,00	105,12	0,00	1220,34	0,32
0 + 220	5,78	0,00	123,08	0,00	1343,42	0,32
0 + 240	5,41	0,00	48,79	21,98	1392,21	22,30
0 + 258	0,05	3,46	0,00	0,00	1392,21	22,30

Fuente: Elaboración propia sobre cálculo de movimiento de tierras.

Tabla XXVIII. Resumen Movimiento de tierras

Tramo	Largo (m)	Ancho (Mts)	Área (m ²)	Corte (m ³)	Relleno (m ³)
No.1	280	9	2 520,00	1 392,21	22,3
No.2	520	6	3 120,00	1 849,93	53,7
No.3	364	9	3 276,00	1 265,23	39,49
No.4	300	6	1 800,00	1 310,86	22,85
TOTAL	1 464,00		10 716,00	5 818,23	138,34

Fuente: Elaboración propia sobre cálculo de movimiento de tierras.

3.7. Drenajes

El drenaje tiene la finalidad de desalojar el agua de escorrentía, o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final. Se recomienda colocar los transversales, en las curvas cóncavas y en las intersecciones de calles para la derivación de los caudales.

3.7.1. Principios de diseño

Los principios de diseño dependen de las características propias de la región: intensidad de lluvia, pendientes, coeficientes de escorrentía y la excavación de sección a construir. Para el diseño del drenaje lateral se consideran los valores de las tablas XXIX y XXX.

Tabla XXIX. Intensidad de lluvia para Guatemala

I = intensidad de lluvia para Guatemala	2 años	5 años	10 años	20 años
I = intensidad	$\frac{2838}{t + 18}$	$\frac{3706}{t + 22}$	$\frac{4204}{t + 23}$	$\frac{4604}{t + 24}$

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología-INSIVUMEH-

Tabla XXX. Coeficientes de escorrentía y áreas

Áreas tributarias	C	A = Hectáreas	C * A
Techos	0,30	0,15	0,045
Calles pavimentadas	0,75	0,072	0,054
Calle de terracería	0,25	0,30	0,075
Tierra cultivada	0,20	0,075	0,015
Calles a pavimentar	0,90	0,24	0,216
$\Sigma=$		0,837	0,405

Fuente: Instituto de Fomento Municipal-INFOM-

Con las sumatorias de la tabla XXX, se podrá obtener un coeficiente de escorrentía promedio para el cálculo del caudal de diseño, para esto se utilizará la siguiente fórmula.

$$C = \frac{\Sigma(C*A)}{\Sigma A}$$

$$C = \frac{0,405}{0,837} = 0,484$$

3.7.2. Diseño de canales abiertos

Los canales son conductos en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas y tuberías).

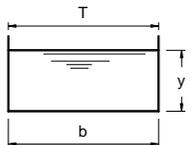
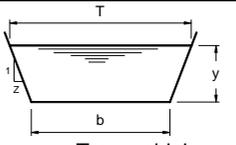
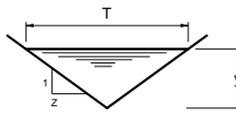
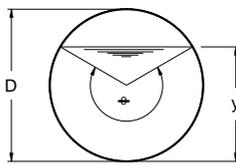
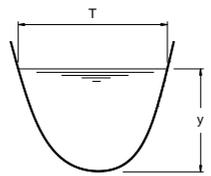
- **Secciones transversales más frecuentes**

La sección transversal de un canal natural es, generalmente, de forma irregular y varía de un lugar a otro. Los canales artificiales usualmente se diseñan con formas geométricas regulares, los más comunes son los siguientes:

Secciones abiertas:

- Sección trapezoidal: se usa siempre en canales de tierra y canales revestidos.
- Sección rectangular: se emplea para acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.
- Sección triangular: se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidos, como alcantarillas de las carreteras.
- Sección parabólica: se emplea para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra.

Tabla XXXI. Relaciones geométricas de las secciones

Sección	Área hidráulica	Perímetro mojado (P)	Radio hidráulico (R)	Espejo de agua (T)
 <p>Rectangular</p>	$b * y$	$b + 2y$	$\frac{b * y}{b + 2y}$	b
 <p>Trapezoidal</p>	$(b + z) * y$	$b + 2 * y * \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$
 <p>Triangular</p>	$z * y^2$	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$
 <p>Circular</p>	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$\left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right) \frac{D}{4}$	$\left(\frac{\text{sen}\frac{\theta}{2}}{\frac{\theta}{2}}\right) D$ ó $2\sqrt{y(D - y)}$
 <p>Parabólico</p>	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Instituto de Fomento Municipal-INFOM-

3.7.3. Fórmula de Manning

En el año 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning presentó una fórmula para C, que da valores de velocidad en la fórmula de Chezy muy

aceptables, por lo que ha sido comúnmente adoptada. La fórmula de Manning es:

$$C = \frac{C_m}{n} * R^{1/6}$$

Donde C_m en el sistema inglés es 1,486 y en el sistema internacional 1, R es el radio hidráulico y n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Sustituyendo el valor C en la ecuación de Chezy por la ecuación de Manning se tiene:

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

El caudal (Q) para flujo uniforme y permanente, aplicando la fórmula de Manning, es:

$$Q = A * V = A * \left(\frac{1}{n} \right) * R^{2/3} * S^{1/2}$$

3.7.4. Diseño de cunetas laterales

El procedimiento para el diseño de la cuneta es el siguiente:

- Coeficiente de rugosidad de Manning

Material: concreto

Mínimo: 0,015

Normal: 0,017

Máximo: 0,020

- Pendiente media

Para el tramo 1, se obtuvo un pendiente promedio de 15%.

- Fórmula de intensidad de lluvia para la ciudad de Guatemala para 10 años.

$$I = \frac{4\,204}{t+23}$$

Por ser un tramo inicial $t = 12$ minutos.

$$I = \frac{4\,204}{12+23} = 120,114 \text{ mm/h}$$

- Cálculo de caudal de diseño

Para calcular este caudal se utilizará la fórmula del método racional, la cual es:

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

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

C = Coeficiente de escorrentía

A = Área de la cuenca (Ha)

De los principios de diseño se tiene que $C = 0,484$; la intensidad de lluvia es de $120,114 \text{ mm/h}$ y el área tributaria es de $0,837 \text{ Ha}$. Sustituyendo estos valores en la fórmula del método racional.

$$Q = \frac{0,484 * 120,114 * 0,837}{360}$$

$$Q = 0,135 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Fórmula de Manning

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

- De la tabla XXX se tiene que el radio hidráulico de la sección trapezoidal óptima es:

$$R_h = \frac{y}{2} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$$

- Despejando "b" en función de "y", conociendo $z = 0,5$

$$\frac{y}{2} = \frac{(b + 0,5y)y}{b + 2y\sqrt{1 + 0,5^2}}$$

$$b = 1,236y$$

- Calculando el área en términos de y (tirante)

$$A = (b + zy) * y$$

Donde:

A= Área hidráulica

b = 1,236y

Z = 0,50

Sustituyendo valores:

$$A=(1,236y+0,5y)*y$$

$$A=1,736y^2$$

- Sustituyendo valores en la fórmula de Manning

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

$$0,135 = \frac{1}{0,017} \left[\frac{(1,236+0,5y)y}{1,236y+(2y\sqrt{1+0,5^2})} \right]^{2/3} \left(\frac{15}{100} \right)^{1/2} 1,736y^2$$

$$y = 0,174 \text{ m}$$

- Sustituyendo valores en b

$$b = 1,236y$$

$$b = 1,236*0,174 = 0,215 \text{ m}$$

- De la tabla XXX, para una sección trapezoidal, T es:

$$T = b+2zy$$

$$T = 0,215 +(2*0,5*0,174) = 0,388 \text{ m}$$

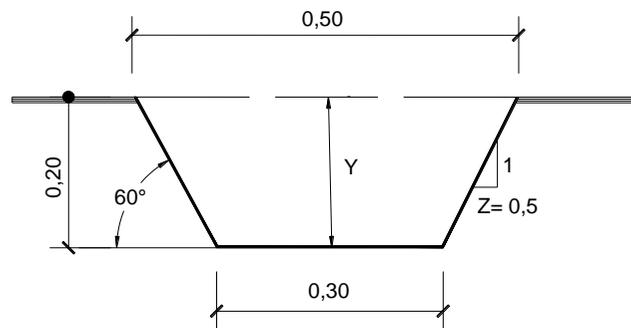
- Medidas finales de la cuneta

$$b = 0,30 \text{ m}$$

$$y = 0,20 \text{ m}$$

$$T = 0,50$$

Figura 12. Medidas finales de cuneta



3.8. Diseño de pavimento rígido

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

3.8.1. Análisis de tránsito

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

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

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

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

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

3.8.2. Clasificación de tránsito

Para determinar el TPD en la vía a pavimentar, se hizo un conteo de vehículos que circulan por esta, dando como resultado los datos que se muestran en la tabla XXXII.

Tabla XXXII. Tránsito promedio diario para la aldea San José El Tablón

Tipo de vehículo	T.P.D.I.
Pick-Ups	364
Camiones	216
Automóviles	150
Motocicletas	21
T.P.D.	751

Fuente: Elaboración propia en base a conteo vehicular.

3.8.3. Espesor de la sub-base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serian dañinos para el pavimento.

Es la primera capa de pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según la condición y características de los suelos existentes en la sub-rasante, en ningún caso menor de 10 ni mayor a 70 cm. Para el presente proyecto no se utilizará

sub-base, ya que el terreno de fundación o natural, según los resultados de laboratorio presenta buenas condiciones.

3.8.4. Espesor de la base

La base es necesaria con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementa la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa.

Para este proyecto se propone una base de material selecto, con un espesor de 15 cm. Este material posee la capacidad de obtener un alto grado de compactación, y provee impermeabilidad hacia la sub-rasante, con lo que se reducen en gran porcentaje las probabilidades de deformación de la misma.

3.8.5. Espesor de la capa de rodadura

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la Portland Cement Association (PCA), en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de cargas para diferentes categorías de calle y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga, este factor es de 1, 1,1, 1,2, 1,3 y 1,4 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Para obtener el espesor de la losa se realizó el siguiente procedimiento.

- Lo primero que se obtuvo fue la identificación de la categoría en la tabla XXXIII, donde se consideraron más de 700 vehículos, según el conteo que se hizo en la aldea San José El Tablón, tomándose un porcentaje del 18% del TPDC, en ambas direcciones. Se tiene $18\% * 751 = 135$.

La identificación final de la carretera es la categoría 2, ya que es un área rural.

- Determinar el valor K; puesto que las variaciones de este no afectan considerablemente el espesor del pavimento, no es necesaria su determinación exacta. La tabla XXXIV muestra los valores aproximados de K para cuatro tipos de suelos. Según los resultados obtenidos del laboratorio el suelo es tipo arenoso con cantidad considerable de limo y arcilla. Entonces, se llega a la conclusión que el suelo tiene soporte medio y el rango según la tabla es de 3 – 4 kg/cm³; por lo tanto, considerando el tipo de suelo se toma un valor K de 3,5 kg/cm³.
- Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15% f'c; el f'c tiene un valor de 281 kg/cm² y el módulo de ruptura es de 15% * 281 = 42,15 kg/cm².
- Con el carácter medio que tiene la sub-rasante y el módulo de ruptura que es de 42,15 kg/cm², se determina el espesor de la carpeta de rodadura. En la tabla XXXV, se busca el lado izquierdo, por no incluir bordillo, se determina un espesor que está entre 14 y 15 cm, por facilidad de construcción se dejará de 15 cm de espesor.
- Las juntas transversales serán construidas a cada 3 m determinada por la norma AASHTO, la cual determina que no debe exceder a dos veces el espesor en pulgadas a su espaciamiento en pies, en este caso el espesor es de 6 in, entonces su espaciamiento entre juntas será de 12 ft lo que es equivalente a $12' * 1\text{m} / 3,28' = 3,65\text{ m}$ entonces se harán a cada 3 m. La pendiente del bombeo será de 2%.

Tabla XXXIII. Categoría de carga por eje

Categoría Carga de Eje	Descripción	Tráfico			Máxima de eje (kips)	
		TPD	TPD-C		Eje simple	Eje Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carretera rural no secundaria	200-800	1-3	Mas de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales o secundarias, calles arterias y carreteras primarias	700-5 000	5-18	40-1 000	26	44
3	Calles arterias y carreteras primarias. Autopistas e interdepartamentales urbanas y rurales	2 pistas 3 000-12 000 4 Pistas 3 000-50 000	8-30	500-5 000	30	52
4	Calles arterias, carreteras primarias y autopistas. Interestatales urbanas y rurales	2 pistas 3 000-20 000 4 pistas 3 000-15 000	8-30	1 500-8 000	22	60

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

Tabla XXXIV. Tipo de suelo de la sub-rasante y valores aproximados de K

TIPO DE SUELO	APOYO	RANGO DE VALORES DE K (kg/cm ³)
Suelos de grano fino en los cuales predominan las partículas de limo y arcilla.	Bajo	2 – 3
Arena y mezclas de arena y grava con cantidades moderadas de limo y arcilla.	Medio	3 – 4
Arena y mezcla de arena y grava relativamente libres de finos plásticos.	Alto	4 – 6
Sub-bases tratadas con cemento.	Muy alto	6 – 11

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

Tabla XXXV. Pavimento con juntas y agregados de trabe

MR (kg/cm ²)	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
	Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o de sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
46					10		0,20	0,90
	11,50			0,10	11,50	2	8	25
	12,50	0,10	0,8	3	12,50	30	130	330
	14	3	15	45	14,50	320		
	15	40	160	430				
	16,50	330						
42	12,50		0,10	0,4	10			0,10
	14	0,5	3	9	11,50	0,20	1	5
	15	8	36	98	12,50	6	27	75
	16,50	76	300	760	14,50	73	290	730
	17,80	520			15	610		
39	14	0,1	0,3	1	11,50		0,2	0,60
	15	1	6	18	12,50	0,8	4	13
	16,50	13	60	160	14	13	57	150
	17,80	110	400		15	130	480	
	19	620						

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

Cálculo del drenaje transversal:

El objetivo principal de este elemento de la carretera, es evitar que el agua de lluvia proveniente del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca, en el sentido perpendicular a la carretera no pase por la estructura de la misma.

Del diseño de la cuneta se tiene que el caudal es de 0,1351 m³/s; para determinar el diámetro de la tubería, se utilizará la fórmula de Manning.

$$D = \left(\frac{Q \cdot n \cdot 4^{5/3}}{s^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{0,135 \cdot 0,013 \cdot 4^{5/3}}{0,02^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8}$$

$$D = 0,299 \text{ m}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad del material

n = 0,013 (riblock)

Área de descarga:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot 0,299^2}{4}$$

$$A = 0,07 \text{ m}^2$$

Usando $\varnothing = 14 \text{ in} = 0,356 \text{ m}$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot 0,356^2}{4}$$

$$A = 0,10 \text{ m}^2$$

Colocar tubo de 14 in.

Diseño de la mezcla de concreto:

El diseño de la mezcla de concreto se realizará con las siguientes condiciones:

Resistencia requerida: 4 000 psi

Tamaño máximo de agregado: 1"

Módulo de finura de agregado fino: 2,6 – 2,9

Asentamiento para pavimento de concreto: 5 – 7,5 cm

Primeramente, se procede a definir la relación agua/cemento (w/c) para la mezcla. Ya que el asentamiento es de 5 a 7,5 cm y el tamaño máximo del agregado grueso es de 1" corresponde una relación w/c de 0,49.

La función w/c se define de la siguiente manera:

$$w/c = f(w/c)$$

Por lo tanto, como se observa en la siguiente tabla, $171/c = 0,49$.

Donde $c = 348,98 \text{ kg/m}^3$

Tabla XXXVI. Datos para diseño de mezclas, para una resistencia a la compresión de 4 000 psi

Resistencia media requerida a los 28 días	Tamaño máximo del agregado	Concentración de pasta	Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm	% de agregado fino Vol. Abs./agr. Total
				M.F.
PSI	in	w/c	5 - 10	2,6 – 2,9
4 000	3/4	0,49	182	42
	1	0,49	171	39
	1 ½	0,49	166	37

El peso unitario del concreto se compone de la sumatoria de los pesos del cemento, agua y agregados, así:

$$Puc = C + A + Ag$$

Donde:

Puc = peso unitario del concreto en kg/m^3

C = peso del cemento en kg/m^3

A = peso del agua en kg/m^3

Ag = peso de agregados (fino y grueso) en kg/m^3

De estos datos se conoce el peso del agua, del cemento y el peso unitario del concreto, por lo que falta definir el peso de los agregados; así, despejando la fórmula se obtiene:

$$Ag = Puc - C - A$$

$$Ag = 2\,400 - 348,98 - 171$$

$$Ag = 1895,02 \text{ kg/m}^3$$

Ahora, se obtienen los porcentajes de cada agregado, según la tabla XXXVI.

Agregado fino: 39%

Agregado grueso: 61%

Entonces, se multiplica el peso del agregado por cada porcentaje para obtener pesos separados de arena y piedrín.

$$1\ 895 * 0,39 = 739,06 \text{ kg/m}^3$$

$$1\ 895 * 0,61 = 1\ 155,96 \text{ kg/m}^3$$

De esta manera se obtienen todos los pesos de los componentes de la mezcla de concreto para un metro cúbico, los cuales son:

$$C = 348,98 \text{ kg}$$

$$A_f = 739,06 \text{ kg}$$

$$A_g = 1\ 155,96 \text{ kg}$$

$$W = 166 \text{ kg}$$

El diseño teórico se define en función de las proporciones, tomando como referencia la unidad de cemento.

$$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}} : \frac{\text{arena}}{\text{cemento}} : \frac{\text{piedrín}}{\text{cemento}} : \frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$$

El resultado del diseño teórico es el siguiente:

$$\mathbf{1 : 2 : 3 : 0,5}$$

3.8.6. Resultados y diseño final

En la siguiente tabla, se muestra los resultados obtenidos para el diseño final del pavimento.

Tabla XXXVII. Datos utilizados en el diseño del pavimento

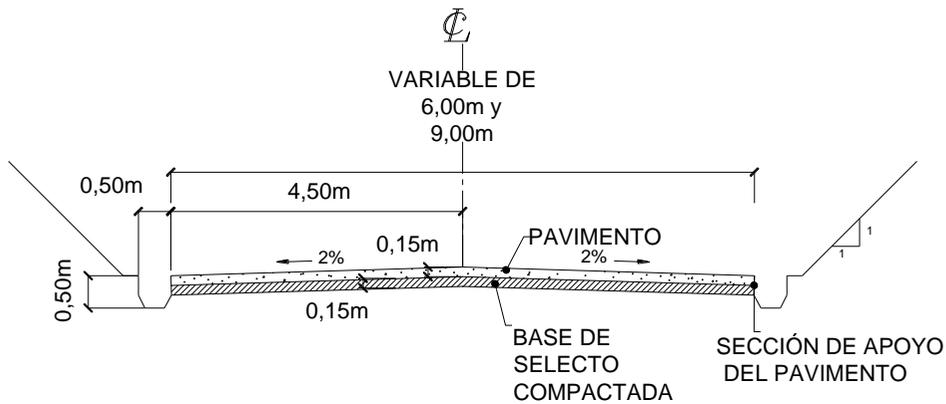
Categoría de carretera	2
Resistencia del concreto	281 kg/cm ²
Espesor de la base	15 cm
Módulo de la reacción de la sub-rasante	3,5 kg/cm ³
Módulo de ruptura del concreto	42,15 kg/cm ²

Con los datos de la tabla anterior, se determinó, por el método simplificado de la PCA, que el espesor final del pavimento es de 15 cm.

3.8.7. Sección típica

En la figura 13 se muestra la sección típica a utilizar en la construcción del pavimento.

Figura 13. Sección típica



3.8.8. Planta perfil

Para la ejecución del presente proyecto se elaboraron planos de la planta perfil, utilizando la escala 1/1 000 horizontalmente y en el sentido vertical la escala 1/100, los planos se adjuntan en el anexo.

3.9. Estimación de costos para pavimento rígido

En la integración del presupuesto del pavimento rígido se consideró el precio de los materiales que se manejan en la región; para la mano de obra se utilizaron los precios que la municipalidad asigna para proyectos similares y en los costos indirectos se consideró un 35%.

3.9.1. Costo de pavimento rígido

Tabla XXXVIII. Presupuesto de pavimento rígido

PRESUPUESTO INTEGRADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E.P.S. INGENIERÍA CIVIL

MUNICIPALIDAD DE VILLA CANALES, GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE PRINCIPAL

DE LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, GUATEMALA



No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Replanteo topográfico	1 464	ml	Q4,12	Q6 031,68
1,2	Trazo y estaqueado	1 464	ml	Q2,10	Q3 074,40
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				
2,1	Corte	5 818,23	m ³	Q23,88	Q138 939,33
2,2	Relleno	138,34	m ³	Q14,93	Q2 065,42
3	CONFORMACIÓN				
3,1	Conformación de la sub-rasante	10 716	m ²	Q2,50	Q26 790,00
3,2	Conformación de la base	10 716	m ²	Q8,50	Q91 086,00
4	PAVIMENTO RÍGIDO				
4,1	Pavimento t =15 cm	10 716	m ²	Q192,50	Q2 062 830,00
4,2	Juntas	3 294	ml	Q18,50	Q60 939,00
5	CUNETA				
5,1	Cuneta de concreto	2 928	ml	Q105,30	Q308 318,40
6	DRENAJE TRANSVERSAL				
6,1	Drenaje Transversal	136,74	ml	Q42,00	Q5 743,08
				TOTAL	Q2 705 817,31

MONTO EN QUETZALES:

Dos millones setecientos cinco mil ochocientos diecisiete quetzales con 31/100

CONCLUSIONES

1. El análisis realizado en la aldea San José El Tablón del municipio de Villa Canales, sobre la falta de la zonificación y nomenclatura, determinó los parámetros necesarios para la ejecución del diseño en beneficio de la población.
2. La aplicación del sistema numérico, como parte fundamental del diseño de la zonificación y nomenclatura, permite identificar las calles, avenidas, callejones e inmuebles, basándose en los criterios de nomenclatura establecidos por el Ing. Raúl Aguilar Batres.
3. El proyecto de zonificación beneficiará a 3 801 habitantes de la aldea San José El Tablón, ya que contarán con una identificación adecuada para los inmuebles, calles, avenidas y zonas. Tendrá un costo de Q 256 355,00, el cual es relativamente bajo, debido a que se utilizará la mano de obra no remunerada de los vecinos.
4. El proyecto de pavimentación tendrá una longitud de 1 464 m, un ancho de pista de 6 y 9 m. El diseño basado en el método simplificado de la PCA determinó que el pavimento rígido tendrá un espesor de 15 cm, una base de 15 cm y un bombeo del 2%.
5. El proyecto de pavimentación tiene un costo de Q. 2 705 817,31. El cual se considera alto, esto se debe a que se planificó en terreno montañoso y el movimiento de tierras tiene un costo elevado.

RECOMENDACIONES

1. Es importante mantener el nombre antiguo de los cantones y colonias para que la población se adapte, sin perder el esquema del casco de la aldea, al nuevo diseño.
2. Que la Municipalidad informe y motive a los comités de la aldea acerca de la importancia de la nomenclatura, para que el servicio se mantenga vigente y actualizado.
3. Que los planos de la zonificación, calles, avenidas y nomenclatura de la aldea, sean colocados en las oficinas públicas y privadas de servicios en el municipio, para orientación y educación de los usuarios.
4. El concreto se colocará tan pronto sea posible sobre la base compactada, esta deberá estar húmeda. El acomodo del concreto será por medio de vibradores ya que es una losa de 15 centímetros.
5. Realizar trabajos de limpieza y mantenimiento en el tramo carretero, por lo menos dos veces al año en las cunetas, para evitar el estancamiento del agua y en los drenajes transversales, para evitar socavamientos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bobadilla Mansilla, Dora Beatriz. *Normas para levantamientos catastrales*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1983..
2. Crespo Villalaz, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4ª edición; México: Editorial Limusa, 1999.
3. Ingenieros Consultores de Centro América, S.A (ICCA). *Especificaciones generales para la construcción de carretera y puentes para la República de Guatemala*. Guatemala 2001.
4. Pérez, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1989.
5. Uclés Chávez, José Jorge. *Diseño de nomenclatura en centros poblados del interior del país*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1985.

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla XXXIX. Ensayo de compactación



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



INFORME No. S.S.190

O.T. No. 14568

INTERESADO: WILLIAM LAURENCE HERNANDEZ G.

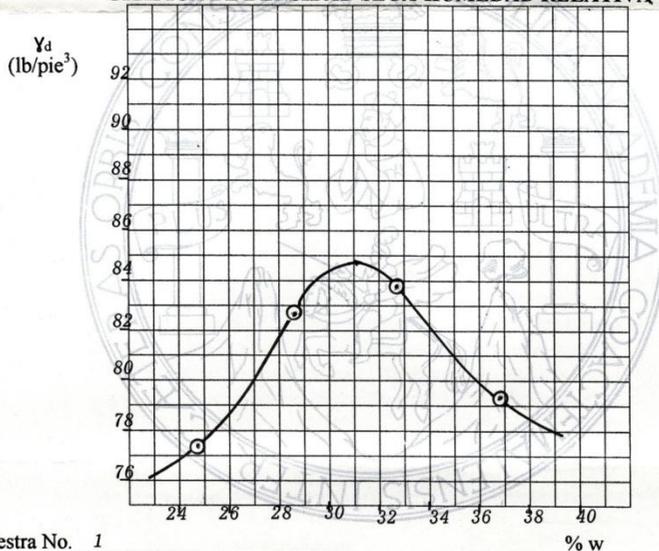
ASUNTO: Ensayo de compactación. Proctor Estándar () Norma: _____
Proctor Modificado (X) Norma: AASHTO T-180

PROYECTO: E.P.S.

UBICACION: El Tablón Villa Canales

FECHA: 27-11-2001

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No. 1

Descripción del suelo: Limo arcillo arenoso color café

Densidad seca máxima γ_d : 1.35 t/m³ 84.7 lb/pie³

Humedad óptima w: 30.9 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado

Atentamente,

Vo.Bo.

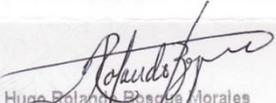
Ing. Francisco Javier Quinonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Diego Rolando Bosque Morales
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Anexo 2.

Tabla XL. Ensayo de límites de Atterberg

	<p>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>				
O.T. No. 14568					
INFORME No. 193 S.S.					
INTERESADO: WILLIAM LAURENCE					
PROYECTO: TESIS					
ASUNTO: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG NORMA: AASHTO T-89 Y T-90					
UBICACIÓN: El Tablón Villa Canales					
FECHA: 27-11-2001					
RESULTADOS:					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CSU*	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	1	44.3	12.6	ML	Limo arcilloso arenoso color café
(*) CSU = Clasificación sistema Unificado.					
Atentamente,					
			 Ing. Hugo Rolando Bosque Morales Jefe Sección Suelos		
Vo.Bo.  Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz DIRECTOR CII/USAC					
FACULTAD DE INGENIERIA -USAC Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo 476-3992, Planta 476-0790 al 4 Ext. 372. FAX: 476-3993 E-mail: inge.cen_invest@usac.edu.gt					

Anexo 3.

Tabla XLI. Ensayo de C.B.R.



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



INFORME No. S.S.191

O. T. No. 14568

INTERESADO: WILLIAM LAURENCE HERNANDEZ G.

ASUNTO: Ensayo CBR

Norma: AASHTO T-193

PROYECTO: E.P.S.

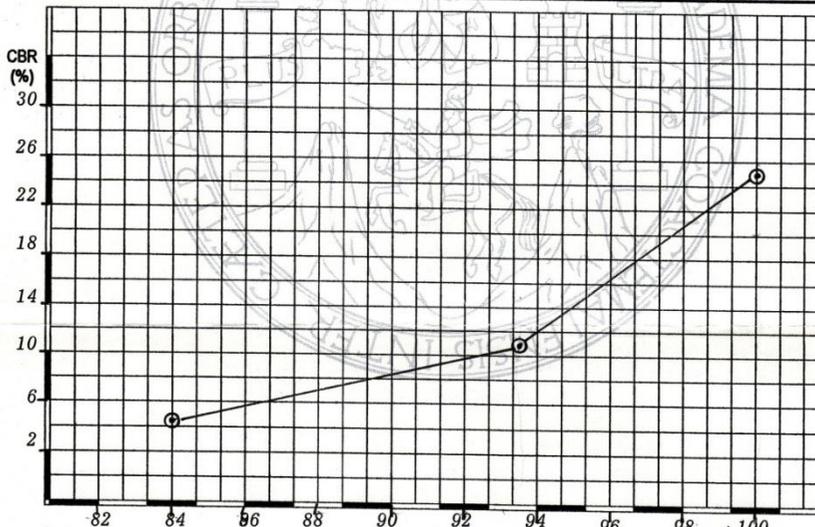
UBICACION: El Tablón Villa Canales

FECHA: 27-11-2001

DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arcillo arenoso color café

MUESTRA No. 1

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	CBR (%)
		W (%)	I_d (kg/m ³)			
1	10	30.4	1137	84.0	1.0	4.2
2	30	30.4	1269	93.5	1.76	11.0
	65	30.4	1366	100.0	1.30	25.3



Atentamente,

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Hugo Rolando Besaye Morales
Jefe Sección Mecánica de Suelos

EMR

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 476-3992. Planta: 476-0790 al 4 Ext. 372. FAX: 476-3993
E-Mail: inge.cen_invest@usac.edu.gt.

PLANOS

