



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

**DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL Y DISEÑO
DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA
RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA
CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA
RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ.**

Mayly Allely Gómez Herrera
Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL Y DISEÑO
DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA
RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA
CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA
RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

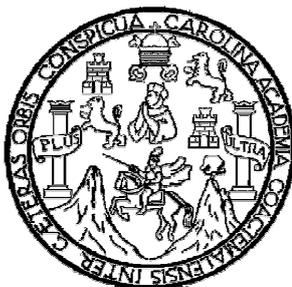
MAYLY ALLELY GÓMEZ HERRERA

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ SERRANO
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
EXAMINADOR: Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL Y DISEÑO
DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA
RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA
CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA
RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de octubre de 2006.

MAYLY ALLELY GÓMEZ HERRERA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Guatemala, 25 de julio de 2007
Ref. EPS. C. 442.07.07

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería Civil, **MAYLY ALLELY GÓMEZ HERRERA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL, Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSE LA RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **Jocotenango**.

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. Silvio Enriquez Serrano
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



SJRS/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 25 de julio de 2007
Ref. EPS. C. 442.07.07

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL, Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSE LA RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **MAYLY ALLELY GÓMEZ HERRERA**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Silvio Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Sé y Enseñad a Todos"

Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS



ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,
8 de agosto de 2007

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL, Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Mayly Allely Gómez Herrera, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,
27 de agosto de 2007

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

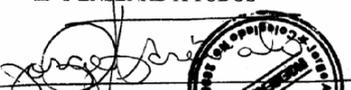
Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL, Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Mayly Allely Gómez Herrera, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

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 Arce Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Directora de la Unidad de E.P.S., Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación de la estudiante Mayly Allely Gómez Herrera, titulado DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CALLE REAL, Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA, MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, septiembre 2007.

/bbdeb.

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Postgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS Y LA VIRGEN MARÍA

Por guiarme e iluminarme siempre hacia el camino correcto.

MIS PADRES

Por simplemente ser los mejores padres que Dios me pudo dar.

MIS HERMANOS

Por su compañía a lo largo de nuestros años.

ING. SILVIO RODRÍGUEZ

Por su valiosa asesoría.

**MUNICIPALIDAD DE
JOCOTENANGO**

Por su apoyo como practicante, en especial al Señor Alcalde, Javier Fuentes.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Por permitir el conocimiento de nuevos horizontes.

**A MIS COMPAÑEROS DE
ESTUDIO**

Por su amistad y ayuda.

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

Israel Cristóbal Gómez López.
María Ester Herrera Ruíz.

MIS HERMANOS

Billy y Blenda. Con mucho cariño.

MIS PADRINOS

Dr. Joel Melgar
Lic. Luis Villatoro

AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO

Por los buenos momentos compartidos,
amistad y apoyo.

**LA FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

ÍNDICE GENERAL

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

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ.

1.1 Reseña histórica	1
1.2 Nombre del municipio	1
1.3 Festividades	2
1.4 Ubicación y localización	2
1.5 Clima	3
1.6 Población	3
1.7 Educación	3
1.8 Actividades productivas	3
1.9 Vías de acceso	4

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

2.1 Planimetría	5
2.2 Altimetría	6

3. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CALLE REAL.

3.1. Bases del diseño	7
3.1.1. Diámetros mínimos	7
3.1.2. Velocidades mínimas y máximas	7
3.2. Diseño hidráulico	7
3.2.1. Coeficiente de escorrentía	7
3.2.2. Intensidad de lluvia	8
3.2.3. Áreas tributarias	9
3.2.4. Tiempo de concentración	9
3.2.5. Pendiente de diseño	10
3.2.6. Caudal de diseño	10
3.2.7. Velocidad de flujo a sección llena	11
3.2.8. Diámetro de la tubería	11
3.3. Obras complementarias	12
3.3.1. Pozos de visita	12
3.3.2. Tragantes	13
3.4 Localización de la descarga	13
3.5 Ejemplo de cálculo	14

4. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA.

4.1. Bases del diseño	19
4.1.1. Diámetros mínimos	19
4.1.2. Velocidades mínimas y máximas	19
4.2. Trazo de la red	19
4.3. Diseño hidráulico	20
4.3.1. Período de diseño	20
4.3.2. Población de diseño	20
4.3.3. Método del incremento geométrico	20
4.3.4. Factor de Harmond	21
4.3.5. Caudal sanitario	22
4.3.5.1. Caudal domiciliar	23
4.3.5.2. Caudal comercial	24
4.3.5.3. Caudal industrial	24
4.3.5.4. Caudal de conexiones ilícitas	25
4.3.5.5. Caudal de infiltración	26
4.3.6. Caudal de diseño	27
4.3.7. Cálculo de cotas invert	27
4.4. Localización de la descarga	28
4.5. Ejemplo de cálculo	29

5. DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA.

5.1. Bases del diseño	35
5.1.1. Período de diseño	35
5.1.2. Diseño geométrico de carreteras	35
5.1.2.1. Alineamiento horizontal	36
5.1.2.2. Alineamiento vertical	37
5.2 Pavimento	36
5.2.1 Definición de pavimento	38
5.2.2 Pavimento rígido	38
5.2.3 Elementos estructurales del pavimento	39
5.2.3.1 Sub-rasante	39
5.2.3.2 Sub-base	40
5.2.3.3 Base	40
5.2.3.4 Capa de rodadura	41
5.2.4 Factores de diseño	41
5.2.4.1 Módulo de ruptura del concreto (MR)	41
5.2.4.2 Módulo de reacción del suelo (k)	42
5.2.4.3 Tránsito promedio diario	42
5.2.4.4 Tipos de juntas	44
5.2.4.4.1 Juntas longitudinales	44
5.2.4.4.2 Juntas transversales	44
5.2.4.4.3 Juntas de expansión	44
5.2.4.4.4 Juntas de construcción	45
5.2.5 Diseño de pavimento rígido	45

5.3	Consideraciones de diseño	46
5.3.1	Aspecto del camino existente	46
5.4	Análisis de ensayos de suelos	47
5.4.1	Granulometría	47
5.4.2	Límites de Atterberg	47
5.4.2.1	Límite líquido	47
5.4.2.2	Límite plástico	48
5.4.2.3	Índice plástico	48
5.4.3	Ensayo de compactación	48
5.4.4	Ensayo CBR	49
5.4.5	Resumen de resultados	49
5.5	Propiedades del trazo	50
5.5.1	Ejemplo de diseño de pavimento rígido para la aldea San José La Rinconada, según el método de la PCA.	50
5.5.2	Ejemplo de cálculo de drenaje transversal	57
5.5.3	Ejemplo de cálculo de curva horizontal	59
5.5.4	Ejemplo de cálculo de curva vertical	61
6.	PRESUPUESTO	
6.1	Drenaje pluvial Calle Real	64
6.2	Drenaje sanitario aldea San José La Rinconada	65
6.3	Pavimentación aldea San José La Rinconada	65

7. PROPUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	67
8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	69
9. EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA	71
9.1 Valor presente neto	71
9.2 Tasa interna de retorno	73
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
APÉNDICE A	83
APÉNDICE B	91

GLOSARIO

Aguas pluviales	Son las aguas que provienen de las lluvias. Corren a través de las zonas urbanas y sus alrededores.
Aguas residuales	Son las aguas retiradas de una vivienda o comercio, después de haber sido utilizadas.
Colector	Es una tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas residuales o pluviales hacia el lugar de desfogue.
Cota invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Diámetro	Línea recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que consume cada habitante por día.

Grava	Conjunto de materiales procedentes de erosiones meteorológicas que se encuentra en yacimientos.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.
Junta	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debido a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.
Límites de consistencia	Son denominados límites de Atterberg, y sirven para encontrar las propiedades físicas y plásticas de los suelos arcillosos o arenosos.
Monografía	Breve descripción de las características económicas, sociales, físicas y culturales de una región o pueblo.
Oquedad	Espacio hueco en un terreno, o plan que contribuyen al coeficiente de escorrentía.
Período de diseño	Período durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Mapa de localización Municipio de Jocotenango.
2. Planta de una curva horizontal.
3. Sección de una curva vertical.
4. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores soporte
5. Ensayo de granulometría
6. Límites de Atterberg
7. Ensayo de compactación
8. Ensayo CBR
9. Sección típica E

TABLAS

- I. Valores indicativos del coeficiente de escorrentía.
- II. Integración del coeficiente de escorrentía.
- III. Cálculo hidráulico de drenaje pluvial.
- IV. Tabla de dotaciones de agua potable.
- V. Cálculo hidráulico de drenaje sanitario.
- VI. Categorías de carga por eje.
- VII. Tipos de suelo, subrasante y valores aproximados de k.
- VIII. Valores para diseño sobre bases no tratadas (PCA).
- IX. TPDC permisible, carga por eje categoría 1.
- X. Modelo de integración de precios unitarios
- XI. Presupuesto de drenaje pluvial para la Calle Real
- XII. Presupuesto de drenaje sanitario para la Aldea San José La Rinconada.
- XIII. Presupuesto de pavimento rígido para la Aldea San José La Rinconada.
- XIV. Costo de la red de drenaje pluvial.
- XV. Características geométricas para diseño de carreteras.
- XVI. Peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimos.

LISTA DE SÍMBOLOS

Δ	Grado de curvatura
$^{\circ}C$	Grados centígrados
Σ	Sumatoria
π	Pi
“	Pulgadas
ϕ	Diámetro
a	Parámetro de ajuste
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ASTM	Sociedad Americana de ensayos y materiales
b	Parámetro de ajuste
CBR	Valor Soporte California (California Bearing Ratio)
d/D	Relación de diámetros
DGC	Dirección General de Caminos
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
f_{qm}	Factor de caudal medio
hab	Habitantes
mm/h	Milímetros por hora
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
IP	Índice de plasticidad
K	Módulo de ruptura
km	Kilómetros
kph	Kilómetros por hora

LL	Límite líquido
lt/km-dia	Litros por kilómetros al día
l/s	Litros por segundo
MR	Módulo de ruptura
m	Metro
m/m	Metro sobre metro
m²	Metros cuadrados
m/s	Metros sobre segundo
m³/s	Metros cúbicos por segundo
OMP	Oficina Municipal de Planificación
PCA	Portland Concrete Association
plg	Pulgadas
PRA	Public Road Administration
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
PVC	Policloruro de vinilo
q/Q	Relación de caudales
SCU	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
t	Tiempo
TPD	Tránsito promedio diario
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones
v/V	Relación de velocidad

RESUMEN

A través del Ejercicio Profesional Supervisado, se atendieron las necesidades de dos sectores: la Calle Real y la aldea San José La Rinconada, en el Municipio de Jocotenango, Sacatepéquez. En el primer sector se necesita la construcción de un drenaje pluvial a lo largo de la calle principal, y en el segundo, la construcción de un drenaje sanitario y un pavimento rígido.

En la Calle Real se diseñó la red de drenaje pluvial, así como sus pozos de visita y tragantes necesarios para su correcto funcionamiento. Para este proyecto se propone la utilización de una tubería de PVC.

En la aldea San José La Rinconada se diseñó el drenaje sanitario con sus respectivos pozos de visita. Se propuso la utilización de tubería PVC. El pavimento rígido será de 5.50 metros de ancho, con un espesor de losa de 15 centímetros, cunetas de 60 centímetros de cada lado y un bombeo pluvial de 3%.

Se utilizaron las recomendaciones y manuales aprobados por el Instituto de Fomento Municipal, así como las especificaciones técnicas para diseño de carreteras de la Dirección General de Caminos.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar el drenaje pluvial de la Calle Real y el drenaje sanitario para la aldea San José La Rinconada, y la pavimentación del tramo carretero que va de la cabecera municipal hacia la aldea San José La Rinconada, en el municipio de Jocotenango, Sacatepéquez, para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

ESPECÍFICOS

1. Proponer obras de infraestructura que mejoren las condiciones de vida de los habitantes de la aldea San José La Rinconada, velando por el ornato del lugar, en equilibrio con el medio ambiente.
2. Contribuir con la reducción de inundaciones producidas por las lluvias en la Calle Real de Jocotenango, con el diseño del drenaje pluvial.
3. Mejorar las condiciones de acceso de los habitantes de la aldea San José La Rinconada, con la ejecución del proyecto de pavimentación del tramo carretero que los une con la cabecera municipal.
4. Diseñar el drenaje sanitario para la aldea San José La Rinconada, de acuerdo con la topografía del lugar y las especificaciones establecidas, determinando su factibilidad a través de los costos de ejecución y mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades a nivel rural se presentan en diversas situaciones, tales como falta de drenajes, pavimentos, etc. La implementación de soluciones eficaces y funcionales se ha vuelto una prioridad para mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

Después de una exhaustiva investigación y observación de las necesidades de las comunidades, se han eligieron los tres proyectos estudiados.

La Calle Real del municipio de Jocotenango es una de las calles principales, por la cual transitan a diario muchos automóviles. Ésta cuenta con drenajes sanitarios, pero no con drenaje pluvial. El proyecto consiste en el levantamiento topográfico y el diseño del drenaje pluvial.

La aldea San José La Rinconada, cuenta con servicio de agua potable, pero no con servicio de drenaje sanitario y una pavimentación adecuada. En el proyecto se realizará un levantamiento topográfico, los ensayos de suelo necesarios y el diseño adecuado con todas sus respectivas señalizaciones.

Con el diseño y planificación de estos proyectos, se busca dar solución a algunos de los problemas que afrontan dichas comunidades y contribuir a mejorar su nivel de vida.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE JOCOTENANGO SACATEPÉQUEZ

1.1 Reseña histórica

Al ser trasladada la Metrópoli del Reino (*La Antigua Guatemala*) del Valle de Panchoy al Valle de la Ermita, oficialmente el primero de enero de 1776, por disposición del capitán Don Martín de Mayorga, como consecuencia del terremoto del 29 de julio de 1773 que destruyó la ciudad de Santiago de Guatemala, Jocotenango formaba parte de la jurisdicción de la Metrópoli del Reino como uno de sus populosos barrios, y no fue si no hasta la primera mitad del siglo XIX que adquirió la categoría de Municipio.

1.2 Nombre del municipio

En cuanto al nombre de *Jocotenango* con el que es conocido este municipio y su cabecera departamental, obedece a que sus primeros pobladores se establecieron en el lugar denominado “Jocotitenango”. Jocotenango se deriva de las voces del Cakchiquel, *Xocotl* que significa *Jocote* y *Tenango*, lugar; locativo que significa lugar donde abundan los *Jocotes*, el cual pertenece al municipio de Sacatepéquez, y también se tiene Jocotenango que se encuentra en la ciudad capital, el cual adoptó su nombre cuando la ciudad fue trasladada al Valle de La Ermita, y se encuentra localizado en la zona 2, de la ciudad capital.

1.3 Festividades

La fiesta titular de Jocotenango la celebran el 15 de agosto en honor a la Santísima Virgen de la Asunción, con actos religiosos, culturales, sociales y deportivos, siendo famosos sus bailes folklóricos y su tradicional jaripeo, cobrando cada año más esplendor por el entusiasmo y dedicación que en ella ponen sus autoridades y vecinos, ya que la misma data de 1620; también se conmemora la Cuaresma y la Semana Santa, entre otras.

1.4 Ubicación y localización

El Municipio de Jocotenango se encuentra situado en la parte noreste en el departamento de Sacatepéquez, Región V o Región Central. Se localiza a una latitud $14^{\circ} 34' 28''$ y en la longitud de $90^{\circ} 44' 28''$. Limita al Norte con el Municipio de Sumpango y Pastores; al Sur con el Municipio de La Antigua Guatemala y Santa Catarina Barahona, al Este con los Municipios de La Antigua Guatemala, Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, y al Oeste con los Municipios de Pastores, Sumpango y Santa Catarina Barahona.

1.5 Clima

El clima del municipio es templado, la temperatura promedio se encuentra entre 15 a 23°C, el cual es medido por una estación meteorológica tipo A, Alameda Icta.

1.6 Población

La población es aproximadamente de 35,452 habitantes, según datos proporcionados por la Municipalidad.

1.7 Educación

Existen varias instituciones encargadas de la educación, entre las cuales se puede mencionar: escuelas y colegios de nivel pre-primario, primario y secundario, así como institutos de educación a nivel medio y varias academias de mecanografía.

1.8 Actividades Productivas

La mayoría de los habitantes de Jocotenango se dedican esencialmente a la agricultura. El eje principal de la economía es el cultivo de café. Existen además artesanos de la madera y comerciantes en general.

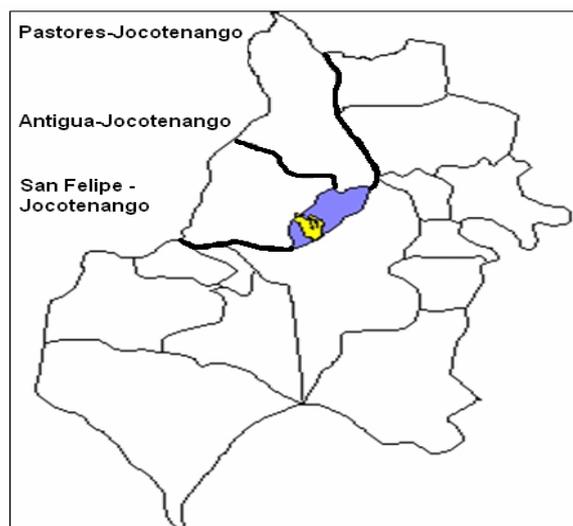
Los productos de mayor cultivo en Jocotenango en su orden son: café, maíz, frijol, cítricos, papa y frutas. Como cultivos secundarios se puede mencionar: verduras y plantas ornamentales. Por último un pequeño grupo de la población se dedica a la avicultura.

1.9 Vías de acceso

El acceso hacia el municipio de Jocotenango se puede realizar por varias vías, siendo éstas:

- Carretera que conduce del municipio de Antigua Guatemala hacia Jocotenango (asfaltada).
- Carretera que conduce del municipio de San Felipe de Jesús, del municipio de Antigua Guatemala, hacia Jocotenango (asfaltada).
- Carretera que conduce del municipio de Chimaltenango, pasando por Parramos y Pastores hacia Jocotenango (asfaltada).

Figura 1. Localización del municipio de Jocotenango con su casco urbano y rural dentro del departamento de Sacatepéquez.



Fuente: Municipalidad de Jocotenango.

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Es el proceso fundamental de trabajo de campo que se realiza previo al estudio de proyecto de pre-inversión de una infraestructura básica, el cual comprende dos actividades básicas: trazo planimétrico y trazo altimétrico, utilizando para los mismos, aparatos de precisión.

2.1 Planimetría

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener una representación gráfica del terreno sobre un plano horizontal, suponiendo que no existe la curvatura terrestre aplicando medidas menores de 300 m. Esta representación o proyección se denomina plano.

Se procedió a levantar el eje central y las intersecciones secundarias por los sectores de interés, tomando lecturas a distancias visibles y en puntos estratégicos que servirán para la proyección futura del diseño del drenaje pluvial, drenaje sanitario y pavimentación, tomando en cuenta todos los pormenores y aspectos importantes del sector en estudio.

En el levantamiento topográfico, se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito marca Wild T-1.
- Una cinta métrica de 200 metros.
- Una plomada
- Machete, trompos, clavos, martillo, pintura.

2.2 Altimetría

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener la diferencia de nivel entre puntos diferentes, cuyas distancias horizontales son conocidas. Por diferencia de nivel se entiende como una distancia medida verticalmente. La altimetría permite obtener los datos indispensables para representar sobre el papel, la tercera dimensión del terreno.

La nivelación se realizó sobre el eje de la calle y a una distancia de 20 metros o menos, cuando los accidentes del terreno obligaron a realizarlo, en cruces de calles y en algunas depresiones del terreno.

Conforme se hizo el levantamiento planimétrico de la línea central, así también se procedió a realizar la nivelación, empleando para ello el siguiente equipo:

- Un nivel marca Wild N-1.
- Cinta métrica de 200 metros
- Plomada.
- Estadal.
- Machete, trompos, clavos.

3. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CALLE REAL

3.1 Bases del diseño

3.1.1 Diámetros mínimos

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados pluviales es de 10" de PVC y 12" de concreto, como lo indica el INFOM.

3.1.2 Velocidades mínimas y máximas

La velocidad mínima con el caudal de diseño es de 0.60 m/s

La velocidad máxima con el caudal de diseño es de 3.00 m/s

3.2 Diseño hidráulico

3.2.1 Coeficiente de escorrentía

Es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de la alcantarilla natural o artificial. Esto se debe a la evaporación, infiltración, retención en oquedades del suelo, etc. Por lo que existirá diferente tipo de coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de esorrentía promedio se calculará así:

$$C = \frac{\sum (c * a)}{\sum a}$$

Donde:

c= Coeficiente de esorrentía de cada una de las áreas parciales

a= Áreas parciales (hectáreas)

C= Coeficiente de esorrentía promedio del área drenada

Tabla I. Valores indicativos del coeficiente de esorrentía.

Valores de C para superficies	Capacidad de infiltración del suelo		
	Mínimo	Máximo	Adoptado
Techos impermeables	0.70	0.95	0.80
Pavimento de asfalto en buen estado	0.85	0.90	0.9
Superficie sin pavimentos, patios y lotes sin construir.	0.10	0.30	0.3

3.2.2 Intensidad de lluvia

Es el espesor de lámina de agua por unidad de tiempo, producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora. La intensidad de lluvia se determinó de acuerdo con las curvas de intensidad elaboradas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, con base en estaciones pluviométricas ubicadas en el departamento de Sacatepéquez.

Para el presente trabajo se utilizó la estación ubicada en el municipio de Pastores, Sacatepéquez por ser la más cercana a Jocotenango.

Se tomará la probabilidad de ocurrencia de 10 años, dada por la fórmula siguiente:

$$I = \frac{1324}{t + 4}$$

Donde:

t= Tiempo de concentración en minutos.

3.2.3 Áreas tributarias

Las áreas tributarias se calculan en hectáreas, tomando a escala las distancias y dividiendo las manzanas en triángulos, cuyos lados salgan a partir de un punto central hacia los extremos del tramo entre pozos de visita.

De acuerdo con las observaciones e inspecciones hechas en el lugar, se determinó que la longitud promedio que aportaba al drenaje de la Calle Real en ambos lados corresponde a 65 m., indicando esto que una medida mayor aporta a otras áreas tributarias.

3.2.4 Tiempo de concentración

Es el tiempo que emplea el agua superficial en descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección a estudiar. En tramos iniciales el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará en 12 minutos. El tiempo de concentración en minutos se calculará así:

$$T_c = T_1 + \frac{L}{60 * V_1}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración hasta el tramo considerado.

T₁= Tiempo de concentración hasta el tramo anterior.

L= Longitud del tramo anterior en metros.

V₁= Velocidad a sección llena del tramo anterior.

3.2.5 Pendiente de diseño

Se calcula de la siguiente forma:

$$S = \frac{\text{Cota de terreno final} - \text{cota de terreno inicial}}{\text{Longitud del tramo}} * 100$$

3.2.6 Caudal de diseño

Para la determinación del caudal pluvial se utilizará el Método Racional, cuya fórmula general es la siguiente:

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

Donde:

Q= Caudal pluvial, en $\frac{m^3}{s}$

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad de lluvia

A= Área en hectáreas

3.2.7 Velocidad de flujo a sección llena

La velocidad de flujo se calculará con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{0.003429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V= velocidad a sección llena en $\frac{m}{s}$

D= diámetro de la sección circular en pulgadas

S= pendiente del terreno en $\frac{m}{m}$

n= coeficiente de rugosidad de Manning

n= 0.015 para tubos de 24 pulgadas y menores

n=0.013 para tubos mayores de 24 pulgadas

3.2.8 Diámetro de la tubería

En este proyecto de alcantarillado sanitario, el diámetro mínimo establecido por el Reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala es de 10" para tubería de PVC y 12", para tubería de concreto. Se utilizarán diámetros mayores cuando sea necesario según el caudal de diseño estimado. En este proyecto se puede observar varios tipos de diámetros, desde el caudal de inicio que exige 14", hasta el lugar de desfogue donde se presentan 54".

3.3 Obras complementarias

Se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de drenaje.

3.3.1 Pozos de visita

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento; se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero, dentro del período de diseño. Se diseñan en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro.
- Cambio de pendiente.
- Cambios de dirección horizontal, para diámetros menores de 24”.
- Las intersecciones de dos o más tuberías.
- Los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros de hasta 24”.
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”.

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo, de 0.03 m.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert será, como mínimo, la diferencia de dichos diámetros. Cuando la diferencia sea mayor que 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

3.3.2 Tragantes

Éstos pueden ser ubicados en los siguientes casos:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra, a 3.00 metros antes de la esquina.
- En puntos intermedios de las cuadras, cuando el caudal acumulado provoque un tirante superior a 0.10 metros.
- Únicamente en aquellas calles que cuenten con pavimento, que hayan recibido o que vayan a recibir algún tipo de tratamiento para estabilizar su superficie.
- Únicamente cuando las calles cuenten con bordillo o que se conozcan las cotas definitivas de la rasante.

3.4 Localización de la descarga

El cuerpo de descarga del drenaje pluvial, será el río Guacalate, el cual se encuentra contaminado por aguas residuales, provenientes de los municipios por donde pasa y en este mismo se depositan las aguas residuales del municipio de Jocotenango. Actualmente no existe una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.5 Ejemplo de cálculo.

El área a drenar del tramo 1-2 es de:

$$A=(dist.pozos)*(ancho\ de\ calle+largo\ de\ calles\ laterales)$$

Donde:

$$Ancho\ de\ calle= 12\ m$$

$$Largo\ de\ calles\ laterales= 65\ m$$

(Estos datos se obtuvieron con base en mediciones hechas en el lugar; ver página 9)

$$A=(76)*(12+65+65)/10,000= 1.0792\ ha$$

Tabla II. Integración de coeficiente de escorrentía.

% de Áreas	C	a	C*a
Casas 45%	0.8	0.4856	0.388
Áreas verdes 20%	0.3	0.2158	0.064
Calles 35%	0.9	0.3778	0.340
Σ		1.0792	0.792

$$C = \frac{0.792}{1.0792} = 0.735$$

Ver página 8.

En tramos iniciales, el tiempo de concentración será igual al tiempo de entrada y se estimará en 12 minutos.

La intensidad de lluvia se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{1324}{t+4}, \quad \text{donde } t= 12 \text{ minutos, entonces}$$

$$I = \frac{1324}{12+4} = 82.75 \text{ mm/h}$$

El caudal de diseño está dado por:

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0.73 * 82.75 * 1.0792}{360} = 0.18233 \frac{m^3}{s}$$

Iniciando con un tubo de 14" y una pendiente de 2% se calcula la velocidad de flujo y el caudal a sección llena.

$$V = \frac{0.003429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{0.003429 * 14^{\frac{2}{3}} * 2^{\frac{1}{2}}}{0.015} = 1.878 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = A * V = \frac{\pi(14 * 0.0254)^2}{4} * 1.878 * 1000 = 186.51 \text{ l/s}$$

Se obtiene la relación q/Q

q= caudal de diseño

Q= caudal a sección llena

Después se busca este valor en las tablas de diseño hidráulico, así como la relación v/V correspondiente.

En la velocidad de diseño, que está dada por:

$$v = \frac{v}{V} * V, \quad \text{se tiene que:}$$

$$q/Q=0.977606$$

$$v/V=1.139719$$

Chequeo de velocidad:

$$V=1.139719*1.878=2.14 \text{ m/s}$$

Se observa que está dentro del rango permitido de 0.6-3.00 m/s, por lo tanto chequea.

Cálculo de tirantes:

A partir de la relación q/Q , se puede obtener el valor del tirante de agua, para que no exista taponamiento en la tubería ni se sobrepase la capacidad del tubo; el tirante debe cumplir con la siguiente condición:

$$\frac{d}{D} \leq 0.90$$

Entonces:

$$\frac{d}{D} = 0.80 \leq 0.90, \text{ lo que indica que es correcto.}$$

Se observa que la velocidad y el diámetro chequean, con esto se concluye el cálculo del caudal de diseño; este mismo modelo se adoptó para todos los tramos.

Tabla III. Cálculo hidráulico de drenaje pluvial

Tramo	Terreno (h)			Área a drenar (h ²)				Coeficiente C			Tiempo de concentración (min)	Intensidad de lluvia (mm/h)	Caudal de diseño (l/s)	Diámetro tubo (mm)	% Sección llena (Hazen Williams)	V ₀ (km/h)	Reacciones Hidráulicas	V ₀ (m/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Cota invert Final (m)	Profundidad de pozo Final (m)	Ángulo de excavación (m)										
	Cota de inicio	Cota final	Dif. Horiz.	% Terreno	A1:casas	A2:veredas	A3:calles	Área de Terreno	Área Anual	C1													C2	C3	C							
1	1	2	100.09	99.96	78.00	0.062063	0.488	0.239	0.3772	1.072	0.08	0.03	0.09	0.735	17.20	92.75	162.33	14	2	1271	185.1	0.0786	0.080	1.079	2.14	83.84	91.2	1.20	2.84	0.0	92.13	
2	2	3	99.96	98.92	78.00	2.102841	0.848	0.245	0.3864	1.076	0.08	0.03	0.09	0.735	13.85	78.40	162.33	14	2	1271	185.1	0.0786	0.080	1.079	2.14	83.84	91.2	1.20	2.84	0.0	92.13	
3	3	4	98.92	96.02	88.00	2.257078	0.847	0.194	0.2082	0.932	3.400	0.6	0.03	0.09	0.735	13.85	78.40	162.33	14	2	1271	185.1	0.0786	0.080	1.079	2.14	83.84	91.2	1.20	2.84	0.0	92.13
4	4	5	96.02	96.01	97.00	1.071954	0.246	0.189	0.2029	0.904	3.854	0.6	0.03	0.09	0.735	13.85	78.40	162.33	14	2	1271	185.1	0.0786	0.080	1.079	2.14	83.84	91.2	1.20	2.84	0.0	92.13
5	5	6	96.01	94.87	87.00	1.264109	0.249	0.180	0.2329	0.954	4.849	0.6	0.03	0.09	0.735	14.07	73.25	79.55	24	1	242	182.0	0.08504	0.710	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
6	6	7	94.87	94.01	88.00	1.264109	0.249	0.180	0.2329	0.954	4.849	0.6	0.03	0.09	0.735	14.07	73.25	79.55	24	1	242	182.0	0.08504	0.710	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
7	7	8	94.01	92.45	88.00	0.888889	0.208	0.1789	0.2111	0.884	3.450	0.6	0.03	0.09	0.735	15.57	56.47	58.54	30	1	207	180.3	0.08076	0.770	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
8	8	9	92.45	92.65	88.00	0.888889	0.208	0.1789	0.2111	0.884	3.450	0.6	0.03	0.09	0.735	15.57	56.47	58.54	30	1	207	180.3	0.08076	0.770	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
9	9	10	92.65	92.31	88.00	1.030303	0.210	0.1867	0.1960	0.868	4.444	0.6	0.03	0.09	0.735	16.32	48.51	113.74	30	1	241	180.4	0.08044	0.700	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
10	10	11	92.31	91.91	91.91	0.629701	0.249	0.1867	0.2829	0.939	8.444	0.6	0.03	0.09	0.735	18.33	48.51	113.74	30	1	208	180.8	0.08032	0.730	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
11	11	12	91.91	91.37	88.00	0.818181	0.227	0.184	0.2882	0.932	6.914	0.6	0.03	0.09	0.735	18.33	48.51	113.74	30	1	229	183.3	0.08152	0.730	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
12	12	13	91.37	91.3	91.00	0.629701	0.249	0.178	0.2853	0.932	11.988	0.6	0.03	0.09	0.735	17.35	48.51	113.74	30	1	229	183.3	0.08152	0.730	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
13	13	14	91.3	90.28	88.00	0.629701	0.249	0.178	0.4057	1.392	11.988	0.6	0.03	0.09	0.735	17.35	48.51	113.74	30	1	242	183.7	0.08152	0.730	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
14	14	15	90.28	90.28	88.00	0.416667	0.240	0.206	0.3813	1.624	13.822	0.6	0.03	0.09	0.735	17.35	48.51	113.74	30	1	241	183.1	0.08118	0.770	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
15	15	16	90.28	89.78	88.00	0.117284	0.375	0.230	0.4057	1.392	14.574	0.6	0.03	0.09	0.735	18.32	58.03	119.29	42	0	246	182.8	0.08092	0.740	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
16	16	17	89.78	89.32	88.00	0.069097	0.409	0.186	0.2453	0.786	14.522	0.6	0.03	0.09	0.735	19.45	58.06	119.29	42	0	246	182.8	0.08092	0.740	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
17	17	18	89.32	89.1	88.00	0.249295	0.409	0.178	0.3111	0.946	16.388	0.6	0.03	0.09	0.735	19.45	58.06	119.29	42	0	246	182.8	0.08092	0.740	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
18	18	19	89.1	88.03	88.00	0.071292	0.427	0.184	0.2168	0.848	17.848	0.6	0.03	0.09	0.735	20.45	58.06	119.29	42	0	246	182.8	0.08092	0.740	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
19	19	20	88.03	88.38	88.00	0.635844	0.212	0.159	0.2168	0.848	17.848	0.6	0.03	0.09	0.735	20.45	58.06	119.29	42	0	246	182.8	0.08092	0.740	1.13784	2.85	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
20	20	21	88.38	88.05	88.00	0.678251	0.154	0.184	0.2305	0.820	18.818	0.6	0.03	0.09	0.735	21.74	51.44	209.80	42	0	247	182.3	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
21	21	22	88.05	87.28	78.00	0.849371	0.248	0.204	0.3063	1.218	19.888	0.6	0.03	0.09	0.735	22.77	50.40	209.80	42	0	247	182.3	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
22	22	23	87.28	87.44	82.00	0.4375	0.204	0.186	0.1964	0.840	20.460	0.6	0.03	0.09	0.735	22.49	48.90	202.75	42	0	247	182.3	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
23	23	24	87.44	86.05	88.00	0.675	0.219	0.227	0.3016	1.190	21.940	0.6	0.03	0.09	0.735	22.49	48.90	202.75	42	0	247	182.3	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
24	24	25	86.05	86.31	78.00	0.810360	0.248	0.244	0.3063	1.218	22.958	0.6	0.03	0.09	0.735	23.30	46.15	227.55	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
25	25	26	86.31	86.03	88.00	0.624244	0.217	0.194	0.2285	0.890	24.202	0.6	0.03	0.09	0.735	24.31	47.28	230.05	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
26	26	27	86.03	85.86	48.00	0.377778	0.238	0.194	0.2285	0.890	24.202	0.6	0.03	0.09	0.735	24.31	47.28	230.05	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
27	27	28	85.86	85.82	88.00	0.080851	0.217	0.194	0.2302	0.922	25.212	0.6	0.03	0.09	0.735	24.31	46.88	245.05	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
28	28	29	85.82	85.7	88.00	0.207921	0.233	0.147	0.2844	0.984	26.876	0.6	0.03	0.09	0.735	24.31	46.88	245.05	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
29	29	30	85.7	85.19	88.00	0.75	0.245	0.186	0.3376	0.988	28.822	0.6	0.03	0.09	0.735	25.31	45.21	248.04	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
30	30	31	85.19	84.9	14.00	4.074328	0.246	0.186	0.2885	0.988	27.122	0.6	0.03	0.09	0.735	25.31	45.21	248.04	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
31	31	32	84.9	84.05	43.00	0.202328	0.246	0.186	0.3211	0.988	27.122	0.6	0.03	0.09	0.735	25.31	45.21	248.04	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
32	32	33	84.05	84.03	88.00	0.444270	0.239	0.184	0.2885	0.928	28.982	0.6	0.03	0.09	0.735	26.31	44.82	259.87	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
33	33	34	84.03	84.01	48.00	0.688333	0.237	0.186	0.2885	0.928	28.982	0.6	0.03	0.09	0.735	26.31	44.82	259.87	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
34	34	35	84.01	83.5	78.00	0.425	0.249	0.186	0.3772	1.092	30.718	0.6	0.03	0.09	0.735	27.31	42.07	269.54	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
35	35	36	83.5	83.28	78.00	0.71	0.249	0.178	0.3772	1.092	30.718	0.6	0.03	0.09	0.735	27.31	42.07	269.54	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
36	36	37	83.28	84.7	88.00	0.069171	0.239	0.184	0.2885	0.928	32.258	0.6	0.03	0.09	0.735	27.31	42.07	269.54	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
37	37	38	84.7	84.04	82.00	0.289231	0.233	0.147	0.2885	0.928	32.258	0.6	0.03	0.09	0.735	28.31	40.51	279.05	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	83.8	92.9	2.05	2.18	1.20	170.3
38	38	39	84.04	85.29	80.00	0.5625	0.212	0.272	0.3016	1.204	34.008	0.6	0.03	0.09	0.735	28.31	40.51	279.05	42	0	248	182.8	0.08096	0.780	1.13984	2.81	8					

4. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA

4.1 Bases del diseño

4.1.1 Diámetros mínimos

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 6" de PVC y 8" para tubos de concreto, como lo indica el INFOM.

4.1.2 Velocidades mínimas y máximas

La velocidad mínima con el caudal de diseño es de 0.60 m/s

La velocidad máxima con el caudal de diseño es de 3.00 m/s

4.2 Trazo de la red

El trazo de la red estará basado en orientar la tubería a favor de la pendiente natural del terreno, evitando en todo lo posible una mayor profundidad del drenaje, para un mejor funcionamiento del sistema.

4.3 Diseño hidráulico

4.3.1 Período de diseño

Para el período de diseño del proyecto se tomaron en cuenta 21 años teniendo en cuenta un año para la aprobación de su ejecución y 20 años libres de periodo.

4.3.2 Población de diseño

Para la estimación del número de habitantes de una población futura, se tienen varios métodos, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Método aritmético
- Método geométrico
- Método gráfico

En el cálculo de la población para el diseño del drenaje sanitario de la aldea San José La Rinconada, se utilizará el método del incremento geométrico.

4.3.3 Método del incremento geométrico

El método del incremento geométrico es el más utilizado para el cálculo de poblaciones de los países en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población crece a un ritmo geométrico o exponencial.

Este método tiene la ventaja de que no se necesitan muchos datos para su aplicación y se adapta más a la realidad. Su desventaja es que se puede sobreestimar la población. La fórmula de crecimiento geométrico es la siguiente:

$$P_f = P_0 \left(1 + \frac{r}{100} \right)^n$$

Donde:

P_f = Población futura

P_0 = Población actual

r = Tasa de crecimiento (%)

n = Período de diseño

Para el departamento de Sacatepéquez se tiene registro de una tasa de crecimiento del 2.941%, el cual se utilizará para el municipio de Jocotenango y para la aldea San José La Rinconada.

4.3.4 Factor de Harmond

Es un factor que está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones, por uso doméstico. Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenajes.

Se calcula por medio de la fórmula de Harmond:

$$FH = \left(\frac{18 + P^{1/2}}{4 + P^{1/2}} \right)$$

Donde:

FH = Factor de Harmond

P = Población en miles de habitantes

4.3.5 Caudal sanitario

Su cálculo está afectado por el clima, los servicios, capacidad económica de la población a servir. Para dicho cálculo deben tomarse en cuenta varios factores que pueden variar según la época del año (verano e invierno). El caudal sanitario viene dado por:

$$Q_{SANITARIOVERANO} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{CI}$$

$$Q_{SANITARIOINVIERNO} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{CI} + Q_{INF}$$

Donde:

$Q_{SANITARIO}$ = Caudal sanitario total (verano o invierno)

Q_{DOM} = Caudal domiciliar

Q_{COM} = Caudal comercial

Q_{IND} = Caudal industrial

Q_{CI} = Caudal de conexiones ilícitas

Q_{INF} = Caudal de infiltración

4.3.5.1 Caudal domiciliar (Q_{DOM})

Es el producto de las aguas desechadas por las viviendas debido a las distintas actividades domiciliarias (limpieza, cocción de alimentos, etc.). Depende principalmente de la dotación de agua potable asignada a la población a servir y viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{DOM} = \frac{No.habitantes * Dotación * Factor de retorno}{86,400}, \text{ en l/s}$$

El factor de retorno (F.R.), se refiere a la cantidad de agua, que aunque es proporcionada a la población, no será vertida al sistema del alcantarillado pues cierto líquido se pierde en riego, lavado de aceras, etc. El factor de retorno varía de 0.70 a 0.90.

Para la aldea San José La Rinconada se tomará un factor de retorno del 0.85.

Tabla IV. Tabla de dotaciones de agua potable.

TIPO DE SERVICIO	DOTACIÓN
Servicio a base de llenacántaros exclusivamente	30-60 litros/habitantes/día
Servicio mixto de llenacántaros y conexiones prediales	60-90 litros/habitantes/día
Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda	60-120 litros/habitantes/día
Servicio de conexión intradomiciliar, con opción a varios grifos por vivienda	90-120 litros/habitantes/día
Servicio de pozo excavado, con bomba de mano	Mínimo 15 litros

Cuando no se sabe con certeza la dotación asignada a la población a servir, se puede asumir un valor aproximado tomando como referencia el tipo de clima, el tipo de comunidad, densidad de vivienda, nivel económico, etc. Con base en estos factores y la tabla anterior, se asumirá una dotación de 100 l/h/d.

4.3.5.2 Caudal comercial (Q_{COM})

Como su nombre lo indica, corresponde al caudal proporcionado por los distintos tipos de comercios que existen en la comunidad a servir. La dotación de cada comercio se calcula aproximadamente de 600 a 3000 litros/comercio/día. Para el cálculo de los caudales comerciales no se toma en cuenta el factor de retorno. El caudal comercial viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{COM} = \frac{\text{No.de comercios} * \text{Dotación}}{86,400}, \text{ en l/s}$$

4.3.5.3 Caudal industrial (Q_{IND})

Este caudal varía dependiendo del tipo de industria a servir. Si no se tiene el valor de la dotación asignada a dicha industria, se puede asumir un valor que varía de 16,000 a 18,000 litros/industria/día. Para el cálculo de este tipo de caudal tampoco se aplica el factor de retorno y su valor viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{IND} = \frac{\text{No.de industrias} * \text{Dotación}}{86,400}, \text{ en l/s}$$

4.3.5.4 Caudal de conexiones ilícitas (Q_{CI})

Este término se refiere tanto a las conexiones propiamente ilícitas como a las producidas en invierno por las conexiones incorrectas de bajadas de techos, patios, escorrentías superficiales, etc.

Existen diversidad de formas de tomar un valor para este caudal, aunque las más aplicadas son 2.

El método racional aplica una ecuación en la cual la variante es un porcentaje de las conexiones ilícitas domiciliarias que varía de 0.5 a 2.5% y viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{CI} = \left[\frac{CIA * 1000}{360} \right] * \%Viviendas , \text{ en l/s}$$

Donde:

C	=	Coefficiente de escorrentía
I	=	Intensidad de lluvia en mm/hora
A	=	Área de techos y patios posibles de conectar ilícitamente (en Ha.)
%Viviendas	=	Porcentaje estimado de viviendas que se puede conectar ilícitamente.

El otro criterio que es más práctico, utilizado por las normas de UNEPAR, asume que el $Q_{CI} = 10\% Q_{DOM}$.

4.3.5.5 Caudal de infiltración (Qinf)

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad de la tubería, del terreno, y de la capa freática, la posibilidad de inundaciones periódicas, la determinación de futuras roturas en juntas y otras estructuras debido a los temblores de tierras o asentamientos, tipo de juntas, calidad de mano de obra y de la supervisión técnica.

Puede calcularse por litros diarios por kilómetro de tubería; se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, que supone un valor de 6.00 m. por cada casa, cuya dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km./día.

$$Q_{inf} = \frac{f_{inf} * long.tubería}{86,400}$$

Donde:

$$f_{inf} = \text{factor de infiltración } 1600-18,000 \left[\frac{lt}{km - día} \right]$$

Long.tubería = Longitud de la tubería en km.

Después de tener todos los valores que conforman el caudal sanitario, se puede calcular el factor de caudal medio (fqm), que viene dado de siguiente ecuación:

$$fqm = \frac{Q_{SANITARIO}}{No. habi tan tes}$$

Al igual que otros datos, el f_{qm} posee valores mínimos y máximos y como se sobreentiende, si su cálculo particular diera un valor fuera del rango, se debe utilizar el máximo o mínimo según sea el caso. El rango del f_{qm} es:

$$0.002 \leq f_{qm} \leq 0.005$$

4.3.6 Caudal de diseño

Es necesario para conocer la estimación del agua residual que transportará el alcantarillado por los diferentes puntos donde éste fluya.

$$q_{dis} = \#hab. * F.H. * f_{qm}$$

Donde:

$\#hab.$	=	Número de habitantes
$F.H.$	=	Factor de Harmond
f_{qm}	=	Factor de caudal medio

4.3.7 Cálculo de cotas invert

Se llama cota invert a la parte inferior de la tubería (la que estará en contacto con el suelo). Su cálculo es importante porque es una forma de asegurarse en el campo, de que la tubería está colocada correctamente.

Para el cálculo de las cotas invert de salida de los pozos de visita, existen 2 casos específicos que determinan dichas cotas de salida.

1. Cuando a un pozo de visita llega una o varias tuberías de igual diámetro al de la tubería de salida, la cota invert de salida debe ser como mínimo 0.03 m por debajo de la cota invert más baja de las tuberías que llegan.

2. Cuando a un pozo de visita llega una o varias tuberías de distinto diámetro y sale una de distinto diámetro o igual a alguna de las de entrada, la cota invert de salida debe ser como mínimo:
 - a. 0.03 m debajo de la cota invert más baja de las tuberías de entrada.

 - b. La diferencia de diámetros entre la tubería más pequeña entrante y la saliente.

4.4 Localización de la descarga

El cuerpo receptor de las aguas residuales provenientes de la Aldea San José La Rinconada, es una red existente de drenaje sanitario, que tiene una capacidad prevista para soportar la descarga correspondiente.

4.5 Ejemplo de cálculo.

Actualmente en la aldea San José La Rinconada viven aproximadamente 952 personas, con un promedio de 6 personas por vivienda, siendo la tasa utilizada para el municipio de Sacatepéquez de 2,941%.

$$Pf = Po \left(1 + \frac{r}{100} \right)^n \quad Pf = 36 \left(1 + \frac{2.941}{100} \right)^{21} = 66.16 \approx 66 \text{ hab.}$$

Para el tramo inicial 1-2, la población actual es de 36 personas y una población de diseño a futuro de 66 personas.

$$FH_{\text{actual}} = \left(\frac{18 + \left(\frac{36}{1000} \right)^{1/2}}{4 + \left(\frac{36}{1000} \right)^{1/2}} \right) = 4.355 \quad FH_{\text{futuro}} = \left(\frac{18 + \left(\frac{66}{1000} \right)^{1/2}}{4 + \left(\frac{66}{1000} \right)^{1/2}} \right) = 4.289$$

$$Q_{\text{SANITARIO INVIERNO}} = Q_{\text{DOM}} + Q_{\text{COM}} + Q_{\text{IND}} + Q_{\text{CI}} + Q_{\text{INF}}$$

$$Q_{\text{DOMact}} = \frac{36 * 100 * 0.85}{86,400} = 0.035 \text{ l/s} \quad Q_{\text{DOMfut}} = \frac{66 * 100 * 0.85}{86,400} = 0.065 \text{ l/s}$$

El caudal de comercio no se tomará en cuenta en el diseño de drenaje sanitario, pues la Aldea San José La Rinconada, es un área de uso habitacional, ya que no existen industrias en ella.

$$Q_{Cl\ act} = 10\% \ 0.035 = 0.0035 \text{ l/s}$$

$$Q_{Cl\ fut} = 10\% \ 0.065 = 0.0065 \text{ l/s}$$

Se utilizó la segunda fórmula propuesta por UNEPAR por ser más práctica.

En este caso el caudal de infiltración es considerado cero, ya que la tubería utilizada para el diseño del drenaje sanitario será PVC, norma ASTM D-3034.

$$Q_{SANITARIO\ INVIERNO\ act} = 0.035 + 0 + 0 + 0.0035 + 0 = 0.0385 \text{ l/s}$$

$$Q_{SANITARIO\ INVIERNO\ fut} = 0.065 + 0 + 0 + 0.0065 + 0 = 0.0715 \text{ l/s}$$

$$f_{qmact} = \frac{0.0385}{36} = 0.0011$$

$$f_{qmfut} = \frac{0.0715}{66} = 0.00108$$

Debido a que fqm no cumple con el rango establecido, se toma un fqm de 0.002.

$$Q_{disact} = 36 * 0.002 * 4.34 = 0.31 \text{ l/s}$$

$$Q_{disfut} = 66 * 0.002 * 4.28 = 0.57 \text{ l/s}$$

Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{(3 * 0.0254)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{9}{100}\right)^{\frac{1}{2}}}{0.015} = 3.40 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = A * V = \frac{\pi(6 * 0.0254)^2}{4} * 3.40 * 1000 = 61.96 \text{ l/s}$$

Se obtiene la relación q/Q actual y futura

q= caudal a sección parcialmente llena

Q= caudal a sección llena

Después se busca este valor en las tablas de diseño hidráulico.

La velocidad de diseño, está dada por:

$$v = \frac{v}{V} * V$$

$$q/Q_{\text{actual}}=0.005$$

$$v/V_{\text{actual}}=0.2602$$

$$q/Q_{\text{futuro}}=0.0092$$

$$v/V_{\text{futuro}}=0.3105$$

Chequeo de velocidad:

$$V_{\text{actual}}=0.2602*3.40=0.884 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{futuro}}=0.3105*3.40=1.055 \text{ m/s}$$

Están dentro del rango permitido de 0.6-3.00 m/s, así que chequean.

Chequeo de tirantes:

A partir de la relación q/Q, se puede obtener el valor del tirante de agua, para que no exista taponamiento en la tubería ni se sobrepase la capacidad del

tubo, el tirante debe cumplir con la siguiente condición: $0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.75$

Entonces:

$$d_{\text{act}}=(d/D)*D=(0.051)*6=0.306$$

$$d_{\text{fut}}=(d/D)*D=(0.067)*6=0.402$$

Se observa que ambos chequean, así que con esto se concluye el cálculo del caudal de diseño. Este mismo modelo se adoptó para todos los tramos.

Tabla V. Cálculo hidráulico de drenaje sanitario

Tramo	Terreno (m)			No. de casas	Habitantes a servir		Factor de Howard	Caudal de desecho (l/s)		Diámetro (pulg.)	Slopes (%)	Sección Lima Healy y Williams	Relaciones hidráulicas acústicas				Relaciones hidráulicas hídricas				V (m/s)	Costo invert		Profundidad de pozo	Archo de Escavación (m)												
	Cota Inicial	Cota Final	Dif. %		Acústico	Hídrico		Actual	Futuro				Actual	Futuro	W	A/A	d/D	Q ₂ /Q ₁	W	A/A		d/D	Actual			Futuro	Inicial	Final									
1	1	2	18892	1909	7777	0222	6	30	96	4355	4289	031	057	6	900	340	6195	02802	02802	0192	02610	02927	03065	02890	0881	1085	18877	18977	100	120	06	5137					
2	2	3	18607	18665	1461	003	2	40	88	4333	4289	041	075	6	900	340	6196	02807	02823	02830	02840	02850	02860	02870	02880	02890	02900	02910	18882	18942	1154	215	06	1848			
3	3	4	18665	18721	0559	088	18	26	130	287	4271	4267	131	234	6	900	340	6196	02811	02812	02813	02814	02815	02816	02817	02818	02819	18901	18911	1314	215	06	9094				
4	4	5	18721	1729	0249	602	5	31	155	342	4186	4054	135	277	6	690	299	5425	02865	02866	02867	02868	02869	02870	02871	02872	02873	18923	18933	1514	215	06	6166				
5	5	6	1729	1739	0109	544	3	34	170	375	4173	4075	149	300	6	550	248	4844	02882	02883	02884	02885	02886	02887	02888	02889	1118	0490	128	149	1743	215	217	06	3978		
6	6	7	1739	1739	0000	528	4	38	190	419	4156	4072	148	338	6	500	233	4818	02897	02898	02899	02900	02901	02902	02903	02904	1244	0490	1237	1472	17378	17042	215	120	06	4859	
7	7	8	1739	1732	0067	437	5	43	215	414	4136	3998	212	378	6	400	228	4131	02915	02916	02917	02918	02919	02920	02921	02922	02923	1465	0390	168	149	17078	16930	215	120	06	4859
8	8	9	1732	16571	0754	733	4	47	235	519	4122	3998	231	411	6	600	277	5029	02936	02937	02938	02939	02940	02941	02942	02943	02944	1404	0895	19817	16490	215	120	06	7501		
9	9	10	16571	16218	0353	498	5	52	260	573	4104	3943	234	432	6	600	277	5029	02945	02946	02947	02948	02949	02950	02951	02952	02953	1444	0200	146	176	16356	16218	215	228	06	4739
10	10	11	16218	16265	0467	288	8	60	300	662	4078	3999	231	517	6	300	196	3577	02964	02965	02966	02967	02968	02969	02970	02971	02972	1171	1383	18001	18933	215	222	06	7139		
11	11	12	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
12	12	13	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
13	13	14	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
14	14	15	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
15	15	16	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
16	16	17	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
17	17	18	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
18	18	19	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
19	19	20	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
20	20	21	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
21	21	22	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
22	22	23	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
23	23	24	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
24	24	25	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
25	25	26	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
26	26	27	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
27	27	28	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
28	28	29	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
29	29	30	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
30	30	31	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
31	31	32	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
32	32	33	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
33	33	34	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
34	34	35	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
35	35	36	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
36	36	37	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300	196	3577	02981	02982	02983	02984	02985	02986	02987	02988	02989	1224	0742	124	147	18407	18261	215	233	06	4838
37	37	38	16265	16265	0000	282	9	69	345	761	4062	3873	332	589	6	300																					

5. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA LA ALDEA SAN JOSÉ LA RINCONADA

5.1 Bases del diseño

5.1.1 Período de diseño

Para el período de diseño del proyecto se tomaron en cuenta 21 años.

5.1.2 Diseño geométrico de carreteras

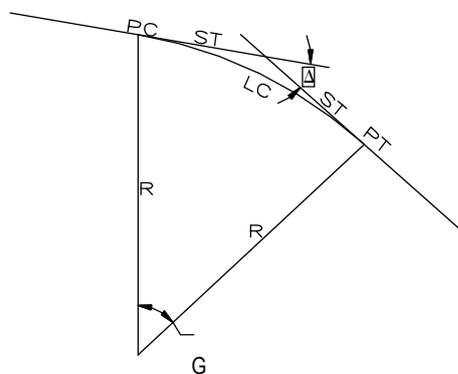
Un diseño geométrico óptimo de carreteras, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo; sin embargo, la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico adoptado. Estos criterios a su vez dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto.

5.1.2.1 Alineamiento horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal, sus elementos son los siguientes.

- Tangentes: son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal, que unen a las curvas circulares.
- Curvas circulares: son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva, hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- Curvas de transición: su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo tangente a otro tramo en curva. Este tipo de transición es muy importante pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos de curva, más no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esta transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

Figura 2. Planta de una curva horizontal.



PC: Principio de curva
 Δ : Grado de curvatura
G: Ángulo central
LC: Longitud de curva
ST: Sub-tangente
R: Radio
PT: Principio de tangente

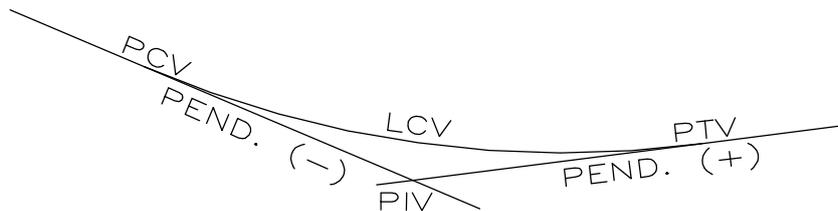
5.1.2.2 Alineamiento vertical

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

Un alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la sub-rasante.

Figura 3. Sección de una curva vertical.

PCV: Principio de curva vertical
PEND: Pendiente
PTV: Principio de tangente vertical
PIV: Punto de intersección vertical
LCV: Longitud de curva vertical.



5.2 Pavimento

5.2.1 Definición de pavimento

Es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o sub-rasante, formada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos, y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia al soporte estable del 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.

5.2.2 Pavimento rígido

Consiste en una mezcla de cemento pórtland, arena de río, agregado grueso y agua, tendido en una sola capa, que al aplicarle cargas rodantes no se deflecte perceptiblemente, y al unir todos los elementos antes mencionados, conforme 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 directos de compresión y acortamiento, causados por las cargas de las ruedas.
- c. Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas, bajo las cargas de las ruedas.
- d. Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento, por efectos de los cambios de temperatura.

5.2.3 Elementos estructurales del pavimento

5.2.3.1 Sub-rasante

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

Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada.

Dependiendo de sus características, puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

5.2.3.2 Sub-base

Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito, proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la capa sub-rasante pueda soportar.

Ésta puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 10 cm ni mayor de 70 cm.

5.2.3.3 Base

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la sub-base, generalmente se usa en los pavimentos flexibles. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, debido su función estructural, importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo de pavimento.

Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo-cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros.

5.2.3.4 Capa de rodadura

En pavimentos rígidos está constituida por losas de concreto de cemento pórtland simple o reforzado, diseñada de tal manera que soporte las cargas del tránsito. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

5.2.4 Factores de diseño

El espesor de diseño del pavimento de concreto es determinado principalmente con base en los siguientes factores de diseño.

- a. Resistencia a la flexión del concreto (modulo de ruptura MR).
- b. Resistencia de la sub-rasante, o combinación de la sub-rasante y la base.
- c. Los pesos, frecuencia y tipo de carga, por eje de camión que el pavimento tiene que soportar.
- d. Período de diseño.

5.2.4.1 Módulo de ruptura del concreto (MR)

La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual se define con el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto. La resistencia a la tensión del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tensión será dentro del 8 a 12% del esfuerzo de compresión. En concretos de 3000 a 4000 psi la relación es del orden del 15%.

5.2.4.2 Módulo de reacción del suelo (k)

El soporte de la sub-rasante y de la base, está definido por el módulo de Westergard de reacción de la sub-rasante (k). Éste es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada en un área cargada, dividida entre la deflexión, en pulgadas, para dicha carga. El valor de k está expresado en libras por pulgada cuadrada por pulgada (psi).

El valor aproximado de K, cuando se usan bases granulares y bases de suelo-cemento, se muestra en las tablas VII y VIII, respectivamente.

5.2.4.3 Tránsito promedio diario

Este valor es determinado por conteos periódicos del tránsito. Del total de vehículos que pasan por la vía (TPD) se determina el tránsito de camiones (TPDC), que será el parámetro a manejar en las tablas de diseño. El tránsito servirá para dos propósitos principales: catalogar la vía y localizar el número de vehículos tipo pesado en las tablas de diseño.

TPD: es el tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.

TPDC: es el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

En el procedimiento de diseño es necesario el TPDC, que puede ser expresado como un porcentaje de TPD.

El tránsito futuro tiene considerable influencia en el diseño, por lo que la razón de crecimiento es afectada por factores como el tránsito desarrollado.

Todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6%, que corresponden a factores de proyección del tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8.

Las tablas se encuentran especificadas para un período de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Para otros períodos de diseño, las estimaciones del tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado para tener un valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, si se decide utilizar un período de diseño de 30 años en vez de 20, la estimación del valor del TPDC permisible es multiplicada por 30/20.

5.2.4.4 Tipos de juntas

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

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

5.2.4.4.1 Juntas longitudinales

Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa.

5.2.4.4.2 Juntas transversales

Controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa.

Se construyen perpendicularmente al tráfico. También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto.

5.2.4.4.3 Juntas de expansión

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

5.2.4.4 Juntas de construcción

Se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir llevan barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada. Existen dos dispositivos de transferencia de cargas entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasa juntas. Las barras de sujeción, se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas continuas. La junta tipo dovela se logra haciendo un detalle macho-hembra en el concreto en el sentido longitudinal. Este detalle requiere más trabajo, pero garantiza una disminución en el espesor de la losa.

5.2.5 Diseño del pavimento rígido

Para el diseño y predimensionamiento del espesor del pavimento rígido para la aldea San José La Rinconada, se empleará el método simplificado, debido a que es posible obtener datos de carga de eje, ya que no existen datos de tránsito para este sector.

Para este método la PCA ha elaborado tablas de diseño simples, basadas en distribuciones compuestas de carga de eje que representan diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

Para determinar el espesor de la losa, son necesarios los esfuerzos combinados de la sub-rasante y sub-base, ya que mejoran la estructura del pavimento. El aumento de la resistencia estructural del pavimento se obtiene de las bases suelo-cemento en relación con bases granulares.

5.3 Consideraciones de diseño

5.3.1 Aspecto del camino existente

El diseño geométrico seguirá al máximo el alineamiento existente, limitando a un mínimo las modificaciones recomendadas debido a la falta de derecho de vía. Se observarán cuidadosamente las normas de diseño geométrico de la Dirección General de Caminos, las cuales están basadas en las normas de la American Association States Highways for Transportation Officials (AASHTO).

Se determinó utilizar la Sección Típica E (figura 9) de la Dirección General de Caminos. En la actualidad la superficie de rodadura del camino existente está constituida por una sub-rasante de terracería.

Por las mismas características geométricas del terreno y las del pavimento rígido, se utilizarán drenajes transversales. Éstas son tuberías que se colocan para aliviar el agua que viene en las cunetas que se encuentran a lo largo de la carretera. Se utilizarán cunetas para dirigir el agua hacia los drenajes transversales.

5.4 Análisis de ensayos de suelos

5.4.1 Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Los resultados de este análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ella una curva de distribución granulométrica.

5.4.2 Límites de Atterberg

5.4.2.1 Límite líquido

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia de estado líquido al estado plástico. El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que hayan cruzado la malla No. 40. Si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores de su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$L.L. = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

L.L. = límite líquido

W = % de humedad

N = número de golpes

5.4.2.2 Límite plástico

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse.

5.4.2.3 Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

I.P. = 0	suelo no plástico
I.P. = 7	suelo con baja plasticidad
$7 \leq \text{I.P.} \leq 17$	suelo medianamente plástico

5.4.3 Ensayo de compactación

La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se llama "contenido óptimo de humedad" para aquel método de compactación. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Previamente a la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz No. 4; entendiéndose por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas que hubiere.

5.4.4 Ensayo CBR

Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua. El CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo, que se ensaya en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada, de propiedades conocidas.

5.4.5 Resumen de resultados

El suelo presenta las siguientes características:

Clasificación S.C.U.:	SM
Clasificación P.R.A.:	A-2-4
Descripción:	Arena pómez limosa color café
L.L.:	Material no plástico
I.P.:	Material no plástico
Peso unitario máximo:	91.2 lb./pie ³
Humedad óptima:	16%
CBR:	55% al 95% de compactación

El material cumple con los requisitos para una subrasante de calidad excelente a buena, según la tabla de clasificación de la AASHTO, ya que pertenece al subgrupo A-2-4. (ver figura No.4)

5.5 Propiedades del trazo

5.5.1 Ejemplo de diseño de pavimento rígido para la aldea San José La Rinconada, según el método simplificado de la PCA.

1. Se determina la categoría de la vía principal del proyecto.

Se debe hacer un conteo de tránsito promedio de vehículos. Como no se cuenta con datos de conteo de tránsito vehicular para el proyecto, se hizo un conteo sobreestimado de vehículos que circulan por la vía principal, del que se determinó el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones. En el método propuesto por la PCA no es tan determinante el número de vehículos que circulan por la vía, sino el porcentaje de vehículos pesados.

En la vía a pavimentar se determinaron los siguientes datos:

Tránsito promedio diario (TPD) = 148 vehículos ambos sentidos.

Tránsito promedio diario de camiones (TPDC) = 20% TPD = 30 vehículos.

El período de diseño es de 21 años $30 \times 21/20 = 32$ Vehículos.

Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones, se clasifica la vía según la tabla VI, y se concluye que debe clasificarse en la categoría 1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias.

2. Se decide el tipo de junta a utilizar en el pavimento.

La junta seleccionada es del tipo dovela, tipo macho hembra; por las ventajas que ofrece este tipo de junta, disminuye el espesor del pavimento.

3. Decidir si se incluyen o no hombros en el diseño.

El diseño no contempla la integración de bordillo por motivos de espacio y derecho de vía.

4. Determinar el módulo de ruptura del concreto.

El módulo se estimó como el 15% de la resistencia del concreto a compresión f'_c , según los parámetros especificados con anterioridad. Por lo que el valor aproximado se toma como $0.15 \times 4000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$.

5. Determinar el módulo de reacción k de la sub-rasante.

Se determina estimando un CBR de la subrasante de 20, basado en la clasificación de suelos, se toma el número CBR igual a 20, y se localiza el valor del módulo de reacción de la subrasante, en la figura 4, el cual equivale a 250 lb./plg^2 .

6. Determinar si se utilizará base, según los criterios del diseñador.

No se utilizará base tratada, ya que el valor del suelo como subrasante es bastante alto. Simplemente una base de selecto como preparación para la capa de rodadura.

7. Determinar el valor soporte del suelo.

Con este valor de K según la tabla VII, se determina que el tipo de suelo de subrasante es ALTO, catalogando al suelo como arena y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.

8. Determinar el espesor de la losa según la tabla de diseño con los parámetros siguientes:

Para una vía de categoría 1 con juntas doveladas, se utiliza la tabla IX.

Se busca en el lado izquierdo por no incluir bordillo el diseño de la losa. El soporte subrasante-subbase tiene un carácter alto, al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 psi y el valor que contenga el tránsito promedio diario de camiones de 32, el valor que dicta la tabla corresponde a 6 plg (15.24 cms).

Por razones de construcción y facilidad se determina un espesor de quince (15) centímetros como espesor de losa.

Tabla VI. Categorías de carga por eje.

CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE						
CATEGORÍA POR EJE		TPDA	TPPD		CARGA MÁXIMA POR EJE (Kip)	
Cargados	Descripción		%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 – 5000	5 – 18	40 – 1000	26	44
3	Calles arteriales, carreteras primarias (medio), super carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3000 – 12000 en 2 carriles 3000 – 5000 en 4 carriles	8 – 30	500 – 1000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas) interestatales urbanas (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 – 20000 en 2 carriles 3000 – 150000 en 4 carriles o más	8 – 30	1500 – 8000	34	60

Las descripciones alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje, para el tipo de calle o carretera.

TPPD: Camiones de dos ejes, camiones de cuatro llantas excluidos.

Tabla VII. Tipos de suelos, subrasante y valores aproximados de k.

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE k (PCI)
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250 – 400

Tabla VIII. Valores para diseño sobre bases no tratadas (PCA.)

Valores de K sobre la base en (lb./plg²)

VALOR K DE LA SUBRASANTE (lb./plg.)	ESPESOR 4 PLG	ESPESOR 6 PLG	ESPESOR 9 PLG	ESPESOR 12 PLG
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	200	230	270	320
300	320	330	370	430

Tabla IX. TPDC permisible, carga por eje categoría 1

Pavimentos con juntas doveladas

Concreto sin hombros o bordillo _ Concreto con hombros o bordillo

		Espesor de losa			Soporte subrasante-subbase				
	Plg.	BAJO	MEDIO	ALTO		Plg.	BAJO	MEDIO	ALTO
MR 650 PSI	1.5			0.1	MR 650 PSI	4			0.9
	5	0.1	0.8	3		4.5		0.2	25
	5.5	3	15	45		5	2	8	330
	6	40	160	30		5.5	30	130	
	6.5	330				320			
MR 600 PSI	5		0.1		MR 600 PSI	4			0.1
	5.5	0.5	3	0.4		4.5	2		5
	6	8	36	9		5	6	1	75
	6.5	76	300	98		5.5	73	27	730
	7	520		760		6	610	290	
MR 550 PSI	5.5	0.1			MR 550 PSI	4.5		0.2	
	6	1	0.3	1		5	0.8	4	0.6
	6.5	13	6	18		5.5	13	57	13
	7	110	60	160		6	130	480	150
	7.5	620	400						

5.5.2 Ejemplo de cálculo de drenaje transversal

Se utilizará la fórmula de Kippich para el tiempo t, y el método racional para el cálculo del caudal, ya que son los más adecuados en este caso.

Calculando con el método racional:

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

Donde:

Q= caudal (en m³/s)

I= intensidad de lluvia (en mm/h)

C= coeficiente de escorrentía, en el cual se utilizará C=0.80
(terreno con mucha loma)

A=Área de la cuenca. (En hectáreas)

$$I = \frac{a}{b+t}$$

Donde:

a y b= variación en cada región, de los datos
proporcionados por el INSIVUMEH

t= tiempo de concentración en minutos

Fórmula de Kippich para el tiempo:

$$t = \left(\frac{0.886 * L^3}{H} \right)^{0.385} * 60$$

Donde:

L= longitud del cauce (km.)

H= diferencia de elevación entre el punto mas lejano y el punto analizado. (m)

$$t = \left(\frac{0.886 * 2.1158^3}{98.07} \right)^{0.385} * 60 = 23.28 \text{ min} \quad I = \frac{302,850}{23.28 + 65} = 1,050.54 \text{ mm/h}$$

Nota: los datos a=302,850 y b=65 pertenecen a la estación hidrológica Alameda Icta, correspondiente al Municipio de Jocotenango, con un período de retorno de 30 años.

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0.8 * 1,050.54 * 6.3474}{360} = 14.82 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Utilizando Manning

$$D = \left(\frac{Q * n * 4^{\frac{5}{3}}}{\frac{1}{s^2} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{14.82 * 0.013 * 4^{\frac{5}{3}}}{0.10^2 * \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = 1.9547 \text{ m}$$

Donde:

n= coeficiente de rugosidad del material

n= 0.013 (PVC)

Área de descarga

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

$$A = \frac{\pi * 1.9547^2}{4} = 3m^2$$

Usando un $\phi = 30'' \approx 0.762m$

$$A = \frac{\pi * 0.762^2}{4} = 0.456m^2$$

$$No.tubos = \frac{3}{0.456} = 6.578 \approx 7tubos$$

5.5.3 Ejemplo de cálculo de curva horizontal

Para este diseño, se utilizaron las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos (ver tabla XV), donde se busca de lado derecho el delta o grado de curvatura proporcionado por la topografía, que no es más que la resta de los ángulos contiguos.

$$\Delta = 28^\circ 20' 37'' - 44^\circ 15' 00'' = 15^\circ 54' 23''$$

Para un $\Delta = 15^\circ 54' 23''$, la tabla XV proporciona un radio de 81.85 metros y para fines de diseño, se coloca uno de 9.39 metros. Se hace notar que este radio es menor que el radio mínimo, pero por razones de derecho de vía se utiliza éste, ya que el uso de un radio mayor implicaría la invasión de propiedad privada.

Con un radio de 9.39 metros en la curva número 2, un ancho de 2.75 metros en cada carril, y una cuneta de 0.60 metros de cada lado, se puede observar, al compararlo con la sección correspondiente, que este radio es el más adecuado para dicha curva, y es posible colocarlo, porque el espacio delimitado por el derecho de vía lo permite. Verificado lo anterior, se procede a calcular los elementos del alineamiento horizontal.

G= grado de curvatura

Δ = ángulo interno

R= radio

Lc= longitud de curva

St= subtangente

E= external

OM= ordenada media

CM=cuerda máxima

PC= principio de curva

PI= punto de intersección

PT= principio de tangente

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

$$Lc = \frac{20\Delta}{G}$$

$$G = \frac{1145.9156}{9.39} = 122.03 \approx 122^{\circ}02'07''$$

$$Lc = \frac{20 * (15^{\circ}54'23'')}{122^{\circ}02'07''} = 2.61m$$

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

$$St = 9.39 * \tan\left(\frac{15^{\circ}54'23''}{2}\right) = 1.31m$$

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

$$Ex = \left[\frac{9.39 \left(1 - \cos\left(\frac{15^{\circ}54'23''}{2}\right) \right)}{\cos\left(\frac{15^{\circ}54'23''}{2}\right)} \right] = 2.60m$$

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

$$OM = 9.39 \left(1 - \cos\frac{15^{\circ}54'23''}{2} \right) = 0.0903m$$

$$CM = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CM = 2 * 9.39 \operatorname{sen} \frac{15^{\circ} 54' 23''}{2} = 2.60m$$

El PI según la topografía es de 38.69

$$PC = PI - St$$

$$PC = 38.69 - 1.31 = 37.38m$$

$$PT = PC + Lc$$

$$PT = 37.78 + 2.61 = 39.99m$$

5.5.4 Ejemplo de cálculo de curva vertical

En el diseño de las curvas verticales, se tomó como ejemplo la primera curva que se encontró en el levantamiento vertical.

Se tomó una distancia de $L_{cv}=80$ metros a criterio. Después de esto, se calculan y comparan los siguientes elementos.

Donde:

L_{cv} = longitud de curva vertical

P = pendiente

$$P = \frac{\text{dist. vertical}}{\text{dist. horizontal}}$$

$$A = P_{\text{salida}} - P_{\text{entrada}}$$

$$A = 7.628 - 5.026 = 2.602$$

Criterios para chequear LCV

Donde:

v= velocidad de diseño en kph.

Apariencia: $K = \frac{Lcv}{A} \geq 30$ $K = \frac{80}{2.602} = 30.745 \geq 30$

Comodidad: $K = \frac{Lcv}{A} \geq \frac{v^2}{360}$ $K = \frac{80}{2.602} = 30.745 \geq \frac{30^2}{360}$

Drenaje: $K = \frac{Lcv}{A} \leq 43$ $K = \frac{80}{2.602} = 30.745 \leq 43$

Seguridad: $L = K * A$ $L = 30.745 * 2.602 = 80$

L=longitud mínima de curva vertical

6.0 PRESUPUESTO

Tabla X. Modelo de integración de precios unitarios

PROYECTO:	Pavimento rígido				
UBICACIÓN	Aldea San José La Rinconada	MUNICIPIO	Sacatepéquez		
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
BASE DE SELECTO	m3	900.00	Q 185.00	Q 166,500.00	
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
Herramienta	Global	1.00	Q 575.36	Q 575.36	
Material selecto	m3	1170.00	Q 75.00	Q 87,750.00	
Total de materiales con IVA				Q 88,325.36	
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 78,861.93	
EQUIPO Y MAQUINARIA					
DESCRIPCION RENGLON	M3/HORA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Motoniveladora	70	hora/maq.	12.86	Q 400.00	Q 5,142.86
Vibrocompactador	70	hora/maq.	12.86	Q 250.00	Q 3,214.29
Compactador neumático	180	hora/maq.	5.00	Q 250.00	Q 1,250.00
Pipa de Agua		día	4.00	Q 900.00	Q 3,600.00
Camión de Volteo	4camiones	día	16.00	Q 1,200.00	Q 19,200.00
Laboratorio		día	4.00	Q 200.00	Q 800.00
Topografía		día	4.00	Q 250.00	Q 1,000.00
Total de Equipo con IVA				Q 34,207.15	
TOTAL DE EQUIPO SIN IVA				Q 30,542.10	
COMBUSTIBLES					
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
Motoniveladora	galón	51.43	Q 29.00	Q 1,491.43	
Vibrocompactador	galón	38.57	Q 29.00	Q 1,118.57	
Compactador neumático	galón	15.00	Q 29.00	Q 435.00	
Total de combustible con IVA				Q 3,045.00	
TOTAL DE COMBUSTIBLE SIN IVA				Q 2,718.75	
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
Sub-Encargado	día	1.33	Q 150.00	Q 200.00	
Albañil	día	8.00	Q 60.00	Q 480.00	
Ayudantes	día	24.00	Q 48.00	Q 1,152.00	
Topografía	día	4.00	Q 1,075.00	Q 4,300.00	
Laboratorio	día	4.00	Q 200.00	Q 800.00	
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 6,932.00	
			AYUDANTE	0.00%	Q -
			PRESTACIONES	66.00%	Q 4,575.12
TOTAL MANO DE OBRA				Q 11,507.12	
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES +EQUIPO + MANO DE OBRA):				Q 123,629.90	
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMIN. + UTILIDAD):				20.00% Q 24,725.98	
SUB-TOTAL				Q 148,355.88	
IVA:				12.00% Q 17,802.71	
TOTAL				Q 166,158.59	

6.1 Drenaje pluvial Calle Real

Tabla XI. Presupuesto de drenaje pluvial para la Calle Real.

No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL DEL RENLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO (INCLUYE TRAZO Y ESTAQUEADO).	ML	2557.00	Q 9.40	Q 24,035.80
2	TUBERIA PRINCIPAL				
2.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA TUBERÍA PRINCIPAL (INCLUYE EXCAVACIÓN DE POZOS)	M ³	7256.90	Q 36.00	Q 261,248.40
2.02	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 14" PVC	ML	76.00	Q 401.00	Q 30,476.00
2.03	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 18" PVC	ML	78.00	Q 548.00	Q 42,744.00
2.04	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 20" PVC	ML	66.00	Q 482.00	Q 31,812.00
2.05	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 22" PVC	ML	57.00	Q 488.00	Q 27,816.00
2.06	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 24" PVC	ML	67.00	Q 670.00	Q 44,890.00
2.07	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 30" PVC	ML	250.00	Q 765.00	Q 191,250.00
2.08	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 36" PVC	ML	347.00	Q 1,398.00	Q 485,106.00
2.09	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 42" PVC	ML	658.00	Q 1,608.00	Q 1,058,064.00
2.10	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 48" PVC	ML	906.00	Q 1,817.00	Q 1,646,202.00
2.11	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 54" PVC	ML	52.00	Q 1,482.00	Q 77,064.00
2.12	RELLENO DE MATERIAL SELECTO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA P/TUBERÍA PRINCIPAL.	M ³	3441.36	Q 39.00	Q 134,213.04
3	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
3.01	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA 1.20m DE DIÁMETRO, ALTURA PROMEDIO DE 3.14 M.	UNIDAD	25.00	Q 5,333.00	Q 133,325.00
3.02	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA DE 1.50 M DE DIÁMETRO, Y UN PROMEDIO DE ALTURA DE 2.84 M.	UNIDAD	16.00	Q 5,985.00	Q 95,760.00
3.03	CONSTRUCCIÓN DE TRAGANTES	UNIDAD	82.00	Q 2,582.00	Q 211,724.00
4	PAVIMENTO				
4.01	CORTE DE PAVIMENTO	M ³	177.71	Q 103.00	Q 18,304.28
4.02	COLOCACIÓN DE PAVIMENTO	M ²	3554.23	Q 96.00	Q 341,206.08
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q4,855,240.60

6.2 Drenaje sanitario aldea San José La Rinconada

Tabla XII. Presupuesto de drenaje sanitario para la Aldea San José La Rinconada.

No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL DEL RENLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO (INCLUYE TRAZO Y ESTAQUEADO).	ML	2137.77	Q 9.40	Q 20,095.04
2	TUBERIA PRINCIPAL				
2.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA TUBERÍA PRINCIPAL (INCLUYE EXCAVACIÓN DE POZOS)	M ³	2898.54	Q 36.00	Q 104,347.44
2.02	INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø 6" PVC	ML	2093.37	Q 147.00	Q 307,725.39
2.12	RELLENO DE MATERIAL SELECTO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA P/TUBERÍA PRINCIPAL.	M ³	2099.67	Q 39.00	Q 81,887.16
3	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
3.01	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA 1.20m DE DIÁMETRO, ALTURA PROMEDIO DE 5.31M	UNIDAD	37.00	Q 8,871.00	Q 328,227.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 842,282.02

6.3 Pavimentación aldea San José La Rinconada

Tabla XIII. Presupuesto de pavimento rígido para la Aldea San José La Rinconada.

No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL RENLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ML	2,115.80	Q 1.95	Q 4,133.38
1.2	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	M ²	14,175.86	Q 2.00	Q 28,351.72
2	PAVIMENTO				
2.1	REACONDICIONAMIENTO DE SUB-RASANTE	M ²	11,636.90	Q 11.10	Q 129,169.59
2.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE BASE DE SELECTO DE 10 CM. DE ESPESOR, COMPACTADA AL 95%	M ³	1,163.69	Q 185.00	Q 215,282.65
2.3	PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO HIDRÁULICO DE 15 CM. DE ESPESOR, INCLUYE JUNTAS DE CONTRACCIÓN	M ²	11,636.90	Q 147.00	Q 1,710,624.30
2.4	CUNETAS DE CONCRETO DE 10 CM. DE ESPESOR	ML	4,231.60	Q 119.00	Q 503,560.40
3	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
3.1	CAJAS DE CONCRETO CICLÓPEO	UNIDAD	15.00	Q 1,850.00	Q 27,750.00
3.2	CABEZALES DE CONCRETO CICLÓPEO	UNIDAD	15.00	Q 498.00	Q 7,470.00
3.3	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO DE 30" PARA DRENAJES	ML	97.75	Q 405.00	Q. 39,588.75
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q2,665,930.79

7. PROPUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Consiste en la aplicación de técnicas para mantener los alcantarillados sanitario y pluvial en buenas condiciones, así como también el pavimento rígido y sus respectivos elementos, para garantizar el funcionamiento normal de los sistemas, para el período de diseño de los proyectos presentados.

Los costos del mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y pavimento rígido, corren por cuenta de la Municipalidad de Jocotenango.

La responsabilidad del mantenimiento y operación del sistema será exclusivamente de Oficina Municipal de Planificación (OMP) perteneciente a la Municipalidad de Jocotenango Sacatepéquez, la cual cuenta con trabajadores especializados en éste tipo de tareas.

El tiempo recomendado para inspeccionar el funcionamiento del sistema de alcantarillados, debe de ser en espacios no mayores de los tres meses. Para el mantenimiento del pavimento rígido se recomienda la limpieza periódica de los elementos como cunetas y drenajes transversales, para prevenir taponamientos por basura, tierra, etc.

Como material de apoyo, se le brindó a la municipalidad el manual del fontanero, para brindar un mejor mantenimiento a los drenajes.

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación de impacto ambiental (EIA) se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente.

Los objetivos generales del EIA son:

- Proveer a los niveles decidores, información sobre los efectos ambientales del proyecto propuesto, para evaluar las distintas opciones sobre su ejecución.
- Producir, en la medida de lo posible, proyectos adecuados ambientalmente.

El proyecto de infraestructura para el sector drenaje pluvial no presentará impacto ambiental adverso de gran magnitud, que pudiera poner en riesgo la salud de las personas o el medioambiente, sino por el contrario, se espera que tenga un efecto positivo en salud, y en contaminación.

Se tendrá especial cuidado en no cambiar el entorno en el cual se desarrollará el proyecto de drenaje sanitario, éste se ha planificado para que la línea de conducción sea transportada por una ruta en la cual no exista vegetación, además, de esta manera se evitará que las aguas negras corran por la superficie haciendo un efecto de impacto ambiental mucho más profundo.

El proyecto del tramo carretero no presentará grandes cambios para el medio ambiente, ya que la brecha existente es de terracería en mal estado. Con este diseño se mejorarán las condiciones de ésta para que se pueda transitar de una forma mejor. El movimiento de tierra se hará con mucho cuidado para no alterar el entorno de la carretera.

El seguimiento lo darán los empleados de la municipalidad de Jocotenango, los cuales serán supervisados por el profesional a cargo.

La frecuencia del seguimiento se dará cuando las condiciones lo exijan, pero con un lapso de tiempo máximo de 6 meses.

9. EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

El estudio socioeconómico trata del tiempo en el cual será reembolsado el costo del proyecto, el tiempo de reembolso debe ser el menor que se pueda para que empiece a generar ganancias. Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el valor presente neto y su comparación con la tasa interna de retorno.

9.1 Valor presente neto

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta. Así las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo se consideran como desembolso o ingresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado, etc.

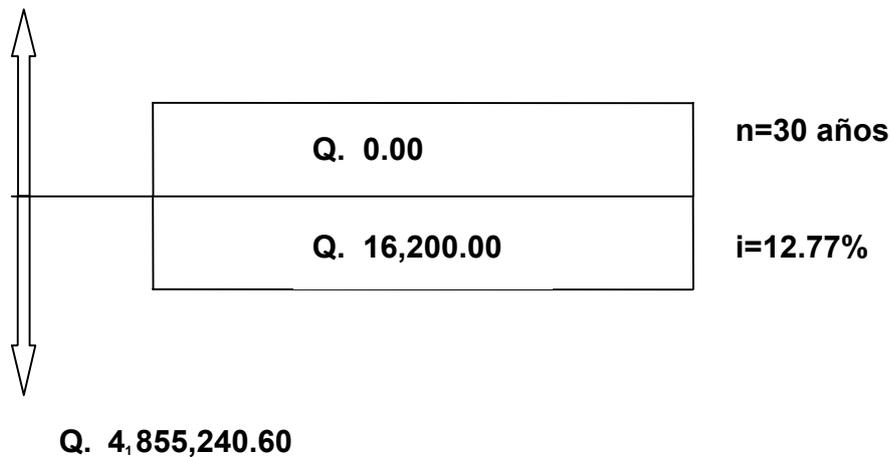
Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores futuros de rescate de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento; para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es de 12.77%. El procedimiento a realizar es el siguiente:

La municipalidad de Jocotenango pretende invertir Q. 4, 855,240.60 en la ejecución del proyecto de la red de drenaje pluvial para La Calle Real. Para esto se emplearán los servicios de técnicos encargados de limpieza del drenaje

pluvial, con un sueldo de Q. 1,350.00. No se estiman ingresos por ser un área muy transitada y pública. El período de diseño es de 30 años.

Tabla XIV. Costo de la red de drenaje pluvial.

	OPERACIÓN	RESULTADO
Costo inicial		Q. 4,855,240.60
Ingreso inicial	Q. 0.00	Q. 0.00
Costo anual	(Q. 1,350.00)(12 meses)	Q. 16,200.00
Ingreso anual	Q. 0.00	Q. 0.00
Vida útil en años		30 años



Se utiliza el signo negativo para los egresos y el positivo para los ingresos:

$$VPN = -\text{Costo inicial} + \text{Ingreso inicial} - \text{Costo anual} \cdot (1 + \text{tasa de interés})^n + \text{Ingreso anual} \cdot (1 + \text{tasa de interés})^n$$

$$VPN = -Q. 4,855,240.60 - 16,200(1 + 0.1277)^{30}$$

$$VPN = -Q. 5,451,345.14$$

El valor presente neto es negativo ya que la inversión inicial es muy alta y el ingreso es nulo. Lo más recomendable sería no aceptar la ejecución del proyecto. Pero con la ejecución del mismo se beneficiará directamente a todos los vecinos, transeúntes, turistas y visitantes. Además se contribuirá al desarrollo del municipio con la ejecución de proyectos, principalmente en el sector salud.

El mismo procedimiento anterior se adoptó para el drenaje sanitario.

Drenaje Sanitario

$$VPN = -Q. 842,282.02 - 14,400(1+0.1277)^{30} + Q. 47,700.00$$

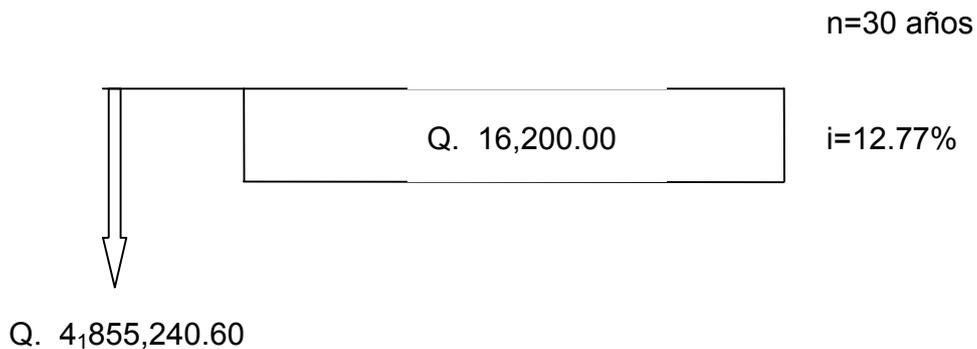
$$VPN = -Q. 974,232.21$$

Como se puede observar, el resultado es negativo, indicando esto que no es conveniente, ya que no se recuperará el dinero invertido, pero como éste proyecto es de necesidad primaria, es conveniente la inversión, ya que se beneficiará a muchas familias, y mejorará la calidad de vida de los habitantes de la Aldea San José La Rinconada.

9.2 Tasa interna de retorno

La Municipalidad de Jocotenango tendrá a su cargo la construcción de dicho proyecto, el cual tiene un costo de Q.4,855,240.60. Por otra parte, la municipalidad necesita de Q.16,200.00 cada año, como costo de mantenimiento, ya que no se cobrará cuota por este servicio.

a) Se realiza la gráfica:



c) Teniendo claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valores por medio de la metodología de la tasa interna de retorno (TIR).

1. Utilizando una tasa de interés de 12.77% se tiene un
VPN= - Q. 5,451,345.14
2. Utilizando una tasa de interés del 18% se tiene un
VPN= - Q. 7,177,844.94
3. Utilizando una tasa de interés del 25% se tiene un
VPN= - Q. 17,941,496.38

Como se puede observar, el resultado del VPN no muestra ningún resultado positivo con el aumento de la tasa de interés, lo cual significa que, como no existe ningún ingreso inicial ni anual, este proyecto no presenta una tasa interna de retorno.

Drenaje Sanitario

1. Utilizando una tasa de interés de 12.77% se tiene un
VPN= - Q. 974,232.21
2. Utilizando una tasa de interés del 18% se tiene un
VPN= - Q. 1,260,044.46
3. Utilizando una tasa de interés del 25% se tiene un
VPN= - Q. 2,355,833.15

Se puede observar que tampoco se obtiene un resultado positivo en el cambio de tasa de interés, debido a que no existe un ingreso mensual fijo; por tanto, no existe una tasa interna de retorno.

CONCLUSIONES

1. El estudio de impacto ambiental (EIA) demuestra que las obras propuestas para su ejecución, no provocarán contaminación ni deterioro del medio ambiente y mejorarán el entorno del lugar.
2. El Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) indican que la inversión no se recupera durante el período de ejecución de los diseños planteados, ya que éstos no tienen un ingreso mensual ni anual fijo, pero son necesarios para el beneficio de la población.
3. Para determinar el espesor adecuado de la capa de pavimento rígido, se utilizaron los parámetros de diseño establecidos, los cuales indican que el espesor de 15 centímetros es el adecuado, debido a las cargas y tránsito que circula por el tramo.
4. El sistema propuesto de drenaje pluvial se manejará independientemente del sistema de aguas negras existente.
5. Los sistemas de drenaje propuestos funcionarán correctamente, si se les da el debido mantenimiento durante el período para el cual fueron diseñados.
6. Con la ejecución del proyecto se beneficiarán directamente unas 2000 persona e indirectamente unas 10,000 personas, que diariamente transitan por las calles del municipio, especialmente en la Calle Real; por esto la Municipalidad de Jocotenango deberá gestionar el financiamiento para su inversión.

RECOMENDACIONES

1. El mantenimiento de los proyectos es vital para lograr un buen funcionamiento durante su período de diseño.
2. Los materiales a utilizarse en la construcción de los proyectos, deben poseer una calidad óptima, de acuerdo con las normas establecidas.
3. En la ejecución de los proyectos debe contarse con supervisión profesional, que verifique el cumplimiento de las especificaciones, reglamentos e indicaciones señaladas.
4. La Municipalidad de Jocotenango deberá hacer uso inmediato del presente estudio, en beneficio directo de los habitantes del área poblacional indicada.
5. Es necesario que la Municipalidad organice a la población y asigne responsabilidades, ya que su participación es significativa en el desarrollo de los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. **Especificaciones técnicas para diseño de carreteras**. Departamento técnico de ingeniería, Guatemala.
2. INFOM. **Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales**. Guatemala: 1997. 66 pp.
3. INFOM. **Normas generales para diseños de alcantarillados**. Guatemala. 2001, 30pp.
4. INSIVUMEH. **Mapas de duración-intensidad-frecuencia de precipitación para la República de Guatemala**. Guatemala: 2002, 61pp.
5. Sowers B., George y George F. Sowers. **Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones**. México: Editorial Limusa, 1^a. edición, 1978, 677pp.

APÉNDICE A

Figura 5. Ensayo de granulometría



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

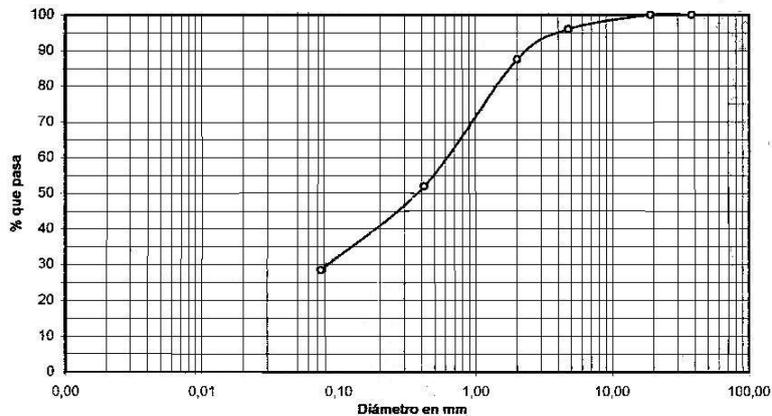


INFORME No. 340 S.S. O.T. No. 20,309

Interesado: Mayly Allely Gómez Herrera
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
 Procedencia: Jocotenango, Sacatepéquez
 Fecha: 29 de agosto de 2006
 Muestra No. 1

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38,10	100,00
3/4"	19,05	100,00
4	4,76	96,06
10	2,00	87,63
40	0,42	51,97
200	0,074	28,49

% de Grava: 3,9
 % de Arena: 67,6
 % de Finos: 28,5



Descripción del suelo: Arena pómex limosa, color café
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.
 Ing. Cesar Alfonso García Guzmán
 DIRECTOR CII/USAC.



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



FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
 Edificio I-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 6. Límites de Atterberg



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



INFORME No. 341 S.S.

O.T. No. 20,309

Interesado: Mayly Allely Gómez Herrera
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

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

Ubicación: Jocotenango, Sacatepéquez

FECHA: 29 de agosto de 2006

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA	LL (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	Material no plástico		SM	Arena Pómez limosa, color café

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

Observaciones: Muestra tomada por el personal del laboratorio

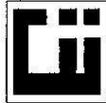
Atentamente,

Vo. Bo.

[Handwritten Signature]
Ing. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR CII/USAC

[Handwritten Signature]
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

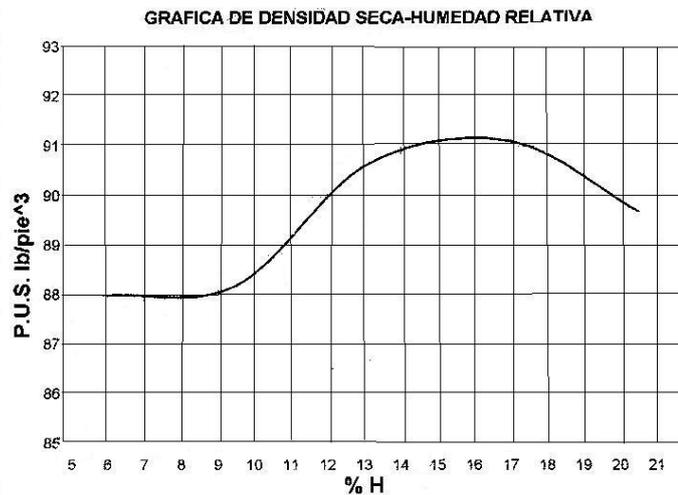
Figura 7. Ensayo de Compactación



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



INFORME No. 339 S.S. O.T. No.: 20,309
 Interesado: Mayly Allely Gómez Herrera
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
 Ubicación: Jocotenango, Sacatepéquez
 Fecha: 29 de agosto de 2006



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Arena pómez limosa, color café
 Densidad seca máxima γ_{dmax} : 1459.512 Kg/m³ 91,2 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 16,0 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. César Alfonso García Guerra
 DIRECTOR CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502, FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Figura 8. Ensayo de Relación-Soporte California (CBR)



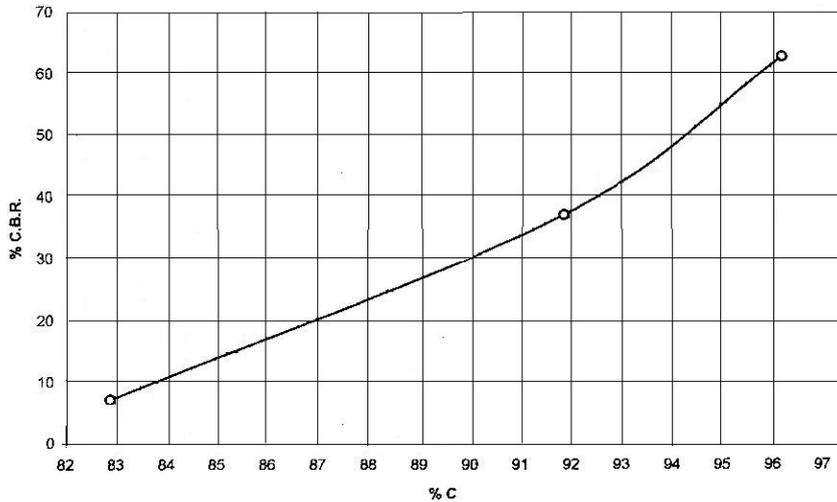
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 342 S.S. O.T. No.: 20,309
 Interesado: Mayly Allety Gómez Herrera
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
 Ubicación: Jocotenango, Sacatepéquez
 Descripción del suelo: Arena pomez limosa, color café
 Muestra No.: 1
 Fecha: 29 de agosto de 2006

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d kg/m ³			
1	10	16,88	1211,1	82,89	0,0	7,2
2	30	16,88	1342,6	91,89	0,0	37,1
3	65	16,88	1405,9	96,23	0,0	62,6

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. César Antonio García Guerra
 DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Tabla XIV. Características geométricas para diseño de carreteras

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL

T.P.D. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO EN (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (MTS.)	ANCHO DE TERRACERA		DE RECHO DE VÍA (MTS.)	RADIO MÍNIMO (MTS.)	PENDIENTE MÁXIMA (MT %)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PAISO					
				CORTE (MTS.)	RELLENO (MTS.)				MÍNIMA (MTS.)	RECOMENDADA (MTS.)	MÍNIMA (MTS.)	RECOMENDADA (MTS.)				
3000	REGIONES A	100	50' 20"	25	24	50	375	3	200	700	750	750				
	ONDULADAS												110	50	50	
	MONTAÑOSAS												110	100	350	400
1900	REGIONES A	80	7' 20"	13	25	225	225	5	150	50	550	550				
	ONDULADAS												110	100	350	400
	MONTAÑOSAS												40	40	180	200
900	REGIONES A	40	6' 50"	12	11	25	225	6	150	50	550	550				
	ONDULADAS												110	100	350	400
	MONTAÑOSAS												40	40	180	200
800	REGIONES A	30	6' 00"	11	10	25	225	6	150	50	550	550				
	ONDULADAS												110	100	350	400
	MONTAÑOSAS												40	40	180	200
100	REGIONES A	30	5' 50"	9' 50"	9' 50"	25	225	6	150	50	550	550				
	ONDULADAS												110	100	350	400
	MONTAÑOSAS												40	40	180	200
10	REGIONES A	40	5' 00"	9' 50"	9' 50"	15	75	8	70	250	300	300				
	ONDULADAS												30	30	35	150
	MONTAÑOSAS												30	30	35	150
100	REGIONES A	40	4'	4'	4'	10	40	10	50	180	200	200				
	ONDULADAS												30	30	35	150
	MONTAÑOSAS												30	30	35	150

ESTRUCTURAS:

CARGA: H-15-S-12
 ALTURA LIBRE: 4.75 MTS.
 ANCHO DE RODADURA: 7.90 MTS.

ESFUERZOS UNITARIOS:
 CONCRETO CLASE A:
 ACERO DE REFUERZO
 ACERO ESTRUCTURAL

NOTAS:

1. T.P.D. = Tránsito Promedio Diario
2. Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carreteras, con excepción de la tipo "A", donde el ancho es doble.
3. La calidez de la capa de recubrimiento para la calzada podrá ser para carreteras tipo "A", hormigón, concreto asfáltico (frio o caliente), o tratamiento superficial múltiple; para tipo "B" y "C", concreto asfáltico frío o caliente o tratamiento superficial doble; para tipo "D", tratamiento superficial doble; para tipo "E", tratamiento superficial simple; y para tipo "F", recubrimiento de material de eseo.

Tabla XV. Peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimos.

G°	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120						
	Radio	Db=27 S% Lb Δ	1:125 B.N. Δ	Db=30 S% Lb Δ	1:140 B.N. Δ	Db=33 S% Lb Δ	1:155 B.N. Δ	Db=37 S% Lb Δ	1:170 B.N. Δ	Db=40 S% Lb Δ	1:185 B.N. Δ	Db=43 S% Lb Δ	0.181 S% Lb Δ	Db=46 S% Lb Δ	1:215 B.N. Δ	Db=50 S% Lb Δ	1:230 B.N. Δ	Db=53 S% Lb Δ	1:245 B.N. Δ	Db=58 S% Lb Δ	1:260 B.N. Δ				
1°	1145.9157	B.N. 17	0.51	BN. 23	1'00"	28	1'24"	1.4	34	1'57"	1.9	39	2'18"	3.1	50	2'30"	3.8	56	2'48"	4.7	62	3'06"	5.5	67	3'21"
2°	972.96	B.N. 17	1'42"	BN. 23	2'18"	19	2'48"	2.8	34	3'54"	3.6	39	3'54"	4.9	45	4'30"	6.2	51	5'08"	7.7	64	5'24"	9	79	7'54"
3°	381.97	B.N. 17	2'33"	BN. 23	3'27"	29	4'12"	4.1	34	8'00"	5.7	40	8'00"	7.3	53	7'57"	8.9	69	10'21"	9.9	83	12'57"			
4°	266.48	1.4	3'24"	2.5	4'36"	3.8	28	5'38"	5.5	35	9'40"	7.4	49	9'49"	9.1	63	13'00"	10	77	16'24"					
5°	229.18	1.7	4'15"	3.1	5'40"	4.8	28	7'00"	6.8	42	14'30"	8.7	58	14'30"	9.9	71	17'45"								
6°	190.99	2.1	5'06"	3.7	5'54"	5.8	32	9'38"	7.9	48	19'12"	9.6	64	19'12"											
7°	163.7	2.4	5'57"	4.3	8'24"	6.8	37	12'57"	8.8	54	28'27"	10	67	28'27"											
8°	143.24	2.8	6'48"	4.9	10'00"	7.4	41	18'24"	9.4	58	23'12"														
9°	127.32	3.1	7'39"	5.5	12'36"	8.1	45	20'15"	9.8	60	37'00"														
10°	114.59	3.5	8'30"	6.1	15'30"	8.7	49	24'30"	10	61	30'30"														
11°	104.17	3.8	9'21"	6.1	18'09"	9.1	51	28'03"																	
12°	95.49	4.2	10'12"	6.6	21'36"	9.5	53	31'45"																	
13°	88.15	4.5	10'30"	7.1	24'42"	9.8	55	35'45"																	
14°	81.85	4.8	10'54"	7.8	28'00"	9.9	58	39'12"																	
15°	76.93	5.2	11'15"	8	31'30"	10	58	42'00"																	
16°	71.62	5.5	11'30"	8.4	35'30"																				
17°	67.41	5.8	11'45"	8.7	38'15"																				
18°	63.82	6.1	12'00"	9	42'18"																				
19°	60.31	6.4	12'15"	9.3	46'38"																				
20°	57.3	6.7	12'30"	9.5	49'00"																				
21°	54.57	7	12'45"	9.7	51'27"																				
22°	52.09	7.2	13'00"	9.9	53'00"																				
23°	49.82	7.5	13'15"	10	54'30"																				
25°	45.84	7.9	13'30"																						
26°	44.07	8.1	13'45"																						
27°	42.44	8.3	14'00"																						
28°	40.93	8.5	14'15"																						
29°	39.51	8.7	14'30"																						
30°	38.2	8.9	14'45"																						
31°	36.97	9	15'00"																						
32°	35.81	9.2	15'15"																						
33°	34.73	9.3	15'30"																						
34°	33.7	9.4	15'45"																						
35°	32.74	9.5	16'00"																						
36°	31.83	9.6	16'15"																						
37°	30.91	9.7	16'30"																						
38°	30.16	9.8	16'45"																						

PERALTE RECOMENDADO, MÍNIMAS LONGITUDES DE TRANSICIÓN Y DELTAS MÍNIMOS

1. El peralte fue calculado con el método 4 de la AASHTO.

2. El peralte se repartirá proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el PC o PT el punto medio de dicha espiral.

3. En las curvas con peralte calculado menor que la pendiente de bombeo, se recomienda usar como peralte la pendiente de bombeo.

4. El peso de bombeo al 0% en el principio o el final de la espiral (TS o ST) debe hacerse proporcionalmente a la distancia Db. Db= pendiente de bombeo x

5. Las longitudes de la espiral fueron calculadas según las pendientes de desarrollo del peralte indicadas arriba y recomendadas por la AASHTO.

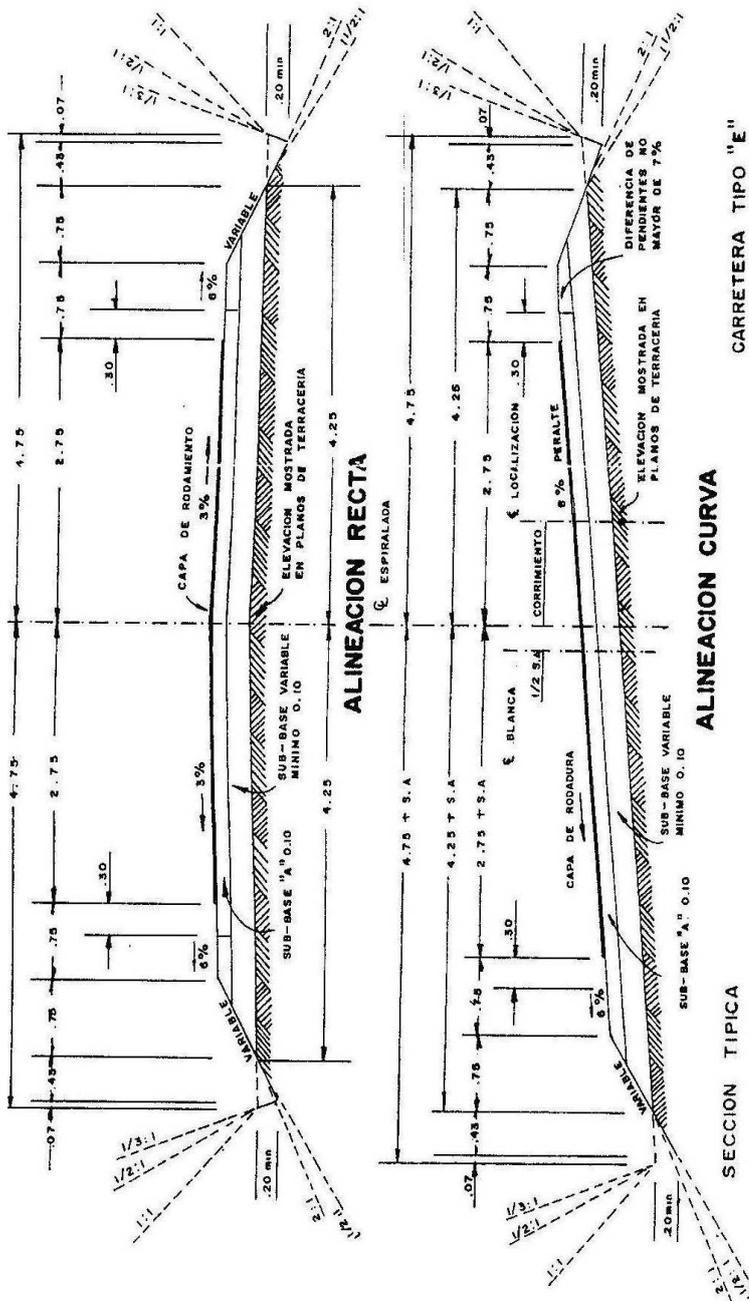
6. Los mínimos valores de longitud de espiral son los correspondientes a las distancias recorridas en dos segundos a la velocidad del diseño.

7. Velocidad en kilómetros por hora.

$$R = \frac{1,145.9156}{G}$$

Departamento Técnico de Ingeniería D.C.C.

Figura 9. Sección típica E.

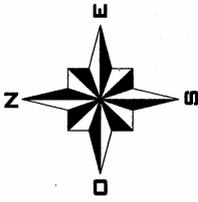


CARRERA TIPO "E"
 ANCHO DE CALZADA 5.50 m
 ANCHO DE TERRACERIA CORTE 9.50 m
 RELLENO 8.50 m
 ANCHO DE DERECHO DE VIA 25.00 m

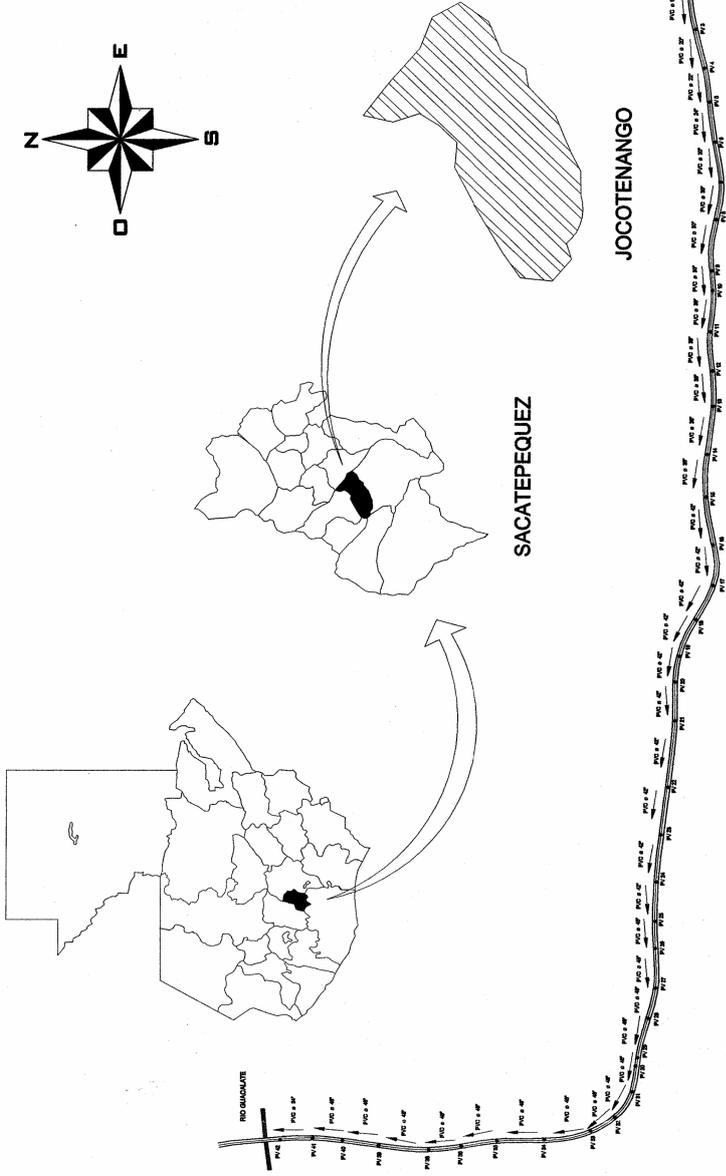
SECCION TIPICA
 DEPARTAMENTO DE CARRETERAS
 ESCALA 1:50

APÉNDICE B

ÍNDICE DE PLANOS	
DESCRIPCIÓN	HOJA
Planta general drenaje pluvial	1/22
Planta-perfil drenaje pluvial	3/22
Planta-perfil drenaje pluvial	4/22
Planta-perfil drenaje pluvial	5/22
Plano de detalles de pozo	6/22
Plano de detalles de tragante	7/22
Planta general drenaje sanitario	8/22
Planta-perfil drenaje sanitario	9/22
Planta-perfil drenaje sanitario	11/22
Planta-perfil drenaje sanitario	12/22
Plano de detalles de drenaje sanitario	13/22
Planta general pavimento rígido	14/22
Planta-perfil pavimento rígido	15/22
Planta-perfil pavimento rígido	16/22
Planta-perfil pavimento rígido	17/22
Plano de detalles de juntas y sección típica	18/22
Plano de detalles de cajas, cabezales y cunetas	19/22
Secciones transversales de pavimento rígido	20/22
Secciones transversales de pavimento rígido	21/22
Tabla de volúmenes y secciones de pavimento rígido	22/22



LIBRETA TOPOGRAFICA		
ESTACION	P.A.	ALTIMET
E-1		26841120
E-2		26841130
E-3		26841140
E-4		26841150
E-5		26841160
E-6		26841170
E-7		26841180
E-8		26841190
E-9		26841200
E-10		26841210
E-11		26841220
E-12		26841230
E-13		26841240
E-14		26841250
E-15		26841260
E-16		26841270
E-17		26841280
E-18		26841290
E-19		26841300
E-20		26841310
E-21		26841320
E-22		26841330
E-23		26841340
E-24		26841350
E-25		26841360
E-26		26841370
E-27		26841380
E-28		26841390
E-29		26841400
E-30		26841410
E-31		26841420
E-32		26841430
E-33		26841440
E-34		26841450
E-35		26841460
E-36		26841470
E-37		26841480
E-38		26841490
E-39		26841500
E-40		26841510
E-41		26841520
E-42		26841530



PLANTA
ESCALA

1:1500

INSTRUMENTOS	
TIPO	CONDICION
TIPO	CONDICION

BIBLIOTECA	
TIPO	CONDICION
TIPO	CONDICION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

MUNICIPALIDAD DE JOCOTENANGO

PLANO DE UBICACION Y PLANTA GENERAL
DRENAJE PLUVIAL CALLE REAL

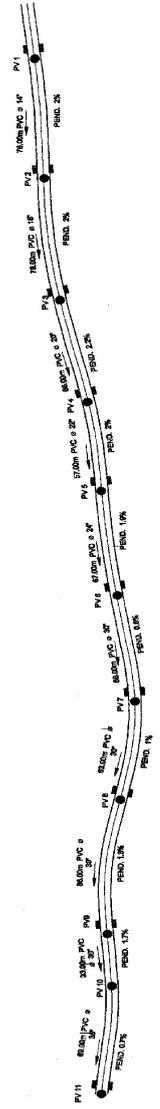
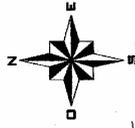
ASOCIACION SUPERIOR DE INGENIEROS DE GUATEMALA
COMITE DE PROFESORES DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DRENAJE PLUVIAL CALLE REAL
DISEÑADO POR: ING. J. A. GONZALEZ HERRERA
REVISADO POR: ING. J. A. GONZALEZ HERRERA

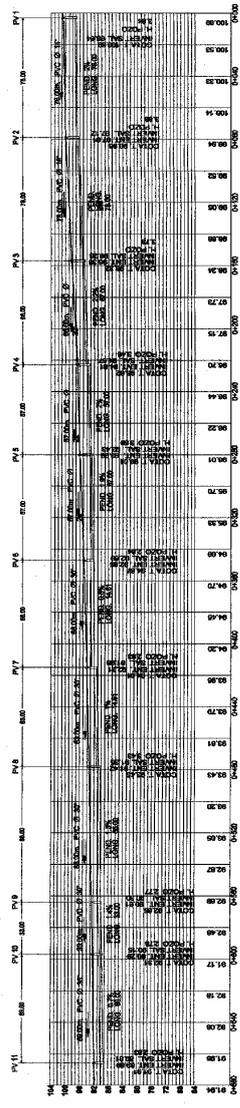
ESCALA: 1:1500

FECHA: 1 DE 22

ING. J. A. GONZALEZ HERRERA



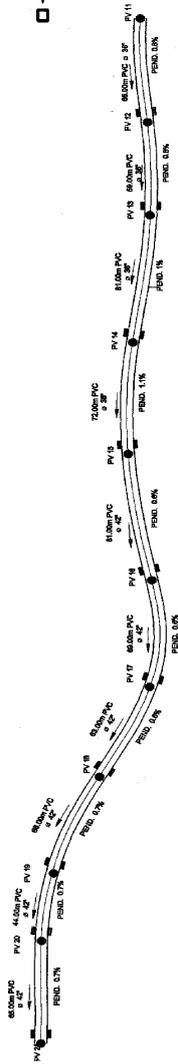
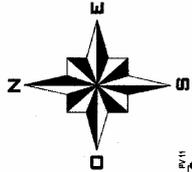
PLANTA
ESCALA 1:500



PERFIL
ESCALA HOR 1:1000 VER 1:500

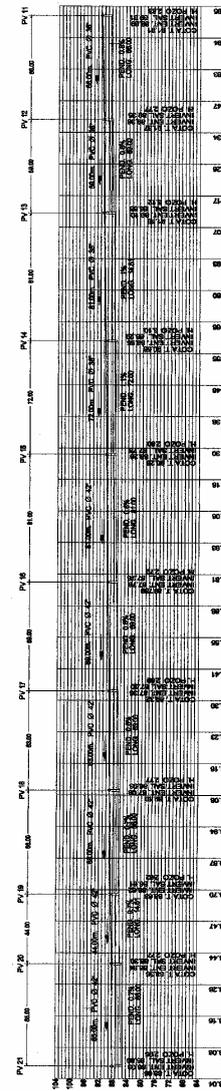
IDENTIFICACION	
PROYECTO	RECONSTRUCCION
LICITACION	CONYUNTA
FECHA	1982
INSTRUMENTOS	TAQUIMETRIA
PROYECTANTE	ING. J. DOMESTICO
REVISOR	ING. J. DOMESTICO
APROBADO	ING. J. DOMESTICO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E. P. S.
MUNICIPALIDAD DE JORDENANGO
CONTIENE: PLANTA-PERFIL PV 1 A PV 11
DISEÑADO POR: ING. J. DOMESTICO
REVISADO POR: ING. J. DOMESTICO
APROBADO POR: ING. J. DOMESTICO
FECHA: 1982
ESCALA: 1:500
FOLIO: 2 DE 22



PLANTA
ESCALA 1:500

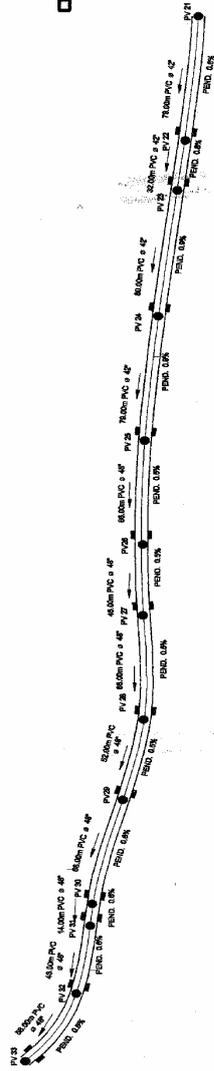
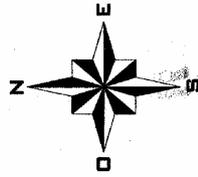
INDICACIONES	
PROYECTO	RECONSTRUCCION
TIPO	Carretera
USO	Urbano
PAIS	Paraguay



PERFIL
ESCALA HOR 1:1000 VER 1:500

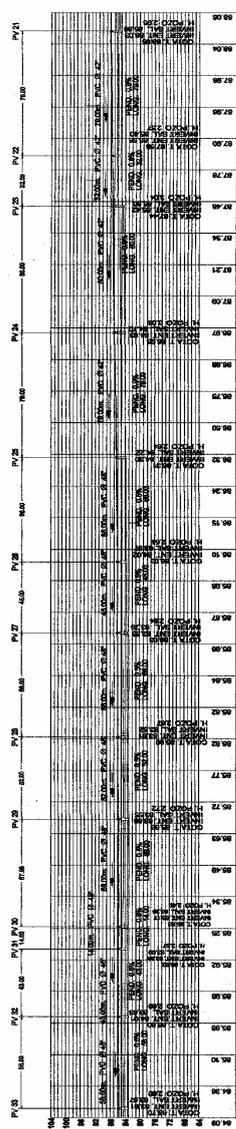
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E - P - S
MUNICIPALIDAD DE JOCOTENANGO

PLANTA - PERFIL PV 11 A PV 21
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
ING. A. GOMEZ HERRERA
FECHA: 3 DE 22
ESCALA: 3 22
TITULO: PROYECTO DE RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA LOCAL EN EL CANTON DE JOCOTENANGO



PLANTA
ESCALA 1:500

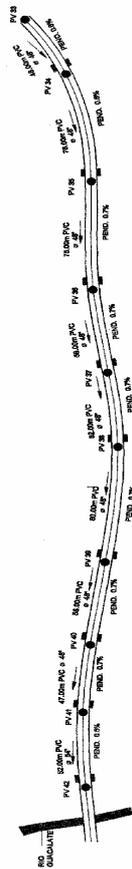
ESTACIONES	
ESTACION	DESCRIPCION
1+00	Inicio de obra
2+00	Fin de obra

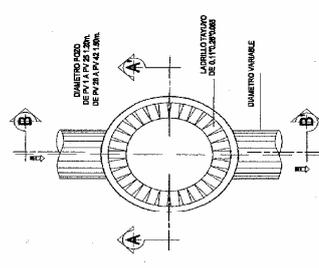


PERFIL
ESCALA HOR 1:1000 VER 1:500

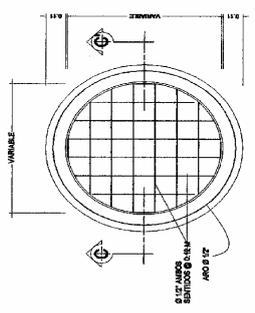
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
E. P. I.	
MUNICIPALIDAD DE JOCOTENANGO	
PLANTA - PERFIL PV 21 A PV 33	
DISEÑO: PULGAR CALLE REAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	CONTIENE:
ASOCIADO SUPERVISOR	MAESTRO A. LOPEZ HEREDIA
PROFESOR	MAESTRO A. LOPEZ HEREDIA
ESCALA:	4 / 22
FECHA:	2008/07/22



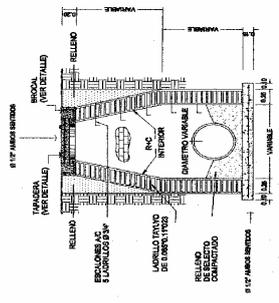




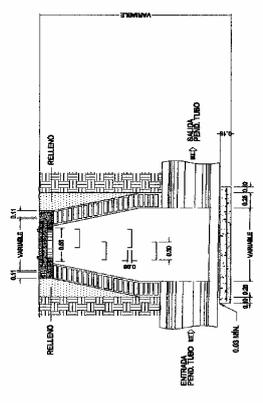
PLANTA POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



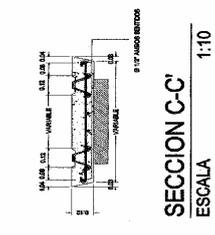
DETALLE DE POZO
ESCALA 1:10



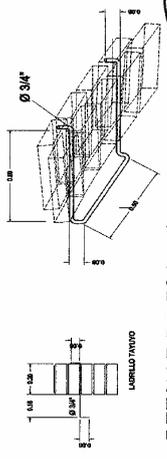
SECCION A-A'
ESCALA 1:25



SECCION B-B'
ESCALA 1:25



SECCION C-C'
ESCALA 1:10

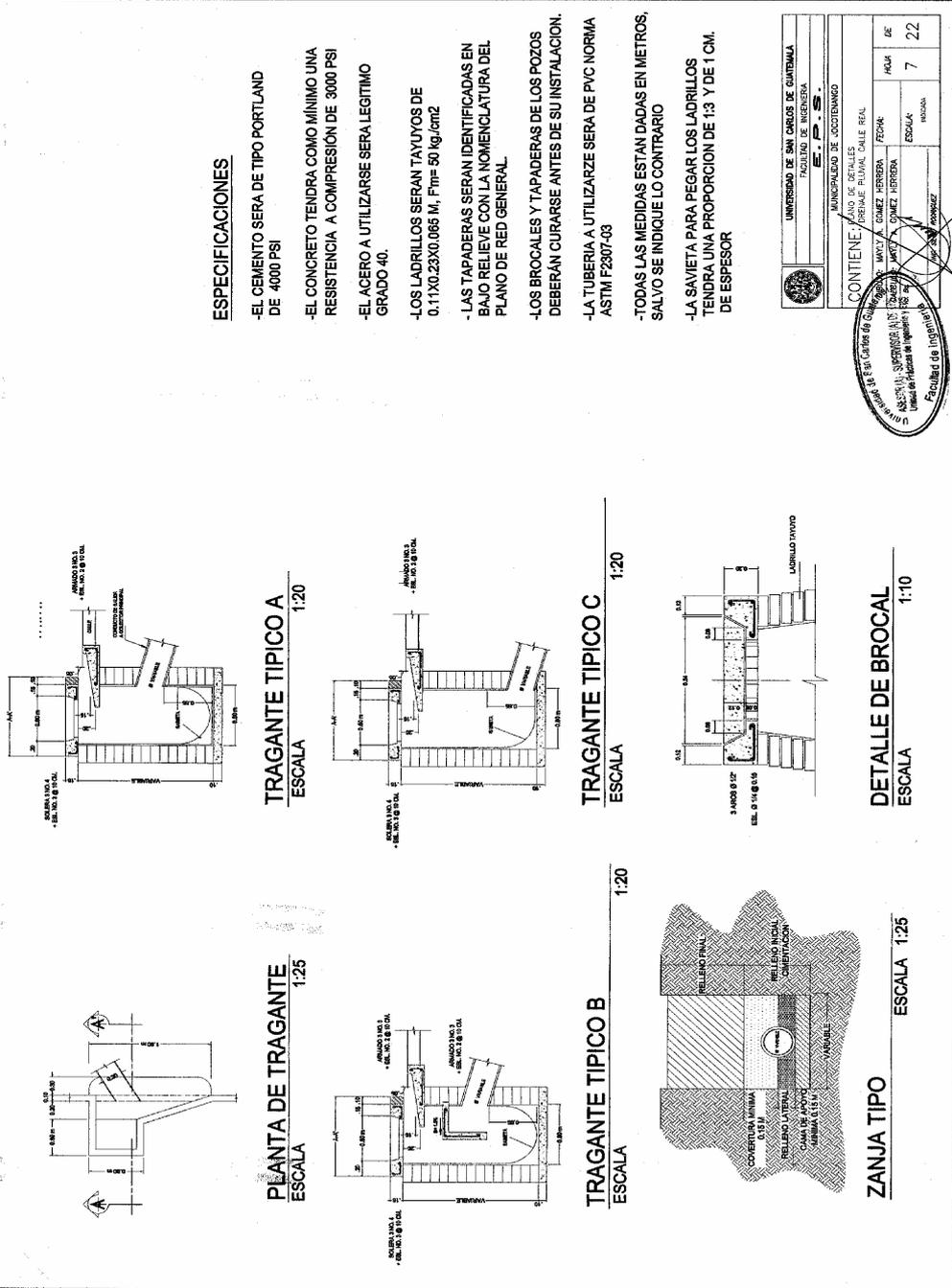


DETALLE DE ESCALON
ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES

- EL CEMENTO SERA DE TIPO PORTLAND DE 4000 PSI
- EL CONCRETO TENDRA COMO MÍNIMO UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 3000 PSI
- EL ACERO A UTILIZARSE SERA LEGÍTIMO GRADO 40.
- LOS LADRILLOS SERAN TAVOJOS DE 0.11X0.23X0.085 M. Fm=50 kg/cm²
- LAS TAPADERAS SERAN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
- LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN CURARSE ANTES DE SU INSTALACION.
- LA TUBERIA A UTILIZARSE SERA DE PVC NORMA ASTM F2507-03
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO
- LA SAVIETA PARA PEGAR LOS LADRILLOS TENDRA UNA PROPORCION DE 1:3 Y DE 1CM. DE ESPESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
E. P. S.	
MUNICIPALIDAD DE JACUTENANGO	
CONTIENE: PLANO DE DETALLES DE POZO	
RESERVA FUNDADA DALLE REAL	
ALUMNO: WILLY A. GOMEZ HERRERA	FECHA:
PROFESOR: WILLY A. GOMEZ HERRERA	ESCALA:
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PAGINA DE 6 22
Escuela de Ingenieria	INDICIA

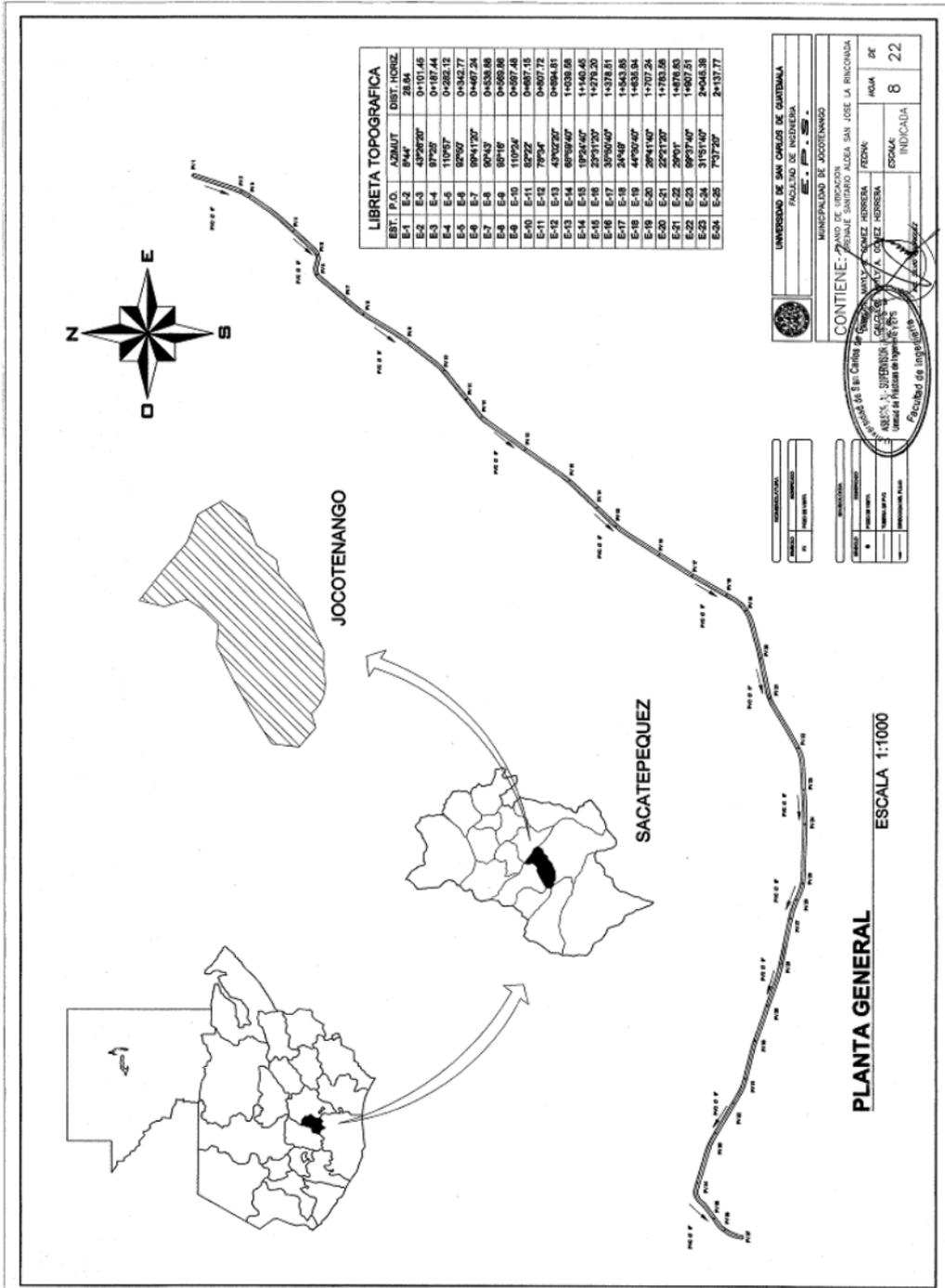


ESPECIFICACIONES

- EL CEMENTO SERA DE TIPO PORTLAND DE 4000 PSI
- EL CONCRETO TENDRA COMO MINIMO UNA RESISTENCIA A COMPRESION DE 3000 PSI
- EL ACERO A UTILIZARSE SERA LEGITIMO GRADO 40.
- LOS LADRILLOS SERAN TAYUOS DE 0.11X0.23X0.069 M, F₁₁₀= 50 kg/cm²
- LAS TAPADERAS SERAN IDENTIFICADAS EN BAJO RELIEVE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
- LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN CURARSE ANTES DE SU INSTALACION.
- LA TUBERIA A UTILIZARSE SERA DE PVC NORMA ASTM F2307-03
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO
- LA SAVIETA PARA PEGAR LOS LADRILLOS TENDRA UNA PROPORCION DE 1:3 Y DE 1 CM. DE ESPESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
E. P. S.	
MUNICIPALIDAD DE JOJUTENANGO	
CONTIENE: PLANO DE DETALLES	
PREMIER PLAZA, CAJAL REAL	
ALUMNO	FECHA
WILLY A. GOMEZ HERRERA	
ESCALA	HOJA
7	22





LIBRETA TOPOGRAFICA			
EST. P.O.	AZMUT	DIST. HORIZ.	
E-1	E-2	PM4	28.84
E-2	E-3	43°20'20"	0-101.45
E-3	E-4	87°20"	0-187.44
E-4	E-5	110°37"	0-282.12
E-5	E-6	92°50"	0-342.77
E-6	E-7	90°41'20"	0-467.24
E-7	E-8	74°16'	0-538.88
E-8	E-9	50°16'	0-620.48
E-9	E-10	110°24'	0-697.48
E-10	E-11	87°22'	0-807.15
E-11	E-12	78°54'	0-867.72
E-12	E-13	43°02'20"	0-984.51
E-13	E-14	87°20'40"	1-038.08
E-14	E-15	18°24'40"	1-140.45
E-15	E-16	29°31'20"	1-275.20
E-16	E-17	30°50'40"	1-378.51
E-17	E-18	24°48'	1-543.85
E-18	E-19	43°02'20"	1-620.48
E-19	E-20	29°31'20"	1-727.24
E-20	E-21	22°11'20"	1-793.58
E-21	E-22	20°01'	1-876.83
E-22	E-23	89°31'40"	1-867.51
E-23	E-24	31°51'40"	2-045.38
E-24	E-25	73°7'20"	2-137.77

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ING. CIVIL

MUNICIPALIDAD DE JOCOTENANGO

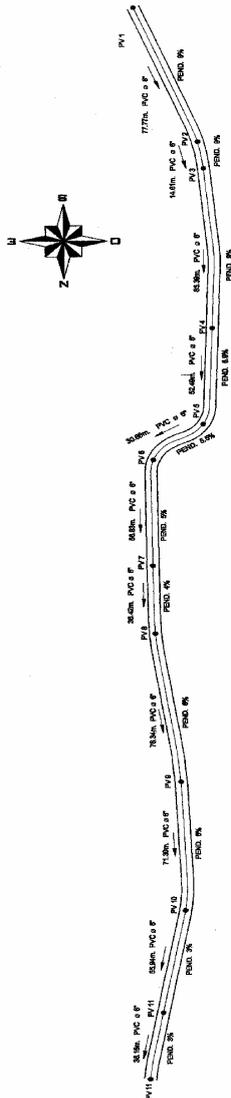
CONTIENE: PLANO DE UBICACION
MUNICIPALIDAD DE JOCOTENANGO
MUNICIPALIDAD DE SACATEPEQUEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ING. CIVIL

PROFESOR: DR. CARLOS GONZALEZ HERRERA
ALUMNO: CARLOS GONZALEZ HERRERA
ASIGNATURA: SUPERVISOR CALIDAD DE OBRAS
TEMAS: UNIDAD 11 - PLANOS DE UBICACION DE OBRAS
Fecha de Impresión: 11/05/2015

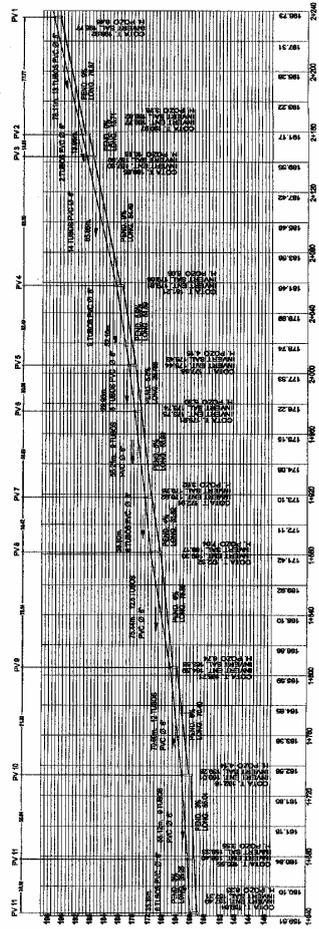
INDICADORA

PÁGINA DE 8 22



PLANTA

ESCALA 1:1000



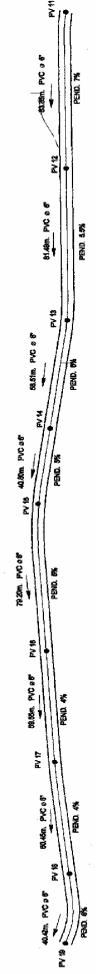
PERFIL

ESCALA HOR 1:1000 VER 1:500

CONSTITUYENTES	
AREA	HECTAREAS
PERO.	PERCENTAJES
LONG.	METROS
V.	VELOCIDAD

INDICACIONES	
1	ALINEAMIENTO
2	SEÑALIZACION
3	PROTECCION
4	RENOVACION
5	RECONSTRUCCION
6	RECONSTRUCCION TOTAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
E. P. S. S.	
MUNICIPALIDAD DE ACOMODADO	
PLANTA-PERFIL PARA LA PAV 11	
RESERVA SANITARIO ALDEA SAN JOSE LA RINCONERA	
DE	DE
INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL	AGUA
ALVARO GONZALEZ	PERO.
PERO. 9%	ESCALA
PERO. 6.5%	INDICADA
9	22

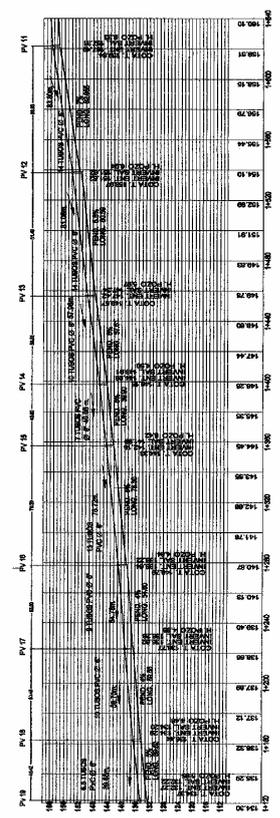


PLANTA

ESCALA 1:1000

AUTORIZACION	
FECHA	PROYECTO
LUGAR	CLIENTE
PI	PROYECTISTA

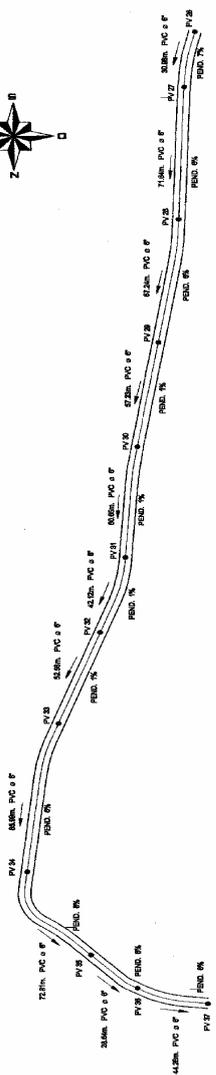
SOLUCION	
•	TIPO DE PAVIMENTO



PERFIL
ESCALA

HOR 1:1000 VER 1:500

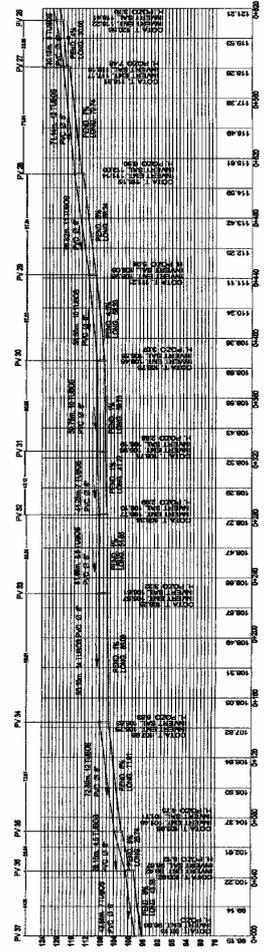
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
E. I. S. I.	
MUNICIPALIDAD DE JOJOTEPEMUNDO	
PLANTA-PERFIL DE PV 11 A PV 19	
DISEÑADO: SANTIAGO ALVARO SAN JUSE LA INGENIERA	
CONTIENE	FECHA
1	10/22
2	10/22
3	10/22
4	10/22
5	10/22
6	10/22
7	10/22
8	10/22
9	10/22
10	10/22
11	10/22
12	10/22
13	10/22
14	10/22
15	10/22
16	10/22
17	10/22
18	10/22
19	10/22
20	10/22
21	10/22
22	10/22
23	10/22
24	10/22
25	10/22
26	10/22
27	10/22
28	10/22
29	10/22
30	10/22
31	10/22
32	10/22
33	10/22
34	10/22
35	10/22
36	10/22
37	10/22
38	10/22
39	10/22
40	10/22
41	10/22
42	10/22
43	10/22
44	10/22
45	10/22
46	10/22
47	10/22
48	10/22
49	10/22
50	10/22
51	10/22
52	10/22
53	10/22
54	10/22
55	10/22
56	10/22
57	10/22
58	10/22
59	10/22
60	10/22
61	10/22
62	10/22
63	10/22
64	10/22
65	10/22
66	10/22
67	10/22
68	10/22
69	10/22
70	10/22
71	10/22
72	10/22
73	10/22
74	10/22
75	10/22
76	10/22
77	10/22
78	10/22
79	10/22
80	10/22
81	10/22
82	10/22
83	10/22
84	10/22
85	10/22
86	10/22
87	10/22
88	10/22
89	10/22
90	10/22
91	10/22
92	10/22
93	10/22
94	10/22
95	10/22
96	10/22
97	10/22
98	10/22
99	10/22
100	10/22



PLANTA
ESCALA 1:1000

SIMBOLOGIA	
[Symbol]	ALINEAMIENTO
[Symbol]	SEÑALAMIENTO

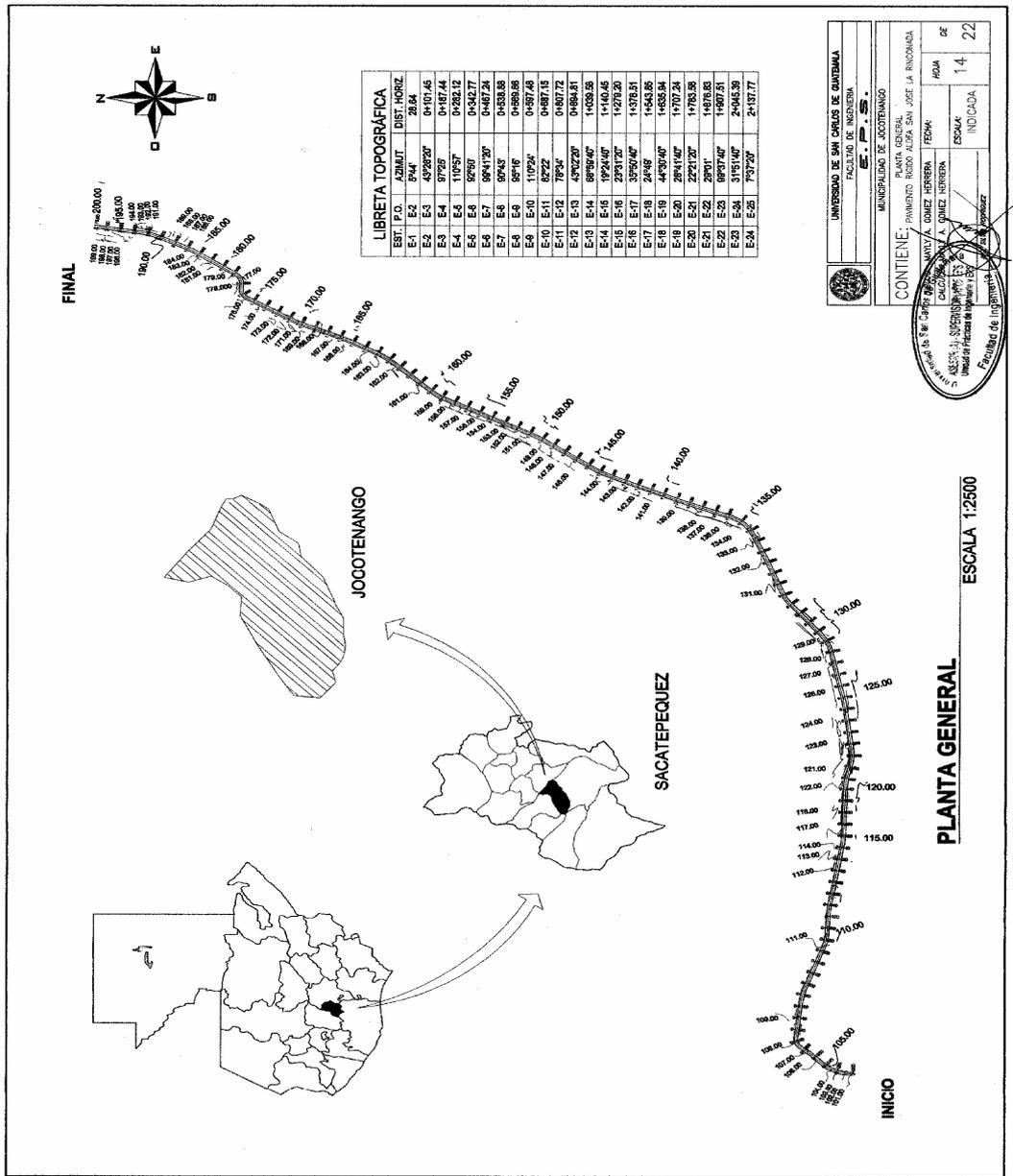
SIMBOLOGIA	
[Symbol]	SEÑALAMIENTO

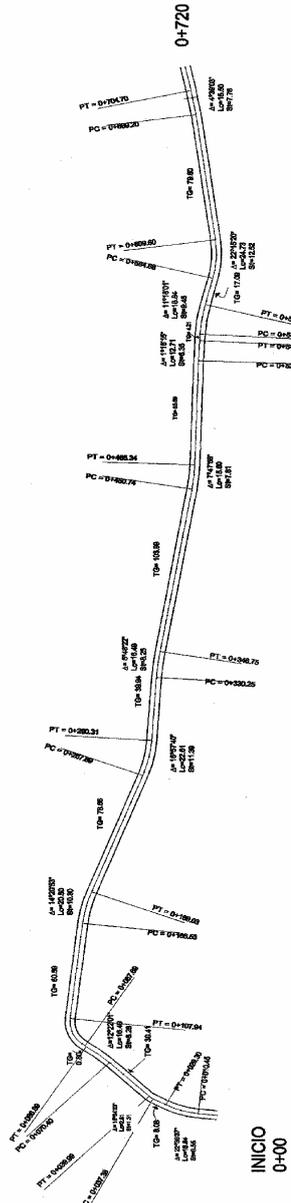
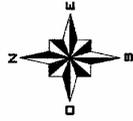


PERFIL
ESCALA HOR 1:1000 VER 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E. P. S.

MANIFIESTACION DE APROBACION
CARRERA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE SISTEMAS DE DISEÑO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
PROFESOR: GONZALEZ HERRERA
FECHA: 12/22
INDICADA

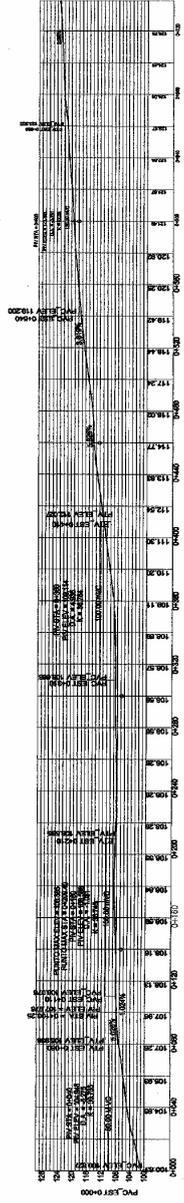




INICIO
0+000

PLANTA

ESCALA 1:1000

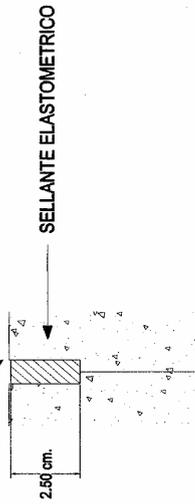


PERFIL

ESCALA HOR 1:1000 VER 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA E. P. S.	
CONTIENE EL MINISTERIO DE EDUCACION MINISTERIO DE EDUCACION INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESEMPEÑO TECNICO INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESEMPEÑO TECNICO INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESEMPEÑO TECNICO	
TITULO PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL CAMINO RURAL ADESA SAN JOSE LA BARRONDA	FECHA 15 22
AUTOR ING. J. SANCHEZ ARRIETA	ESCALA INDICADA
REVISOR ING. J. SANCHEZ ARRIETA	
APROBADO ING. J. SANCHEZ ARRIETA	

6mm RANURADO ABAJO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA



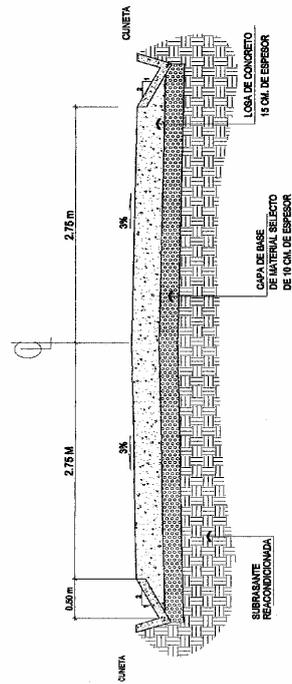
JUNTA TRANSVERSAL @ 2.75 m

ESCALA 1:40



JUNTA LONGITUDINAL @ 3.60 m

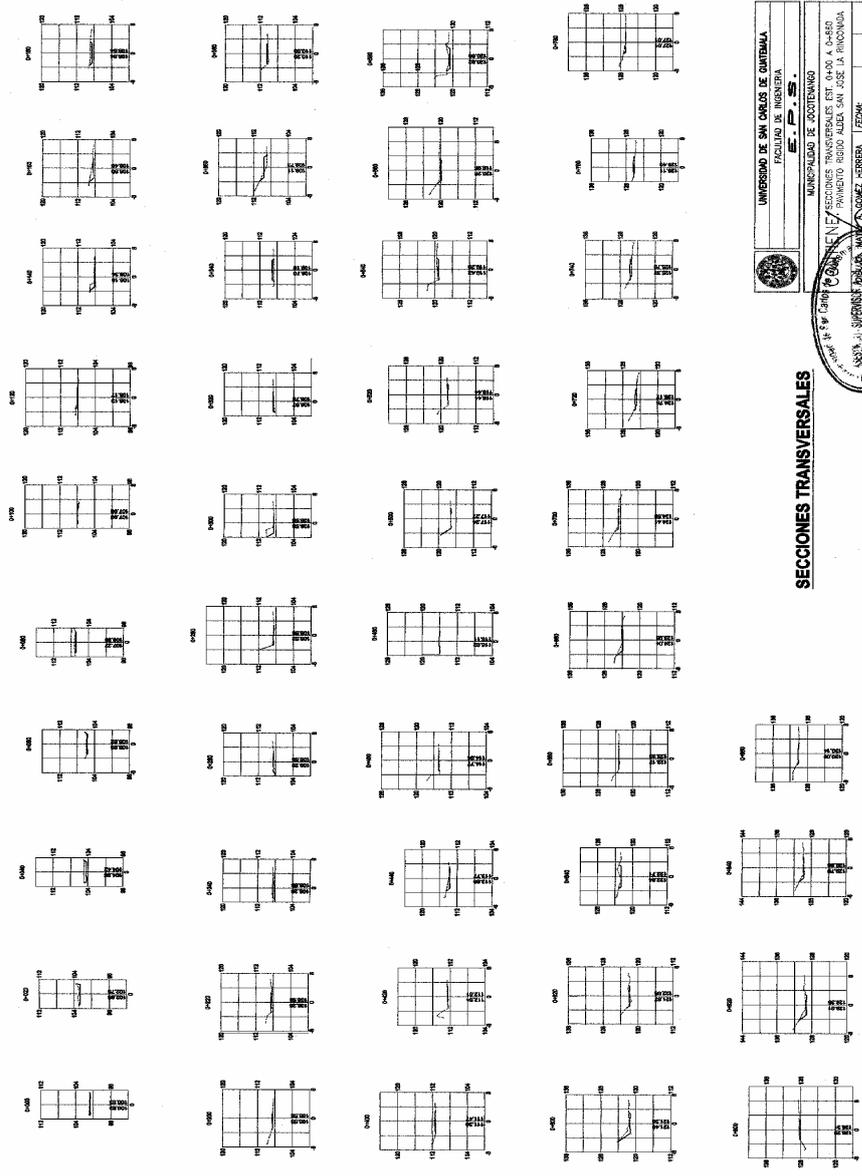
ESCALA 1:40



SECCION TIPICA FINAL

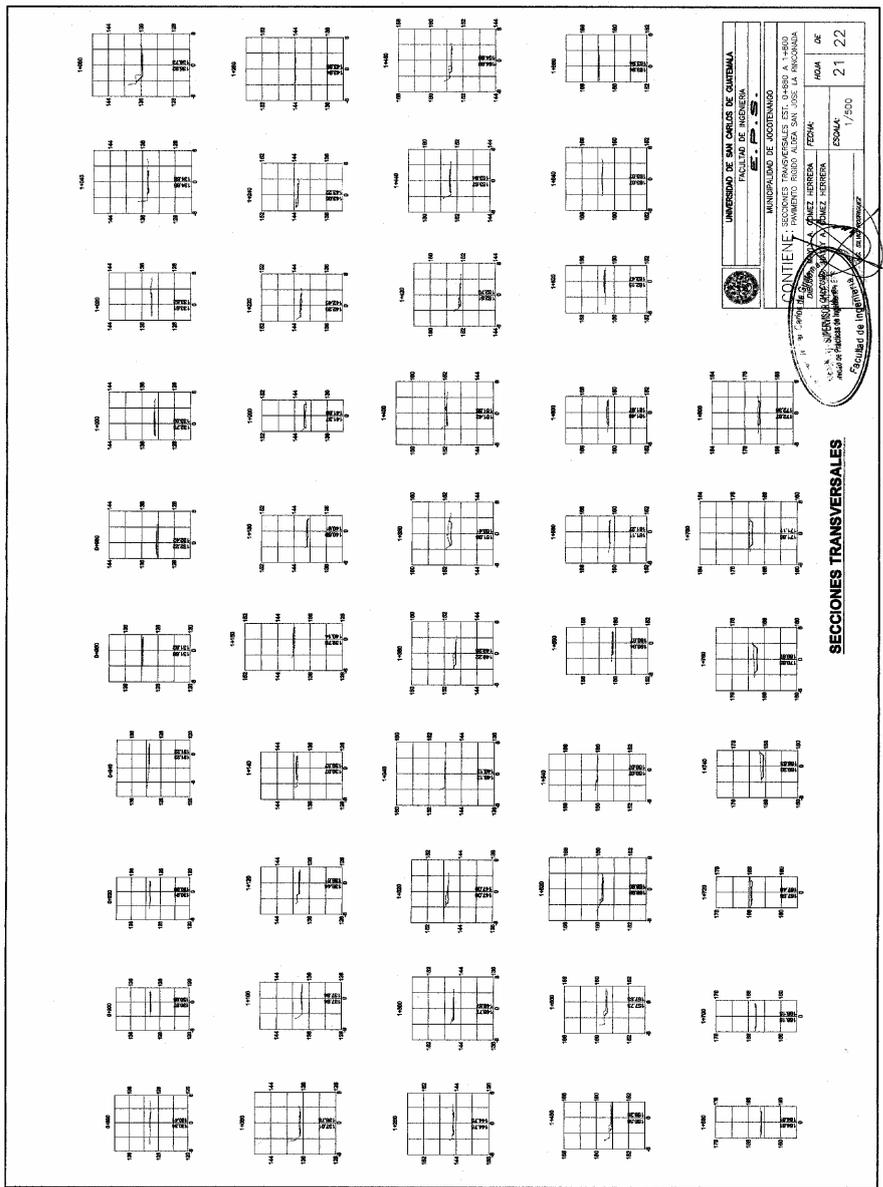
ESCALA 1:30

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	MUNICIPALIDAD DE JOCOTENANGO	CONTIENE	DETALLE DE JUNTA Y SECCION TIPICA	PAVIMENTO RIGIDO ALTA SAN JOSE LA FINCA	FECHA	HOJA DE	ESCALA	INDICADA	18 22
	FACULTAD DE INGENIERIA									
<p>CONTIENE: JUNTA TRANSVERSAL @ 2.75 m</p> <p>CONTIENE: JUNTA LONGITUDINAL @ 3.60 m</p> <p>CONTIENE: SECCION TIPICA</p> <p>CONTIENE: SUBRASANTE REAFORZADA</p> <p>CONTIENE: CUAPA DE BASE DE MATERIAL SUELO DE 10 CM DE ESPESOR</p> <p>CONTIENE: LOSA DE CONCRETO 15 CM DE ESPESOR</p> <p>CONTIENE: QUINETA</p>										



SECCIONES TRANSVERSALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA E. P. S.	
MUNICIPIO DE ZOOTENANGO CANTON DE SAN JUAN CANTON PARAJE RIBON ALDEA SAN JOSE LA RINCANDA ASISTENTE TECNICO: WALTER DOMINGUEZ HERRERA INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL: WALTER DOMINGUEZ HERRERA FECHA:	
ESCALA: 1/500	HOJA DE 20 22



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 MAESTRIAS DE ESPECIALIZACION
 CONTIENE SECCIONES TRANSVERSALES ESTADISTICO A 1:400
 PAVIMENTO RIGIDO ALBERA SAN JOSE LA RINCONADA
 INGENIERO JUAN CARLOS GONZALEZ
 FECHA: 2004 / 5 / 20

INSTITUTO VIAL
 VIAL
 INSTITUTO VIAL
 INSTITUTO VIAL
 INSTITUTO VIAL

SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA DE
 21 DE 22

