



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

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS
DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA
LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

José Fabián Troncony Anléu

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS
DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA
LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ FABIÁN TRONCONY ANLÉU
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS
DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA
LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 25 de noviembre de 2015.


José Fabián Troncony Anléu

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de julio de 2016
REF.EPS.DOC.405.07.16

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Fabián Troncony Anléu** con carné No. **201114189**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



c.c. Archivo
SJRS/ra



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

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



Guatemala,
19 de julio de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Fabián Troncony Anléu, con Carnet No.201114189 , quien contó con la asesoría de la 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,

Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRÁULICA
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
22 de agosto de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Fabián Troncony Anléu, con Carnet No. 201114189 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. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 26 de agosto de 2015
Ref.EPS.D.352.08.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario José Fabián Troncony Anléu, **carne 201114189**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José 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 del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12
Teléfono directo: 2442-3509



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación de la estudiante José Fabian Troncony Anléu, titulado **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

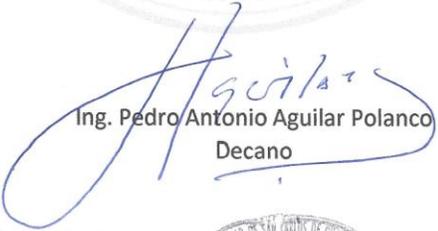


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 480.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DE LA COLONIA NACIONES UNIDAS DOS A KM 21,5 CA-9 SUR Y DE UN SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA ALDEA SAN JOSÉ, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **José Fabián Troncony Anléu**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi fuente de sabiduría.
Mis padres	Aroldo Troncony y Brenda de Troncony por ser el apoyo que siempre necesito para salir adelante, este logro es más de ellos que mío, no hubiera sido posible sin su gran amor.
Mis abuelos	Leticia del Aguila de Anléu (q. e. p. d.), María Clemencia de Troncony (q. e. p. d.), Fabio Troncony Guzmán (q. e. p. d.) y José Anléu (q. e. p. d.), por su cariño y apoyo siempre.
Mi hermana	Mónica José Troncony Anléu, por el apoyo incondicional que me ha dado.
Mi tía	Ingrid Siomara Anléu, por ser parte importante de mi vida y el apoyo que me brindó a lo largo de mi carrera.
Mis primos	José André, Ingrid y Brenda Ramírez.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Lugar sagrado y bendecido por Dios.
Facultad de Ingeniería	Por ser parte importante de mi formación profesional.
Catedráticos	Quienes compartieron sus conocimientos en los cursos profesionales.
Mis amigos de la Facultad de Ingeniería	Por ser parte importante e influencia en mi desarrollo profesional y personal.
Mis amigos de San Nicolás de Bari	Por formar parte de mi desarrollo personal y todas las experiencias vividas.
Mis amigos de Colegio Lehnsen	Por formar parte de mi desarrollo personal.
Municipalidad de Villa Nueva	Por permitirme formar parte de su equipo de trabajo y llevar a cabo mi EPS.
Ing. Carlos Quim y Arq. Byron Illescas	Por su apoyo y asesoría en la realización de mis proyectos.

**Ing. Silvio Rodríguez
Serrano**

Por ser una importante influencia en la
realización de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	2
1.1.2. Límites y colindancias.....	3
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Suelo y topografía.....	4
1.1.4.1. Suelo	4
1.1.4.2. Topografía	5
1.1.5. Población y demografía	5
1.1.5.1. Población.....	5
1.1.5.2. Demografía	6
1.2. Servicios públicos.....	6
1.2.1. Educación.....	6
1.2.2. Comunicación	6
1.2.3. Salud	7
1.2.4. Agua potable.....	7
1.2.5. Drenajes	7
1.2.6. Transporte	8

1.2.7.	Energía eléctrica	8
1.3.	Diagnóstico, evaluación y priorización sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar.....	8
1.4.	Descripción de necesidades	9
2.	FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del tramo carretero que conduce de la colonia Naciones Unidas dos a km 21,5 CA-9 sur.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.1.1.	Alcances del proyecto	12
2.1.2.	Levantamiento topográfico	13
2.1.2.1.	Planimetría	13
2.1.2.2.	Altimetría	14
2.1.3.	Consideraciones de diseño	14
2.1.3.1.	Ubicación y localización del tramo carretero.....	14
2.1.3.2.	Aspecto del camino existente.....	16
2.1.3.3.	Criterios de diseño	17
2.1.3.4.	Tipo de carpeta de rodadura	20
2.1.4.	Estudios de suelos	21
2.1.4.1.	Granulometría	21
2.1.4.2.	Límites de Atterberg.....	22
2.1.4.3.	Proctor.....	24
2.1.4.4.	CBR.....	26
2.1.4.5.	Análisis de resultados	27
2.1.5.	Diseño geométrico	28
2.1.5.1.	Alineamiento horizontal	28
2.1.5.1.1.	Diseño de localización ..	29
2.1.5.1.2.	Corrimientos.....	29

	2.1.5.1.3.	Tangentes y curvas horizontales	29
	2.1.5.1.4.	Curva de transición.....	33
	2.1.5.1.5.	Peralte	34
	2.1.5.1.6.	Sobreancho	37
	2.1.5.2.	Alineamiento vertical.....	39
	2.1.5.2.1.	Diseño de subrasante...	39
	2.1.5.2.2.	Pendientes.....	39
	2.1.5.2.3.	Curvas verticales	40
	2.1.5.2.4.	Correcciones	44
	2.1.5.3.	Glorietas	48
2.1.6.		Movimiento de tierras	51
	2.1.6.1.	Secciones transversales.....	51
	2.1.6.2.	Cálculo de áreas de secciones transversales	52
	2.1.6.3.	Cálculo de volúmenes y distancias de paso.....	53
	2.1.6.4.	Balance y diagrama de masas.....	56
2.1.7.		Elementos de pavimento	57
	2.1.7.1.	Subrasante	57
	2.1.7.2.	Base	58
	2.1.7.3.	Capa de rodadura.....	59
2.1.8.		Diseño de pavimento	60
	2.1.8.1.	Diseño de pavimento por el método de la Portland Cement Association (PCA) simplificado	60
	2.1.8.2.	Juntas	66
	2.1.8.3.	Diseño de mezcla	70
2.1.9.		Drenajes	76

	2.1.9.1.	Método racional.....	76
	2.1.9.2.	Drenaje transversal	83
	2.1.9.3.	Drenaje longitudinal.....	84
	2.1.10.	Planos finales	92
	2.1.11.	Presupuesto	93
	2.1.12.	Cronograma físico y financiero.....	96
2.2.		Diseño de un sistema de drenaje sanitario y pluvial para la aldea San José, Villa Nueva	97
	2.2.1.	Descripción del proyecto	97
	2.2.1.1.	Alcances del proyecto	98
	2.2.1.2.	Levantamiento topográfico	98
		2.2.1.2.1. Planimetría	98
		2.2.1.2.2. Altimetría	98
	2.2.1.3.	Ubicación y localización del proyecto ...	99
	2.2.2.	Parámetros de diseño	100
	2.2.2.1.	Periodo de diseño	100
	2.2.2.2.	Diseño de secciones y pendientes	100
	2.2.2.3.	Velocidad de diseño recomendada	101
	2.2.2.4.	Diámetros mínimos de tubería	102
	2.2.2.5.	Pendientes	102
	2.2.2.6.	Tirante mínimo y máximo	103
	2.2.2.7.	Distancias mínimas entre redes de alcantarillado	103
	2.2.2.8.	Relaciones hidráulicas	104
	2.2.2.9.	Ancho de zanja.....	107
	2.2.2.10.	Profundidades mínimas de tubería.....	108
	2.2.2.11.	Pozos de visita	108
	2.2.2.12.	Cotas invert	110
	2.2.2.13.	Disipadores de energía	111

2.2.3.	Diseño del drenaje sanitario	113
2.2.3.1.	Diseño del sistema a utilizar	113
2.2.3.2.	Estudio de población	114
2.2.3.3.	Dotación	114
2.2.3.4.	Cálculo e integración de caudal sanitario	115
2.2.3.4.1.	Caudal domiciliar	115
2.2.3.4.2.	Caudal de infiltración..	116
2.2.3.4.3.	Caudal de conexiones ilícitas	117
2.2.3.4.4.	Caudal comercial e industrial	117
2.2.3.4.5.	Caudal sanitario.....	118
2.2.3.4.6.	Factor de caudal medio.....	118
2.2.3.4.7.	Factor de Harmond.....	119
2.2.3.4.8.	Caudal de diseño.....	119
2.2.3.5.	Conexiones domiciliarias.....	120
2.2.3.6.	Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario	120
2.2.3.7.	Desfogue	130
2.2.3.8.	Tabla drenaje sanitario	131
2.2.3.9.	Planos finales	131
2.2.3.10.	Presupuesto.....	131
2.2.3.11.	Cronograma físico y financiero	132
2.2.4.	Diseño drenaje pluvial	133
2.2.4.1.	Caudal pluvial	133
2.2.4.1.1.	Coeficiente de escorrentía.....	134

2.2.4.1.2.	Áreas tributarias	134
2.2.4.1.3.	Tiempo de concentración.....	135
2.2.4.1.4.	Intensidad de lluvia	136
2.2.4.1.5.	Caudal de diseño	138
2.2.4.2.	Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado pluvial	139
2.2.4.3.	Tragantes	147
2.2.4.3.1.	Cálculo de tragantes ...	149
2.2.4.4.	Desfogue	155
2.2.4.5.	Tabla drenaje pluvial	155
2.2.4.6.	Planos finales	156
2.2.4.7.	Presupuesto	157
2.2.4.8.	Cronograma físico y financiero.....	158
CONCLUSIONES.....		159
RECOMENDACIONES		161
BIBLIOGRAFÍA.....		163
APÉNDICES.....		165
ANEXOS.....		223

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Villa Nueva	2
2.	Mapa de Villa Nueva	3
3.	Inundación de la carretera.....	12
4.	Ruta del tramo carretero	15
5.	Ubicación y localización del tramo	15
6.	Aspecto del tramo, enfrente de Naciones Unidas I	16
7.	Aspecto del tramo, enfrente de centro universitario	17
8.	Esquema de comportamiento de pavimentos	20
9.	Estados de consistencia de un suelo	23
10.	Elementos de curva horizontal	30
11.	Peralte y sobreebanco en curva.....	37
12.	Tipos de curvas verticales.....	40
13.	Elementos geométricos básicos de una rotonda.....	48
14.	Secciones transversales según el terreno natural.....	52
15.	Cálculo de un área transversal por determinantes.....	53
16.	Volumen entre secciones por áreas de corte consecutivas	54
17.	Volumen entre secciones consecutivas mixtas	55
18.	Línea de masas del proyecto	57
19.	Estructura pavimento rígido	59
20.	Tipos de juntas.....	66
21.	Distribución de la carretera	77
22.	Áreas tributarias	82
23.	Eficiencia máxima para canales abiertos	86

24.	Detalle de cuneta tipo A.....	87
25.	Ubicación y localización del proyecto	99
26.	Colchón de agua.....	129
27.	Áreas tributarias.....	135
28.	Cuencas y estaciones de Guatemala	138
29.	Disipador tipo bandejas	145
30.	Planta distribución de tragantes.....	148
31.	Características geométricas de un tragante tipo buzón	149
32.	Sección de calle.....	150

TABLAS

I.	Hogares con drenajes y letrinas en porcentaje.....	7
II.	Radios de giro.....	19
III.	Características de los suelos	24
IV.	Clasificación de subrasante	28
V.	Longitud de espiral y peralte recomendados	35
VI.	Valores de sobreebanco	36
VII.	Tabla resumen de curvas horizontales	38
VIII.	Valores K para curvas verticales.....	41
IX.	Resumen de curvas verticales	46
X.	Resumen de correcciones curvas verticales.....	47
XI.	Máximas velocidades de diseño	49
XII.	Rangos recomendados de diámetro de círculo inscrito	50
XIII.	Diámetros de isleta central	50
XIV.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	61
XV.	Módulo de reacción de subrasante k	62
XVI.	Clasificación de subrasante mediante valor k.....	63
XVII.	Espesor de capa de base	63

XVIII.	Tipo de soporte	64
XIX.	TPPD permisible, categoría de carga por eje núm. 1, pavimento con junta de trabazón de agregado.....	65
XX.	Asentamientos recomendados.....	70
XXI.	Relación agua - asentamiento.....	71
XXII.	Contenido de agua recomendados	72
XXIII.	Porcentaje de agregado fino	73
XXIV.	Valores de coeficiente de escorrentía	78
XXV.	Parámetros A, B y n según Insivumeh	81
XXVI.	Coefficientes de absorción del terreno	90
XXVII.	Presupuesto carretera.....	94
XXVIII.	Cronograma físico y financiero.....	96
XXIX.	Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería.....	101
XXX.	Diámetros mínimos	102
XXXI.	Tirantes mínimos y máximos.....	103
XXXII.	Separación mínima entre redes de alcantarillado	104
XXXIII.	Relaciones hidráulicas	105
XXXIV.	Ancho de zanja.....	107
XXXV.	Profundidad mínima tubería PVC.....	108
XXXVI.	Profundidad mínima tubería cemento	108
XXXVII.	Diámetro pozo de visita en función del diámetro de tubería.....	109
XXXVIII.	Refuerzo pozos de visita en función de la altura.....	110
XXXIX.	Factor de infiltración	116
XL.	Presupuesto alcantarillado sanitario	132
XLI.	Cronograma físico y financiero alcantarillado sanitario	133
XLII.	Dimensiones de bandejas disipadoras.....	146
XLIII.	Presupuesto alcantarillado pluvial.....	157
XLIV.	Cronograma físico y financiero alcantarillado pluvial	158

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AN	Ancho normal
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q dis	Caudal de diseño
Q dom	Caudal domiciliar
Q Ind	Caudal industrial
Q med	Caudal medio
cm	Centímetro
C	Coefficiente de escorrentía
CTF	Cota final de terreno
CTI	Cota inicial de terreno
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
CM	Cuerda máxima
Δ	Deflexión
D	Diámetro de tubería
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
E	External
Fqm	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de Harmond
G	Grado de curvatura
=	Igual a

I	Intensidad de lluvia
Lts./hab./día	Litros por habitante por día
Ls	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
L	Longitud de tubería
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m/s	Metro por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
k	Módulo de reacción
Núm. Hab	Número de habitantes
OM	Ordenada media
S	Pendiente
Pe	Pendiente de entrada
Ps	Pendiente de salida
e%	Peralte
PV	Pozo de visita
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
M	Punto medio u ordenada media
R	Radio

q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
Sa	Sobreancho
ST	Subtangente
TE	Tangente de entrada
TS	Tangente de salida
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro del drenaje

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials. (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).
Agua pluvial	Agua que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación.
Agua residual	Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
AutoCAD	Software en programas de diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2d y 3d.
Acometida domiciliar	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado, en un instante determinado fluye dentro de una tubería.

Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas residuales desde el interior hasta el frente de la vivienda, donde se encuentra la candela.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de habitantes por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se desfogon las aguas residuales provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas.
DGC	Dirección General de Caminos.
Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
Factor de Manning	Ecuación utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Factor de retorno	Porcentaje de agua potable que después de ser utilizada, va al sistema de drenaje.

Factor de rugosidad	Expresa que tan lisa es una superficie.
Infom	Instituto de Fomento Municipal.
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Intensidad de lluvia	Relación entre la precipitación pluvial y su duración.
PCA	Portland Cement Association. (Asociación del Cemento Portland).
Período de diseño	Período de tiempo el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
Tabulador	Tecla que se presiona para separar concepto de significado.
Tirante	Altura de las aguas residuales y pluviales dentro de un drenaje.
TPD	Tráfico promedio diario
TPDA	Tráfico promedio diario anual
TPPD	Tráfico pesado promedio diario
VAS	Vías alternas del sur

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta para el diseño del tramo carretero que conduce desde la colonia Naciones Unidas dos al km. 21,5 de la carretera CA-9 y de la construcción en el sistema de drenaje sanitario y pluvial, para la 4ta. avenida de la aldea San José, los que servirán para mejorar las condiciones sanitarias de la comunidad.

En la fase de investigación se encuentra lo relacionado con los aspectos monográficos y de carácter socioeconómico de Villa Nueva.

En la fase técnica y profesional se describe la situación actual del municipio, comprende todos los parámetros de diseño que se utilizaron para el diseño del tramo carretero y de los drenajes sanitario y pluvial.

El diseño del tramo carretero cuenta con un largo de 1 750 metros, fue diseñado con pavimento rígido con 15 cm de espesor y una sección típica de 3,6 metros por cada carril, teniendo en cuenta que son 4 carriles (2 por dirección).

El diseño del sistema de drenaje sanitario cuenta con un largo de 2 180 metros de tubería de PVC, por lo que se construirán 45 pozos de visita, beneficiando a 320 viviendas. El diseño de drenaje pluvial cuenta con un largo de 2 180 metros de tubería de PVC, lo que equivale a 45 pozos de visita.

OBJETIVOS

General

Diseñar un adecuado sistema de recolección y conducción de aguas sanitarias y pluviales, que cuente con la capacidad de erradicar los problemas actuales, así como el diseño del boulevard Naciones Unidas con pavimento rígido.

Específicos

1. Elaborar un diagnóstico de la situación actual de la Municipalidad de Villa Nueva.
2. Determinar la descarga de aguas residuales que producen las viviendas de la 4ta. avenida de la aldea San José, de Villa Nueva.
3. Lograr un adecuado escurrimiento de las aguas pluviales para evitar la inundación de la ruta departamental 47.
4. Elaborar los planos necesarios para ejecutar los proyectos.
5. Determinar el costo de los proyectos con la elaboración de los presupuestos, indicando la cantidad de los materiales, mano de obra y maquinaria.

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento demográfico de la ciudad de Guatemala es causa a originar problemas a municipios que lo rodean, en este caso el de Villa Nueva. Dando paso a que se planteen proyectos de mejora continua o modernización de infraestructura.

El siguiente informe contiene un análisis sobre la problemática que afecta a diferentes regiones de Villa Nueva y en el cual de acuerdo con el diagnóstico practicado sobre las necesidades y carencias, se plantearon los proyectos que ayudarán a solucionar y beneficiar a los habitantes de los diferentes sectores mediante al apoyo proporcionado a través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

El primer proyecto consiste en el diseño, ampliación y modernización de un tramo carretero de 1,7 kilómetros de longitud aproximadamente, que comunicará a la colonia Naciones Unidas dos con la carretera CA-9 a la altura del kilómetro 21,5. Este proyecto se origina a partir del crecimiento poblacional, tránsito vehicular intenso e inundaciones en las épocas de lluvia, lo cual genera daños y deterioro de la vía existente, por lo tanto, no satisface las necesidades de los usuarios.

El segundo proyecto consiste en el diseño de un sistema de drenaje sanitario y pluvial en la aldea San José, debido a que no cuenta con un sistema de recolección y conducción de aguas sanitarias y pluviales, lo cual da paso a la formación de enfermedades, recolección de desechos, mal aspecto físico de

la aldea e intransitabilidad, debido a inundaciones provocadas por el agua pluvial.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

El siguiente texto está basado en la información proporcionada por la página web de la Municipalidad de Villa Nueva.

Villa Nueva es el segundo municipio más grande de Guatemala en cuanto a número poblacional. Cuenta con una villa como cabecera, y está distribuido en 17 villas, 70 colonias, 3 aldeas, 6 caseríos, 9 asentamientos, 2 parajes, 5 fincas, 3 granjas, 1 parcelamiento y una labor.

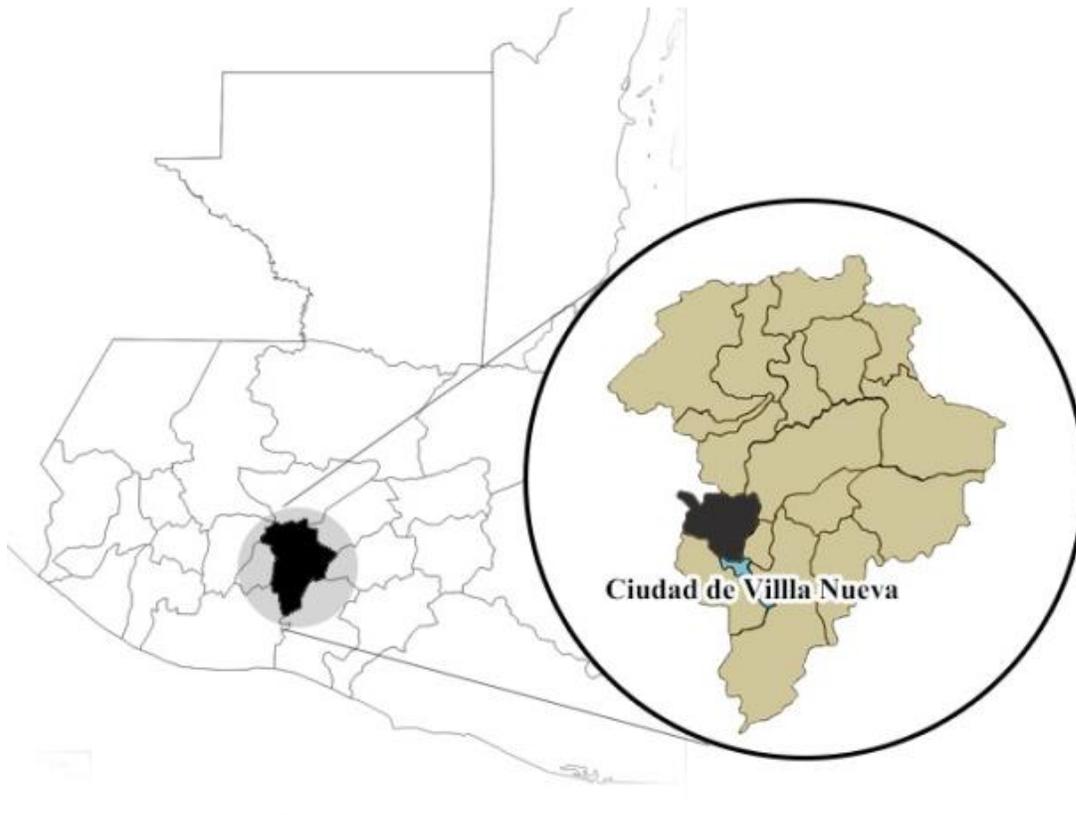
Villa Nueva, por su ubicación estratégica cercana a la ciudad capital y a una de las principales rutas comerciales del país, como lo es la CA-9, se ha colocado como uno de los principales municipios en el desarrollo de proyectos habitacionales y en el establecimiento de industrias solo después de Guatemala y Mixco.

El municipio cuenta con servicios básicos que dispone la población entre los cuales se encuentran, correos, telecomunicaciones, agua, alcantarillado, servicio eléctrico particular y público, servicio urbano y extraurbano de transporte, taxis rotativos, hoteles, comercios, estación de bomberos, cuerpo de policía, puesto de salud y sanatorios.

1.1.1. Ubicación y localización

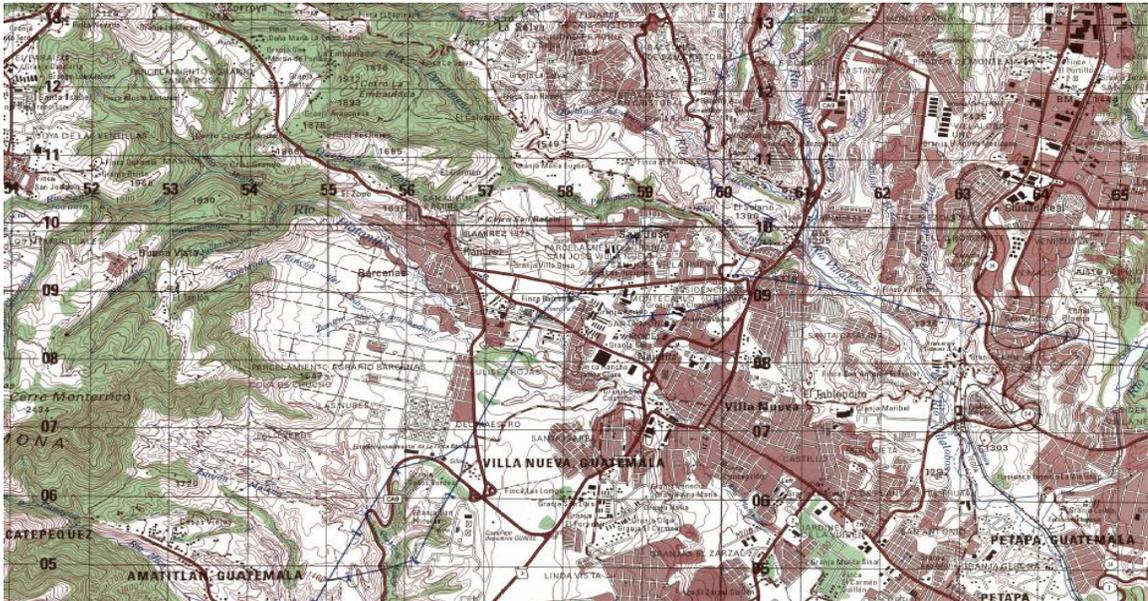
Villa Nueva es uno de los 17 municipios que conforman Guatemala en el área metropolitana y a la vez uno de los municipios más poblados. Se ubica en el área sur central de la ciudad capital y se encuentra a 16 kilómetros de la ciudad capital.

Figura 1. Ubicación de Villa Nueva



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 2. **Mapa de Villa Nueva**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

1.1.2. Límites y colindancias

Villa Nueva se sitúa en la carretera CA-9 sur en dirección al Pacífico. Colinda al norte con Mixco y Guatemala, al este con San Miguel Petapa, al sur con Amatitlán, al oeste con Magdalena Milpas Altas y San Lucas.

1.1.3. Clima

El clima en el municipio es templado. Según la estación meteorológica central de Insivumeh, ubicada en la zona 13 de la ciudad de Guatemala se determinaron los siguientes datos.

- Suelo y topografía temperatura mínima y máxima en el lugar oscila entre los valores de 14,4 y 24,6 grados centígrados.
- La temperatura promedio anual es de 18,8 grados centígrados.
- Humedad relativa que se presenta en el lugar es de 78 por ciento.
- Velocidad de viento promedio es de 5,7 kilómetros por hora.
- Presión atmosférica que indica el barómetro de la estación es de 641,5 mmHg.
- La evapotranspiración de la cuenca se encuentra entre 1 500 y 1 800 mm anuales, con una media de 1 650 mm.
- Punto de rocío depende de la hora a la que se haga la medición. Varía entre 8 y 19 grados.
- Precipitación en el lugar oscila entre 940 y 1 600 milímetros, con un promedio de 125 días de lluvia al año.

1.1.4. Suelo y topografía

Para la realización de proyectos es importante establecer el tipo de suelo que se encuentra en el terreno, tomando en consideración sus características y la topografía del mismo.

1.1.4.1. Suelo

En algunos sectores se puede encontrar suelos arcillosos, mantos de arena y mixtos. Se encuentran rellenos de cenizas y pómez, los cuales fueron depositados por lluvias de erupciones volcánicas o en parte por avalanchas de cenizas.

Según el libro de clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala de Charles Shaffer Simmons, se determinó un suelo

profundo sobre materiales volcánicos a mediana altitud. El suelo cuenta con un material madre de ceniza volcánica y con un drenaje bueno.

El suelo superficial es de color café, con una textura y consistencia arcillosa o franco arcillosa y con un espesor de 20 a 30 centímetros. El subsuelo es de color café amarillento, de consistencia friable y textura franco arcillosa, cuenta con un espesor de 40 a 50 centímetros.

El suelo presenta un drenaje lento, con una capacidad de abastecimiento de humedad muy alta.

1.1.4.2. Topografía

Villa Nueva cuenta con una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados. Su terreno es generalmente plano y se pueden encontrar algunas montañas y accidentes orográficos menores. Tiene una elevación de 1,330 metros sobre el nivel del mar.

1.1.5. Población y demografía

Para el diseño de un proyecto es de suma importancia establecer a que cantidad de habitantes beneficiará en un futuro, para brindarle a la sociedad un proyecto útil, eficiente y durable.

1.1.5.1. Población

En Villa Nueva se estima que su población oscila entre 800 mil y 1 millón de personas. La ciudad de Guatemala ya sobrepasó sus límites jurisdiccionales,

por lo cual se ha conformado el Área Metropolitana de Guatemala, que es constituida por los municipios de Guatemala.

1.1.5.2. Demografía

Según el censo realizado en el 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE), se dio un crecimiento de población en un 80 %. La densidad poblacional es de 300 habitantes por hectárea y se cuenta con una tasa de crecimiento poblacional de un 3 %.

1.2. Servicios públicos

Son de suma importancia para la vida de cualquier ser humano, mediante el diagnóstico que se realizó en el municipio, se pudo evaluar qué proyectos de infraestructura son necesarios para mejorar la calidad de vida de su población.

1.2.1. Educación

El municipio cuenta con escuelas de niveles preprimario, primario, básico y diversificado. Dichos centros funcionan en diferentes jornadas y plan fin de semana. Recientemente se apertura un campus universitario.

1.2.2. Comunicación

La Municipalidad de Villa Nueva ha ejecutado varias obras de ingeniería civil, entre las cuales se encuentran la introducción de drenaje sanitario y pluvial, pavimentación de vías de comunicación, tal como: la carretera que conduce de la aldea Bárcenas a la Antigua Guatemala, modernización de calles y creación de boulevares para el mejoramiento de fluidez vehicular, cuenta con

algunas vías de comunicación que ya no cumplen con su función por lo que ha aumentado el caos vehicular.

1.2.3. Salud

Se cuenta con apenas un centro de salud y dos hospitales regionales para atender a la población de Villa Nueva. En la actualidad se realiza la construcción del hospital nacional del municipio ubicado en el kilómetro 22.

1.2.4. Agua potable

En el municipio se encuentra un gran porcentaje de personas que se abastecen de agua potable extraída de pozos que no tienen el tratamiento adecuado. Villa Nueva cuenta con un déficit del servicio de un 18.5 %.

1.2.5. Drenajes

El sistema de drenajes es deficiente, carece de plantas de tratamiento de aguas residuales y las existentes no cumplen con su función, esto es necesario para realizar un desfogue correctamente y sin aumentar el grado de contaminación del río Villa Lobos.

Tabla I. **Hogares con drenajes y letrinas en porcentaje**

Sin sistema	Con sistema	No especificado
27,27	54,55	18,18

Fuente: Instituto de Fomento Municipal.

1.2.6. Transporte

Las empresas de transporte urbano son las encargadas de realizar la movilización en el municipio, y para los viajes al exterior son las empresas de transporte extraurbano, con un flujo continuo.

1.2.7. Energía eléctrica

En Villa Nueva se cuenta con una red de distribución de energía eléctrica eficiente, este servicio está a cargo de empresas como: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., Comercializadora Eléctrica de Guatemala, Mayoristas de Electricidad.

1.3. Diagnóstico, evaluación y priorización sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

La Municipalidad de Villa Nueva debe garantizar a sus habitantes el mejoramiento e inversión, principalmente en obras de infraestructura, debido a que algunas de ellos no cumplen la función con la cual fueron diseñadas y así brindar un desarrollo a la sociedad; ejemplo de ello, se tiene la carretera que conduce de la colonia Naciones Unidas Dos a km 21,5 CA-9 Sur que se utiliza para conectar con Amatitlán, actualmente es un tramo carretero con dos carriles y no se cuenta con un sistema de drenaje diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas pluviales, los cuales afectan directamente a las características funcionales de la carretera, debido a esto y a las fuertes lluvias que ocurren en esa región, son afectados todos los habitantes de esa área ya que por la intensidad de lluvia se inunda la carretera, lo cual genera daños a los vehículos de los usuarios y detiene el tránsito vehicular.

Los habitantes de la aldea San José no cuentan con un sistema de drenajes sanitario y pluvial. El no contar con estos sistemas se pone en riesgo la salud de la población y daña el medio ambiente mediante la contaminación. La municipalidad tiene por finalidad la promoción y mejoramiento de las condiciones de vida urbana, la cual en este caso, consiste en la implementación de los sistemas mencionados anteriormente. Actualmente la aldea tiene calles de terracería y pocas pavimentadas, debido al mal manejo de agua pluvial se generan inundaciones, lo que afecta la locomoción de los habitantes.

1.4. Descripción de necesidades

El crecimiento de la población y el aumento de las necesidades familiares han generado un incremento en la cantidad de vehículos que transitan por Villa Nueva, lo que provoca que la funcionalidad de la carretera sea insuficiente y genere un tránsito vehicular lento y denso, lo que ocasiona un deterioro en la carretera, y genera daño a los vehículos que afecta la economía de los usuarios. La inundación de la carretera debido a frecuentes lluvias y al escurrimiento que se da por la falta de drenajes en la carretera se genera un caos vial.

La falta de los sistemas de drenajes sanitarios y pluviales perjudican a la población que habita en la aldea San José, debido a que no existe un sistema de recolección y conducción de las aguas sanitarias se generan fuentes de enfermedades gastrointestinales y la formación de bacterias e insectos.

2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL

2.1. Diseño del tramo carretero que conduce de la colonia Naciones Unidas Dos a km 21,5 CA-9 sur

Mediante la falta de los drenajes en la carretera se ocasionan inundaciones en varios puntos de la misma, esto se debe a la topografía del sector lo que genera caos vial y afecta el estado de la carretera.

Este proyecto consta de 1,75 kilómetros de longitud aproximadamente y está ubicado en la ruta departamental 47 y termina en la CA-9 sur kilómetro 21,5.

2.1.1. Descripción del proyecto

Al pasar los años se ha dado un aumento de la cantidad de colonias de la región de Naciones Unidas, Recientemente se puede encontrar aproximadamente de seis a ocho colonias o propiedades que serán destinadas para plantas industriales, así como también un centro universitario, lo cual da paso a mayores necesidades de los habitantes del sector, lo que provocará un aumento en la cantidad de vehículos que circulan por la zona, lo cual generan el deterioro prematuro de las vías de comunicación, lo que ocasionará considerables daños a los vehículos, así como retrasos en la locomoción.

Figura 3. **Inundación de la carretera**



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva.

2.1.1.1. Alcances del proyecto

Se pretende el mejoramiento de la ruta departamental 47, carretera que se dirige de la colonia Naciones Unidas Dos a carretera CA-9 sur kilómetro 21,5 mediante el diseño y ejecución de la misma se logrará satisfacer con las necesidades de los usuarios que la transitan, reducirá el tiempo de llegada de los vehículos. El proyecto cuenta con una topografía plana y una longitud de aproximadamente 1,7 kilómetros, actualmente solo hay dos carriles, los cuales se pretenden aumentar a cuatro carriles. El proyecto beneficiará a 4 500 usuarios diarios, aproximadamente.

A través de la modernización de la carretera se pretende fomentar el deporte, debido a que se integrarán ciclovías y banquetas para ser utilizadas por los peatones. Incluye la incorporación de bahías de buses para facilitar la movilización de las personas a diferentes sectores de la ciudad.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Una de las circunstancias que más influye en el costo y planificación de una carretera, es la topografía existente en la zona donde se pretende construir y modernizar la vía. Los estudios topográficos preliminares son los cuales permiten reconocer el terreno, para definir el diseño del proyecto.

Para el estudio topográfico se realizó el levantamiento a través de una estación total, la cual se encarga de recopilar la información por medio de un sistema que consiste en apuntar un prisma y se envía un haz de luz, el cual rebota en el prisma y por medio de ángulos registrados por la estación total, más el tiempo que le toma al haz de luz en regresar, se registra la posición del punto por medio de triangulaciones y distancias. Se utilizó una brújula para determinar el norte al iniciar los levantamientos.

2.1.2.1. Planimetría

El trazo planimétrico es el resultado de la proyección del terreno sobre un plano vial horizontal, sobre la ruta existente del camino siguiendo y ajustándose en todo lo posible a su trayectoria original.

2.1.2.2. Altimetría

El trazo altimétrico es el resultado de la proyección de la geometría vial vertical sobre la ruta altimétrica existente del camino, generado a partir de y sobre el eje planímetro proyectado. Se definen las diferencias de nivel existentes entre los puntos del terreno.

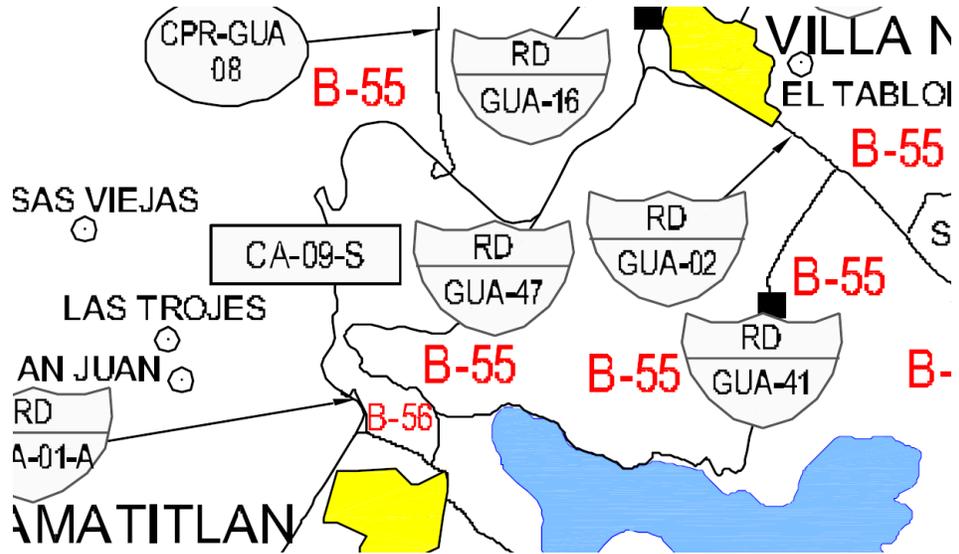
2.1.3. Consideraciones de diseño

Para la planificación del proyecto, fue importante tomar en cuenta factores de diseño. Se debe considerar la ubicación de la carretera y su estado existente para establecer los criterios de diseño que brinden una solución a la necesidad.

2.1.3.1. Ubicación y localización del tramo carretero

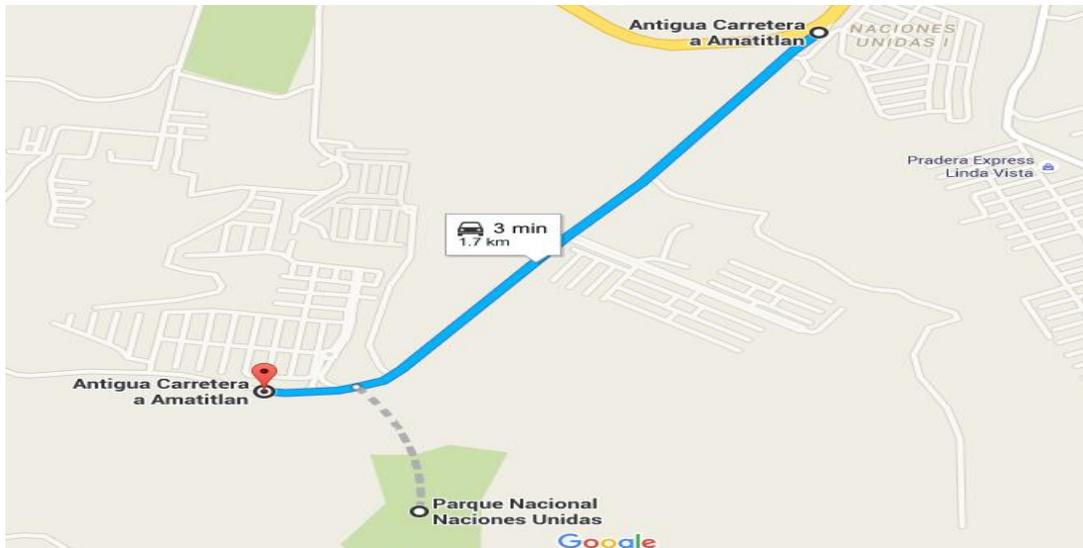
El tramo carretero se encuentra en la ruta departamental 47, que se dirige de la colonia Naciones Unidas dos a carretera CA-9 sur kilómetro 21,5. El tramo consta de aproximadamente 1,75 kilómetros.

Figura 4. Ruta del tramo carretero



Fuente: Unidad Ejecutora de Conservación Vial. Covial.

Figura 5. Ubicación y localización del tramo



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva .

2.1.3.2. Aspecto del camino existente

El tramo carretero conecta a Villa Nueva y Amatitlan, pero por su mal estado, no es utilizado frecuentemente. El camino existente es de asfalto en mal estado. Cuenta con dos carriles de 3 metros cada uno. Debido a las inundaciones por la falta de drenajes, el asfalto se ha dañado y en algunas partes se ha dado invasión vegetal.

En el sector se ubica un centro de educación superior, terrenos baldíos que están planificados para áreas industriales, se conectará con la carretera de vías alternas del sur (VAS).

Figura 6. **Aspecto del tramo, enfrente de Naciones Unidas I**



Fuente: Villa Nueva.

Figura 7. **Aspecto del tramo, enfrente de centro universitario**



Fuente: calle frente a Centro Universitario, Villa Nueva.

2.1.3.3. Criterios de diseño

El correcto diseño de este tipo de infraestructuras, se necesitan una serie de criterios basados en el estudio del funcionamiento de las vías.

- Estudio de tránsito

Mediante el estudio se debe estimar la probable demanda de tránsito en un análisis de veinte años a partir del año de entrada en operación de la carretera, con base en la cantidad de vehículos que transitan. Períodos de análisis mayores implicarían un alto grado de incertidumbre.

La cantidad de vehículos que transitan en la carretera es llamado TPD (tránsito promedio diario), los cuales pasan por un determinado punto de una vía en un período de tiempo en un sentido o en ambos sentidos de la vía.

Para este proyecto se determinó un período de diseño de 20 años, se realizó un conteo de vehículos el 21 de noviembre de 2015, el cual dió como resultado un TPD de 2510 vehículos con una tasa de crecimiento de 3,5 %.

$$TPD_{20 \text{ AÑOS}} = 2\,510 * (1 + 0,035)^{20} = 4\,995 \text{ veh\u00edculos}$$

Lo cual a 20 años se tiene proyectado un tránsito de 4 995 vehículos.

- Nivel de servicio

Se define el nivel de servicio de la carretera como la calidad del servicio que ofrece a sus usuarios, refleja en grado de satisfacción o insatisfacción que experimentan al usar la vía. Para esta carretera será principal.

- Topografía

Es una de las circunstancias que más influye en el diseño de una carretera. Rige la velocidad de diseño.

- Vehículos de diseño

Es necesario debido a que condicionan los aspectos de dimensionamiento geométrico y estructural de la carretera como: radios mínimos, longitudes mínimas de curvas verticales, ya que dependen de la altura del ojo del conductor. En este proyecto se utilizó para el diseño de la rotonda.

Tabla II. **Radio de giro**

Vehículo - Tipo	Radio Interior	Radio de Diseño	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo - Delantero	Voladizo - Trasero	Dist. Ejes WB1	Dist. Ejes WB2
Automovil	4.7	7.3	1.3	2.1	5.8	0.9	1.5	3.4	
BUS	7.4	12.8	4.1	2.6	12.1	2.1	2.4	7.6	
Cámin Sencillo	8.5	12.8	4.1	2.6	9.1	1.2	1.8	6.1	
Camión Articulado WB-15	5.8	13.7	4.1	2.6	16.8	0.9	0.6	6.1	9.2
Camión Articulado WB-19	2.8	13.7	4.1	2.6	21	1.2	0.9	6.1	12.8
Camión Articulado WB-20	0	13.7	4.1	2.6	22.5	1.2	0.9	6.1	14.3

Fuente: AASHTO 2004.

- Velocidad de diseño

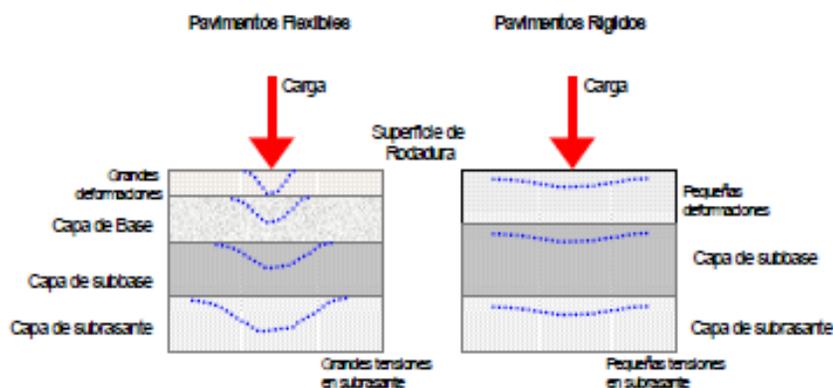
En el proceso de selección y asignación de la velocidad se debe dar prioridad a la seguridad de los usuarios, garantiza la consistencia de velocidad mediante tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda designar una misma velocidad.

Se determinó según la Dirección General de Caminos una carretera tipo A, con un ancho de calzada de 7,2 metros. Una velocidad de diseño de 60 kilómetros por hora, con radios mínimos de 110 metros y una pendiente máxima de 5 %. (Ver anexo 1).

2.1.3.4. Tipo de carpeta de rodadura

Los tipos de pavimentos o carpeta de rodadura se dividen en rígidos y flexibles. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente.

Figura 8. Esquema de comportamiento de pavimentos



Fuente: CORONADO, Jorge. *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 91.

En un pavimento flexible la superficie de rodadura al tener menor rigidez, tiende a deformarse más, lo cual genera que se produzcan mayores tensiones en la subrasante. Caso contrario con un pavimento rígido, debido a su consistencia se genera una mejor distribución de cargas, dando como resultado menores tensiones a la subrasante.

Para este proyecto se utilizó una carpeta de rodadura de pavimento rígido, debido a que su costo de mantenimiento es menor, por su superficie plana se alarga la vida de los vehículos evitando que se dañen, durabilidad y resistencia. El concreto hidráulico brinda a la superficie un buen drenaje superficial.

2.1.4. Estudios de suelos

Se requiere establecer las propiedades del tipo de suelo a utilizar, es necesario realizar ensayos como lo son: Límites de Atterberg, Proctor modificado, equivalente de arena y la determinación de la capacidad de cortante mediante el índice CBR.

2.1.4.1. Granulometría

La finalidad de este ensayo es determinar las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el suelo. Para ello se utiliza un tamíz, la cual es una herramienta compuesta de un marco rígido al que se halla sujeta una malla caracterizada por un espaciado uniforme entre hilos denominado abertura o luz de malla.

Se emplea una serie normalizada de tamices, en los cuales se hace pasar una determinada cantidad de suelo seco, quedando retenida en cada tamiz parte del suelo, cuyas partículas tengan un tamaño mayor al de la abertura.

Una vez ya finalizado el proceso de tamizado se procede a pasar las cantidades retenidas en cada uno de los tamices, construyendo una gráfica semilogarítmica donde se representan los porcentajes de peso de la muestra retenida o el que pasa para cada abertura.

El material que se ensayó tiene un 27,67 % de grava, 29,56 % de arena y 42,77 % de finos. Se clasificó como un limo arenoso con presencia de grava color café. Dentro de la clasificación del *Public Road Administration* (PRA), se clasifica como A-5 y para el Sistema de Clasificación Unificado (SCU) como SM.

En carreteras es de suma importancia que el suelo este bien graduado para que al compactarlo, las partículas más finas ocupen los huecos que dejan las de mayor tamaño.

2.1.4.2. Límites de Atterberg

El comportamiento de un suelo está influenciado por la presencia de agua en él. Debido a ello resulta muy útil estudiar los límites entre los diversos estados de consistencia que pueden darse en los suelos en función de su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido.

De los límites mencionados es necesario determinar los límites de los estados líquido y plástico, ya que estos representan una alta deformabilidad del suelo y una drástica reducción de su capacidad portante.

A través del método se definen los límites correspondientes a los tres estados, en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

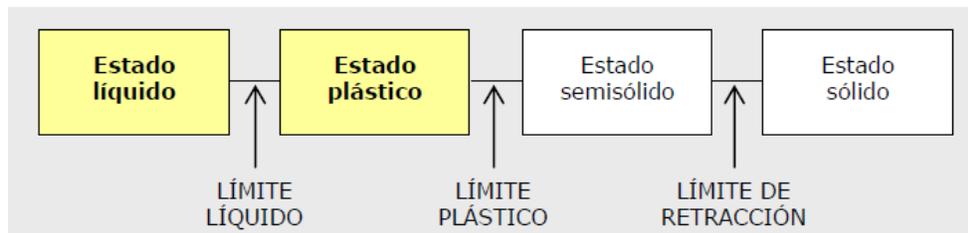
Mediante a este ensayo se puede determinar estos límites, llamados límites de Atterberg.

Límite líquido (LL)

Límite plástico (LP)

Límite de retracción o contracción (LC)

Figura 9. **Estados de consistencia de un suelo**



Fuente: BEVIÁ, José. *Manual de carreteras 2*. p.10.

La diferencia entre el límite líquido y el plástico se denomina índice de plasticidad (IP), y da una idea del grado de plasticidad que presenta el suelo; un suelo muy plástico tendrá un alto índice de plasticidad.

El índice de plasticidad permite clasificar el suelo, debido a que si es un índice muy grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario un IP bajo es característico de un suelo poco arcilloso.

Tabla III. **Características de los suelos**

Índice de plasticidad	Característica
IP = 0	Suelos exentos de arcilla
$7 > IP$	Suelos arcilloso
$17 > IP > 7$	Suelos poco arcillosos
$IP > 17$	Suelos muy arcillosos

Fuente: BOWLES, *Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 21.

Un suelo con alto contenido de arcilla es un elemento peligroso para una carretera, debido a su alta sensibilidad con el agua.

Según el ensayo se obtuvo que el suelo tiene un LL de 36,9 %, un IP de 10,1 % y un LP de 23,8 % teniendo una clasificación ML.

2.1.4.3. Proctor

La compacidad del suelo es una propiedad importante en las carreteras ya que está relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad de un firme; adquiere importancia en el caso de terraplenes y rellenos.

El agua influye en el rozamiento interno de las partículas ya que disminuye la fricción entre ellos y requerirá menor esfuerzo para ser compactado. Si se satura de agua un suelo generará aumento de volumen por lo que la compacidad disminuirá, lo cual ayuda a deducir que existe una humedad óptima con la que se obtiene una compacidad máxima, para una misma energía de compactación.

Este ensayo determina la humedad óptima de compactación de una muestra de suelo. Existen dos tipos de ensayos Proctor normalizados: Proctor

Normal y Ensayo Proctor Modificado. Los cuales se diferencian entre la distinta energía utilizada, debido a una mayor masa del martillo y una mayor altura de caída en el proctor modificado.

El procedimiento de ensayo consiste en apisonar en 3 toneladas consecutivas (5 en el caso del proctor modificado), una cantidad aproximada de 15 kg, de suelo (35 kg, si se trata del proctor modificado), previamente tamizada por el tamiz núm. 4 y dividida por cuarteo en 4 partes aproximadamente iguales.

La muestra se humecta y se introduce en un molde metálico de dimensiones normalizadas.

Para llevar a cabo el apisonado se emplea una masa normalizada, de forma que su peso y altura de caída no varíen, lo que asegura una energía de compactación constante. La normativa estipula una cantidad de 26 golpes de maza por tongada en el caso del proctor normal y de 60 golpes en el caso del proctor modificado.

Se realizan de 4 a 6 determinaciones con diferente grado de humedad, construyéndose la curva humedad-densidad seca.

El material se ensayó mediante las normas de proctor modificado y presentó una densidad seca máxima de $1\,593,19\text{ kg/m}^3$ o $99,45\text{ lb/pe}^3$ y una humedad óptima de 16,75 %.

2.1.4.4. CBR

La capacidad portante de un suelo se define como la carga que es capaz de soportar sin que se produzcan asentamientos excesivos. El ensayo más empleado para determinar su capacidad portante de un suelo es el índice CBR (California Bearing Ratio).

Para este ensayo se requiere conocer la humedad óptima en este caso fue 16,75 % y se determina la cantidad de agua que se añade a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas de 10, 30 y 65 golpes por cada capa. Para cada cilindro se obtendrá el porcentaje de compactación (% C), de expansión y el de CBR, El procedimiento analítico se rige por la Norma AASHTO T 193.

Es importante colocarles un disco de 10 a 13 libras sobre él, así como el extensómetro montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Luego se sumerge en agua durante cuatro días tomando lecturas cada 24 horas, controlando la expansión del material. El disco corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto, el objetivo es someter el suelo a la peor condición posible.

Después de los cuatro días se extrae del agua escurriéndola durante quince minutos, se le quita el disco y se mide el hinchamiento, colocando nuevamente el extensómetro (calibrado anteriormente a cero). Este dato adquiere importancia en suelos arcillosos o con alto contenido de finos, debido a que puede provocar asentamientos diferenciales.

Este ensayo es basado en la presión que se ejerce sobre la muestra de suelo, la cual es penetrada por medio de un cilindro de determinada área a una velocidad de 1,27 centímetros por minuto. La presión es registrada, expresada en libras por pulgadas cuadradas.

Una vez ya definido el valor de CBR, se procede a clasificar a que categoría de subrasante pertenece el sector.

Según el resultado del ensayo CBR el suelo posee un valor soporte de 21,41 % a una compactación de 98,80 %.

2.1.4.5. Análisis de resultados

Resumen de resultados del estudio de suelos:

- Clasificación: ML
- Descripción del suelo: limo arenoso con presencia de grava color café
- Limite líquido: 36,9 %
- Índice plástico: 10,1 %
- Densidad seca máxima: 1 593,19 kg/m³ o 99,45 lb/pe³
- Humedad óptima (Hop): 16,75 %
- CBR al 98,8 % de compactación: 21,41 %, aproximadamente
- CBR crítico: 2,74 %

En este caso, el CBR de la muestra de suelo tomada, es mayor que 20 %, por lo que se puede determinar como un suelo tolerable o de calidad aceptable y se le puede dar un uso de subrasante.

Tabla IV. **Clasificación de subrasante**

Clasificación	CBR
Subrasante muy pobre	< 3 %
Subrasante pobre	3 % - 5 %
Subrasante regular	6 % - 10 %
Subrasante buena	11 % - 19 %
Subrasante muy buena	>20 %

Fuente: LOMVARDI, Verónica. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. p.131.

2.1.5. Diseño geométrico

Consiste en la ubicación del trazo de la carretera dentro de un terreno disponible. Está constituido por un alineamiento horizontal y uno vertical. El diseño geométrico depende de la velocidad de diseño y de la pendiente máxima de diseño.

Para el diseño geométrico el software AutoCAD Civil 3D 2014.

2.1.5.1. Alineamiento horizontal

Está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa. Se debe permitir la operación segura y cómoda a la velocidad de diseño.

2.1.5.1.1. Diseño de localización

Dependerá de la pendiente gobernadora de diseño, los puntos obligados. Se proyectan en planta en un plano de curvas de nivel para trazar tangentes y así obtener el diseño de localización.

Es necesario revisar que en todo momento la pendiente del trazo nunca sea mayor a la pendiente máxima permitida.

En este proyecto se realizó un diseño de localización para lo cual se utilizará el tramo existente, tratando de trazar de una mejor forma el alineamiento horizontal.

2.1.5.1.2. Corrimientos

Los corrimientos de línea se hacen cuando por razones especiales el trazo preliminar, no cumpla con los requerimientos de proyecto, tales como: especificaciones, pasos obligados, suelos rocosos, entre ellos los cambios de línea hechos en campo son costosos, es necesario trasladar la cuadrilla de topografía, lo cual lleva a un replanteo topográfico.

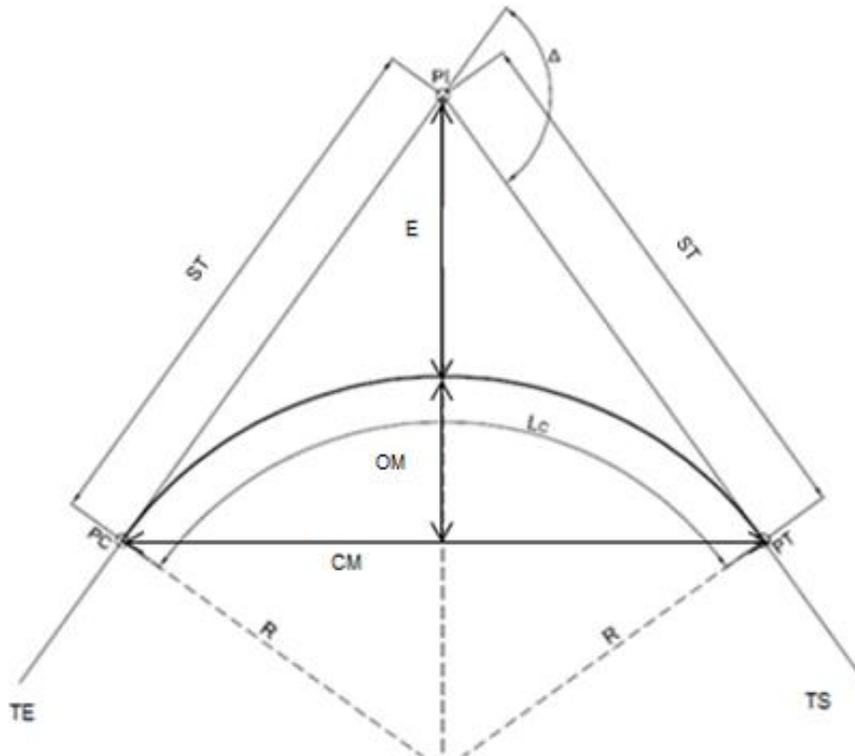
Para este proyecto no fue necesario calcular corrimientos.

2.1.5.1.3. Tangentes y curvas horizontales

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, las curvas horizontales definirán la ruta a seguir en el proceso de diseño. Las tangentes son líneas rectas dentro de una carretera y las curvas son arcos de

círculo que se utilizan para enlazar 2 tangentes consecutivas. Pueden ser simples o compuestas.

Figura 10. **Elementos de curva horizontal**



Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de diseño de curva 4

- **Radio (R)**
Es la distancia perpendicular al principio de curva (PC) o principio de tangente (PT) hacia el centro. Por ser carretera tipo A, el radio mínimo es de 110 m, debido a que el espacio lo permite se diseñó con un radio más grande.

$$R = 215$$

- Deflexión (Δ)

Entre los dos azimuts de la tangente de entrada y la de salida existe una diferencia angular. (Δ).

$$\Delta = \text{Azimut (TS)} - \text{Azimut (TE)}$$

$$\Delta = 303^{\circ} 21' 28'' - 277^{\circ} 28' 25'' = 25^{\circ} 53' 03''$$

- Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. Es decir, que el grado de curvatura que subtiende por un arco de 20 metros.

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

$$G = \frac{1145,9156}{215} = 5,32984$$

- Longitud de curva (LC)

Es la distancia sobre el arco o segmento de círculo desde el principio de curva (PC) al principio de tangente (PT).

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

$$Lc = \frac{20 (25.88)}{5,3298} = 97,13$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI). Debido a que es una curva simétrica la distancia entre el PI y principio de tangente (PT) es la misma.

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

$$St = 215 * \tan\left(\frac{25^\circ 53' 03''}{2}\right) = 49,41$$

- Cuerda máxima

Es la distancia en línea recta desde el PC a PT.

$$CM = 2R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$CM = 2 * 215 * \sin\left(\frac{25^\circ 53' 03''}{2}\right) = 96,31$$

- External

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

$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

$$E = \frac{215}{\cos\left(\frac{25^\circ 53' 03''}{2}\right)} = 5,60$$

- Ordenada media

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

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

$$Om = 215 \left[1 - \cos \frac{25^\circ 53' 03''}{2} \right] = 5,46$$

- Cálculo de estacionamientos

Para el cálculo se utilizan los datos de tangente y longitud de curva.

$$PC_1 = POT + Tg_1$$

$$PT_1 = PC_1 + LC_1$$

$$PC_2 = PT_1 + Tg_2$$

$$PC_i = PT_{i-1} + Tg_i$$

$$PC_4 = PT_3 + Tg_4$$

$$PC_4 = 923,63 + 696,64 = 1\,620,27$$

$$PT_i = PC_i + LC_i$$

$$PT_4 = PC_4 + LC_4$$

$$PT_4 = 1\,620,27 + 97,11 = 1\,719,07$$

2.1.5.1.4. Curva de transición

Llamada también curva espiral, curva que varía su radio según se avanza. Es utilizada por la necesidad de colocar un elemento que garantice la continuidad dinámica y geométrica de la curva.

Este tipo de curvas se colocan entre las alineaciones rectas y curvas, para permitir una transición gradual de curvatura.

En la tabla V, se puede encontrar la medida de longitud de espiral recomendada por la DGC, la cual debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta la velocidad de diseño. Para un $G = 5$ y una velocidad de diseño de 60 km/h, corresponde una longitud de espiral (L_s) = 42 metros.

2.1.5.1.5. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales las cuales son necesarias cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrifugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el pavimento.

En la tabla V se encuentra la medida del peralte que debe aplicarse a los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta una velocidad de diseño. Para un $G = 5$ y una velocidad de diseño de 60 km/h corresponde un peralte ($e \%$) = 6,8 %

En dado caso no se pueda visualizar bien la tabla V, ver anexo 1.

Tabla V. Longitud de espiral y peralte recomendados

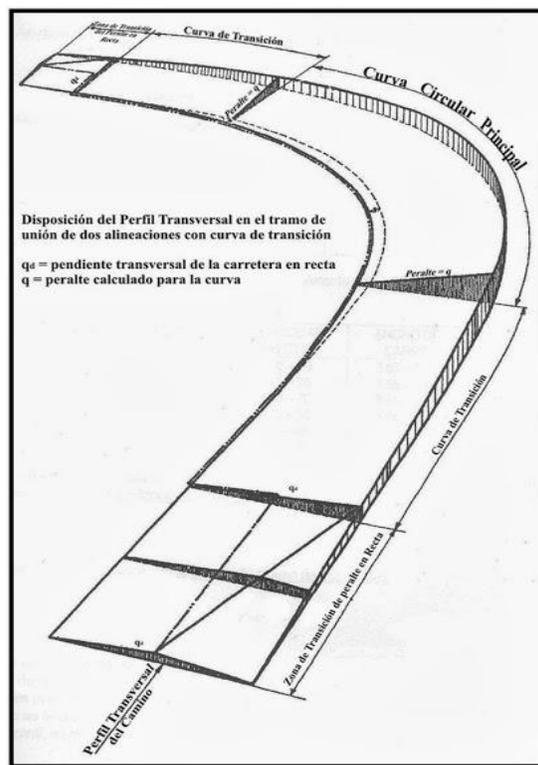
VELOCIDAD	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120																																								
	G°	RADIO	Ds=27	Ds=30	Ds=33	Ds=37	Ds=40	Ds=43	Ds=46	Ds=50	Ds=53	Ds=56	Ds=60	Ds=63	Ds=66	Ds=70	Ds=75	Ds=80	Ds=85	Ds=90																																							
1°	1145.92	BN	17	0'51"	BN	23	1'08"	BN	28	1'24"	BN	34	1'42"	BN	39	1'57"	BN	45	2'15"	BN	50	2'30"	BN	56	2'48"	BN	62	3'06"	BN	67	3'21"	BN	74	3'48"	BN	80	4'06"	BN	87	4'36"	BN	94	5'06"	BN	100	5'36"	BN	107	6'06"	BN	114	6'36"	BN	120	7'06"	BN			
2°	572.96	BN	17	1'42"	BN	23	2'18"	BN	28	2'48"	BN	34	3'24"	BN	39	3'54"	BN	45	4'30"	BN	50	5'06"	BN	56	5'42"	BN	62	6'18"	BN	67	6'54"	BN	74	7'30"	BN	80	8'06"	BN	87	8'42"	BN	94	9'18"	BN	100	9'54"	BN	107	10'30"	BN	114	11'06"	BN	120	11'42"	BN			
3°	381.97	BN	17	2'33"	BN	23	3'27"	BN	28	4'12"	BN	34	5'06"	BN	40	5'50"	BN	46	6'34"	BN	52	7'18"	BN	58	8'02"	BN	64	8'46"	BN	70	9'30"	BN	76	10'14"	BN	82	10'58"	BN	88	11'42"	BN	94	12'26"	BN	100	13'10"	BN	106	13'54"	BN	112	14'38"	BN	118	15'22"	BN	124	16'06"	BN
4°	286.48	BN	17	3'24"	BN	23	4'36"	BN	28	5'36"	BN	34	6'36"	BN	40	7'36"	BN	46	8'36"	BN	52	9'36"	BN	58	10'36"	BN	64	11'36"	BN	70	12'36"	BN	76	13'36"	BN	82	14'36"	BN	88	15'36"	BN	94	16'36"	BN	100	17'36"	BN	106	18'36"	BN	112	19'36"	BN	118	20'36"	BN	124	21'36"	BN
5°	226.18	BN	17	4'15"	BN	23	5'45"	BN	28	7'00"	BN	34	8'30"	BN	40	9'60"	BN	46	10'30"	BN	52	11'30"	BN	58	12'30"	BN	64	13'30"	BN	70	14'30"	BN	76	15'30"	BN	82	16'30"	BN	88	17'30"	BN	94	18'30"	BN	100	19'30"	BN	106	20'30"	BN	112	21'30"	BN	118	22'30"	BN	124	23'30"	BN
6°	190.99	BN	17	5'06"	BN	23	6'54"	BN	28	8'36"	BN	34	10'18"	BN	40	12'00"	BN	46	13'54"	BN	52	15'36"	BN	58	17'18"	BN	64	19'06"	BN	70	20'54"	BN	76	22'42"	BN	82	24'30"	BN	88	26'18"	BN	94	28'06"	BN	100	29'54"	BN	106	31'42"	BN	112	33'30"	BN	118	35'18"	BN	124	37'06"	BN
7°	163.70	BN	17	5'57"	BN	23	8'24"	BN	28	10'00"	BN	34	11'54"	BN	40	13'54"	BN	46	15'54"	BN	52	17'54"	BN	58	19'54"	BN	64	21'54"	BN	70	23'54"	BN	76	25'54"	BN	82	27'54"	BN	88	29'54"	BN	94	31'54"	BN	100	33'54"	BN	106	35'54"	BN	112	37'54"	BN	118	39'54"	BN	124	41'54"	BN
8°	143.24	BN	17	6'48"	BN	23	9'36"	BN	28	11'36"	BN	34	13'36"	BN	40	15'36"	BN	46	17'36"	BN	52	19'36"	BN	58	21'36"	BN	64	23'36"	BN	70	25'36"	BN	76	27'36"	BN	82	29'36"	BN	88	31'36"	BN	94	33'36"	BN	100	35'36"	BN	106	37'36"	BN	112	39'36"	BN	118	41'36"	BN	124	43'36"	BN
9°	127.32	BN	17	7'39"	BN	23	10'24"	BN	28	12'24"	BN	34	14'24"	BN	40	16'24"	BN	46	18'24"	BN	52	20'24"	BN	58	22'24"	BN	64	24'24"	BN	70	26'24"	BN	76	28'24"	BN	82	30'24"	BN	88	32'24"	BN	94	34'24"	BN	100	36'24"	BN	106	38'24"	BN	112	40'24"	BN	118	42'24"	BN	124	44'24"	BN
10°	114.59	BN	17	8'30"	BN	23	11'15"	BN	28	13'15"	BN	34	15'15"	BN	40	17'15"	BN	46	19'15"	BN	52	21'15"	BN	58	23'15"	BN	64	25'15"	BN	70	27'15"	BN	76	29'15"	BN	82	31'15"	BN	88	33'15"	BN	94	35'15"	BN	100	37'15"	BN	106	39'15"	BN	112	41'15"	BN	118	43'15"	BN	124	45'15"	BN
11°	104.17	BN	17	9'21"	BN	23	12'06"	BN	28	14'06"	BN	34	16'06"	BN	40	18'06"	BN	46	20'06"	BN	52	22'06"	BN	58	24'06"	BN	64	26'06"	BN	70	28'06"	BN	76	30'06"	BN	82	32'06"	BN	88	34'06"	BN	94	36'06"	BN	100	38'06"	BN	106	40'06"	BN	112	42'06"	BN	118	44'06"	BN	124	46'06"	BN
12°	95.46	BN	17	10'12"	BN	23	12'57"	BN	28	15'00"	BN	34	17'00"	BN	40	19'00"	BN	46	21'00"	BN	52	23'00"	BN	58	25'00"	BN	64	27'00"	BN	70	29'00"	BN	76	31'00"	BN	82	33'00"	BN	88	35'00"	BN	94	37'00"	BN	100	39'00"	BN	106	41'00"	BN	112	43'00"	BN	118	45'00"	BN	124	47'00"	BN
13°	88.15	BN	17	11'03"	BN	23	13'48"	BN	28	16'00"	BN	34	18'00"	BN	40	20'00"	BN	46	22'00"	BN	52	24'00"	BN	58	26'00"	BN	64	28'00"	BN	70	30'00"	BN	76	32'00"	BN	82	34'00"	BN	88	36'00"	BN	94	38'00"	BN	100	40'00"	BN	106	42'00"	BN	112	44'00"	BN	118	46'00"	BN	124	48'00"	BN
14°	81.85	BN	17	11'54"	BN	23	14'39"	BN	28	17'00"	BN	34	19'00"	BN	40	21'00"	BN	46	23'00"	BN	52	25'00"	BN	58	27'00"	BN	64	29'00"	BN	70	31'00"	BN	76	33'00"	BN	82	35'00"	BN	88	37'00"	BN	94	39'00"	BN	100	41'00"	BN	106	43'00"	BN	112	45'00"	BN	118	47'00"	BN	124	49'00"	BN
15°	76.39	BN	17	12'45"	BN	23	15'30"	BN	28	17'54"	BN	34	20'00"	BN	40	22'00"	BN	46	24'00"	BN	52	26'00"	BN	58	28'00"	BN	64	30'00"	BN	70	32'00"	BN	76	34'00"	BN	82	36'00"	BN	88	38'00"	BN	94	40'00"	BN	100	42'00"	BN	106	44'00"	BN	112	46'00"	BN	118	48'00"	BN	124	50'00"	BN
16°	71.62	BN	17	13'36"	BN	23	16'21"	BN	28	18'42"	BN	34	21'00"	BN	40	23'00"	BN	46	25'00"	BN	52	27'00"	BN	58	29'00"	BN	64	31'00"	BN	70	33'00"	BN	76	35'00"	BN	82	37'00"	BN	88	39'00"	BN	94	41'00"	BN	100	43'00"	BN	106	45'00"	BN	112	47'00"	BN	118	49'00"	BN	124	51'00"	BN
17°	67.41	BN	17	14'27"	BN	23	17'12"	BN	28	19'33"	BN	34	21'54"	BN	40	24'00"	BN	46	26'00"	BN	52	28'00"	BN	58	30'00"	BN	64	32'00"	BN	70	34'00"	BN	76	36'00"	BN	82	38'00"	BN	88	40'00"	BN	94	42'00"	BN	100	44'00"	BN	106	46'00"	BN	112	48'00"	BN	118	50'00"	BN	124	52'00"	BN
18°	63.66	BN	17	15'18"	BN	23	18'03"	BN	28	20'24"	BN	34	22'30"	BN	40	25'00"	BN	46	27'00"	BN	52	29'00"	BN	58	31'00"	BN	64	33'00"	BN	70	35'00"	BN	76	37'00"	BN	82	39'00"	BN	88	41'00"	BN	94	43'00"	BN	100	45'00"	BN	106	47'00"	BN	112	49'00"	BN	118	51'00"	BN	124	53'00"	BN
19°	60.31	BN	17	16'09"	BN	23	18'54"	BN	28	21'15"	BN	34	23'21"	BN	40	26'00"	BN	46	28'00"	BN	52	30'00"	BN	58	32'00"	BN	64	34'00"	BN	70	36'00"	BN	76	38'00"	BN	82	40'00"	BN	88	42'00"	BN	94	44'00"	BN	100	46'00"	BN	106	48'00"	BN	112	50'00"	BN	118	52'00"	BN	124	54'00"	BN
20°	57.30	BN	17	17'00"	BN	23	19'45"	BN	28	22'00"	BN	34	24'00"	BN	40	27'00"	BN	46	29'00"	BN	52	31'00"	BN	58	33'00"	BN	64	35'00"	BN	70	37'00"	BN	76	39'00"	BN	82	41'00"	BN	88	43'00"	BN	94	45'00"	BN	100	47'00"	BN	106	49'00"	BN	112	51'00"	BN	118	53'00"	BN	124	55'00"	BN
21°	54.57	BN	17	17'51"	BN	23	20'36"	BN	28	22'15"	BN	34	24'30"	BN	40	28'00"	BN	46	30'00"	BN	52	32'00"	BN	58	34'00"	BN	64	36'00"	BN	70	38'00"	BN	76	40'00"	BN	82	42'00"	BN	88	44'00"	BN	94	46'00"	BN	100	48'00"	BN	106	50'00"	BN	112	52'00"	BN	118	54'00"	BN	124	56'00"	BN
22°	52.09	BN	17	18'42"	BN	23	21'27"	BN	28	23'00"	BN	34	25'21"	BN	40	29'00"	BN	46	31'00"	BN	52	33'00"	BN	58	35'00"	BN	64	37'00"	BN	70	39'00"	BN	76	41'00"	BN	82	43'00"	BN	88	45'00"	BN	94	47'00"	BN	100	49'00"	BN	106	51'00"	BN	112	53'00"	BN	118	55'00"	BN	124	57'00"	BN
23°	49.82	BN	17	19'33"	BN	23	22'18"	BN	28	23'54"	BN	34	26'00"	BN	40	30'00"	BN	46	32'00"	BN	52	34'00"	BN	58	36'00"	BN	64	38'00"	BN	70	40'00"	BN	76	42'00"	BN	82	44'00"	BN																					

2.1.5.1.6. Sobreancho

Con el fin de que el alineamiento de los bordes de la calzada se presente de forma regular y continua, se acostumbra ubicar sobreanchos.

El sobreancho de una curva es el aumento gradual del ancho de la sección típica desde la entrada de la curva, usualmente en el borde interno de la curva. Además reducir de forma gradual en la salida de la curva.

Figura 11. Peralte y sobreancho en curva



Fuente: Google. <http://4.bp.blogspot.com/-0tWuzc60Vf8/UI2rD3eL65I/AAAAAAAAAABY/mBiNroE6WIY/s640/esq3.jpg>.

Consulta: enero de 2016.

En la tabla VI, se encuentra la medida del sobreesfuerzo que debe aplicarse para cada grado de curvatura. Para un grado de curvatura (G) = 5 y una velocidad de diseño de 60 km/h, corresponde un sobreesfuerzo (Sa) de 0,6 metros.

Tabla VII. **Tabla resumen de curvas horizontales**

ALINEAMIENTO 1																	
Curva	R	G	G	LC	ST	PC	PI	PT	E	CM	OM	Δ	Δ	Vel Diseño	e%	Ls	Sa
1	3500	0.32740446	0°19'38"	176.69	88.37	0+000.00	0+88.37	0+176.73	1.12	176.67	1.11	2.8925	2°53'33"	60	1.4	34	AN
2	380	3.01556737	3°0'56"	25.40	12.70	0+524.71	0+537.41	0+550.12	0.21	25.39	0.21	3.8291	3°49'44"	60	4.1	34	0.6
3	9000	0.12732396	0°7'38"	180.69	90.35	0+742.94	0+833.29	0+923.63	0.45	180.69	0.45	1.1503	1°9'1"	60	1.4	34	AN
4	215	5.32984	5°19'47"	97.13	49.41	1+620.27	1+669.68	1+719.09	5.60	96.31	5.46	25.8843	25°53'33"	60	6.8	42	0.6

ALINEAMIENTO 2																	
Curva	R	G	G	LC	ST	PC	PI	PT	E	CM	OM	Δ	Δ	Vel Diseño	e%	Ls	Sa
5	215	5.32984	5°19'47"	41.48	20.80	1+371.73	1+392.53	1+413.34	1.00	41.42	1.00	11.054	11°3'14"	60	6.8	42	0.6
6	41	27.949161	27°56'56"	46.98	26.45	1+519.41	1+545.86	1+572.31	7.79	44.45	6.55	65.6564	65°39'23"	30	8.3	37	AN
7	215	5.32984	5°19'47"	38.44	19.27	1+589.10	1+608.37	1+627.64	0.86	38.39	0.86	10.243	10°14'34"	60	6.8	42	0.6

ALINEAMIENTO 5 - Rotonda 2																	
Curva	R	G	G	LC	ST	PC	PI	PT	E	CM	OM	Δ	Δ	Vel Diseño	e%	Ls	Sa
8	18	63.6619778	63°39'43"	28.91	18.65	1+480.74	1+499.39	1+518.03	7.92	25.90	5.50	92.0209	92°1'15"	30	---	---	---
9	18	63.6619778	63°39'43"	21.00	11.88	1+543.96	1+555.84	1+567.72	3.57	19.83	2.98	66.8559	66°51'21"	30	---	---	---

ALINEAMIENTO 4 - Salida a Parque Ecologico Naciones Unidas																	
Curva	R	G	G	LC	ST	PC	PI	PT	E	CM	OM	Δ	Δ	Vel Diseño	e%	Ls	Sa
10	60	19.0985933	19°5'54"	24.50	12.42	0+039.38	0+051.80	0+064.23	1.27	24.33	1.25	23.3975	23°23'51"	40	10	50	1

ALINEAMIENTO 3 - Entrada a Parque Ecologico Naciones Unidas																	
Curva	R	G	G	LC	ST	PC	PI	PT	E	CM	OM	Δ	Δ	Vel Diseño	e%	Ls	Sa
11	25	45.836624	45°50'11"	23.41	12.65	1+536.29	1+548.94	1+561.58	3.02	22.57	2.69	53.6632	53°39'47"	20	---	---	---

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.2. Alineamiento vertical

Es la proyección de la carretera vista en perfil, la cual está conformada por tangentes y curvas parabólicas.

2.1.5.2.1. Diseño de subrasante

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre el cual se coloca la estructura de pavimento. La subrasante recibe los esfuerzos que transmite el pavimento a través de la base y esta se transmite al terreno natural.

Las propiedades requeridas de la subrasante incluyen la resistencia, el drenaje, la fácil compactación, la conservación de la compactación y la estabilidad volumétrica. Las respuestas estructurales del pavimento son influidas significativamente por la subrasante.

2.1.5.2.2. Pendientes

Es llamada pendiente a la inclinación de las tangentes verticales, las cuales dependen de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto y de los costos de construcción.

La pendiente longitudinal de la subrasante debe garantizar el escurrimiento fácil de aguas de lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas.

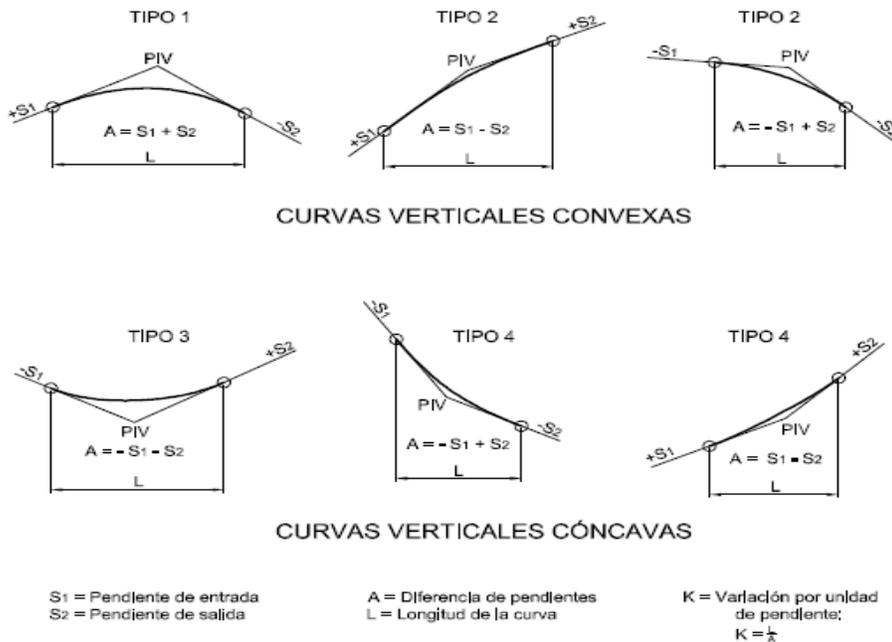
Para este proyecto respecto a su tipo de carretera, se utilizó una pendiente máxima de 4 %. En dos tramos de la carretera, dicha pendiente fue

superada debido a que debía pasar por puntos obligatorios para ser conectado con las carreteras provenientes o siguientes y del mismo modo para reducir costos de movimiento de tierras.

2.1.5.2.3. Curvas verticales

Las carreteras son conformadas por alineamientos horizontales y verticales. En la parte de altimetría se estudian las curvas verticales, las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de salida.

Figura 12. Tipos de curvas verticales



Fuente: Ministerio de Transportes. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Perú. p.132.

Al momento de diseñar curvas verticales se debe tener en cuenta las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales, con el objetivos, de evitar el traslape y dejando la mejor visibilidad posible a los conductores. La longitud de curvas mínimas verticales se calcula de la siguiente manera:

$$LCV = K * A$$

Donde

LCV = longitud mínima de curvas verticales dada en metros

A = diferencia algebraica de las pendientes dada en porcentaje

K = constante que depende de la velocidad de diseño

Es necesario que las curvas verticales cumplan con la distancia de visibilidad, la longitud deberá calcularse por medio del parámetro K. En la tabla VIII se muestran los valores mínimos de K, según la velocidad de diseño.

Tabla VIII. **Valores K para curvas verticales**

Velocidad (km/h)	K Según tipo de curva	
	Convexa	Cóncava
20	1	2
30	2	4
40	4	6
50	7	9
60	12	12
70	19	17
80	29	23
90	43	29
100	60	36

Fuente: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1*. p.31.

Existen criterios los cuales ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales.

- Criterio de seguridad
Establece una longitud mínima que debe tener la curva para que toda su trayectoria, la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada.

$$LCV = K * A$$

- Criterio de apariencia
Evita al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

- Criterio de drenaje
Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

- Criterio de comodidad
Para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección sea sumada al peso del mismo.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

Ejemplo de diseño curva 1

Es una curva cóncava con velocidad de diseño de 60 km/hr, y se propuso una longitud de curva vertical (LCV) de 192,28 metros y un PIV en la estación 0+100,00 con elevación de 106,366 metros. Se tiene una pendiente de entrada de -6,31 % y una pendiente de salida de -1,32 %.

Teniendo en cuenta lo siguiente:

Pendiente de entrada (P_e) = -6,31 %

Pendiente de salida (P_s) = -1,32 %

$$A = |P_s - P_e|$$

$$A = |-1,32 - (-6,31)| = 4,99$$

Se procede a calcular la longitud de curva vertical mediante los cuatro criterios.

Se propuso una longitud de curva vertical inicial de 194,28 metros

- Criterio de seguridad

Para calcular la longitud de curva vertical mínima se toma un valor de $K = 12$, por ser una curva cóncava y por su velocidad de diseño de 60 km/hr, según tabla VIII.

$$LCV = 12 * 4,99 = 59,88$$

Se procede a comparar longitud de curva vertical propuesta con longitud de curva vertical mínima.

$$194,28 > 59,88 \text{ (Sí cumple)}$$

- Criterio de apariencia

$$K = \frac{194,28}{4,99} = 38,93 \geq 30 \text{ (Sí cumple)}$$

- Criterio de drenaje

$$K = \frac{194,28}{4,99} = 38,93 \leq 43 \text{ (Sí cumple)}$$

- Criterio de comodidad

$$K = \frac{194,28}{4,99} \geq \frac{60^2}{395}$$

$$38,93 \geq 9,11 \text{ (Sí cumple)}$$

2.1.5.2.4. Correcciones

Se debe hacer el cálculo de la corrección de la subrasante, la cual está en función de la longitud de curva vertical que se describe a continuación.

$$y = \frac{A * l^2}{200 * LCV}$$

Donde

y = corrección de la subrasante

l = longitud que existe desde la estación que se analiza al PCV o PTV según sea el caso.

LCV = longitud de curva vertical

Ejemplo de corrección curva 1

Para la estación 0+100,00 (PIV), la corrección sería:

Se calcula el principio de curva vertical (PCV).

$$PCV = PIV - \frac{LCV}{2}$$

$$PCV = 100 - \frac{194,28}{2} = 0 + 002,86$$

Se procede a calcular la corrección.

$$y = \frac{A * (PIV - PCV)^2}{200 * (LCV)}$$

$$y = \frac{4,99 * (100 - 2,86)^2}{200 * (192,28)} = 1,21$$

Corrección elev PIV = Elev_{PIV} + y

$$106,336 + 1,21 = 107,548$$

Tabla IX. Resumen de curvas verticales

ALINEAMIENTO 1															
CURVA	ESTACIÓN			PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	K Según AASHTO	K (LCV / A)	APARIENCIA LCV/A >= 30	COMODIDAD LCV/A >= V ² /395	DRENAJE LCV/A <= 43	SEGURIDAD LCV = k * A	OM
	PCV	PIV	PTV												
1	0+002.86	0+100.00	0+197.14	-6.31	-1.32	4.99	CONCAVA	194.28	12	38.93	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	59.88	1.212
2	0+386.17	0+441.59	0+497.01	-1.32	1.94	3.26	CONCAVA	110.845	12	34.00	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	39.12	0.452
3	0+626.81	0+693.57	0+760.33	1.94	-2.51	4.45	CONVEXA	133.526	12	30.01	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	53.4	0.743
5	0+934.95	0+977.58	1+020.21	-2.51	0.3	2.81	CONCAVA	85.259	12	30.34	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	33.72	0.299
6	1+173.56	1+197.01	1+220.47	0.3	1.39	1.09	CONCAVA	46.91	12	43.00	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	13.08	0.064
7	1+307.66	1+351.61	1+395.56	1.39	3.44	2.05	CONCAVA	87.9	12	42.88	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	24.6	0.225
8	1+496.24	1+504.74	1+513.24	3.44	3.84	0.4	CONVEXA	17	12	42.50	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	4.8	0.009
9	1+649.62	1+691.11	1+732.60	3.84	-6.4	10.24	CONVEXA	82.973	12	8.10283	NO CUMPLE	NO CUMPLE	ES MENOR	122.88	1.062
10		1+759.76		-6.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ALINEAMIENTO 2															
CURVA	ESTACIÓN			PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	K Según AASHTO	K (LCV / A)	APARIENCIA LCV/A >= 30	COMODIDAD LCV/A >= V ² /395	DRENAJE LCV/A <= 43	SEGURIDAD LCV = k * A	OM
	PCV	PIV	PTV												
		1+300.00		---	1.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11	1+430.80	1+476.00	1+521.21	1.6	3.7	2.1	CONCAVA	90.41	12	43.05238	ES MAYOR	ES MAYOR	ES MENOR	25.2	0.237
		1+682.12		3.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ALINEAMIENTO - Entrada a Parque Ecologico Naciones Unidas															
CURVA	ESTACIÓN			PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	K Según AASHTO	K (LCV / A)	APARIENCIA LCV/A >= 30	COMODIDAD LCV/A >= V ² /395	DRENAJE LCV/A <= 43	SEGURIDAD LCV = k * A	OM
	PCV	PIV	PTV												
		1+523.60		---	-3.76	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12	1+524.03	1+552.86	1+581.69	-3.76	4.76	8.52	CONCAVA	57.66	12	6.76761	NO CUMPLE	NO CUMPLE	ES MENOR	102.24	0.614
		1+587.25		4.76	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ALINEAMIENTO - Salida a Parque Ecologico Naciones Unidas															
CURVA	ESTACIÓN			PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	K Según AASHTO	K (LCV / A)	APARIENCIA LCV/A >= 30	COMODIDAD LCV/A >= V ² /395	DRENAJE LCV/A <= 43	SEGURIDAD LCV = k * A	OM
	PCV	PIV	PTV												
		1+523.60		---	-5.04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13	1+532.05	1+552.86	1+573.67	-5.04	6.77	11.81	CONCAVA	41.627	12	3.52472	NO CUMPLE	NO CUMPLE	ES MENOR	141.72	0.614519
		1+574.92		6.77	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Resumen de correcciones curvas verticales

ALINEAMIENTO 1											
CURVA	PCV	PIV	PTV	PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	ELEVACIÓN SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
		0+096.18		---	-6.31	---	---	---	---	---	---
1	0+002.86	0+100.00	0+197.14	-6.31	-1.32	4.99	CONCAVA	194.28	106.336	1.21	107.548
2	0+386.17	0+441.59	0+497.01	-1.32	1.94	3.26	CONCAVA	110.845	101.830	0.45	102.282
3	0+626.81	0+693.57	0+760.33	1.94	-2.51	4.45	CONVEXA	133.526	106.729	0.74	105.986
5	0+934.95	0+977.58	1+020.21	-2.51	0.3	2.81	CONCAVA	85.259	99.609	0.30	99.908
6	1+173.56	1+197.01	1+220.47	0.3	1.39	1.09	CONCAVA	46.91	100.277	0.06	100.341
7	1+307.66	1+351.61	1+395.56	1.39	3.44	2.05	CONCAVA	87.9	101.429	0.23	101.654
8	1+496.24	1+504.74	1+513.24	3.44	3.84	0.4	CONVEXA	17	107.697	0.009	107.689
9	1+649.62	1+691.11	1+732.60	3.84	-6.4	10.24	CONVEXA	82.973	114.850	1.06	113.788
10		1+759.76		-6.4	---	---	---	---	---	---	---

ALINEAMIENTO 2											
CURVA	PCV	PIV	PTV	PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	ELEVACIÓN SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
		1+300.00		---	1.6	---	---	---	---	---	---
11	1+430.80	1+476.00	1+521.21	1.6	3.7	2.1	CONCAVA	90.41	102.827	0.24	103.064
		1+682.12		3.7	---	---	---	---	---	---	---

ALINEAMIENTO 3 - Entrada a Parque Ecologico Naciones Unidas											
CURVA	PCV	PIV	PTV	PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	ELEVACIÓN SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
		1+523.60		---	-3.76	---	---	---	---	---	---
12	1+524.03	1+552.86	1+581.69	-3.76	4.76	8.52	CONCAVA	57.66	105.85	0.6141	106.464
		1+587.25		4.76	---	---	---	---	---	---	---

ALINEAMIENTO 4 - Salida a Parque Ecologico Naciones Unidas											
CURVA	PCV	PIV	PTV	PENDIENTE ENTRADA (%)	PENDIENTE SALIDA (%)	A	TIPO DE CURVA	LCV de Diseño	ELEVACIÓN SUBRASANTE	CORRECCIÓN	SUBRASANTE CORREGIDA
		1+523.60		---	-5.04	---	---	---	---	---	---
13	1+532.05	1+552.86	1+573.67	-5.04	6.77	11.81	CONCAVA	41.627	105.476	0.6143	106.090
		1+574.92		6.77	---	---	---	---	---	---	---

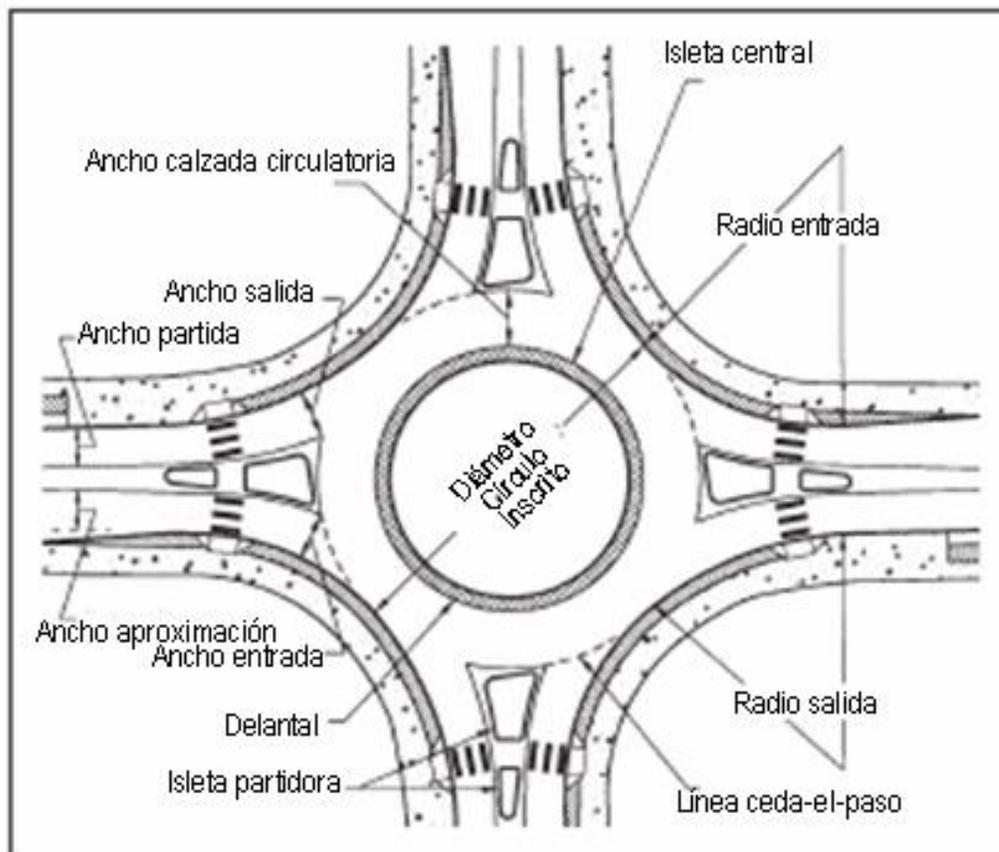
Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3. Glorietas

Es una construcción vial diseñada para facilitar los cruces de caminos y reducir el peligro de accidentes.

Se entiende por rotonda un tipo especial de intersección en el que los tramos se comunican a través de un anillo, en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de una isleta central.

Figura 13. Elementos geométricos básicos de una rotonda



Fuente: Google. www.tfrc.gov/safety/00068.htm. Consulta: enero de 2016.

- Velocidad de rotonda

Por sus profundos impactos sobre la seguridad, alcanzar las adecuadas velocidades vehiculares a través de la rotonda, es el objetivo más crítico de diseño.

Tabla XI. **Máximas velocidades de diseño**

Categoría	Velocidad de diseño máxima recomendada
Minirotonda	25 km/hr
Urbana compactada	25 km/hr
Urbana carril simple	35 km/hr
Urbana carril doble	40 km/hr
Rural carril simple	40 km/hr
Rural carril doble	50 km/hr

Fuente: elaboración propia.

- Elementos geométricos

Se presenta parámetros y guías específicas para diseñar cada elemento geométrico de una rotonda.

- Diámetro círculo inscrito

Es la distancia a través del círculo inscrito por el cordón exterior (o borde) de la calzada circulatoria.

Tabla XII. **Rangos recomendados de diámetro de círculo inscrito**

Categoría	Diámetro círculo inscrito
Minirotonda	13 – 25 m
Urbana compactada	25 – 30 m
Urbana carril simple	30 – 40 m
Urbana carril doble	45 – 55 m
Rural carril simple	35 – 40 m
Rural carril doble	55 – 60 m

Fuente: elaboración propia.

○ Isleta central

La isleta central de una rotonda es la superficie elevada, no atravesable y comprendida por la calzada circulatoria; también puede incluir un delantal atravesable.

Típicamente se ajardina la isleta por razones estéticas y para realzar el reconocimiento de la rotonda por parte del conductor en una aproximación. Las isletas centrales deben ser siempre elevadas, no deprimidas, ya que las isletas deprimidas son difíciles de reconocer por parte de los conductores que se aproximan.

Tabla XIII. **Diámetros de isleta central**

Diámetro de círculo inscrito	Diámetro isleta central
45 m	25,4 m
50 m	31,4 m
55 m	36,8 m
60 m	41,8 m
65 m	47,6 m

Fuente: elaboración propia.

Se propuso una rotonda de diámetro de círculo inscrito de 48 metros, con un diámetro de isleta central de 16 metros, cuenta con 2 carriles con anchos de 8 metros. El diseño se realizó con el software AutoCAD Vehicle Tracker.

2.1.6. Movimiento de tierras

Es el conjunto de actividades en el cual se procede a realizar cortes y rellenos a un terreno para la ejecución de una obra, para lo cual se debe realizar previamente un replanteo topográfico, para trazar la subrasante definida en los trabajos previos de localización.

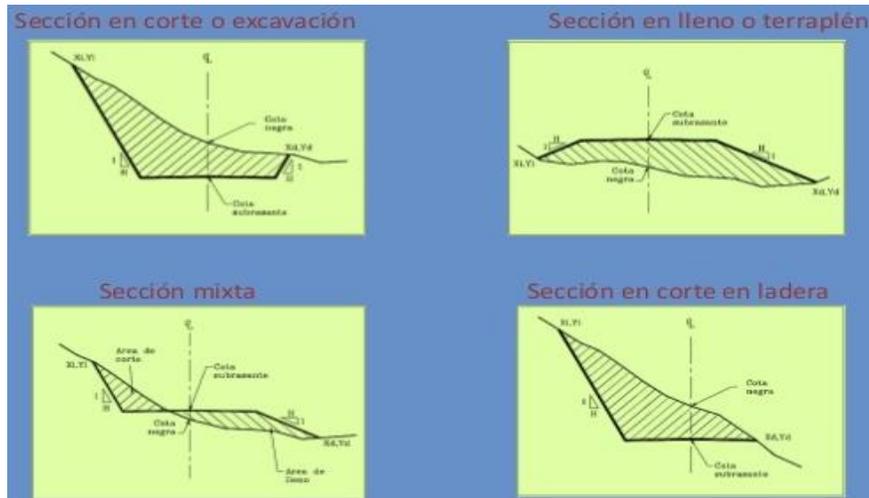
2.1.6.1. Secciones transversales

La sección transversal de una carretera se define como un plano de corte vertical, normal sobre el alineamiento horizontal. En cual se permite definir las dimensiones de elementos complementarios, tales como: superficie de rodadura, base, bermas, aceras, cunetas, taludes, mostrando así su relación con el terreno natural.

Para este proyecto se utilizó un bombeo de 2 por ciento o el peralte que sea apropiado, un ancho de calzada de 3,6 metros por cada carril y en total serían 4 carriles (2 en cada sentido), los cuales estarán separados por una mediana de 1 metro. Se integraron 1 banqueteta y una ciclovía de 2 metros (2 sentidos).

Debe proyectarse como mínimo secciones transversales de las tangentes a cada 20 metros, mientras que en las curvas a un mínimo de 10 metros. Mientras más secciones transversales, mejor y más exacto será el trazo de la carretera.

Figura 14. **Secciones transversales según el terreno natural**



Fuente: GUERRA, Esteban. <http://es.slideshare.net/julianEsteban2/volumenes-de-tierra>.

Consulta: abril de 2016.

2.1.6.2. Cálculo de áreas de secciones transversales

Para realizar el cálculo de las áreas de las secciones transversales del alineamiento, se debe colocar a cada 20 metros una sección típica, dependiendo del terreno se establecerá si es necesario emplear taludes de corte y relleno según su altura.

Para realizar el cálculo se puede utilizar el método gráfico, el cual consiste en medir las áreas por medio de un planímetro graduado, o puede calcularse el área, asignando coordenadas como se considere apropiado.

Dicho método en el cual se asignan coordenadas se llama método por determinantes, en el que las coordenadas de los puntos delimitan las áreas de corte y relleno.

Figura 15. **Cálculo de un área transversal por determinantes**

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

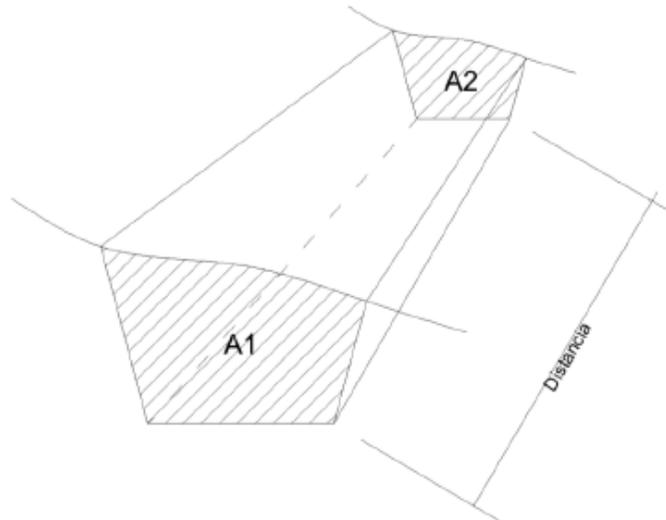
El área se determina mediante a la siguiente ecuación:

$$\hat{A}REA = \sum \left[\frac{\sum(X_t * Y_{t+1}) - \sum(Y_t * X_{t+1})}{2} \right]$$

2.1.6.3. **Cálculo de volúmenes y distancias de paso**

El método más utilizado es el del prismoide, debido a que las secciones consecutivas forman un prisma. Lo cual hace cumplir si las rectas del prismoide son paralelas a un plano director y si entre dos secciones transversales paralelas consecutivas no se observa un brusco cambio de terreno. Para utilizar este método, la diferencia entre las áreas de las secciones no deberán ser tan grandes.

Figura 16. **Volumen entre secciones por áreas de corte consecutivas**



Fuente: RIVERA, Yury. *Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, USAC*. p. 97.

Cuando se presentan dos secciones transversales consecutivas (ambas de corte o ambas de relleno), el volumen se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Volumen = \frac{A_1 + A_2}{2} * d$$

Donde

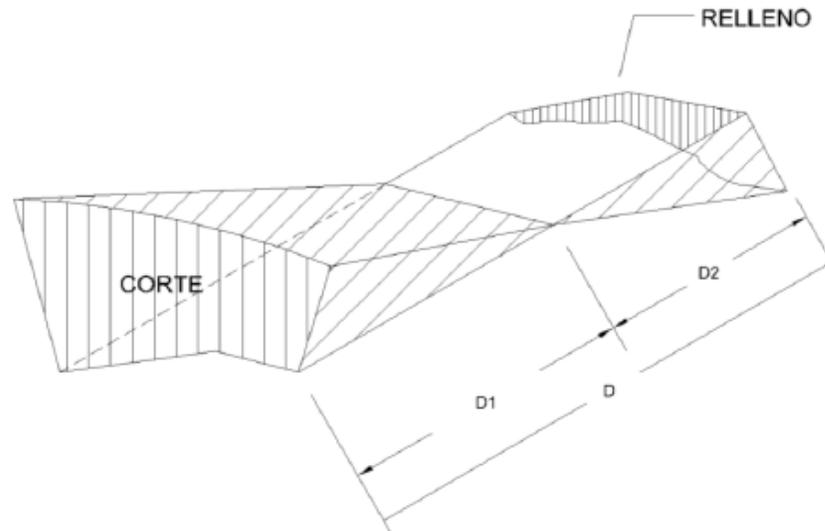
A_1 = área de la primera sección transversal

A_2 = área de la segunda sección transversal

D = distancia que existe entre ambas secciones transversales

También se puede dar el caso en el cual una sección está a corte y la otra consecutiva en relleno, la cual se le llama sección mixta.

Figura 17. **Volumen entre secciones consecutivas mixtas**



Fuente: RIVERA, Yury. *Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, USAC*. p. 98.

Se debe asumir que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte (A_c) y el de la línea de paso es cero y el relleno entre el área de relleno (A_r) y el de la línea de paso, se calculan mediante las siguientes ecuaciones.

$$V_c = \frac{1}{2} * (A_c + A_0) * d_c$$

$$V_r = \frac{1}{2} * (A_r + A_0) * d_r$$

Donde

V_c = volumen de corte en m^3

V_r = volumen de relleno en m^3

A_c = área de corte en m^2

A_r = área de relleno en m^2

A_0 = es el área de la sección en la línea de paso = 0

dc = distancia de paso de corte en metros

dr = distancia de paso de relleno en metros

Para determinar dc y dr , se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

$$dc = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d \quad dr = \frac{A_r}{A_C + A_R} * d$$

Los volúmenes de corte y relleno se calcularon por medio de la herramienta de cálculo que brinda el software de AutoCAD Civil 3D.

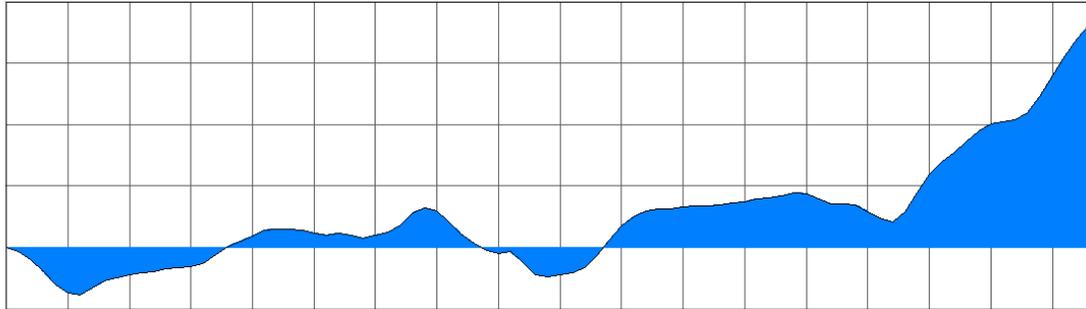
2.1.6.4. Balance y diagrama de masas

Al diseñar un camino es importante obtener un resultado satisfactorio y conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras.

El diagrama de masas es un esquema el cual se utiliza para optimizar el procedimiento de movimiento de tierras, de tal manera que sea el menor posible y que también se pueda compensar, Esto quiere decir, que no debe haber exceso de tierras. En él se expresan las cantidades de corte y de relleno, su compensación y movimiento.

Para este proyecto se utilizó el análisis que brinda AutoCAD Civil 3D, el cual realiza la línea de masas, se puede observar los cortes y rellenos, tomando una distancia de acarreo libre de 1 000 metros. El total de volumen de desperdicio será de 6 691,47 m^3 .

Figura 18. **Línea de masas del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Elementos de pavimento

En un pavimento se puede observar que está conformado por distintas capas de material, las cuales varían en su espesor y material, dichas características están en función de las propiedades mecánicas del suelo y del tránsito que recorre el tramo carretero.

2.1.7.1. Subrasante

Es el suelo en el cual se constituirá la estructura del pavimento, esta capa de suelo debe presentar una capacidad de soporte adecuada, de no ser así, se procede a mejorar por medio de una estabilización de suelos.

El material utilizado para la subrasante debe cumplir con las siguientes condiciones:

- No debe ser un suelo altamente orgánico, clasificado en el grupo A-8, según AASHTO M 145.

- Ser un suelo, de preferencia granular, presentar menos del 3 % de expansión de acuerdo con AASHTO T 193 (CBR).

El suelo presente cumple con los requisitos para formar parte de una subrasante regular, como se comprobó anteriormente, luego de conocer el análisis de resultados de laboratorio, a excepción de no ser un suelo granular.

2.1.7.2. Base

Es la capa de la estructura del pavimento destinada principalmente a soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas aplicadas a la superficie de la rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de la subrasante puede soportar, absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar la base.

Esta capa es utilizada como drenaje, protegiendo así la vida útil del pavimento, por lo cual se utilizan materiales granulares.

El material utilizado para base debe cumplir con los siguientes requisitos:

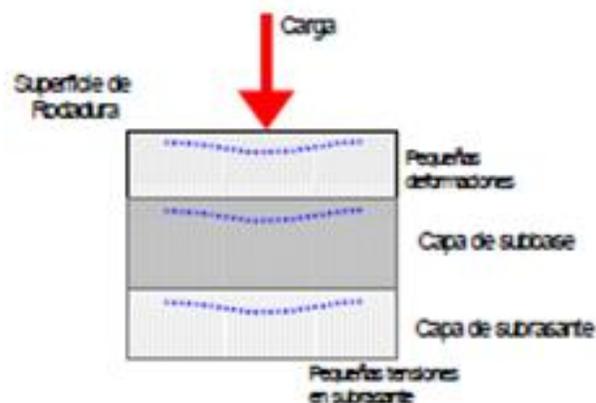
- Deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de subrasante.
- El valor soporte (CBR) debe determinarse según AASHTO T-193 sobre muestra saturada según AASHTO T-180.
- El tamaño de las piedras que contenga el material no debe ser mayor de $\frac{2}{3}$ del espesor de esta y los porcentajes que pasan los tamices núm. 40 y núm. 200, deben ser según AASHTO T-11 y T-27.

- El índice de plasticidad debe determinarse según AASHTO T- 90, y el límite líquido según AASHTO T-89, determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo, según AASHTO T-146.
- El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla y cualquier otro material que puede ocasionar problemas específicos al pavimento.

2.1.7.3. Capa de rodadura

Es la capa superior de la estructura del pavimento la cual es construída sobre la base, además es la que queda a la intemperie y libre al tránsito. Es construida con concreto hidráulico debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, su función está basada en la capacidad portante de las losas de concreto más que en la capacidad de la subrasante, dado a que no se utiliza una capa base.

Figura 19. Estructura pavimento rígido



Fuente: CORONADO, Jorge. *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 91.

2.1.8. Diseño de pavimento

El concepto de diseño del pavimento, es determinar primero el espesor de la estructura, basado en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales; el período de desempeño de un pavimento está en función de la pérdida de serviciabilidad.

2.1.8.1. Diseño de pavimento por el método de la Portland Cement Association (PCA) simplificado

Un pavimento de concreto rígido consiste en una losa de concreto simple o armado, apoyada sobre una base o base. La PCA proporciona tablas y ayudas de diseño para el caso en el cual no se cuente con aforos vehiculares. Se debe seleccionar los parámetros con los cuales se tenga que tratar, ya que por falta de criterio de selección se puede dar origen a una subevaluación del pavimento por construir.

Los pasos para diseñar son los siguientes:

- Determinar el tipo de categoría de eje-carga, según la descripción de la carretera.
- Diseñar la base en función del tipo de subrasante, evaluando el CBR del material.
- Diseñar la carpeta de rodadura en función del tipo de soporte dado por la subrasante y base.

Dado a que el tramo carretero se encuentra en una zona de calles colectoras, caminos secundarios altos, arterias principales y caminos principales bajos se procede a clasificar mediante la tabla XIV.

Tabla XIV. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Tabla 10.10 Categorías de tráfico en función de cargas por eje						
Categoría de ejes	Descripción	TPDA	Tráfico		Carga máxima por eje	
			TPPD		Eje sencillo	Ejes dobles
Cargados			%	Por día		
1	Calles residenciales Caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1 - 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras Caminos rurales y secundarios (altos*) Arterias principales y caminos principales (bajos*)	700 - 5,000	5 - 18	40 - 1,000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*) Viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 carriles 3,000 - 50,000 ⁴ carriles	8 - 30	500 - 1,000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*) Carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto*)	3,000 - 20,000 2 carriles 3,000 - 150,000 ⁴ carriles o más	8 - 30	1,500 - 8,000 ⁺	34	60

* La descripción de bajo, medio y alto corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino; es decir, "bajo" para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de "bajo" para un camino secundario.

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

Para este proyecto se determinó un período de diseño de 20 años, se realizó un conteo de vehículos el 21 de noviembre de 2015, el cual dió como resultado un TPD de 2 510 vehículos, con una tasa de crecimiento de 3,5 %. Lo cual proyectando el tránsito da como resultado 4 995 vehículos.

Se toma la categoría por eje núm. 2 se tiene un porcentaje de tránsito promedio pesado diario (TPPD) de 6 %, lo cual produce como resultado:

$$4\ 995 * 6 \% = \text{TPPD} = 300 \text{ veh\u00edculos}$$

Para dise\u00f1ar el espesor de la base primero se procede a determinar que valor de k de la subrasante, la cual se determina por medio del esquema mostrado en la tabla XV, utilizando los resultados del ensayo de CBR (ver ap\u00e9ndice 1). Seg\u00fan los ensayos de laboratorio se logr\u00f3 determinar un CBR de 16,25 % al 95,0 % de compactaci\u00f3n como lo especifica la Direcci\u00f3n General de Caminos.

Tabla XV. **M\u00f3dulo de reacci\u00f3n de subrasante k**

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100
SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LA A.S.T.M.																
GP																
GW																
CM																
GC																
GW																
SM																
SP																
SC																
CH																
ML																
CH																
CL																
CP																
MH																
CLASIFICACION DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O.																
A-1-a																
A-1-b																
A-2-4																
A-2-5																
A-2-6																
A-2-7																
A-3																
A-4																
A-5																
A-6																
A-7-5																
A-7-6																
CLASIFICACION DE SUELOS DE LA ADMINISTRACION FEDERAL DE AVIACION																
E-1																
E-2																
E-3																
E-4																
E-5																
E-6																
E-7																
E-8																
E-9																
E-10																
E-11																
E-12																
VALOR DE RESISTENCIA (R)																
5																
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
MODULO DE LA REACCION DE LA SUBRASANTE (K) LBS/PULG^3																
100																
150																
200																
250																
300																
400																
600																
700																
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG^2																
10																
20																
30																
40																
50																
60																
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100

Fuente: LONDO\u00d1O, Cipriano. *Dise\u00f1o, construcci\u00f3n y mantenimiento de pavimentos de concreto*. p. 13.

Mediante la tabla XV se logró definir $k = 6,6 \text{ kg/cm}^3$ o 237,5 libra/pulgada³, se confirma si es una subrasante aceptable mediante tabla XVI.

Tabla XVI. **Clasificación de subrasante mediante valor k**

Categoría Subrasante	Clasificación U.S.C.S.	Clasificación AASHTO	CBR (%)	K (kg/cm ³)
a.) Muy buena	GW, GP, GM, GC	A1-a, A1-b	> 25	> 8
b.) Buena	SC - SM	A2-6, A2-7	6 a 25	4 a 8
c.) Deficiente	ML, CL, MH, CH, OH, OL	A-5, A-6, A7-5, A7-6	2 a 6	2 a 4

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y la construcción de pavimentos rígidos*. p. 38.

Se define como una subrasante buena debido a su valor k. Se procede a definir el espesor de la base mediante a la tabla XVII.

Tabla XVII. **Espesor de capa de base**

Valor k de la subrasante pci	Valor k de la base, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavement*. p. 85.

Se propone una base de 4 pulgadas (10 centímetros) de espesor, lo cual brinda un nuevo valor k de 283 libra/pulgada³. Se procede a determinar el tipo

de soporte que se utilizará para el soporte de la carpeta de rodadura mediante a la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Tipo de soporte**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción (kg/cm ³)
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2,0 – 3,35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3,6 – 4,7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5,0 – 6,0
Bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6,9 – 11,0

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

Dado a que el módulo de reacción aproximado es de 7,83 kilogramos sobre centímetro cúbico, la condición de apoyo de la subrasante según tabla XVIII es muy alto, debido a que la condición de apoyo de la subrasante es alto y que la finalidad principal de la base es evitar el efecto del bombeo de finos, no es necesario ni tampoco económico utilizar base gruesas. El espesor de la base es de 10 centímetros.

Se procede a calcular el espesor de la losa de concreto hidráulico utilizando tabla XIX, habiendo calculado un TPPD de 300, se utilizará un bordillo prefabricado por lo cual se define sin acotamiento debido a que no cumple ninguna función estructural para el pavimento, se estima un módulo de ruptura del concreto de 42 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

Tabla XIX. **TPPD permisible, categoría de carga por eje núm. 1, pavimento con junta de trabazón de agregado**

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

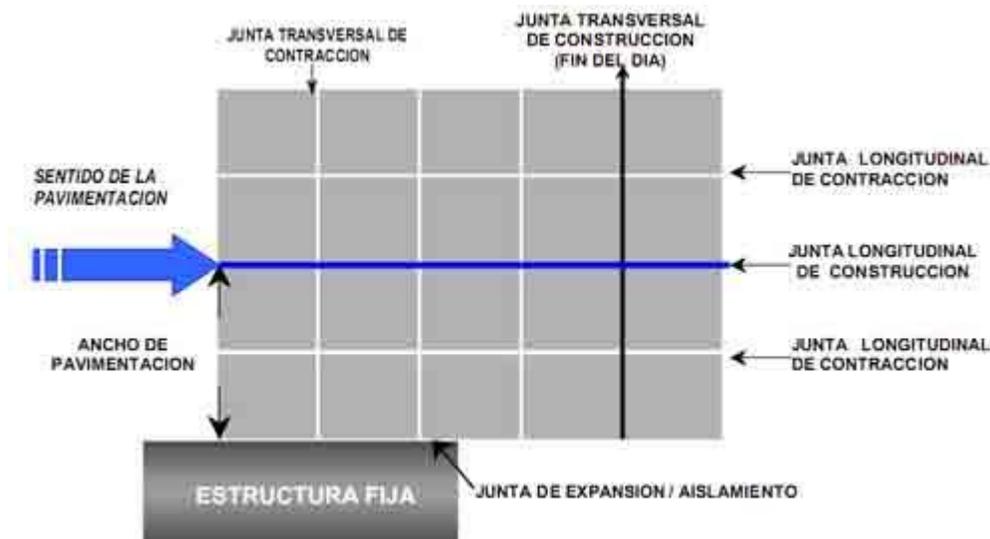
Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos*. p. 87.

Observando que el espesor de losa que resistirá un TPPD de 300 estimado para el proyecto corresponde a 16,5 cm, el cual tiene un TPPD permisible de 730 según tabla XIX. Se utilizará una capa de espesor de 6,5 pulgadas por efectos de redondeo.

2.1.8.2. Juntas

Las juntas tienen como objetivo el control y disipación de esfuerzo en losas de concreto causados por contracción y expansión en presencia de cambios en la temperatura y humedad de las losas.

Figura 20. Tipos de juntas



Fuente: El constructor civil. [http://3.bp.blogspot.com/-](http://3.bp.blogspot.com/-4Lk16Z0ndGo/TaneeLIBGkI/AAAAAAAAABs8/ornlqwNhqfw/s1600/1.jpg)

[4Lk16Z0ndGo/TaneeLIBGkI/AAAAAAAAABs8/ornlqwNhqfw/s1600/1.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-4Lk16Z0ndGo/TaneeLIBGkI/AAAAAAAAABs8/ornlqwNhqfw/s1600/1.jpg).

Consultado abril 2016.

- Juntas transversales de contracción

Son construidas transversalmente a la línea central y espaciadas, sirven para controlar el agrietamiento por los esfuerzos causados por contracción o encogimiento de los cambios de humedad o temperatura. Son juntas que están orientadas en ángulos rectos a la línea central y al borde de los carriles o franjas del pavimento.

Para calcular dichas juntas se procede a utilizar la siguiente ecuación.

$$S = F * D$$

Donde

S = es el espaciamiento de las juntas

F = es un factor de fricción entre la base y la losa de concreto

D = es el espesor de losa

La separación entre juntas transversales no debe ser mayor de 5 metros.

Estas juntas son formadas por medio de discos de diamante, es necesario contar con buena mano de obra para permitir una superficie suave. Se deben formar cuando el concreto tiene cierto grado de endurecimiento. El corte debe ser como mínimo de 1/3 del espesor de la losa (D/3) y su ancho debe ser como mínimo de 3 milímetros.

$$S = 23 * 0,15 = 3,5$$

De acuerdo a recomendaciones de la PCA la separación entre juntas transversales, no debe de ser mayor a 6,10 metros. Se utilizará un espaciamiento de 3,6 por motivos de simetría con una profundidad de 6 cm.

- Juntas transversales de construcción

Son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día o cuando surge cualquier interrupción de la colocación.

- Juntas longitudinales de contracción

Este tipo de juntas son paralelas al eje longitudinal del pavimento y son las que determinan el ancho de los carriles, las juntas longitudinales son utilizadas para evitar los agrietamientos longitudinales causados por los efectos de las cargas del tránsito y el alabeo de las losas, siendo el alabeo un pandeo de la losa causado por los cambios de temperatura y humedad.

La formación de esta junta debe realizarse haciendo una ranura de un cuarto del espesor de la losa como mínimo ($D/4$). La separación máxima de estas juntas es de 3,8 metros.

Para este proyecto se tiene en promedio un ancho de calzada de 14,4 metros, las juntas longitudinales serán colocadas al centro de la carretera, por lo cual dichas juntas quedarán a una separación de 3,6 metros y una ranura de 0,04 m de profundidad. La relación entre largo y ancho de los tableros debe ser:

$$0,71 < \frac{x}{y} < 1,40$$

$$0,71 < \frac{3,6}{3,6} < 1,40$$

- Juntas de aislamiento o expansión

Este tipo de juntas es utilizado para evitar desplazamientos verticales y horizontales entre el pavimento y otra estructura, sin que el pavimento sea dañado o la estructura.

El ancho de estas juntas debe ser de 12-25 milímetros. Dicha abertura debe ser rellenada con un material no absorbente ni reactivo.

- Sellado de juntas

Son utilizadas para minimizar la filtración de agua superficial dentro de las juntas y las capas subyacentes, así como la entrada de materiales incompresibles que puedan ocasionar desportillamientos y daños mayores. Este proceso consiste en el aserrado de la losa, entre 2 y 4 horas después de su colocación.

El sello debe comprimirse entre el 20 y el 50% de su ancho nominal al insertarlo en la junta y el tope del mismo debe quedar a unos 6 mm debajo de la superficie del pavimento. Se debe aplicar el sellador con cuidado, removiendo de inmediato cualquier derrame y limpiando la superficie del pavimento. El sello debe ser premoldeado elastomérico de policloropreno que cumpla con la Norma AASHTO M 220 (ASTM D 2628).

2.1.8.3. Diseño de mezcla

Es un proceso en el cual consiste de pasos tales como: selección de elementos (cemento, agregados, agua y aditivos), determinación de sus cantidades relativas o proporcionamiento, para producir concreto de trabajabilidad, durabilidad y con la resistencia necesaria.

- Selección de asentamiento

Es la propiedad del concreto fresco el cual indica con qué facilidad puede ser mezclado, manejado, transportado y que tan trabajable es. El grado de trabajabilidad apropiada para cada elemento depende del tamaño y su forma.

Tabla XX. **Asentamientos recomendados**

Tipo de estructura asentamiento	
Cimientos, muros reforzados y vigas	12 cm.
Paredes reforzadas y columnas	10 cm.
Pavimentos y losas	8 cm.
Concreto masivo	5 cm.

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2009.

Para este caso se utilizó un revenimiento máximo de 8 centímetros.

- Selección de tamaño máximo nominal de agregado

La cantidad de agua que se requiere para producir un determinado revenimiento depende del tamaño máximo, forma y granulometría de los agregados, temperatura del concreto, cantidad de aire incluido y el uso de aditivos.

El tamaño del máximo del agregado se puede calcular mediante las siguientes relaciones: 1/5 del ancho del elemento o 3/4 del espaciamiento entre varillas o 1/3 del espesor de losa. Para este proyecto se calculó un tercio del espesor de losa lo cual dio como resultado 2,03 pulgadas, se tomará un tamaño máximo de 1 pulgada ya que es el mayor tamaño disponible en los materiales de la municipalidad.

- Resistencia de diseño

La resistencia especificada es de 280 kg/cm², con un agregado de 1”.

- Relación agua - asentamiento

Tabla XXI. **Relación agua - asentamiento**

Asentamientos	Cantidad de agua lt/metro cúbico				
	3/8”	1/2”	3/4”	1”	1 1/2”
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2009.

Con los datos de asentamiento y tamaño de agregado, se obtiene la cantidad de agua, que es 195 lt/m³.

Se procede a buscar en la tabla siguiente la relación A/C para una resistencia de 280 kg/cm² y así hallar la cantidad de cemento.

- Estimación de la relación de agua/cemento.

Tabla XXII. **Contenido de agua recomendados**

Resistencia	Relación
Kg/cm ²	A/C
280	0,45
246	0,47
210	0,5
176	0,54

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2009.

De la tabla XXII se determina una relación A/C = 0,45 para encontrar la cantidad de materiales.

- Contenido de cemento

Este valor se obtiene mediante la relación agua/cemento y el peso del agua.

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{cantidad de agua}}{\text{relación agua - cemento}}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{195 \text{ kilogramos}}{0,45} = 433,33 \text{ kg/m}^3$$

El cual da como resultado una cantidad de cemento de 433,33 kg/m³.

- Determinar el peso de los agregados

Peso de concreto es de 2 400 kg/m³

Peso de agregados = peso de concreto – (peso de cemento + peso de agua)

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (433,33 + 195) = 1\,771,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Con la tabla de porcentajes de agregados se obtiene el porcentaje de arena, para el agregado grueso de 1”.

Tabla XXIII. **Porcentaje de agregado fino**

Tamaño máximo agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado total
3/8”	48
1/2”	46
3/4”	44
1”	42
1 ½”	40

Fuente: *Material de apoyo del curso de Materiales de Construcción*. Primer semestre 2009.

Se definió un porcentaje de arena total de 42 % del agregado total.

- Peso del agregado fino

Peso de agregado fino = peso total de agregados * 42 %

$$\text{Peso de agregado fino} = 1\,771,67 * 42 \% = 744,10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para este proyecto se utilizarán 744,10 kilogramos de agregado fino.

- Peso volumétrico del agregado fino

Consiste en restar los pesos de agua, cemento y agregado fino del total del peso volumétrico del concreto.

Agregado grueso = peso de concreto – cemento – agua – ag. fino

$$\text{Agregado fino} = 2\,400 - 433,33 - 195 - 744,10 = 1\,027,57 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Es necesario 1 027,57 kg de agregado fino por cada metro cúbico de concreto, con un tamaño máximo de 1 pulgada.

- Resumen de datos obtenidos

Agua = 195 lt/m³

Cemento = 433,33 kg/m³

Arena = 744,10 kg/m³

Piedrín = 1 027,57 kg/m³

- Proporcionamiento de mezcla por peso.

$$\text{Cemento} = \frac{433,33}{433,33} = 1$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{744,10}{433,33} = 1,72$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1\,027,57}{433,33} = 2,37$$

El proporcionamiento del concreto es: 1: 1,7: 2,4.

- Proporcionamiento de mezcla metro cúbico.

$$\text{Cemento} = \frac{433,33 \text{ kg}}{42,5 \frac{\text{kg}}{\text{Saco}}} = 10 \text{ sacos de un ft}^3 \text{ cada uno}$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{744,10 \text{ kg}}{\text{Peso volumétrico agregado fino}}$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{744,10 \text{ kg}}{1\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,53 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1\,027,57 \text{ kg}}{\text{Peso volumétrico agregado grueso}}$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1\,027,57 \text{ kg}}{1\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,64 \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos se procede a calcular proporción.

$$1\text{ft}^3 = 0,028 \text{ m}^3 * 10 = 0,27 \text{ m}^3 \text{ relación: } 0,27/0,27 - 0,53/0,27 - 0,64/0,27$$

De esta manera la proporción sería de 1: 2,1: 2,5 esperando una resistencia de 280 kg/cm² a los 28 días de la colocación.

2.1.9. Drenajes

Se realizará el diseño de los drenajes longitudinales y transversales, así como la ubicación de pozos de absorción y cajas desarenadoras para evitar inundaciones debido a su falta de desfogue. No se podrá desfogar en ningún lugar debido a que la municipalidad no cuenta con los permisos para hacerlo en el lugar más factible.

2.1.9.1. Método racional

Es un método simple que toma en cuenta el coeficiente de escorrentía del terreno, la intensidad de la precipitación que está en función del tiempo de concentración, el área de la cuenca la cual será drenada. Para este proyecto se dividió en 4 tramos, debidos a sus puntos más bajos y más altos.

Se utiliza la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde

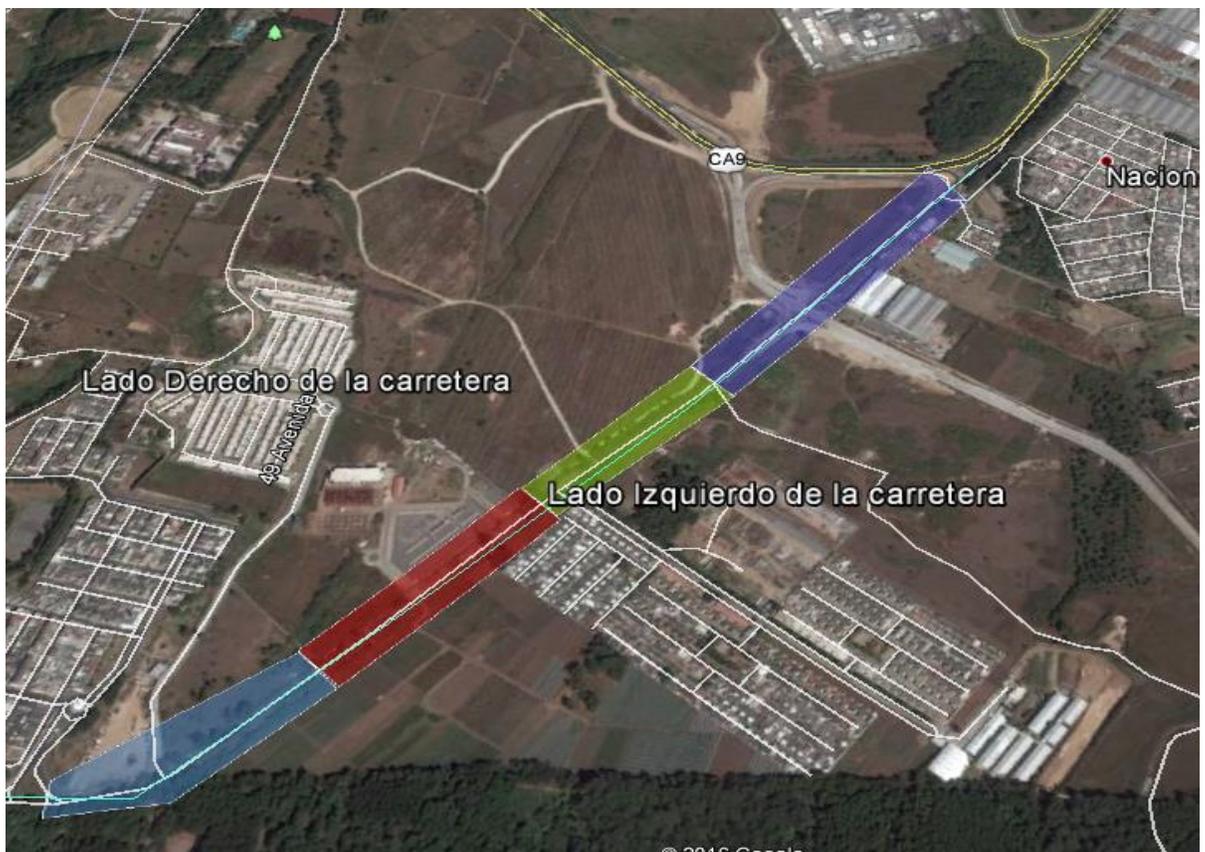
Q = es el caudal expresado en m³/s

C = es el coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = es la intensidad de la precipitación en función del tiempo de concentración expresada en mm/hr

A = es el área de la cuenca expresada en hectáreas.

Figura 21. **Distribución de la carretera**



Fuente: Google Earth Pro. <http://maps.google.com/?q=14.496110.-90.614891&hl=es&gl=us>. Consulta: diciembre de 2015.

- Valores de coeficiente C

La selección de los valores de coeficiente de escorrentía (C), son importante en el uso de una ecuación como lo es el caso de método racional. Se define en función de varios factores, varía a través del tiempo de duración de la precipitación y es en función de las características del terreno, tipo de suelo, vegetación, pendiente y permeabilidad.

En la tabla XXIV se pueden encontrar algunos valores propuestos.

Tabla XXIV. **Valores de coeficiente de escorrentía**

TABLA 15.1.1
Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

Fuente: VEN TE CHOW. *Hidrología aplicada*. p. 527.

Para este proyecto se definieron los siguientes valores de C: 0,87 de asfalto, 0,89 de concreto, 0,41 de zonas verdes, 0,75 de zonas industriales. Se calculó un C ponderado el cual es de 0,45.

- Tiempo de concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano, hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Dicho tiempo se calculó mediante al promedio de tres ecuaciones: de Kirpich, de Temez y California.

- Ecuación de Kirpich

$$T_c = \frac{3L^{1.15}}{154H^{0.38}}$$

Donde

L = es la longitud del cauce principal en metros

H = es el desnivel de dicho cauce en metros

T_c = tiempo de concentración en minutos.

- Ecuación de Temez

$$T_c = 0,3\left(\frac{L}{S^{0,25}}\right)^{0,76}$$

Donde

L = es la longitud del cauce principal en km

S = es la pendiente total del cauce principal en porcentaje

T_c = tiempo de concentración en horas

- Ecuación de California

$$T_c = 60(11,9L^3/H)^{0,385}$$

Donde

L = es la longitud del cauce principal en millas

H = es el desnivel de dicho cauce en metros

T_c = tiempo de concentración en minutos

Se obtuvo como promedio un T_c de 12,12 minutos.

- Intensidad de lluvia

Se define como el volumen de precipitación por unidad de tiempo. Se expresa en milímetros por hora. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{A}{(B + T_c)^n}$$

Donde

A = parámetro de ajuste

B = parámetro de ajuste

n = parámetro de ajuste

Los cuales se pueden determinar en función del período de retorno en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Parámetros A, B y n según Insivumeh**

Estaciones Meteorológicas								
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
INSIVUMEH								
A	1,970	7,997	1,345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0.958	1.161	0.791	0.637	0.656	0.65	0.66	0.649
R2	0.989	0.991	0.982	0.981	0.973	0.973	0.981	0.981

Fuente: Insivumeh. *Informe de intensidades de lluvia.*

Se tomó como parámetro A = 815, B = 2 y n = 0,65 debido a que se seleccionó un periodo de retorno de 30 años.

Calculando *i* se obtiene:

$$i = \frac{815}{(2 + 12,12)^{0,65}} = 145,80 \text{ mm/hr}$$

- Área

Se toma como el área de la cuenca, en la figura 20 se muestra que áreas tienen influencia en el proyecto.

Figura 22. **Áreas tributarias**



Fuente: Google Earth Pro. <http://maps.google.com/?q=14.496110.-90.614891&hl=es&gl=us>. Consulta: diciembre de 2015.

Ejemplo de cálculo de caudal.

Datos:

C ponderado = 0,45

Área = 18,81 Ha

Intensidad = 145,80 mm/hr

$$Q = \frac{0,45 * 145,80 * 18,81}{360} = 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.1.9.2. Drenaje transversal

Son aquellos que se ubican de manera perpendicular a la línea central de la carretera. El objetivo principal de este elemento es evitar que el agua pluvial proveniente del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca en sentido perpendicular de la carretera, no pase por la estructura de la misma.

En la estación 0+800 se instaló un drenaje transversal debido a que era necesario transportar el agua hacia una caja desarenadora, para después dar paso a los pozos de absorción.

Ejemplo de cálculo.

Datos:

C ponderado = 0,45

Área = 7,7 Ha

Intensidad = 145,80 mm/hr

$$Q = \frac{0,45 * 145,80 * 7,7}{360} = 1,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal: 1,41 m³/s

Pendiente: 2.87 %

Factor de rugosidad: 0,014

Se utiliza la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{\pi D^{8/3} S^{1/2}}{4^{5/3} n}$$

Despejando

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

Donde

Q = es el caudal en metros cúbicos

D = es el diámetro requerido

S = es la pendiente del terreno

n = es la rugosidad de la tubería

$$D = \left(\frac{1,41 * 4^{5/3} * 0,014}{\pi * 0,0287^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,61 \text{ metros}$$

Dio como resultado 0,61 metros que es igual a 24" aproximadamente, debido a que lo menos permitido en drenajes transversales de carreteras es 30" se aumentará a dicho valor y será de concreto reforzada.

2.1.9.3. Drenaje longitudinal

Es utilizado cuando existe un caudal máximo el cual cae de forma paralela a la calzada, para restituirlo a un punto de drenaje. Encauza la escorrentía de las áreas adyacentes que inciden en el trazado de la carretera.

- **Cunetas**

Son canales abiertos situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertos de piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en

sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas, que servirán para conducir hacia las cajas desarenadoras, el agua pluvial.

Ejemplo de cálculo cuneta tipo A:

Datos:

Q: 1,45 m³/s

Pendiente: 1,3%

Rugosidad: 0,014

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{1}{n} (A_m * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})$$

Donde

Q = es el caudal en metros cúbicos

A_m = es área mojada

R_h = es el radio hidráulico

S = es la pendiente

Según figura 21 se puede obtener los valores para las secciones de eficiencia máxima para canales abiertos. Tales como:

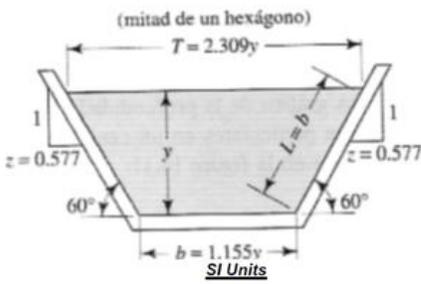
$$R_h = y/2$$

$$A_m = 1,73 y^2$$

Donde

Y = es el tirante del flujo

Figura 23. Eficiencia máxima para canales abiertos

Sección	Área A	Perímetro mojado PM	Radio hidráulico R
	1.73y ²	3.46y	y/2

Fuente: MOTT. Robert. *Mecánica de fluidos..* p. 458.

Se utilizó una cuneta de sección trapezoidal, ahora se procede a sustituir.

$$Q = \frac{1}{n} (1,73y^2 * (y/2)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})$$

$$1,41 = \frac{1}{0,014} (1,73y^2 * (y/2)^{\frac{2}{3}} * 0,013^{\frac{1}{2}})$$

$$y = 0,5 \text{ metros}$$

Mediante la figura 21 se sabe que:

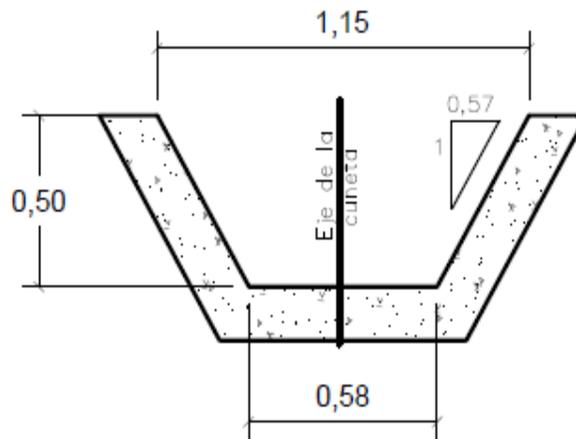
$$T = 2,309 y$$

$$b = 1,155y$$

$$T = 2,309(0,5) = 1,15 \text{ metros}$$

$$b = 1,155(0,50) = 0,58 \text{ metros}$$

Figura 24. **Detalle de cuneta tipo A**



Fuente: elaboración propia.

La conducción de agua pluvial se dirigirá hacia unas cajas desarenadoras, dando paso a pozos de absorción. Se diseñó de esta manera debido a que no se cuenta con un lugar donde desfogar el agua.

- Cajas desarenadoras

Son estructuras diseñadas para retener la arena que traen las aguas servidas o superficiales, a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas. El propósito de separar la arena y material es evitar la obstrucción de las tuberías y el llenado de los pozos de

absorción. Durante época de lluvia existe un arrastre de este material o de sólidos, por lo que es necesario considerar el manejo eficiente de agua en esta época, ya que es cuando se requieren los desarenadores.

Se propuso un desarenador de 3 metros de ancho, 3 metros de largo y 3 metros de altura. Ver apéndice 3.

- Pozos de absorción

Se consideraron pozos de absorción para la solución a los problemas de manejo de agua pluvial en el boulevard Naciones Unidas, debido a que no se determinó un área donde desfogar cierta cantidad de agua.

El pozo de absorción es un sistema vertical de infiltración al subsuelo de las aguas provenientes de una fosa séptica, a través de las paredes y piso permeables.

Las dimensiones y número de pozos necesarios dependerán de la permeabilidad del terreno debido a que está en función del coeficiente de infiltración del suelo, es la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, para el cual se utilizó 41 metros cúbicos por metro cuadrado según lo indica el manual del sistema intermunicipal de los servicios de agua México.

Especificaciones:

- Las dimensiones y número de pozos necesarios dependerán de la permeabilidad del terreno.

- Cuando no se cuenta con área suficiente para la construcción o el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo después de ella estratos favorables a la infiltración, se podrá usar pozos de infiltración.
- La separación entre pozos debe por lo menos 3 veces el diámetro del pozo de filtración más grande y cuando menos de 6 metros cuando los pozos tengan más de 6 metros de profundidad.
- La distancia del pozo a un lindero de propiedad a los cimientos de estructuras y de las tuberías de agua, debe ser de 3,00 metros como mínimo (Según las Normas de planificación y construcción para casos proyectados del FHA).
- Los pozos deben ser rellenados con grava limpia a una profundidad de 30 centímetros arriba del fondo del pozo o 30 centímetros arriba del escalón rimado, para proporcionar una cimentación sana para el recubrimiento lateral.
- La distancia mínima entre pozo y cualquier árbol debe ser mayor a 5 metros.

Calculo de pozos de absorción

Datos:

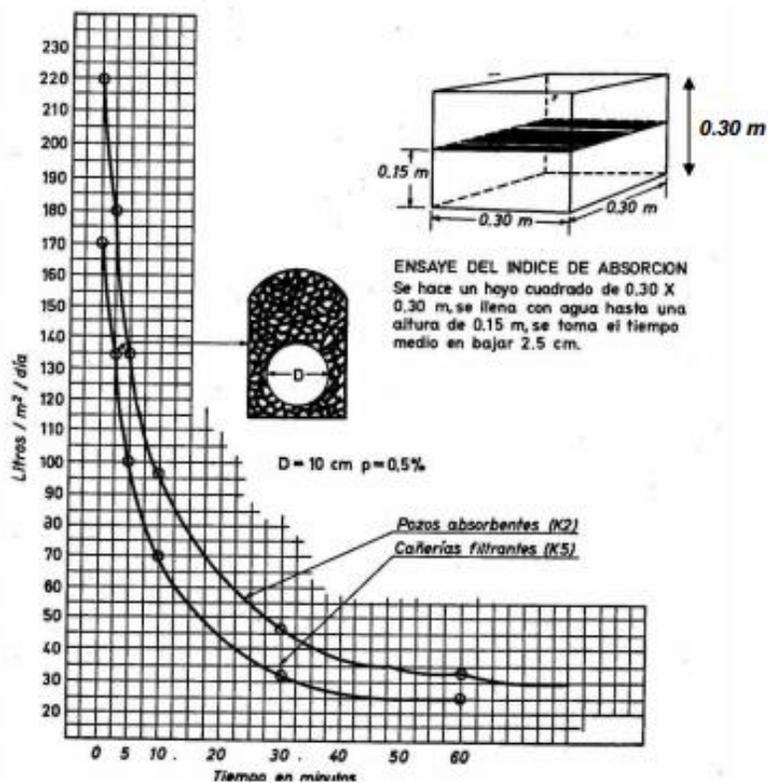
Caudal a drenar: 3,5 m³/s

Se debe calcular la cantidad de agua que se drenará para lo cual se calculó de la siguiente manera.

$$3,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1\ 000 \text{ litros}}{\text{m}^3} = 3\ 500,00 \text{ litros}$$

Se procede a calcular el área necesaria para filtrar esa cantidad de agua, para lo cual se debe determinar el coeficiente de absorción del terreno, mediante la siguiente tabla.

Tabla XXVI. **Coefficientes de absorción del terreno**



Fuente: UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*.

p. 283.

Se determinó para un tiempo de 30 minutos un coeficiente de 46 litros por metro cuadrado – día.

$$\text{Área a infiltrar} = \frac{\text{Cantidad de litros}}{\text{Coeficiente de absorción}}$$

$$\text{Área a infiltrar} = \frac{3\,500 \text{ litros}}{46 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}} = 76,08 \text{ m}^2$$

Se debe calcular la cantidad de pozos necesarios, lo cual se requiere las dimensiones del pozo de absorción. Para la realización de dichos pozos se utilizará tubería perforada de 42" y se propone una profundidad de 8 y 10 metros según sea el caso, ya que se utilizaron de 10 metros para reducir la cantidad de pozos necesarios.

El área útil del pozo será el área de la pared del mismo, para lo cual se calcula de esta manera.

$$\text{Área útil} = \pi Dh$$

Donde:

D = es el diámetro

H = es la profundidad del pozo.

$$\text{Área útil} = \pi(1,07 \text{ m})(10 \text{ m}) = 33,61 \text{ m}^2$$

Se procede al cálculo de la cantidad de pozos de absorción.

$$\text{Cantidad de pozos} = \frac{76,08 \text{ m}^2}{33,61 \text{ m}^2} = 2,26 \approx 3 \text{ pozos}$$

Se colocarán 3 pozos de 10 metros de profundidad en este tramo de la carretera.

2.1.10. Planos finales

El juego de planos se encuentra en el apéndice 3, está comprendido por 44 planos de la siguiente manera.

- Planta general de la carretera y curvas de nivel
- Planta perfil alineamiento 1, estación 0+000 a 0+540
- Planta perfil alineamiento 1, estación 0+560 a 1+100
- Planta perfil alineamiento 1, estación 1+120 a 1+760
- Planta perfil alineamiento 2, estación 1+292 a 1+680
- Planta perfil rotonda
- Planta perfil alineamiento 5 salida de parque Naciones Unidas
- Planta perfil alineamiento 6 entrada de parque Naciones Unidas
- Planta perfil red 1 izquierda rama 1 tramo 1
- Planta perfil red 1 izquierda rama 1 tramo 2
- Planta perfil red 2 izquierda rama 1 tramo 2
- Planta perfil red 2 izquierda rama 2 tramo 2
- Planta perfil red 3 izquierda rama 1 tramo 3
- Planta perfil red 3 izquierda rama 2 tramo 3
- Planta perfil red 4 izquierda rama 1 tramo 4
- Planta perfil red 4 izquierda rama 2 tramo 4
- Planta perfil red 1 derecha rama 1 tramo 1
- Planta perfil red 2 derecha rama 1 tramo 2
- Planta perfil red 3 derecha rama 1 tramo 3
- Planta perfil red 4 derecha rama 1 tramo 4
- Planta perfil red 4 derecha rama 2 tramo 4
- Planta perfil drenaje transversal
- Secciones transversales 0+000 a 0+800

- Secciones transversales 0+820 a 1+420.
- Secciones transversales 1+440 a 1+760 y tabla de volúmenes
- Detalles
- Detalles

2.1.11. Presupuesto

A continuación se muestra el presupuesto para la realización del boulevard Naciones Unidas.

Tabla XXVII. Presupuesto carretera

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON
 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p> <p style="text-align: center;">Guatemala, C.A.</p> <p style="text-align: center;">PRESUPUESTO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO</p> <p>IDENTIFICACIÓN PROYECTO: Construcción Boulevard Naciones Unidas</p> <p>UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: Tramo que conduce de Naciones Unidas Dos a 21,5 km CA-9 Sur</p> <p>NOMBRE DE SOLICITANTE: Municipalidad de Villa Nueva No. Proyecto: 054-INF-15</p> <p>ÁREA DE CONSTRUCCIÓN CALLE: Área: 26 460,00 m² Ancho promedio: 28,80 ml FECHA: 01/06/2015</p>					
SUB TOTAL					Q 307 533,26
2,00 MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2,01	Excavación no clasificada	m3	9 671,00	Q 50,04	Q 483 936,84
2,02	Desperdicio	m3	6 690,30	Q 45,21	Q 302 468,46
SUB TOTAL					Q 786 405,30
3,00 CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA CONCRETO HIDRAULICO					
3,01	Conformación de subrasante	m2	26 460,00	Q 2,50	Q 66 150,00
3,02	Conformación de Base espesor de 0.1 m	m3	5 040,00	Q 191,69	Q 966 117,60
3,03	Construcción de carretera de concreto hidráulico, con resistencia f'c de 4000psi con un espesor t de 0.15m	m2	26 460,00	Q 322,11	Q 8 523 030,60
SUB TOTAL					Q 9 555 298,20
4,00 LINEA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL					
4,01	Colocacion e instalación de tubería de Ø30" concreto reforzado ASTM C 76	ml	30,00	Q 1 004,13	Q 30 123,90
4,02	Colocacion e instalación de tubería de Ø30" PVC Novafort ASTM M 304	ml	30,00	Q 2 211,90	Q 66 357,00
4,03	Colocacion e instalación de tubería de Ø24" PVC Novafort ASTM M 304	ml	54,00	Q 1 378,60	Q 74 444,40
4,04	Colocacion e instalación de tubería de Ø18" PVC Novafort ASTM F949	ml	20,00	Q 1 128,63	Q 22 572,60
4,05	Cuneta tipo Trapezoidal (espesor de 0.10m con concreto de 3000 psi) Tipo A	ml	1 750,00	Q 507,64	Q 888 370,00
4,06	Cuneta tipo Trapezoidal (espesor de 0.10m con concreto de 3000 psi) Tipo B	ml	1 500,00	Q 208,69	Q 313 035,00
SUB TOTAL					Q 1 394 902,90

Continuación de la tabla XXVII.

5,00	BANQUETA + BORDILLO					
5,01	Suministro e Instalación bordillo prefabricado para banqueta (Dimensiones 0.50x0.35x0.15m) resistencia 210kg/cm ²	ml	2 100,00	Q 75,76	Q	159 096,00
5,02	Construcción de area de ciclovía + Banqueta (concreto fc=3000 psi espesor de 0.15m)	m2	14 000,00	Q 213,17	Q	2 984 380,00
SUB TOTAL					Q	3 143 476,00
6,00	CONSTRUCCION DE OBRAS DE ARTE					
		H (m)	Ø (m)	cantidad	P.U.	TOTAL
6,01	Construcción de pozo de absorcion para agua pluvial, Tubería perforada de Ø42" + brocal, diametro interno de 1.07 m. Profundidad de 8 m.	8	1,07	8,00	Q 10 725,23	Q 85 801,84
6,02	Construcción de pozo de absorcion para agua pluvial, Tubería perforada de Ø42" + brocal, diametro interno de 1.07 m. Profundidad de 10 m.	10	1,07	7,00	Q 13 248,48	Q 92 739,36
6,03	Construcción de Caja desarenadora para agua pluvial, 3m x 3m x 3m, espesor de losa de 0.10 m, espesor base 0.15 m , espesor muro 0.20 m, Varillas de acero No. 3 Grado 40 @ 0.18 m ambos sentidos. Concreto 3000 psi		unidad	14,00	Q 28 332,60	Q 396 656,40
6,04	Construcción de Caja de caja receptora para agua pluvial, drenaje transversal, 1.2m x 1.5m x 1.5m, espesor de pared de 0.2 m. Concreto ciclopeo		unidad	1,00	Q 3 086,00	Q 3 086,00
SUB TOTAL					Q	578 283,60
7,00	SEÑALIZACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ESPACIO PUBLICO					
7,01	Suministro y aplicación de pintura de tráfico termoplástica con microesfera de vidrio para paso de cebra (color amarillo, franjas de 0.30 x 4.0 m, espesor mínimo de 2.5 mm)	m2	15,36	Q 494,74	Q	7 599,21
7,02	Señalización horizontal (Dirección de flujo vehicular) con pintura de tráfico termoplástica con microesfera de vidrio (color blanco, espesor mínimo de 2.5 mm)	m2	43,75	Q 386,25	Q	16 898,44
7,03	Señalización horizontal (Señal de Alto) con pintura de tráfico termoplástica con microesfera de vidrio (color blanco, espesor mínimo de 2.5 mm)	m2	1,00	Q 1 602,88	Q	1 602,88
7,04	Suministro y colocación de señal de transito (ALTO, limites de velocidad, reducción de carril, aplicación de carril, limite de velocidad, vuelta en U)	unidad	25,00	Q 1 330,00	Q	33 250,00
7,05	Jardinización, suministro y colocación de plantas (arbustos, plantas ornamentales, grama, incluye tierra negra, abono y broza)	m2	10,00	Q 546,73	Q	5 467,30
7,06	Suministro y aplicación de pintura termoplástica color blanca, en líneas laterales continuas de 10 cm. de ancho y 2 mm de espesor con microesfrs DROP ON de vidrio sobre superficie de concreto asfáltico.	ml	7 000,00	Q 26,12	Q	182 840,00
7,07	Suministro y aplicación de pintura termoplástica color amarillo, en línea central continua de 10 cm. de ancho y 2 mm de espesor con microesfrs DROP ON de vidrio sobre superficie de concreto asfáltico.	ml	3 500,00	Q 26,52	Q	92 820,00
7,08	Suministro y colocación de vialetas reflectivas de color amarillo, blanco y/o rojo pegadas con material bituminoso	unidad	875,00	Q 35,58	Q	31 132,50
SUB TOTAL					Q	278 790,33
COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO						16 044 689,59

Fuente: elaboración propia.

2.1.12. Cronograma físico y financiero

El proyecto se llevará a cabo en un aproximado de 6 meses desde el inicio de su ejecución.

Tabla XXVIII. Cronograma físico y financiero

			SEMANAS																							
No.	UNIDAD	CANTIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.00																										
1,01	Ha	5,00	Q187 219,10																							
1,02	m²	17 460,00	Q111 569,40																							
1,03	km	1,75		Q2 264,76																						
1,05	muestra	4,00			Q6 480,00																					
2.00																										
2,01	m3	9 671,00		Q483 936,84																						
2,02	m3	6 690,30			Q302 468,46																					
3.00																										
3,01	m2	26 460,00				Q66 150,00																				
3,02	m3	2 520,00					Q966 117,60																			
3,03	m2	26 460,00						Q8 523 030,60																		
4.00																										
4,01	ml	30,00				Q30 123,90																				
4,02	ml	30,00					Q66 357,00																			
4,03	ml	54,00						Q74 444,40																		
4,04	ml	20,00						Q22 572,60																		
4,05	ml	1 750,00							Q888 370,00																	
4,06	ml	1 500,00								Q313 035,00																
5.00																										
5,01	ml	2 100,00								Q159 096,00																
5,02	m2	14 000,00									Q2 984 380,00															

Continuación de la tabla XXVIII.

6.00																										
	Ø (m)	cantidad																								
6.01	1,07	8,00					Q85 801,84																			
6.02	1,07	7,00							Q92 739,36																	
6.03	unidad	14,00											Q396 656,40													
6.04	unidad	1,00												Q3 086,00												
No.	UNIDAD	CANTIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
7.00																										
7.01	m2	15,36																						Q7 599,21		
7.02	m2	43,75																						Q16 898,44		
7.03	m2	1,00																						Q1 602,88		
7.04	unidad	25,00																						Q33 250,00		
7.05	m2	10,00																						Q5 467,30		
7.06	ml	7 000,00																						Q182 840,00		
7.07	ml	3 500,00																						Q92 820,00		
7.08	ml	0,00																						Q31 132,50		

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de un sistema de drenaje sanitario y pluvial para la aldea San José, Villanueva

2.2.1. Descripción del proyecto

San José, siendo una de las aldeas más antiguas del municipio dando paso esto a la formulación de varios problemas de infraestructura, los cuales deben de solucionarse para brindar una buena calidad de vida a los habitantes. La inexistencia de drenaje pluvial da paso a la intransitabilidad en el lugar debido a las inundaciones, es importante cumplir con las necesidades sanitarias e higiénicas de la aldea. La aldea San José consta de 2 kilómetros aproximadamente.

Con la aplicación y ejecución de este proyecto se pretende mejorar el nivel y calidad de vida de los beneficiados y evitar la continua degradación del medio ambiente.

2.2.1.1. Alcances del proyecto

Se propone el diseño de un sistema de drenajes para aguas residuales y pluviales para la aldea San José, el cual pretende recolectar, transportar y después de un tratamiento ser desfogadas. Dicho proyecto brindará a los habitantes bienestar y aumentará su calidad de vida. Cada sistema consta de 2 kilómetros aproximadamente y topografía ondulada. La aldea colinda al norte con boulevard Hacienda Las Flores, al este con el río Villa Lobos y al sur con carretera CA-9. El proyecto beneficiará a 7 000 habitantes aproximadamente.

2.2.1.2. Levantamiento topográfico

Es una representación gráfica y compacta de una superficie terrestre, la cual es realizada por instrumentos que logran delimitar y definir sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. En este caso en particular, se realizó la tarea por medio de una estación total, instrumento que logra realizar mediciones electrónicas de las distancias y elevaciones del terreno.

2.2.1.2.1. Planimetría

Se utiliza para localizar la red de drenaje dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento planimétrico se utilizó una estación total, marca Topcon modelo GTS 263W.

2.2.1.2.2. Altimetría

Se utiliza para brindar elevación a los puntos de la planimetría. La estación total, previamente mencionada, utiliza un método de nivelación geométrica o directa compuesta, en donde determina el desnivel existente entre puntos de

cada estación y aquellos intermedios respecto a un punto referencial, mediante visuales horizontales hacia los prismas que se ubican en posición vertical sobre los puntos radiados.

2.2.1.3. Ubicación y localización del proyecto

El proyecto se ubica en la 4ta. avenida de la aldea San José, la cual está ubicada en la zona 2 de Villa Nueva y colinda al norte con boulevard Hacienda Las Flores, al este con el río Villa Lobos y al sur con carretera CA-9.

Figura 25. Ubicación y localización del proyecto



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva.

2.2.2. Parámetros de diseño

Para el diseño de ambos proyectos de alcantarillados se tomó criterios de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (Infom), Empagua y los parámetros brindados por la municipalidad de Villa Nueva.

2.2.2.1. Periodo de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual brindará un servicio eficiente.

Instituciones como el Instituto Nacional de Fomento (Infom), Empresa Municipal de Agua (Empagua) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef), recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 15 a 40 años.

Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 25 años en el caso del alcantarillado sanitario, para el caso del alcantarillado pluvial se tomó un período de 20 años.

2.2.2.2. Diseño de secciones y pendientes

Para el diseño de los sistemas de drenajes sanitario y pluvial se debe determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena de la tubería a utilizar.

Se utiliza la ecuación de Manning para canales abiertos y cerrados, para realizar dicho cálculo.

$$V = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde

V = es la velocidad en metros por segundo

D = es el diámetro interno de la tubería en pulgadas

N = el coeficiente de rugosidad

S = es la pendiente de la tubería

2.2.2.3. Velocidad de diseño recomendada

La velocidad en el flujo está en función de la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y la clase de tubería utilizada. La velocidad se determina por medio de la ecuación de Manning y las relaciones hidráulicas v/V.

Donde

v = es la velocidad del flujo

V = es la velocidad del flujo a sección llena

Las velocidades en el flujo deben tener un máximo y mínimo, lo cual evita la generación de erosiones y sedimentos en la tubería.

Tabla XXIX. **Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería**

Tipo de alcantarillado	Tubería PVC		Tubería de cemento	
	Velocidad Mínima	Velocidad Máxima	Velocidad Mínima	Velocidad Máxima
Sanitario	0,6 m/s	4 m/s	0,6 m/s	3 m/s
Pluvial	0,75 m/s	5 m/s	0,6 m/s	3 m/s

Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. *Parámetros*, basado en Norma ASTM F-949.

2.2.2.4. Diámetros mínimos de tubería

El diámetro mínimo de tubería para alcantarillados sanitario es 6" de diámetro para PVC y de 8" para tubería de concreto. Mientras que, para el drenaje pluvial, se manejan diámetros mínimos de 8" para tubería de PVC y 10" de concreto.

Para las conexiones domiciliars el diámetro mínimo con tubería de cemento es de 6" y de 4" para PVC.

Ambos proyectos de alcantarillado se diseñaron con tubería PVC debido a que fue solicitado por la Municipalidad de Villa Nueva.

Tabla XXX. Diámetros mínimos

Tipo de tubería	Alcantarillado sanitario	Alcantarillado pluvial
PVC	6"	8"
Cemento	8"	10"

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (Infom).

2.2.2.5. Pendientes

Es recomendado que la pendiente de la tubería sea la misma del terreno para evitar costos excesivos de excavación y acarreo, estará en función de que cumpla con las relaciones hidráulicas y velocidades permitidas.

En las conexiones domiciliars el diámetro mínimo será de 4 plg, con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 % y que forme un ángulo

horizontal con respecto a la línea central, de aproximadamente 45 grados en el sentido de la corriente del mismo.

En áreas donde la pendiente del terreno es mínima se recomienda acumular mayor cantidad de caudales para generar mayor velocidad.

2.2.2.6. Tirante mínimo y máximo

Se debe procurar mantener el tirante en los rangos permitidos expresados en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. **Tirantes mínimos y máximos**

Tipo de alcantarillado	Parámetros
Sanitario	$0,10 \leq d \leq 0,70$
Pluvial diámetros menores a 20"	$0,10 \leq d \leq 0,75$
Pluvial diámetros entre 20" y 40"	$0,10 \leq d \leq 0,80$
Pluvial diámetros mayores a 40"	$0,10 \leq d \leq 0,85$

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.7. Distancias mínimas entre redes de alcantarillado

En casos de espacios reducidos se debe cumplir con parámetros mínimos de separación de tuberías de las redes de alcantarillado.

Tabla XXXII. **Separación mínima entre redes de alcantarillado**

Separación	
0,5	Horizontal
0,2	Vertical

Fuente: Empresas Públicas de Medellín. *Manual Colombiano de Diseño de Alcantarillado*. p. 46

2.2.2.8. Relaciones hidráulicas

Para estudiar las relaciones hidráulicas, se comparan los resultados del cálculo obtenido con una sección parcialmente llena y una a su máxima capacidad, haciendo uso de la expresión algebraica de Manning.

$$Q = \frac{A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde

Q = es el caudal en metros cúbicos por segundo

A = es el área de la sección en metros cuadrados

Rh = es el radio hidráulico

S = la pendiente de la tubería en metro sobre metro

N = es el coeficiente de rugosidad

Con el fin de reducir el tiempo en el cálculo se utilizó la tabla XXXIII, obtenida del Infom.

Tabla XXXIII. Relaciones hidráulicas

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

Continuación de la tabla XXXIII.

0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

Fuente: *Instituto Nacional de Fomento (INFOM)*.

2.2.2.9. Ancho de zanja

Para la instalación de tuberías se debe conocer que ancho de zanja se utilizará, el cual está en función del diámetro de tubería. Se utiliza para determinar cuánto será la excavación para su instalación.

Tabla XXXIV. Ancho de zanja

Ø Tubería	Ancho
6	0,60
8	0,60
10	0,65
12	0,70
14	0,75
15	0,75
16	0,80
18	0,85
20	0,90
22	1,00
24	1,00
26	1,20
28	1,20
30	1,30
36	1,35
40	1,40
42	1,45
50	1,60
60	1,95

Fuente: Parámetros de la Municipalidad de Villa Nueva, basado en Norma ASTM D-3034.

2.2.2.10. Profundidades mínimas de tubería

La profundidad se determina en función de las cotas invert. Se debe chequear que la tubería tenga un recubrimiento mínimo y adecuado para no ser dañada por el paso de vehículos y peatones. Para determinar la profundidad mínima ver tablas XXXV y XXXVI según el tipo de tubería.

Tabla XXXV. **Profundidad mínima tubería PVC**

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	60 cms	60 cms	90 cms	90 cms	90 cms	90 cms	90 cms	100 cms	100 cms	120 cms
Tránsito pesado	90 cms	90 cms	90 cms	110 cms	110 cms	120 cms	120 cms	120 cms	140 cms	140 cms

Fuente: Norma ASTM F-949.

Tabla XXXVI. **Profundidad mínima tubería cemento**

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	117 cms	122 cms	128 cms	134 cms	140 cms	149 cms	165 cms	170 cms	175 cms	180 cms
Tránsito pesado	137 cms	142 cms	148 cms	154 cms	160 cms	169 cms	185 cms	200 cms	205 cms	215 cms

Fuente: Instituto Nacional de Fomento (Infom).

2.2.2.11. Pozos de visita

Son elementos que forman parte del alcantarillado y cuyo propósito es servir como medios de inspección y limpieza.

Se recomienda ubicar pozos en los siguientes casos:

- En tramos iniciales
- En cambios de diámetro de tubería
- En cambios de pendiente
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En separaciones no mayores de 100 metros

Los diámetros de los pozos de visita serán diseñados en función del diámetro de la tubería utilizada.

Tabla XXXVII. **Diámetro pozo de visita en función del diámetro de tubería**

Diámetro de tubería	Diámetro de pozo (m)
10"	1,25
12"	1,25
14"	1,25
16"	1,25
18"	1,25
20"	1,50
22"	1,50
24"	1,50
26"	1,50
28"	1,50
30"	1,75
36"	1,75
40"	2,00
42"	2,00
48"	2,00
52"	2,00
60"	2,00

Fuente: Parámetros de Municipalidad de Villa Nueva.

Según la altura de los pozos se colocará refuerzo, ver tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Refuerzo pozos de visita en función de la altura**

Altura de pozo (m)		ØPozo	Clasificación estructural
a			
0	4	1,25	Sin refuerzo
4	6	1,25	Con refuerzo
0	4	1,50	Sin refuerzo
4	6	1,52	Con refuerzo
0	4	1,75	Sin refuerzo
4	6	1,75	Con refuerzo
0	6	2,00	Con refuerzo

Fuente: Parámetros de Municipalidad de Villa Nueva.

2.2.2.12. Cotas invert

Es la distancia que existe entre el nivel del terreno natural y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recibimiento mínimo necesario de la tubería. Por lo tanto, las cotas invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Tipos de casos:

- El diámetro de tubería de entrada y de salida son iguales

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

- El diámetro de tubería de entrada y el de salida no son iguales

Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.

- Diámetros de tuberías de entrada y el de salida son iguales

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las que ingresan en él, la cota invert de salida mínima estará a 3 cm debajo de la cota más baja que entre.

- Diámetros de tuberías de entrada y el de salida no son iguales

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en este, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

2.2.2.13. Disipadores de energía

Son elementos que generan una pérdida importante de energía cinética en el flujo y mermar la erosión que esta podría ocasionar al impactar con la estructura. Son empleados en tramos con alta pendiente longitudinal.

Dependiendo de la diferencia entre la cota invert de entrada con la de salida, se define si es necesario colocar un artefacto de disipación y de qué tipo.

- Pozo de visita sin artefacto dissipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, no se coloca ningún dissipador.

$$0,03 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,25 \text{ m}$$

- Colchón de agua

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un colchón de agua.

$$0,26 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,75 \text{ m}$$

- Codo dissipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un codo dissipador a 45° en función del diámetro de la tubería y la pendiente de la tubería. Este tipo de dissipador regularmente solo se coloca para drenaje sanitario.

$$0,76 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 2,00 \text{ m}$$

- Bandejas disipadoras

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se debe colocar bandejas cuadradas las cuales están separadas en función del caudal de entrada.

$$2,00 \text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 6,00 \text{ m}$$

2.2.3. Diseño del drenaje sanitario

Este proyecto consiste en el diseño del alcantarillado sanitario para la aldea San José del municipio de Villa Nueva, Guatemala. Dicha necesidad se identificó investigando la problemática que viven los pobladores a raíz de la falta de este elemental servicio.

2.2.3.1. Diseño del sistema a utilizar

La red consiste en una longitud de 2 180 metros aproximadamente, para lo cual se tomaron en cuenta 45 pozos de visita, los cuales están diseñados de acuerdo a las especificaciones del reglamento de construcción del municipio de Villa Nueva.

Se diseñaron dos redes independientes: una para que transporte las aguas negras y la otra las aguas provenientes de las lluvias. Es importante que las casas cuenten con tuberías separadas, y así se recolecten las aguas de manera individual.

2.2.3.2. Estudio de población

Es necesario prever el incremento de usuarios del sistema para lograr que el diseño satisfaga las exigencias futuras en el transcurso de su período de diseño.

Para lo cual se necesita primero conocer la población del lugar según los censos realizados con anterioridad y luego calcular la población para la fecha requerida.

Para el cálculo de la población existen varios métodos, pero el más utilizado por los diseñadores es el Método geométrico por tasa nacional, además este método proporciona un dato más aproximado.

$$Pf = Pa * (1 + R)^T$$

Donde

Pf = es la población futura

Pa = es la población actual

R = es la tasa de crecimiento

T = es el período de diseño

2.2.3.3. Dotación

Se utilizará una dotación de 150 l/hab/día debido a que la municipalidad de Villa Nueva tiene establecida ese dato.

2.2.3.4. Cálculo e integración de caudal sanitario

El caudal sanitario consiste en la sumatoria de los caudales domiciliarios, de infiltración, conexiones ilícitas, industrial y comercial.

2.2.3.4.1. Caudal domiciliar

Se refiere al agua evacuada por las viviendas usadas por los habitantes en actividades diarias. Para el cálculo se requiere del número de habitantes proyectado, el factor de retorno y la dotación de agua potable, la cual se encuentra en función de los hábitos y costumbres sociales de los pobladores del sector.

$$Q_{Dom} = \frac{Dot * \#hab * FDR}{86\ 400}$$

Donde

Q_{DOM} = es el caudal domiciliar en litros por segundo

Dot = es la dotación, #hab es la cantidad de habitantes proyectada

FDR = es el factor de retorno del proyecto

- Factor de retorno

Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada se devuelve al drenaje, como se mencionó anteriormente está en función de las costumbres sociales de la población. Dicho factor debe estar entre los siguientes valores.

$$0,70 \leq FDR \leq 0,85$$

Para el cálculo del caudal domiciliar de este proyecto se determinó que se utilizará un FDR de 0,85.

2.2.3.4.2. Caudal de infiltración

Es considerado como el flujo que se infiltra o penetra a través de la tubería, juntas entre tuberías y conexiones a pozos de visita y demás estructuras.

El Infom establece que para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, debe tomarse en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad y el tipo de tuberías.

Para este caso las tuberías quedarán sobre el nivel freático.

Tabla XXXIX. **Factor de infiltración**

Tipo de tubería	Factor de infiltración
PVC	0,010
Cemento	0,0025

Fuente: Infom. *Factores de infiltración para tubería PVC*. p. 10.

El caudal de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,010 * \text{Diámetro tubería en plg}$$

2.2.3.4.3. Caudal de conexiones ilícitas

Es el aporte de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de conexiones erradas de bajantes de tejados y patios. Existen varios métodos para calcular dicho caudal.

Para calcular el caudal se basó según lo establecido en los reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes de Unepar - Infom, es posible representar este caudal como el 10 % del caudal domiciliario. Debido a que se planea construir un sistema de alcantarillado pluvial, las conexiones ilícitas deberán ser reducidas considerablemente.

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{Dom}$$

2.2.3.4.4. Caudal comercial e industrial

Es el agua negra proveniente de las industrias como fábricas de textiles, licores, alimentos, comercios, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerarse y puede estimarse entre 600 a 3 000 lts/comercio/día. La dotación industrial dependerá del tipo de industria, pero puede estimarse entre 1 000 a 1 800 lts/industria/día.

Se calculan de la siguiente manera.

$$Q_{Ind} = \frac{\#ind * Dot}{86\ 400}$$

$$Q_{com} = \frac{\#com * Dot}{86\ 400}$$

Para este proyecto no se tomarán caudales comerciales e industriales, debido a que en el sector no se encuentran comercios ni industrias.

2.2.3.4.5. Caudal sanitario

Se define como sumatoria del caudal domiciliar, comercial, industrial, de conexiones ilícitas y de infiltración. Se utiliza para determinar el factor de caudal medio.

$$Q_s = \sum Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

2.2.3.4.6. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería, es determinado por la sumatoria de los caudales que contribuyen al sistema, dividido la cantidad de habitantes proyectados.

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{\#hab. futuro}$$

Donde

f_{qm} = es el factor de caudal medio

Q_s = es el caudal sanitario en litros por segundo

Este factor debe estar entre los valores de 0,002 y 0,005, porque se podría caer en un sobrediseño o subdiseño, según sea el caso.

2.2.3.4.7. Factor de Harmond

También llamado factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado. Este factor actúa principalmente en la hora pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Se debe calcular para cada tramo de la red.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1\ 000}}{4 + \sqrt{P}/1\ 000}$$

Donde

FH = es el factor de Harmond

P = es la cantidad de habitantes expresado en miles

2.2.3.4.8. Caudal de diseño

Para obtener el caudal que transportará la red de alcantarillado sanitario, se utilizan los valores descritos en la siguiente expresión.

$$Qd = \#hab \times fqm \times FH$$

Donde

Qd = es el caudal de diseño

#hab = es la cantidad de habitantes en cada tramo

fqm = es el factor de caudal medio

FH = es el factor de Harmond

2.2.3.5. Conexiones domiciliarias

Se debe construir una caja de registro o candela con una dimensión mínima de 38 centímetros de diámetro o 45 centímetros por lado con 1 metro de profundidad. Si son tubos de concreto deberán colocarse verticalmente o bien con mampostería reforzada, debiendo estar impermeabilizados.

Se denomina tubería secundaria a la que une a la candela o caja de registro domiciliario con el colector principal, teniendo un diámetro mínimo de 4" para PVC y 6" para concreto. Para un flujo eficiente, deberá conectarse con pendiente mayor a 2 % y menor al 6", realizando la conexión con el colector principal en el medio diámetro superior, formando un ángulo de 45 grados a favor del flujo.

No se podrá realizar conexión domiciliar sin autorización de la municipalidad o el supervisor. Se podrá realizar conexiones individuales, transportando aguas residuales hacia el colector de una sola vivienda.

2.2.3.6. Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario

- Cálculo del tramo del PV 16 - PV 17
 - Cota inicial (CI) = 195,15 m
 - Cota final (CF) = 194,59 m
 - Distancia horizontal (DH) = 27,6 m

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CI - CF)}{D.H} \times 100 = \frac{(195,15 - 194,59)}{26,6} \times 100 = 2,03 \%$$

- Población de diseño

Viviendas del tramo anterior = 315

Viviendas del tramo a calcular = 5

Total viviendas = 320

6 habitantes por casa

$$\# \text{ habitantes} = 320 \times 6$$

$$\# \text{ habitantes} = 1\,920$$

$$Pf = Pa (1 + R)^T$$

$$Pf = 1\,920 (1 + 0,03)^{25}$$

$$Pf = 4\,021 \text{ hab}$$

Pa = 1 920 hab

R = 3 %

T = 25 años

Población futura = 4 021 habitantes

- Integración de caudales
 - Caudal domiciliar

Para el caudal domiciliar en este caso se utilizó un FDR de 0,85 y una dotación de 150 Lt/hab/día, ya que es el valor que la Municipalidad de Villa Nueva determinó que se utilizará.

$$Q_{Dom} = \frac{Dot \times \#hab \times FDR}{86\ 400}$$

$$Q_{Dom} = \frac{150 \times 4\ 021 \times 0,85}{86\ 400}$$

$$Q_{Dom} = 5,93 \text{ lt/s}$$

Dotación = 150 lts/hab/día

Factor de retorno = 0,85

habitantes = 4 021 hab

Q Dom = 5,93 lts/seg

- Caudal de infiltración

Para el caudal de infiltración como se utilizó tubería de PVC, se utilizará el factor de 0,010 del Infom como se muestra en la tabla XXXIX.

$$Q_{INF} = 0,010 \times \text{diametro plg}$$

$$Q_{INF} = 0,010 \times 8''$$

$$Q_{INF} = 0,08 \text{ Lt/s}$$

Factor = 0,010

Diámetro de tubería = 8"

Q Inf = 0,08 lts/ seg

- Caudal de conexiones ilícitas

En este caso para el diseño del drenaje sanitario se utilizó el parámetro de diseño del Infom.

$$Q_{CI} = 0,010 \times Q_{DOM}$$

$$Q_{CI} = 0,010 \times 5,93$$

$$Q_{CI} = 0,593 \text{ Lt/s}$$

Factor de Infom = 0,10

Q dom = 5,93 lt/s

Qci = 0,593 lt/s

- Caudal comercial e industrial

Para este diseño de drenaje sanitario el caudal comercial e industrial fue nulo, ya que no existen comercios ni industrias cercanos al sistema.

- Caudal sanitario

Se toma la sumatoria del caudal domiciliar, de infiltración y de conexiones ilícitas.

$$Q_s = \sum Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

$$Q_s = 5,93 \frac{lt}{s} + 0,08 \frac{lt}{s} + 0,593 \frac{lt}{s} + 0 \frac{lt}{s} + 0 \frac{lt}{s}$$

$$Q_s = 6,61 \frac{lt}{s}$$

- Factor de caudal medio

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{\#hab. futuro}$$

$$f_{qm} = \frac{6,61 \text{ lt/s}}{4\ 021 \text{ hab}}$$

$$f_{qm} = 0,0016 = 0,002$$

Qs = caudal sanitario

Hab = habitantes futuros

Fqm = 0,002

Para el fqm se utilizó el parámetro de Dirección General de Obras Públicas (DGOP), el cual indica que para un fqm < 0,002 se debe utilizar 0,002

y para un $f_{qm} > 0,005$ se debe de utilizar 0,005. En este caso como el f_{qm} es menor a 0,002 se utiliza 0,002.

- Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1\ 000}}{4 + \sqrt{P/1\ 000}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{4\ 021/1\ 000}}{4 + \sqrt{4\ 021/1\ 000}}$$

$$FH = 3,3313$$

P= 4 021 hab

FH= 3,33

- Caudal de diseño

$$Qd = \#hab \times f_{qm} \times FH$$

$$Qd = 4\ 021 \times 0,002 \times 3,33$$

$$Qd = 26,79 \text{ lt/s}$$

hab= habitantes futuros

F_{qm}= 0,002

FH= 3,33

Qd= 26,79 lt/s

- Diseño hidráulico

Diámetro de tubería 8"

Pendiente de tubería propuesta = 0,6 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) x D^{2/3} x S^{1/2}$$

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) x 8^{2/3} x 0,6^{1/2}$$

$$V = 1,06 \frac{m}{s}$$

D= 0,2032 m

S tubería= 4 %

V= 2,74 m/s

- Capacidad a sección llena

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

$$A = \frac{\pi x 0,2032^2}{4}$$

$$A = 0,03242 m^2$$

D= 0,2032 m

A= 0,03242 m²

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1,06 \frac{m}{s} \times 0,03242 m^2$$

$$Q = 34,45 \frac{l}{s}$$

$$V = 1,06 \text{ m/s}$$

$$Q = 34,45 \text{ l/s}$$

Relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{26,79 \text{ l/s}}{34,45 \text{ l/s}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0,7776$$

Como $q < Q$, de las tablas de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores, (ver tabla XXXIII).

$$\frac{v}{V} = 1,1048 \text{ y } \frac{d}{D} = 0,66$$

- Velocidad de diseño

$$v = 1,1048 \times 1,06 \frac{m}{s}$$

$$v = 1,17 \frac{m}{s}$$

Este drenaje a un período de diseño de 25 años, su velocidad estaría dentro de lo permitido, por lo tanto cumple.

$$0,60 \text{ m/s} \leq 1,17 \text{ m/s} \leq 4 \text{ m/s}$$

- Tirante

$$\frac{d}{D} = 0,66$$

Como la altura de tirante para un período de diseño de 25 años se encuentra dentro de los valores establecidos, el tirante cumple.

$$0,10 \leq 0,66 \leq 0,75$$

- Cotas invert

Cota invert de salida del PV16

$$\text{CIS} = 192,14$$

Cota invert de entrada al PV 17

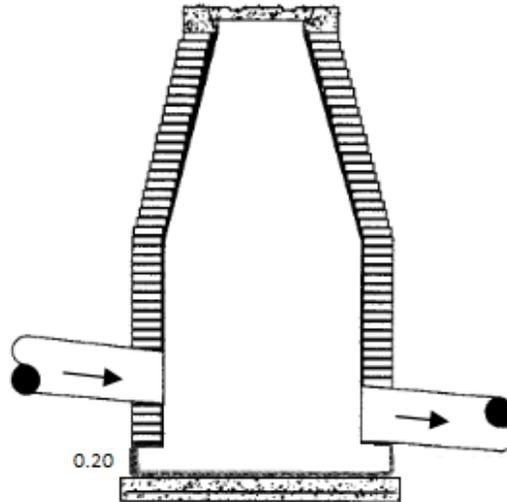
$$\text{CIE} = 192,14 - (27,6 \times 0,6 \%) / 100 = 191,97 \text{ m}$$

La diferencia entre altura entre la cota invert de entrada a la tubería del PV 16 a la de salida a la tubería de PV 17 es de 0,81, por lo tanto si se utiliza artefacto disipador, ya que:

$$0,3 \text{ m} \leq 0,71 \leq 0,75 \text{ m}$$

Se colocará un colchón.

Figura 26. Colchón de agua



Fuente: PAREDES, Carolina. *Reglamento técnico de diseño para sistemas de alcantarillado, Cámaras de inspección.* p. 50.

- Profundidad del pozo de visita
 - PV 16
 - Cota invert de salida= 192,14 m
 - Cota de terreno inicial= 195,15 m
 - Altura de pozo= $195,15 - 192,14 = 3,01 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$
 - PV 17
 - Cota invert de salida= 191,94 m
 - Cota de terreno inicial= 194,59 m
 - Altura de pozo= $194,59 - 191,94 = 2,65 \text{ m} = 2,70 \text{ m}$

- Excavación

$$Ex = \left(\frac{\text{prof de pozo inicial} + \text{pro de pozo final}}{2} \right) \times \text{Ancho de zanja} \times Dh$$

$$Ex = \left(\frac{3,00 \text{ m} + 2,70 \text{ m}}{2} \right) \times 0,60 \text{ m} \times 27,6 \text{ m}$$

$$Ex = 64,13 \text{ m}^3$$

- Relleno

$$\text{Relleno} = Exc - \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0,0254 \right) \times Dh$$

$$\text{Relleno} = 63,13 \text{ m}^3 - \left(\frac{\pi}{4} \times (8 \times 0,0254)^2 \right) \times 27,6 \text{ m}$$

$$\text{Relleno} = 63,19 \text{ m}^3$$

2.2.3.7. Desfogue

El sistema de alcantarillado sanitario se transportará a una planta de tratamiento en óptimas condiciones, la cual recolecta varios tramos del sector y se transportarán las aguas servidas, conectándolas a un pozo existente que se encuentra al final del tramo. Mediante una evaluación se determinó que es factible utilizar el pozo para transportar el caudal de diseño a la planta de tratamiento. El pozo tiene una altura de 2,90 metros.

2.2.3.8. Tabla drenaje sanitario

El diseño del drenaje sanitario se puede encontrar en el apéndice 2 de este trabajo de graduación.

2.2.3.9. Planos finales

El drenaje sanitario consta de 13 planos los cuales se pueden encontrar en el apéndice 3.

- Plano de curvas de nivel
- Plano de densidad de vivienda
- Planta general
- Planta + perfil PV – DS – 01 a PV – DS – 09
- Planta + perfil PV – DS – 09 a PV – DS – Existente
- Planta + perfil Tramo 3 y 4
- Planta + perfil Tramo 5 y 6
- Planta + perfil Tramo 7, 8, 9, 10
- Planta + perfil Tramo 11
- Planta + perfil Tramo 12, 13
- Planta + perfil Tramo 14
- Planta + perfil Tramo 15, 16
- Detalles

2.2.3.10. Presupuesto

En la siguiente tabla se presenta el costo del proyecto de alcantarillado sanitario, el cual contiene el detalle de cada renglón con su respectivo costo unitario y cantidades.

Tabla XL. Presupuesto alcantarillado sanitario

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS Guatemala, C.A.						
PRESUPUESTO DE CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO						
IDENTIFICACIÓN PROYECTO:		DRENAJE SANITARIO				
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN:		SAN JOSE VILLA NUEVA				
NOMBRE DE SOLICITANTE:		MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA				
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN:		11990,00 ANCHO (m)	5,50 LARGO (ml)	2180,00	FECHA PROYECTO:	sep-16
No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON	
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES					
<u>1.01</u>	Topografía, planimetría y altimetría. (Incluye cuadrilla de topografía y equipo)	ml	2180,00	Q 2,65	Q	5 786,80
<u>1.02</u>	Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)	m2	11990,00	Q 32,80	Q	393 272,00
					SUB TOTAL	Q 399 058,80
2,00	TUBERIA DE CONDUCCION					
<u>2.01</u>	Tubería PVC Ø6" Novafort norma F949	ml	1994,00	Q 217,10	Q	432 905,86
<u>2.02</u>	Tubería PVC Ø8" Novafort norma F949	ml	179,00	Q 290,67	Q	52 029,81
					SUB TOTAL	Q 484 935,67
3,00	POZOS DE VISITA					
<u>3.10</u>	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	Unidad	26,00	Q 7 232,51	Q	188 045,27
<u>3.20</u>	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (2.51-4.00) m, sin refuerzo.	Unidad	19,00	Q 11 606,40	Q	220 521,53
					SUB TOTAL	Q 408 566,80
4,00	CANDELAS					
<u>4.01</u>	Construcción de candelas para drenaje sanitario, diámetro de 12" Profundidad (1,15m).+ pozos de concreto de 12"	unidad	323,00	Q 654,54	Q	211 416,42
<u>4.02</u>	Tubería PVC Ø4" Novafort norma F949 (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)	ml	161,50	Q 156,21	Q	25 228,24
					SUB TOTAL	Q 236 644,66
5,00	TRABAJOS FINALES					
<u>5.01</u>	Restitución del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)	Ton-m	192,30	Q 1 616,63	Q	310 877,95
					SUB TOTAL	Q 310 877,95
					COSTO TOTAL ESTIMADO	Q 1 840 083,88

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.11. Cronograma físico y financiero

A continuación en la tabla XLI se presenta el cronograma semanal de las tareas financieras a realizar en el proyecto de alcantarillado sanitario.

Tabla XLI. Cronograma físico y financiero alcantarillado sanitario



CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN

IDENTIFICACIÓN PROYECTO: DRENAJE SANITARIO
 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: SAN JOSE VILLA NUEVA

ÁREA DE CONSTRUCCIÓN CALLE: Área 11 990,00 m² Ancho promedio: 5,50 ml
 LONGITUD: 2180 ml FECHA: 11/09/2016

No.	UNIDAD	CANTIDAD	SEMANAS																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,00																				
1,01	ml	2 180,00	Q5 786,80																	
1,02	m ²	11 990,00		Q393 272,00																
2,00																				
2,01	ml	1 994,00				Q432 905,86														
2,02	ml	179,00							Q52 029,81											
3,00																				
3,01	unidad	26,00				Q188 045,27														
3,02	unidad	19,00							Q220 521,53											
4,00																				
4,01	unidad	323,00											Q		211 416,42					
4,02	ml	161,50											Q		25 228,24					
5,00																				
5,01	Ton-m	1 616,63															Q		310 877,95	

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Diseño drenaje pluvial

Se diseñó un sistema de recolección de las aguas provenientes de las lluvias, ya que debido a la falta de dicho sistema se producían inundaciones. Se utilizaron una cantidad de 46 pozos de visita y el sistema cuenta con 2 100 metros lineales de tubería aproximadamente.

2.2.4.1. Caudal pluvial

Para el cálculo del caudal a utilizar para diseñar el sistema de alcantarillado, se utilizó el método racional.

2.2.4.1.1. Coeficiente de escorrentía

Es el porcentaje del agua pluvial, la cual es considerada, ya que no todo el volumen de precipitación pluvial es drenada por medio de la alcantarilla natural o artificial.

Esto se debe a la evaporación, infiltración y retención del suelo, por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de escorrentía promedio se calcula de la siguiente manera:

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

Donde

C = es la escorrentía promedio del área drenada

c = es el coeficiente de escorrentía en cada área y a es el área tributaria

Se debe tomar en consideración las distintas áreas como calles, construcciones y áreas verdes, en forma individual, ya que presentan diferentes superficies, y por ende, diferente coeficiente de escorrentía. Dichos coeficientes pueden ser consultados en la tabla XXXIX.

2.2.4.1.2. Áreas tributarias

Para determinar el área tributaria es muy importante considerar la topografía del terreno, para determinar los puntos donde pasará la mayor cantidad de agua, debiendo ubicar los puntos de recolección pluvial,

Se procede a dividir el área a drenar en áreas parciales tratando que sean polígonos de 3 lados, las que tributarán a un tragante determinado.

Figura 27. **Áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4.1.3. Tiempo de concentración

Es el periodo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más alto hasta un punto en diseño, este se divide en: tiempo de entrada y tiempo en la tubería.

Para el diseño del drenaje pluvial se determinó el tiempo de concentración inicial es de 12,8 min por del método de *Kirpich*.

$$T_c = 0,0003245 * \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$$

$$T_c = 0,0003245 * \left(\frac{650}{0,02^{0,5}} \right)^{0,77} = 0,21 \text{ hora} = 12,8 \text{ min}$$

Donde

Tc = es el tiempo de concentración en horas

L = es la trayectoria del flujo en metros

S = es la pendiente de dicho flujo en metro sobre metro

El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T_2 = T_1 + \frac{L}{60V}$$

Donde

T2 = es el tiempo de concentración en el tramo de estudio en minutos

T1 = es el tiempo de concentración del tramo anterior en minutos

L = es la longitud del tramo anterior en metros

V = es la velocidad a sección llena del tramo anterior en metros por segundo

2.2.4.1.4. Intensidad de lluvia

La intensidad y duración de las lluvias durante fuertes eventos meteorológicos, forman parte esencial para el diseño de alcantarillados pluviales. Para determinar este factor en la aplicación del método racional, es necesario definir la frecuencia de la lluvia y su duración.

El Departamento de Hidrología del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), determina las intensidades con base en estaciones pluviométricas ubicadas en inmediaciones de la cabecera departamental.

Se estableció una probabilidad de ocurrencia de 20 años y se calcula según la siguiente ecuación.

$$I = \frac{A}{(t + B)^n}$$

Donde

I = es la intensidad de lluvia en milímetros por hora

t = es el tiempo de concentración en minutos

A = son constantes en función del período de retorno

n = son constantes en función del período de retorno

B = son constantes en función del período de retorno

Figura 28. **Cuencas y estaciones de Guatemala**

Núm	NOMBRE ESTACIÓN	CUENCA	DEPTO.	MUNICIPIO
1	COBÁN	CAHABÓN	Alta Verapaz	Cobán
2	SAN JERÓNIMO	SALINAS	Baja Verapaz	S.Jeronimo
3	ALAMEDA ICTA	MOTAGUA	Chimaltenango	Chimaltenango
4	ESQUIPULAS	OLOPA	Chiquimula	Esquipulas
5	SABANA GRANDE	ACHIGUATE	Escuintla	Escuintla
6	PUERTO SAN JOSÉ	MARIA LINDA	Escuintla	S.Jose
7	CAMANTULUL	COYOLATE	Escuintla	Sta.Lucia Cotz.
8	INSIVUMEH	MARIA LINDA	Guatemala	Guatemala
9	HUEHUETENANGO	SELEGUA	Huehuetenango	Huehuetenango
10	PUERTO BARRIOS	MOTAGUA	Izabal	Puerto Barrios
11	POTRERO CARRILLO	MOTAGUA	Jalapa	Jalapa
12	LA CEIBITA	OSTUA-GUIJA	Jalapa	Monjas
13	ASUNCIÓN MITA	OSTUA-GUIJA	Jutiapa	Asuncion Mita
14	MONTUFAR	PAZ	Jutiapa	Moyuta
15	FLORES	S.PEDRO	Petén	Flores
16	EL PORVENIR	PASIÓN	Petén	Sayaxché
17	MORAZÁN	MOTAGUA	El Progreso	Morazán
18	LABOR OVALLE	SAMALÁ	Quezaltenango	Olintepeque
19	RETALHULEU	OCOSITO	Retalhuleu	Retalhuleu
20	LOS ESCLAVOS	LOS ESCLAVOS	Santa Rosa	Cuilapa
21	SANTIAGO ATITLÁN	ATITLÁN	Sololá	Santiago Atitlán
22	LA FRAGUA	GRANDE DE ZA	Zacapa	Estanzuela
23	LA UNIÓN	MOTAGUA	Zacapa	La Unión

Fuente: Insivumeh.

2.2.4.1.5. Caudal de diseño

Son utilizados dos métodos para el cálculo del caudal de diseño: el empírico y el racional.

Como se indicó anteriormente se utilizará el método racional, por lo que se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria contribuye con su escorrentía.

Durante un período de precipitación máxima debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita, la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Este método está representado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

Donde

Q = caudal en metro cúbicos por segundo

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia dado en milímetros por hora

A = área en hectáreas

2.2.4.2. Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado pluvial

Cálculo del tramo PVP - 16 a PVP - 17

Cota inicial (CI) = 195,07 m

Cota final (CF) = 194,56 m

Distancia horizontal (DH) = 29,37 m

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CI - CF)}{D.H} * 100 = \frac{(195,07 - 194,56)}{29,37} * 100 = 1,74 \%$$

- Cálculo de área tributaria

Se determinó según la topografía del terreno y se utilizó la herramienta de Autocad Civil 3D, para atribuir las áreas a utilizar en el diseño.

Área tributaria = 0,06 Ha

Área tributaria acumulada = 3,21 Ha

- Tiempo de concentración

Tiempo de concentración de tramo anterior = 18,88 min

Longitud del tramo anterior = 34,94 m

Velocidad del tramo anterior = 1,59 m/s

$$T2 = T1 + \frac{L}{60V}$$

$$T2 = 12,71 + \frac{34,94}{60 * 1,59}$$

$$T2 = 19,25 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia

Por medio de la tabla XXV, se obtuvieron los valores de A, B y n.

Tiempo de concentración = 19,25 min

A = 720

B = 2

n = 0,637

$$I = \frac{A}{(t + B)^n}$$

$$I = \frac{720}{(19,25 + 2)^{0,637}}$$

$$I = 102,76 \text{ mm/hr}$$

- Coeficiente de escorrentía

Por medio de la tabla XXIV se determinaron los coeficientes "C" en función de la superficie y el tipo de superficie.

Área casas = 29 070 m²

Área patios = 7 752 m²

Área calles = 4 360 m²

$$c = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a}$$

$$c = \frac{\sum(0,85 \times 29\,070 + 0,40 \times 7\,752 + 0,80 \times 4\,360)}{\sum 29\,070 + 7\,752 + 4\,360}$$

$$c = 0,76$$

- Caudal de diseño

Coeficiente de escorrentía = 0,76

Área tributaria acumulada = 3,21 Ha

Intensidad de lluvia = 102,76 mm/hr

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

$$Q = \frac{0,76 \times 102,76 \times 3,21}{360}$$

$$Q = 0,69 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 695,40 \frac{Lt}{s}$$

- Diseño hidráulico

Diámetro de tubería 24"

Pendiente de tubería propuesta = 1,00 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) \times D^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) \times 0,609^{2/3} \times 0,01^{1/2}$$

$$V = 2,85 \frac{m}{s}$$

$$D = 0,609 \text{ m}$$

$$S \text{ tubería} = 1,00 \%$$

$$V = 2,85 \text{ m/s}$$

- Capacidad a sección llena

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

$$A = \frac{\pi \times (24'' \times 0,025)^2}{4}$$

$$A = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = 2,85 \frac{m}{s} \times 0,2827 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,80 \frac{m^3}{s}$$

- Relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{695,40 \frac{1}{s}}{806,68 \frac{1}{s}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0,862047$$

Como $q < Q$, de las tablas de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores, ver tabla XXXII.

$$\frac{v}{V} = 1,124919 \text{ y } \frac{d}{D} = 0,716$$

- Velocidad de diseño

$$v = 1,124919 \times 2,85 \frac{m}{s}$$

$$v = 3,21 \frac{m}{s}$$

La velocidad de diseño se encuentra dentro de los valores establecidos como se indica en la tabla XXIX.

$$0,75 \frac{m}{s} \leq 3,21 \text{ m/s} \leq 5 \text{ m/s}$$

- Tirante

$$\frac{d}{D} = 0,716$$

Como la altura de tirante para un período de retorno de 20 años se encuentra dentro de los valores establecidos, el tirante cumple.

$$0,10 \leq 0,716 \leq 0,80$$

- Cotas invert

Cota invert de salida del PVP - 16

$$\text{CIS} = 195,07 - 4,50 = 190,61 \text{ m}$$

Cota Invert de entrada al PV - 17

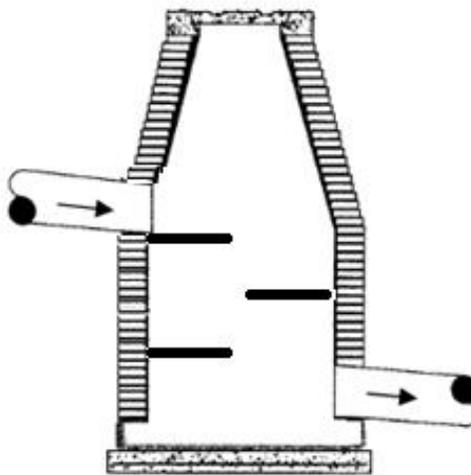
$$\text{CIE} = 190,61 - (29,37 \times 1,00 \%) / 100 = 190,32 \text{ m}$$

La diferencia de altura entre la cota invert de entrada a la tubería del PVP - 16 a la cota invert de salida a la tubería de PVP - 17 es de 2,10 m, por lo tanto se debe utilizar un artefacto disipador.

$$0,76 \text{ m} \leq 2,10 \text{ m} \leq 6 \text{ m}$$

Para drenaje pluvia se debe de utilizar bandejas, porque un codo disipador, no es recomendable por la cantidad de caudal que está circulando.

Figura 29. **Disipador tipo bandejas**



Fuente: PAREDES, Carolina. *Reglamento técnico de diseño para sistemas de alcantarillado, Cámaras de inspección.* p. 50.

Las dimensiones de bandejas se diseñaron de la siguiente manera: A es el largo y B es el ancho de la bandeja.

Tabla XLII. **Dimensiones de bandejas disipadoras**

Diámetro	A	B
1,25	0,60	0,60
1,50	0,75	0,75
1,75	0,90	0,90
2,00	1,00	1,00
2,25	1,10	1,10

Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. *Parámetro*.

Como el pozo PVP - 16 es de un diámetro de 1,50, las dimensiones de las bandejas serán de 0,75 x 0,75 y la separación entre bandejas de 1,10 m.

- Profundidad del pozo de visita
 - PVP - 16
 - Cota invert de salida = 190,61 m
 - Cota de terreno inicial = 195,07 m
 - Altura de pozo = $195,07 - 190,61 = 4,46 = 4,50$ m
 - PVP - 17
 - Cota invert de salida = 190,29 m
 - Cota de terreno inicial = 194,56 m
 - Altura de pozo = $194,56 - 190,29 = 4,27$ m = 4,30 m

- Excavación

$$Ex = \left(\frac{\text{prof de pozo inicial} + \text{prof de pozo final}}{2} \right) \times \text{ancho de zanja} \times Dh$$

$$Ex = \left(\frac{4,50 \text{ m} + 4,20 \text{ m}}{2} \right) \times 0,65 \text{ m} \times 29,37 \text{ m}$$

$$Ex = 134,72 \text{ m}^3$$

- Relleno

$$R = Exc - \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0,0254 \right) \times Dh$$

$$R = 134,72 \text{ m}^3 - \left(\frac{\pi}{4} \times 24^2 \times 0,0254 \right) \times 29,37 \text{ m}$$

$$R = 125,79 \text{ m}^3$$

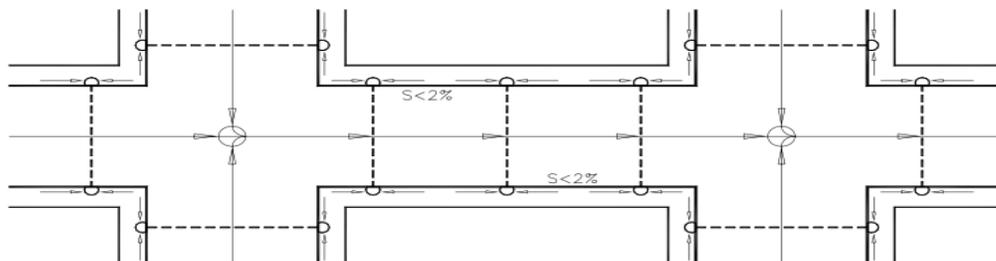
2.2.4.3. Tragantes

Los tragantes o sumideros son estructuras de captación de las aguas de escorrentía superficial producto de un evento de precipitación. Estas estructuras pueden ser diseñadas para captar las aguas de manera longitudinal o transversal a la dirección del flujo. Su ubicación, número y tipo está en función de las características de la zona, de tal manera que se garantice que el agua no rebase las mismas.

Deberán ser localizados en vías vehiculares o peatonales, en los cruces de vías y en los puntos intermedios bajos. Algunos criterios para su ubicación, son los siguientes:

- En las partes bajas o depresiones de un sistema o tramo de tubería.
- A 3,00 m de la orilla de la acera que forma la esquina.
- Los tragantes longitudinales o de acera, se localizan por lo menos a 100 m aguas abajo de una calle.
- Antes de puentes y terraplenes.
- Cuando el tirante de agua pase los 0,10 m de altura.

Figura 30. **Planta distribución de tragantes**



Fuente: HINDMAN, Paul. *Obras accesorias drenaje pluvial*. p. 45.

Para su diseño, se deben tener en consideración dos aspectos: el dimensionamiento del área efectiva de captación y el dimensionamiento de los conductos que conectan estas estructuras con la red de alcantarillado.

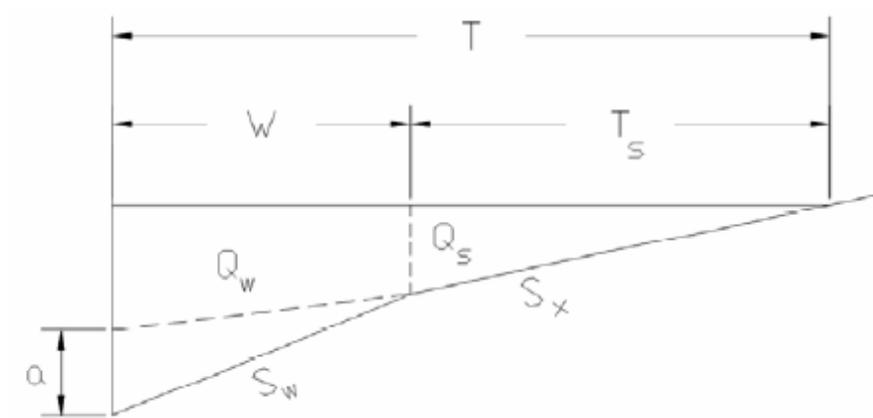
Para el primer aspecto se deben establecer las características del flujo, la zona de aporte y el tipo de rejilla. En cuanto al dimensionamiento de los conductos, debe ser igual al de un sistema de alcantarillado o bien tener un diámetro y pendiente mínima de 10" y 2 % respectivamente, y su longitud no mayor de 15 m. Teniendo esto en consideración, se emplearon tragantes tipo R

longitudinales de 1,50 m estandarizados por la Municipalidad de Villa Nueva, cuyo detalle puede ser consultado en la sección de apéndices.

2.2.4.3.1. Cálculo de tragantes

Para realizar su cálculo es importante determinar las características geométricas de un tragante.

Figura 31. Características geométricas de un tragante tipo buzón

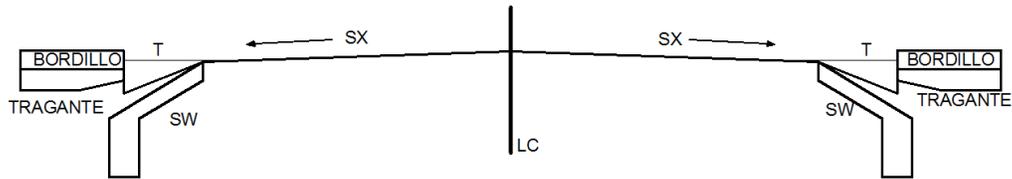


Fuente: elaboración propia.

Cálculo tragante 39

Se debe definir la geometría del tragante.

Figura 32. Sección de calle



Fuente: elaboración propia.

Ancho de calle = 6 m

Pendiente transversal de la calle = 2 %

Pendiente longitudinal = según la ubicación del trágate

Caudal = 0,010 m³/s, dato obtenido del método racional

- Espejo de agua

Es el ancho de la superficie libre de agua y está en función de las características geométricas de la superficie.

Se calcula de la siguiente manera:

$$T = [(Q)/K_u S_x^{1,67} S_L^{0,5}]^{0,375}$$

Donde

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

K_u = constante cuyo valor es 0,376

S_x = pendiente transversal

n = coeficiente de rugosidad

S_L = pendiente longitudinal

$$T = \left[\frac{(0,01 \text{ m}^3/\text{s})}{0.376 \times 0,02^{1,67} \times 0,02^{0,5}} \right]^{0,375}$$

$$T = 0,99 \text{ m}$$

El espejo de agua cumple con los parametros, ya que este debe ser menor o igual a 3 m.

- Tirante de agua parcial.

Es la altura parcial de un flujo en un determinado evento y está en función del espejo de agua y la pendiente transversal.

$$d = T S_x$$

Donde

Sx = pendiente transversal

T = espejo de agua

$$d = 0,99 \times 0,02$$

$$d = 0,020$$

- Tirante de agua máximo

Es la altura máxima a la que el flujo puede llegar en un determinado evento y está en función de la sección de la superficie y la pendiente transversal.

$$d = \frac{\text{Ancho de calle}}{2} S_x$$

Se tomó un ancho de calle de 6 metros

$$d = \frac{6 \text{ m}}{2} \times 0,02$$

$$d = 0,06$$

- Radio de flujo

Es la relación del flujo frontal al flujo total dentro del canal y la pendiente transversal. Este factor es adimensional y se utiliza para la pendiente equivalente (S_e).

Para el cálculo del radio de flujo se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_o = 1 / \left\{ 1 + \frac{S_w / S_x}{\left[1 + \frac{S_w / S_x}{\frac{T}{W} - 1} \right]^{2.67}} - 1 \right\}$$

Donde

W = ancho de inclinación de ingreso al tragante entre 0,40 y 0,60 metros

T = espejo de agua

$$E_o = 0,9690$$

- Pendiente de inclinación

Es la pendiente que le da dirección al flujo hacia el tragante y está en función del ancho de inclinación (W) y altura del canal de depresión (a).

$$S_w = \frac{a}{W} + S_x$$

Donde

W = ancho de inclinación

A = altura del canal de depresión

$$S_w = \frac{0,050 \text{ m}}{0,50 \text{ m}} + 0,02$$

$$S_w = 0,12$$

- Pendiente equivalente

Es la relación entre la pendiente transversal y la pendiente de inclinación con el radio de flujo.

$$S_e = S_x + S_w E_o$$

$$S_e = 0,02 + 0,02 * 0,969$$

$$S_e = 0,1169$$

- Longitud efectiva

Es la longitud que debe de tener el tragante para captar el 100 % del flujo superficial y está en función del caudal, la pendiente longitudinal, la pendiente equivalente (S_e) y un factor K_T .

$$L_T = K_T Q^{0,42} S_L^{0,3} [1/(S_e)]^{0,6}$$

Donde

L_T = longitud efectiva para captar el 100 % del flujo

K_T = constante cuyo valor es 0,817

Q = caudal en metros cúbicos por segundo por número de tragantes

S_e = pendiente equivalente

S_L = pendiente longitudinal

$$L_T = 0,817 * \left(0,01 \frac{m^3}{s}\right)^{0,42} * 0,02^{0,3} * \left[\frac{1}{(0,1169)}\right]^{0,6}$$

$$L_T = 1,67 m$$

- Eficiencia

Determina la cantidad de flujo que es captado por el tragante y está en función de la longitud efectiva y la longitud propuesta.

$$E\% = 1 - \left[1 - \left(\frac{L}{L_T} \right) \right]^{1,8} \times 100$$

Donde

L = longitud propuesta según el diseñador en metros

L_T = longitud efectiva en metros

$$E\% = 1 - \left[1 - \left(\frac{1,50 \text{ m}}{1,67 \text{ m}} \right) \right]^{1,8} \times 100$$

$$E\% = 98,36 \%$$

La eficiencia del tragante si se utilizará la longitud propuesta y se colocarán dos tragantes en el PVP - 16 a PVP - 17, el tragante estaría dentro de los parámetros, ya que la eficiencia debe de ser mayor o igual a 80 %.

2.2.4.4. Desfogue

El sistema de alcantarillado será transportado hacia un pozo existente, debido a que la municipalidad diseñó un sistema de recolección de agua pluvial, el cual pasa por la avenida principal. El pozo existente tiene una profundidad de 3,5 metros.

2.2.4.5. Tabla drenaje pluvial

El diseño del drenaje pluvial y el diseño de los tragantes tipo R se pueden encontrar en el apéndice 2 de este trabajo de graduación.

2.2.4.6. Planos finales

El drenaje pluvial consta de 12 planos los cuales se pueden encontrar en el apéndice 3.

- Planta general
- Planta + perfil PV – DP – 01 a PV – DP – 09
- Planta + perfil PV – DP – 09 a PV – DP – Existente
- Planta + perfil Tramo 3 y 4
- Planta + perfil Tramo 5 y 6
- Planta + perfil Tramo 7, 8, 9
- Planta + perfil Tramo 10
- Planta + perfil Tramo 11, 12
- Planta + perfil Tramo 13
- Planta + perfil Tramo 14, 15
- Detalles
- Detalles

2.2.4.7. Presupuesto

En la siguiente tabla se presenta el costo del proyecto de alcantarillado pluvial, el cual contiene detalles de cada renglón con su respectivo costo unitario u cantidades.

Tabla XLIII. Presupuesto alcantarillado pluvial

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS Guatemala, C.A.			
PRESUPUESTO DE CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO					
IDENTIFICACIÓN PROYECTO: DRENAJE PLUVIAL UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: SAN JOSE VILLA NUEVA NOMBRE DE SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA ÁREA DE CONSTRUCCIÓN: 11990,00 ANCHO (m) 5,50 LARGO (ml) 2180,00		CODIGO: N/D FECHA PROYECTO: mar-16			
No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía, planimetría y altimetría. (Incluye cuadrilla de topografía y equipo)	ml	2180,00	Q 2,61	Q 5 698,11
1.02	Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)	m2	11990,00	Q 32,61	Q 390 993,90
SUB TOTAL					Q 396 692,01
2,00	TUBERÍA DE CONDUCCION				
2.01	Tubería PVC Ø10" Novafort norma F949 (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)	ml	1438,41	Q 399,08	Q 574 042,85
2.02	Tubería PVC Ø12" Novafort norma F949 (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)	ml	115,06	Q 336,88	Q 38 761,76
2.03	Tubería PVC Ø15" Novafort norma F949 (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)	ml	87,45	Q 746,30	Q 65 264,36
2.04	Tubería PVC Ø24" Novafort norma M304 (incluye suministro, colocación, excavación y relleno con material selecto)	ml	456,63	Q 1 475,48	Q 673 750,71
SUB TOTAL					Q 1 351 819,68
3,00	POZOS DE VISITA				
3.10	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	Unidad	26,00	Q 7 435,38	Q 193 319,78
3.20	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (2.51-4.00) m, sin refuerzo.	Unidad	9,00	Q 12 267,15	Q 110 404,37
3.30	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (4.01-5.00) m, con refuerzo.	Unidad	3,00	Q 26 111,00	Q 78 332,99
3.40	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.50m Profundidad (4.01-5.00) m, con refuerzo.	Unidad	8,00	Q 27 489,07	Q 219 912,54
SUB TOTAL					Q 601 969,68
4,00	TRABAJOS FINALES				
4.01	Restitución del Asfalto espesor 0.05 m (Mezcla asfáltica en caliente)	Ton-m	192,28	Q 1 616,63	Q 310 839,15
SUB TOTAL					Q 310 839,15
5,00	TRAGANTES TIPO R				
5.01	Construcción de Tragante Tipo R (episo=0.30 m + No.4 @ 0.15 m ambos sentidos, epared=0.20 m + No.4 @ 0.25 m y @ 0.30 m, elosa=0.20 m + No.4 @ 0.20 + No.5 @ 0.15 m, f'c 210 kg/cm ² y fy Grado 40)	Unidad	42,00	Q 7 328,46	Q 307 795,32
SUB TOTAL					Q 307 795,32
COSTO TOTAL ESTIMADO					Q 2 969 115,84

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.8. Cronograma físico y financiero

A continuación en la tabla XLI se presenta el cronograma semanal de las tareas financieras a realizar en el proyecto de alcantarillado sanitario.

Tabla XLIV. Cronograma físico y financiero alcantarillado pluvial



DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA
Guatemala, C.A.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN

IDENTIFICACIÓN PROYECTO: DRENAJE PLUVIAL
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: SAN JOSE VILLA NUEVA

ÁREA DE CONSTRUCCIÓN 11 990,00 m² Ancho promedio: 5,50 ml
LONGITUD: 2180 ml FECHA: 11/09/2016

No.	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SEMANAS																		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1,00																						
1,01	ml	2 180,00	Q 2,61	Q5 698,11																		
1,02	m ²	11 990,00	Q 32,61		Q390 993,90																	
2,00																						
2,01	ml	1 438,41	Q 399,08			Q574 042,85																
2,02	ml	115,06	Q 336,88				Q38 761,76															
2,03	ml	87,45	Q 746,30					Q65 264,36														
2,04	ml	456,63	Q 1 475,48						Q673 750,71													
3,00																						
3,01	unidad	26,00	Q 7 435,38			Q193 319,78																
3,02	unidad	9,00	Q 12 267,15					Q110 404,37														
3,03	unidad	3,00	Q 26 111,00						Q 78 332,99													
3,04	unidad	8,00	Q 27 489,07							Q 219 812,54												
4,00																						
4,01	Ton-m	192,28	Q 1 616,63														Q			310 839,15		
5,00																						
5,01	unidad	42,00	Q 7 328,46														Q			307 795,32		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La realización del proyecto de drenaje sanitario beneficiará a las viviendas que integran la 4ta. avenida de la aldea San José Villa Nueva de múltiples maneras, de las cuales se pueden mencionar: la eliminación de focos de contaminación y proliferación de enfermedades y se mejorará el ornato del municipio.
2. La implementación del drenaje pluvial evitará la formación de avenidas y solucionará el problema de deterioro de calle y transitabilidad.
3. La ampliación y modernización del tramo carretero representará un aumento de plusvalía de terrenos aledaños y reduciendo el tránsito vehicular, mejorando la afluencia en la zona.
4. Con la ejecución del diseño de drenaje sanitario y pluvial se beneficiará a más de 4 000 personas, con un tiempo de vida útil de 25 años.
5. Se diseñó un sistema de recolección y conducción de agua pluvial para reducir las inundaciones en la carretera diseñada, desfogándola en pozos de absorción.

RECOMENDACIONES

1. Una vez finalizada la construcción de los proyectos, se debe brindar mantenimiento de limpieza, supervisión y cuidado correspondiente, con el objetivo de obtener obras durables y en buen estado.
2. Utilizar los materiales de construcción con las calidades establecidas en las especificaciones y los planos, que el ejecutor que construirá los proyectos sea calificado para realizar un trabajo de óptima calidad.
3. Tomar en cuenta que el precio de la mano de obra y de los materiales de construcción, puede variar en el tiempo y este factor puede elevar o disminuir el precio de cada proyecto.
4. Garantizar la supervisión de los trabajos, por parte de un profesional durante el proceso de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

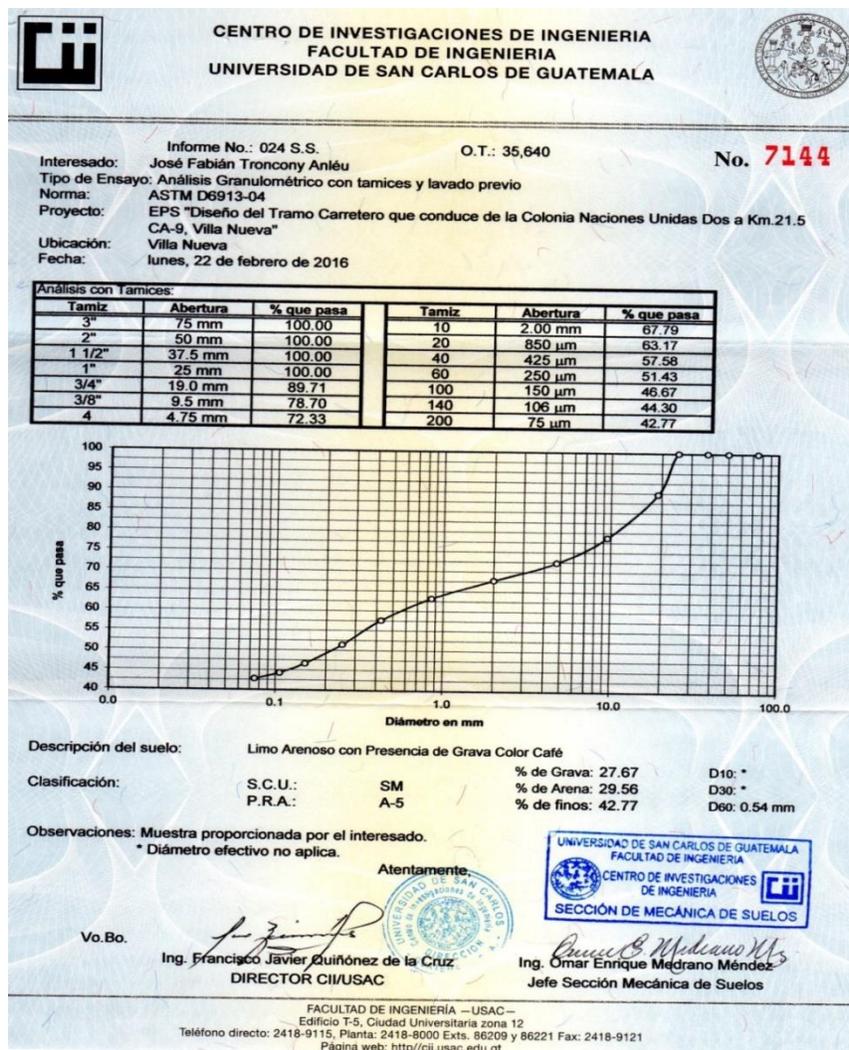
1. CHOW, Ven Te. *Hidrología Aplicada*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1994. 584 p.
2. CONTRERAS ÁLVAREZ, Ismael. *Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial de las colonias Monte Carlo y Las Brisas I Y II, del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 71 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 3a ed. México: Limusa, 2004. 147 p. ISBN 968-18-4849-7.
4. GÁLVEZ ÁLVAREZ, Hugo Alejandro. *Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 147 p.
5. Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. Ing. Robert G. Packard, Paving Transportation Department. United States of America: PCA, 1984. 50 p.

6. SIMMONS, Charles S. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: Instituto Agropecuario Nacional, 1959. 1000 p.

7. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería Sanitaria y Aplicada a Saneamiento y Salud Pública*. México: Limusa, 1999. 870 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados de ensayo de laboratorio de suelo granulometría



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Resultados de ensayo de laboratorio de suelo límites de Atterberg**



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



INFORME No. 023 S.S.

O.T.: 35,640

No. 7143

Interesado: José Fabián Troncony Anléu

Proyecto: EPS "Diseño del Tramo Carretero que conduce de la Colonia Naciones Unidas Dos a Km.21.5 CA-9, Villa Nueva"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Villa Nueva

FECHA: lunes, 22 de febrero de 2016

RESULTADOS:

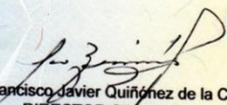
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	36.9	10.1	ML	Limo Arenoso con Presencia de Grava Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



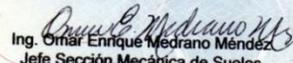
Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

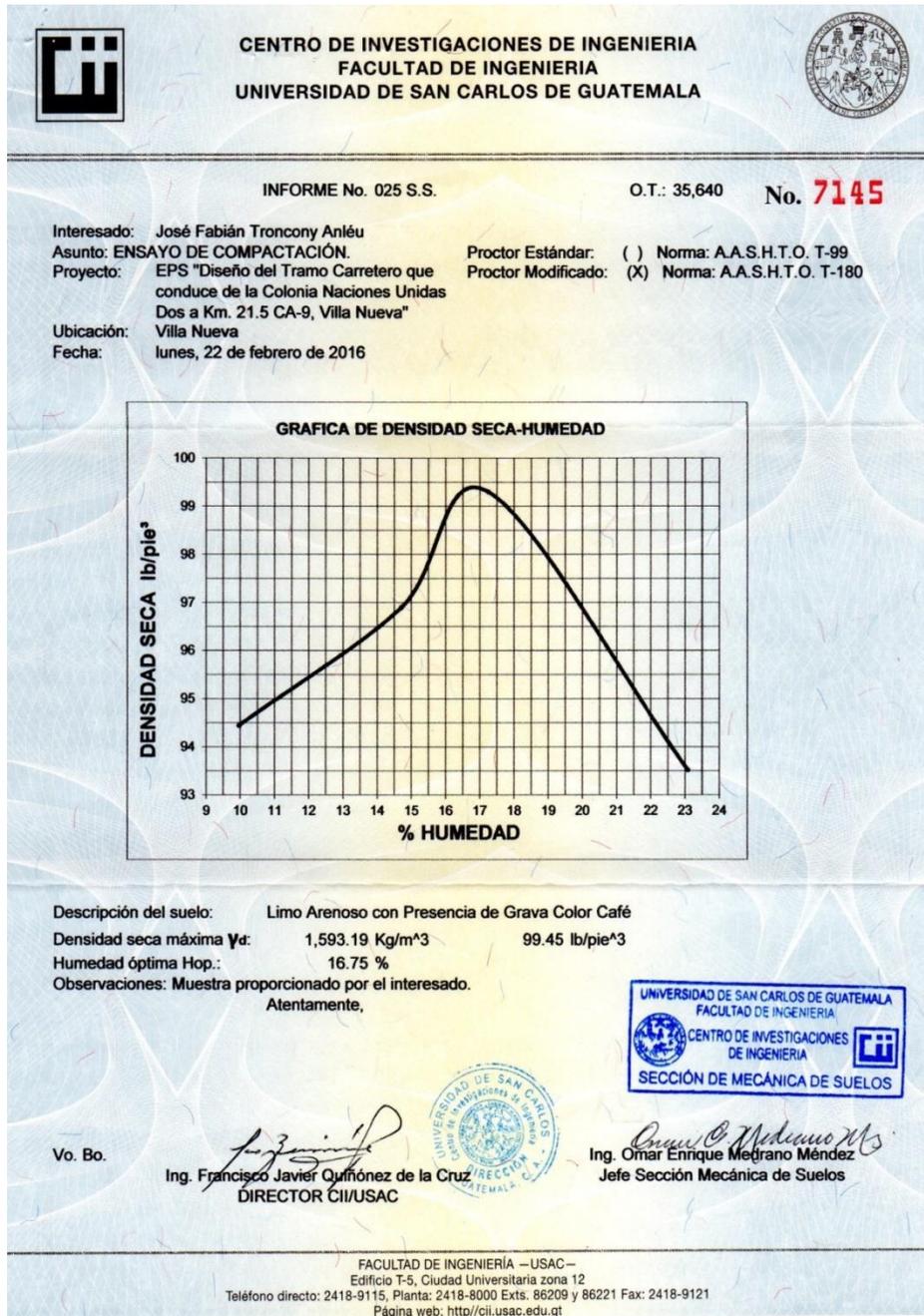


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

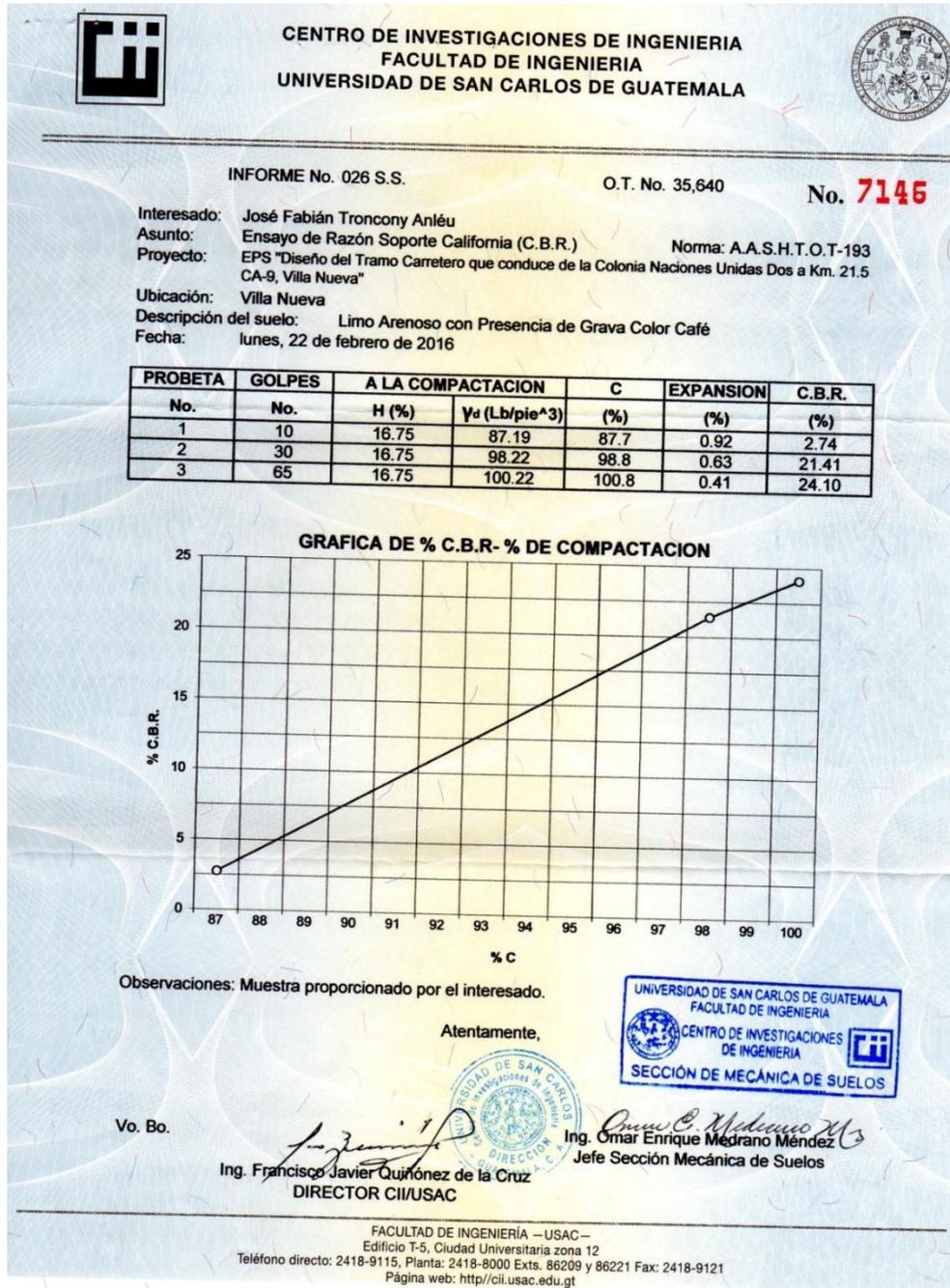
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Resultados de ensayo de laboratorio de suelo proctor

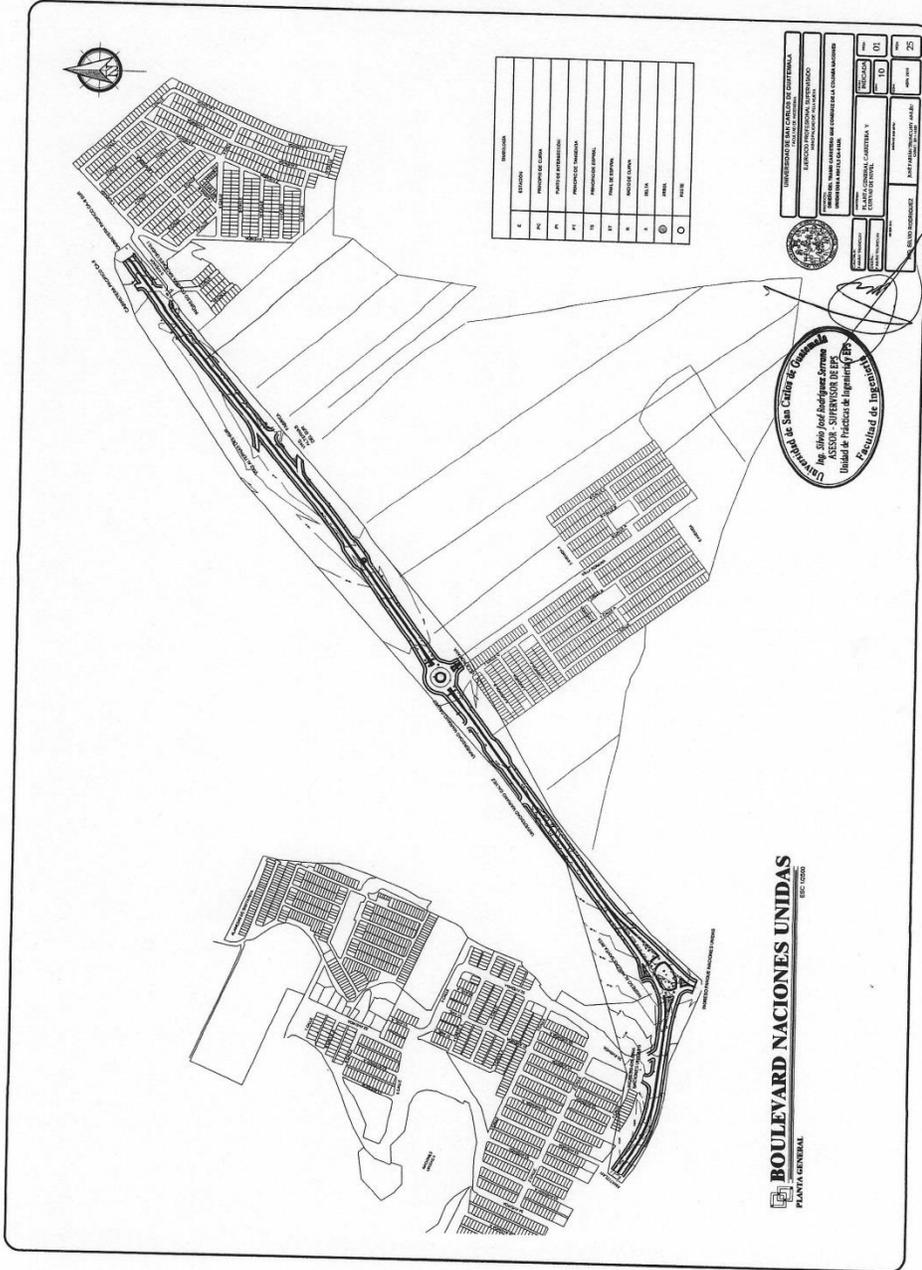


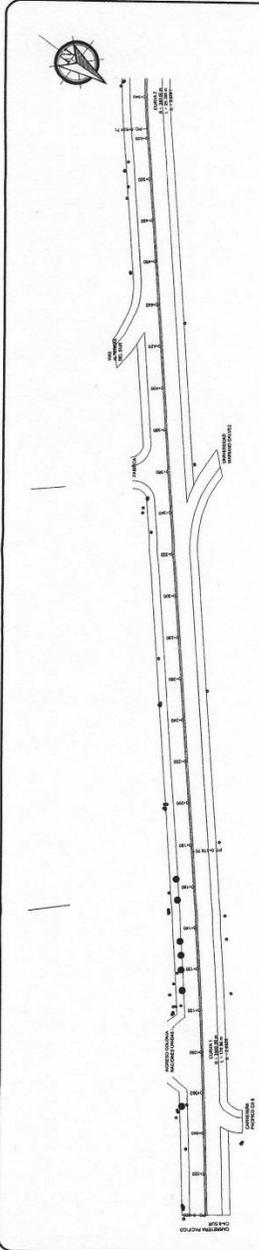
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Resultados de ensayo de laboratorio de suelo CBR

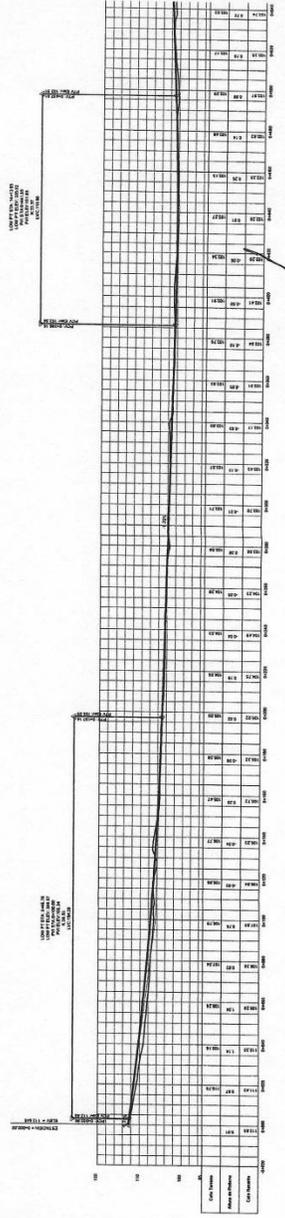


Fuente: elaboración propia.





PLANTA ESTACIÓN 0+000 A 0+540
ALINEAMIENTO 1
ESCALA: 1:5000



PERFIL ESTACIÓN 0+000 A 0+540
ALINEAMIENTO 1
ESCALA: 1:5000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIEROS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL TRAZADO DE LA CARRETERA EN EL CANTÓN DE SAN CARLOS

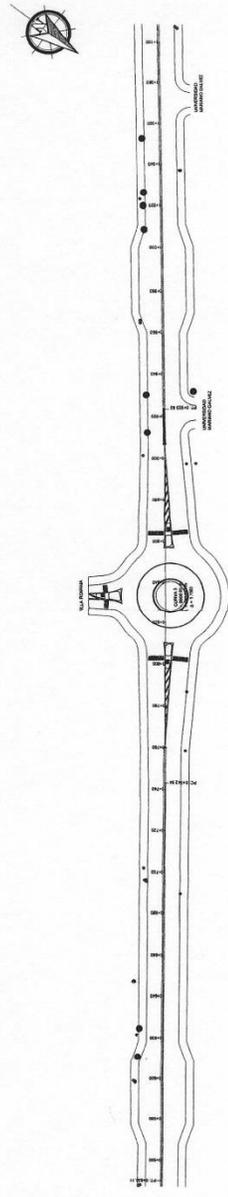
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE ENTREGA: 10/02/2023

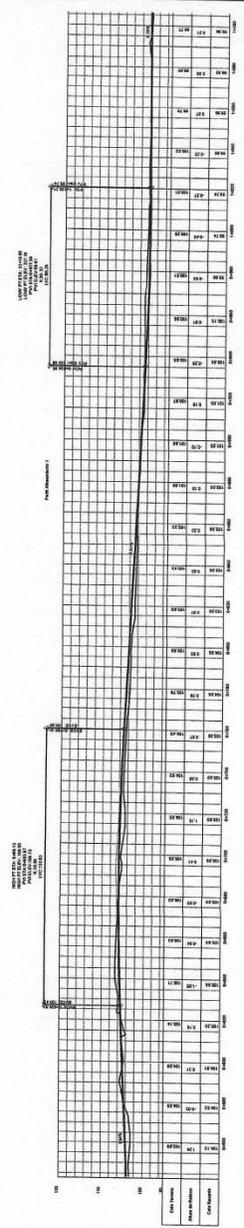
INTEGRANTES: [Nombres]

PROFESOR: [Nombre]

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. César José Rodríguez Serrano
ASISTENTE SUPERVISOR DE PVS
Unidad de Prácticas de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería



PLANTA ESTACIÓN 0+560 A 1+100
ALINEAMIENTO 1
Escala: 1:1000



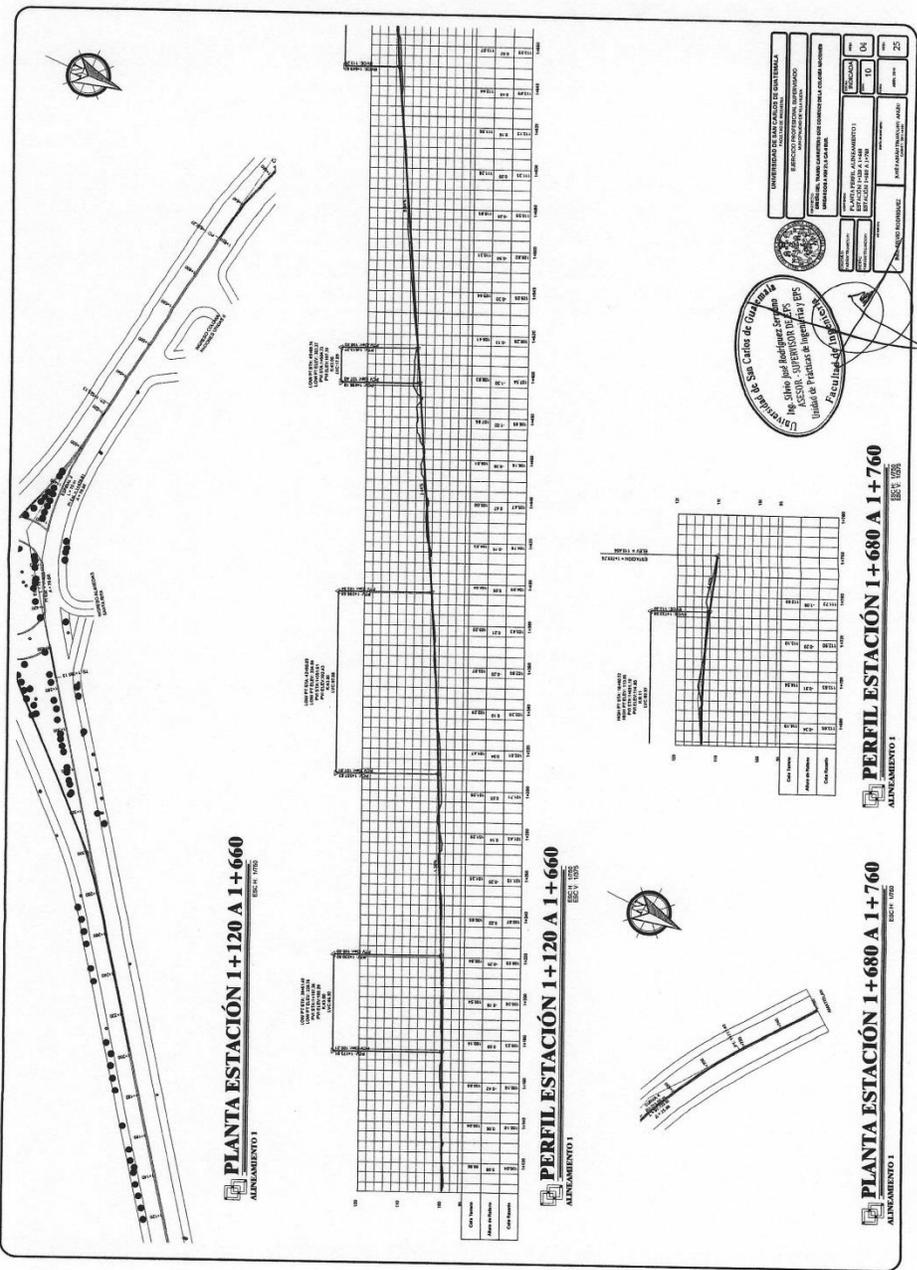
PERFIL ESTACIÓN 0+560 A 1+100
ALINEAMIENTO 1
Escala: 1:1000

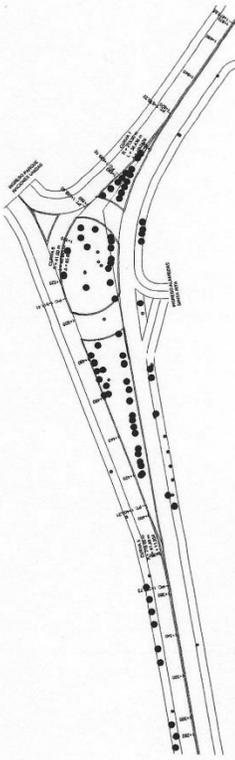
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
SERVICIO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: TRAMO 0+560 A 1+100 DEL ALINEAMIENTO 1
ESTACIÓN: 0+560 A 1+100
Escala: 1:1000

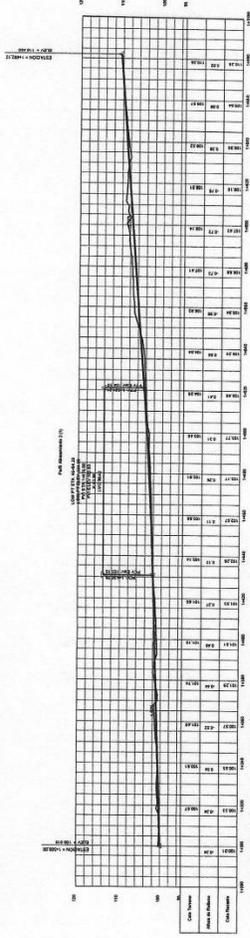
INGENIERO: DR. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ
INSTRUMENTADO: DR. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ

Asesor: **Ing. Sule Rodríguez López**
ASESOR - SUPERVISOR DEL PROYECTO
Unidad de Prácticas de Ingeniería - UNP
Facultad de Ingeniería - UNP

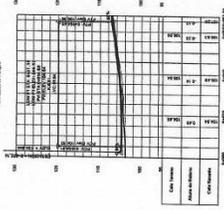




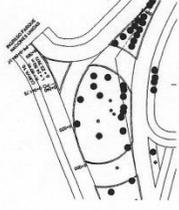
PLANTA ESTACIÓN 1+292 A 1+680
ALINEAMIENTO 1
E.C. V. 1/200



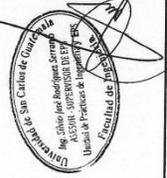
PERFIL ESTACIÓN 1+292 A 1+680
ALINEAMIENTO 1
E.C. V. 1/200

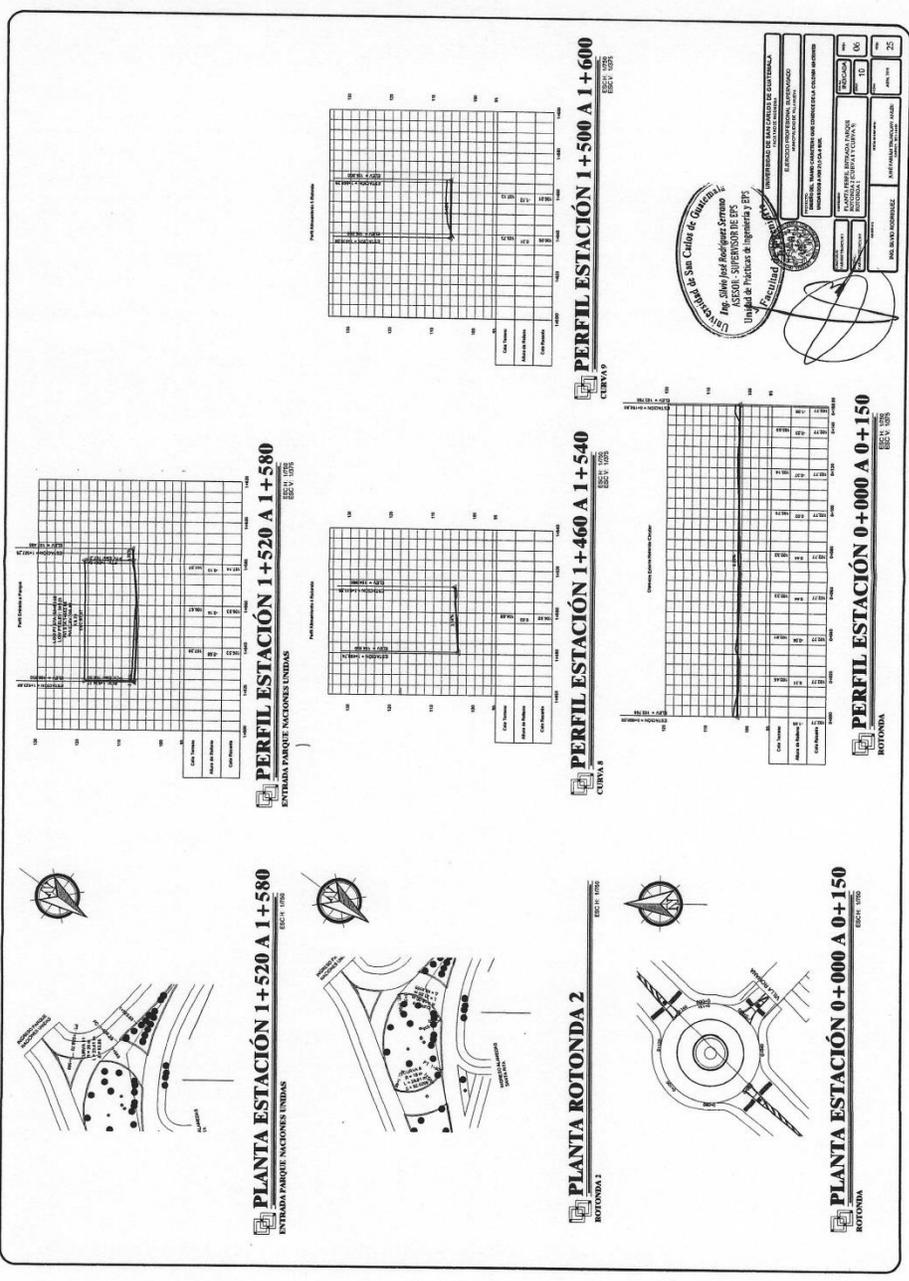


PLANTA ESTACIÓN 0+000 A 0+068
SALIDA PARQUE NACIONES UNIDAS
E.C. V. 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO NACIONAL DE VIALIDAD	PROYECTO DE INGENIERÍA
TRAMO DE VIALIDAD ENTRE LOS PUESTOS DE CONTROL DE LA CARRETERA NACIONAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO NACIONAL DE VIALIDAD	PROYECTO DE INGENIERÍA
TRAMO DE VIALIDAD ENTRE LOS PUESTOS DE CONTROL DE LA CARRETERA NACIONAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO NACIONAL DE VIALIDAD	PROYECTO DE INGENIERÍA
TRAMO DE VIALIDAD ENTRE LOS PUESTOS DE CONTROL DE LA CARRETERA NACIONAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO NACIONAL DE VIALIDAD	PROYECTO DE INGENIERÍA
TRAMO DE VIALIDAD ENTRE LOS PUESTOS DE CONTROL DE LA CARRETERA NACIONAL	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO NACIONAL DE VIALIDAD	PROYECTO DE INGENIERÍA
TRAMO DE VIALIDAD ENTRE LOS PUESTOS DE CONTROL DE LA CARRETERA NACIONAL	





PLANTA ESTACION 1+520 A 1+580
ENTRADA PARQUE NACIONES UNIDAS

PERFIL ESTACION 1+520 A 1+580
ENTRADA PARQUE NACIONES UNIDAS

PLANTA ROTONDA 2
ROTONDA 1

PERFIL ESTACION 1+460 A 1+540
CURVA 5

PLANTA ESTACION 0+000 A 0+150
ROTONDA

PERFIL ESTACION 0+000 A 0+150
ROTONDA

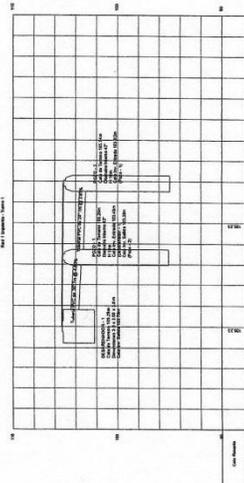
Escuela de San Carlos de Guano
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
M.Sc. - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUANO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
PROFESOR: SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO
PROFESORA: ROSA ELIZABETH CORTÉS
PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA
PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA
PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA

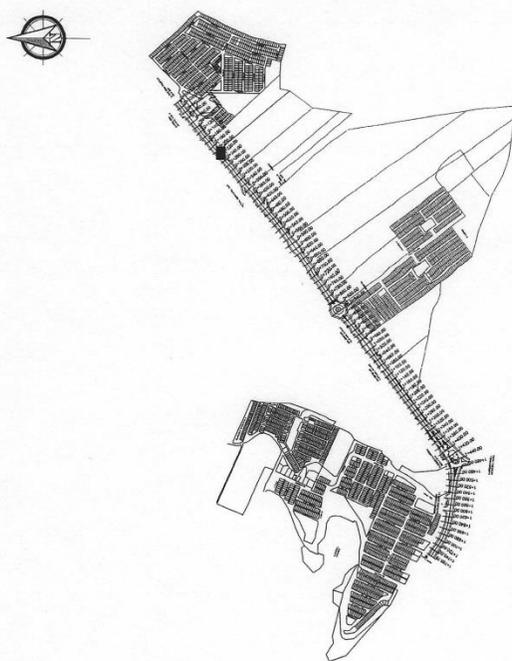
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUANO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
PROFESOR: SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO
PROFESORA: ROSA ELIZABETH CORTÉS
PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA
PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA
PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA



PLANTA RED 1 IZQUIERDA RAMA I
 AUMENTADO 1
 ESC. 1: 1000

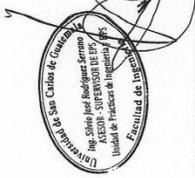


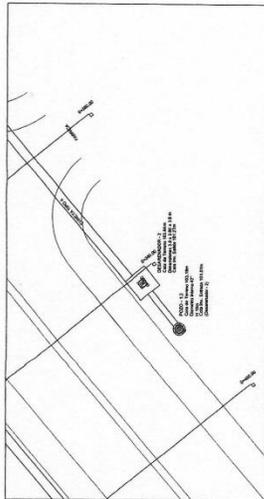
PERFIL RED 1 IZQUIERDA RAMA I
 ESC. 1: 100



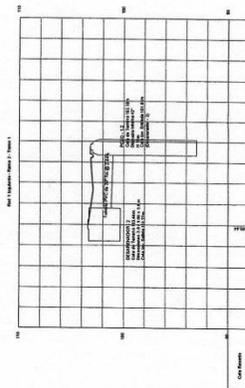
PLANTA GENERAL
 AUMENTADO 1
 ESC. 1: 1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA:	15/09/2018
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		PROYECTO:	PROYECTO DE RECONSTRUCCION DEL COMPLEJO DE VIVIENDAS PARA ESTUDIANTES
CARRERAS DE INGENIERIA CIVIL Y DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION		PROYECTANTE:	ING. JOSE ANTONIO GARCIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION		PROYECTANTE:	ING. JOSE ANTONIO GARCIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION		PROYECTANTE:	ING. JOSE ANTONIO GARCIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION		PROYECTANTE:	ING. JOSE ANTONIO GARCIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION		PROYECTANTE:	ING. JOSE ANTONIO GARCIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION		PROYECTANTE:	ING. JOSE ANTONIO GARCIA

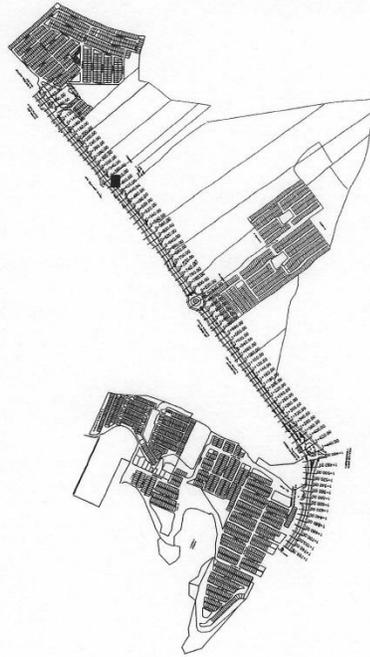




PLANTA RED 1 IZQUIERDA RAMA 2
ALINAMIENTO 1
ESC. 1: 1000



PERFIL RED 1 IZQUIERDA RAMA 2
ESC. 1: 1000

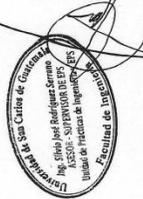


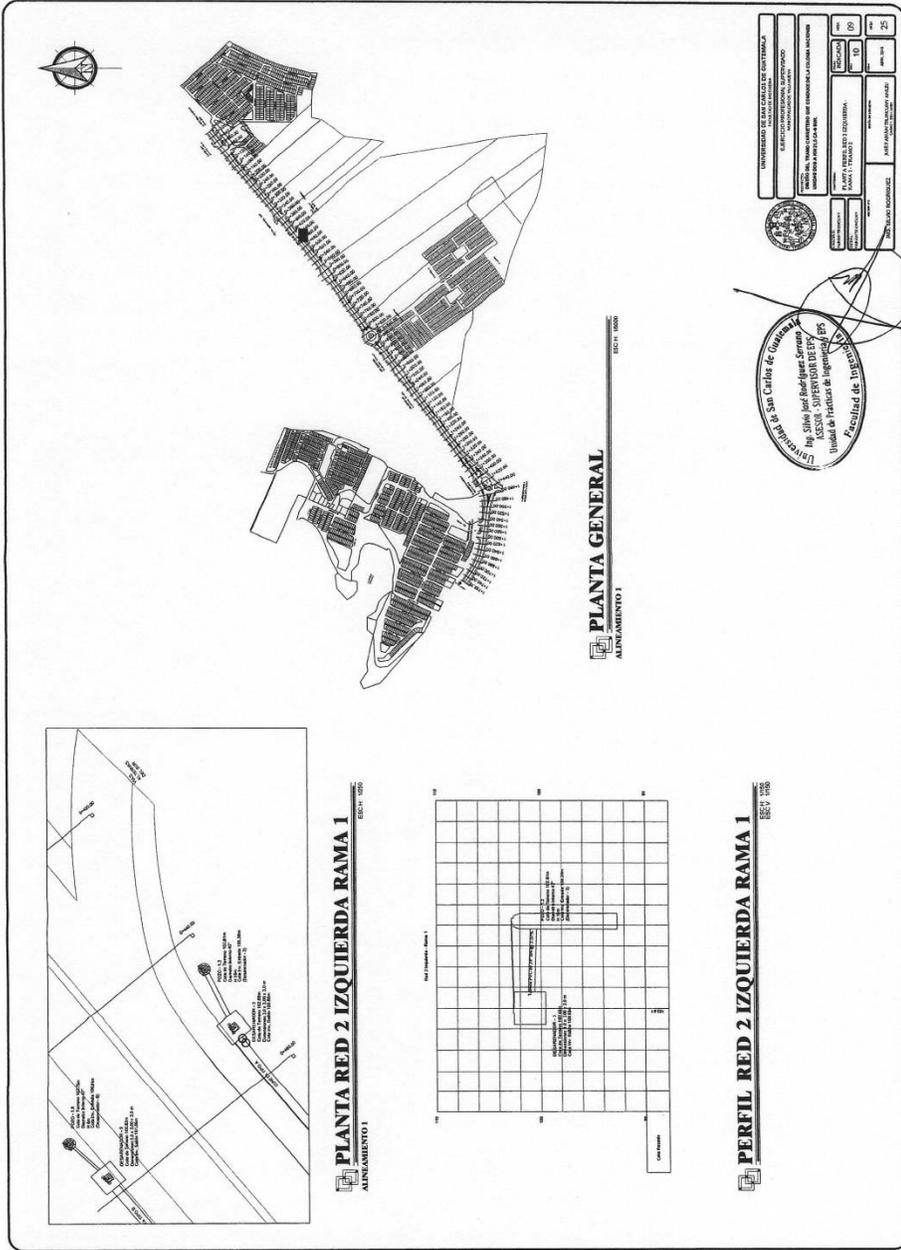
PLANTA GENERAL
ALINAMIENTO 1
ESC. 1: 10000

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
UNIDAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
UNIDAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

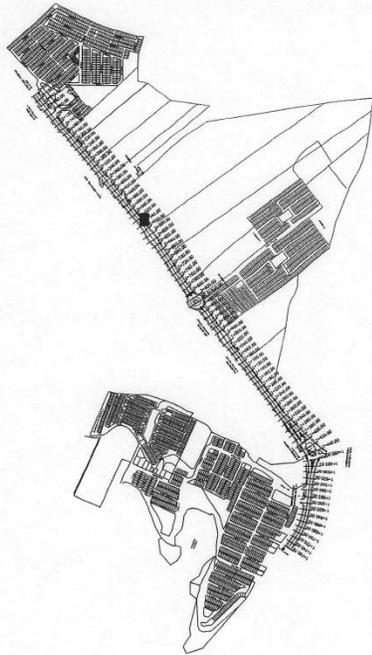
PROYECTO	FECHA
INFORMACIÓN	FECHA
DESIGNADO	FECHA
REVISADO	FECHA
APROBADO	FECHA





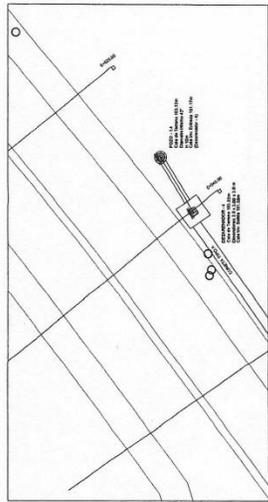
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRERA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL	
MATERIA: DISEÑO DE OBRAS DE CONCRETO Y ACEROS	
PROFESOR: DR. JOSE ANTONIO GONZALEZ	
ALUMNO: [Nombre]	
FECHA: [Fecha]	
TITULO: [Titulo]	
MATERIA: [Materia]	
CARRERA: [Carrera]	
FACULTAD: [Facultad]	
UNIVERSIDAD: [Universidad]	

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Gómez
 M.Sc. en Ingeniería Civil
 M.Sc. en Ingeniería de Estructuras
 M.Sc. en Ingeniería de Transportación
 M.Sc. en Ingeniería de Recursos Hídricos
 M.Sc. en Ingeniería de Materiales
 M.Sc. en Ingeniería de Mecánica
 M.Sc. en Ingeniería de Energía
 M.Sc. en Ingeniería de Geotecnia
 M.Sc. en Ingeniería de Ambiente



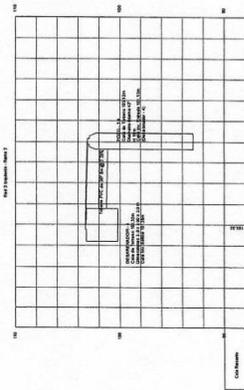
PLANTA GENERAL

ALZAMIENTO 1 ESC: 1/1000



PLANTA RED 2 IZQUIERDA RAMA 2

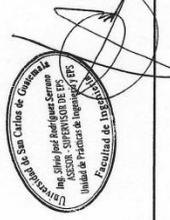
ALZAMIENTO 1 ESC: 1/100

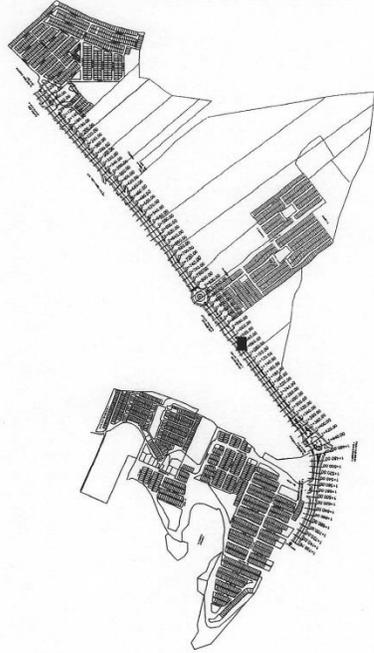


PERFIL RED 2 IZQUIERDA RAMA 2

ESC: 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION	
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONSTRUCCION	
AUTOR: [Nombre]	
FECHA: [Fecha]	
LUGAR: [Lugar]	
Escala: 1/1000	
Hoja: 12	

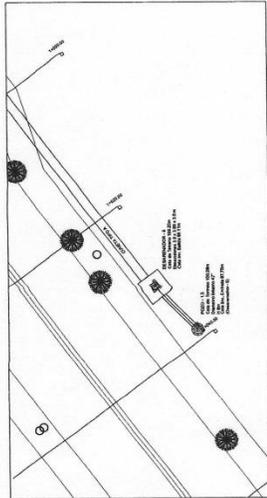




PLANTA GENERAL

ALNAMENTO 1

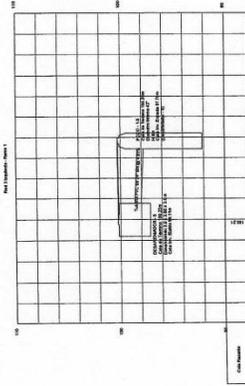
ESC. 1/1000



PLANTA RED 3 IZQUIERDA RAMA 1

ALNAMENTO 1

ESC. 1/1000

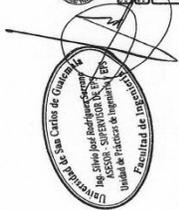


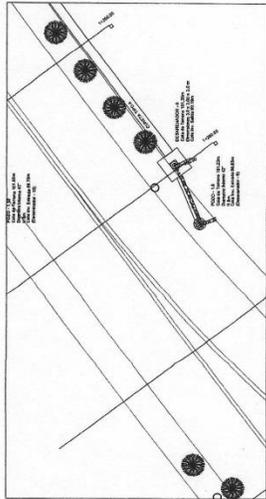
PERFIL RED 3 IZQUIERDA RAMA 1

ALNAMENTO 1

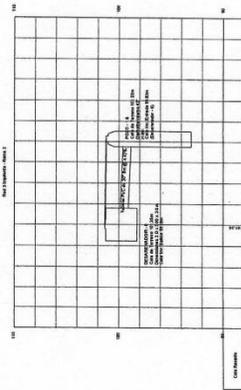
ESC. 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	
PROYECTO: PLAN GENERAL DE CONSTRUCCION DE LA CLINICA ACUATORIA	
UBICACION: AVENIDA DE LA PAZ, ZONA 1, GUATEMALA	
AUTOR: ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	
FECHA: 15/05/2014	
Escala: 1/1000	
Hoja: 25	
Total: 25	

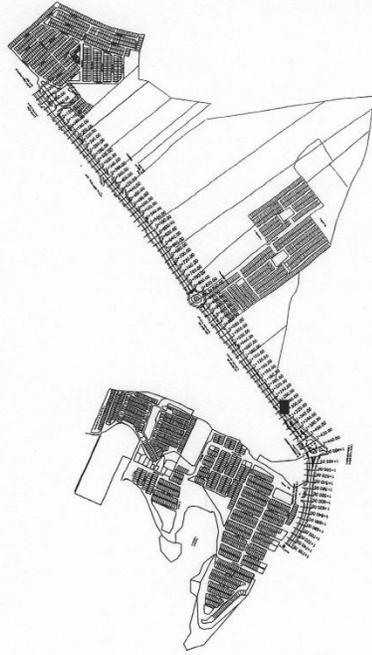




PLANTA RED 3 IZQUIERDA RAMA 2
ALUMBRAMIENTO 1



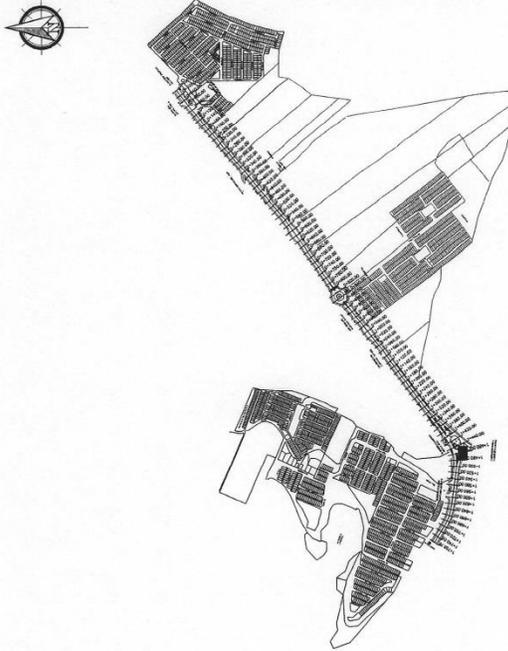
PERFIL RED 3 IZQUIERDA RAMA 2
ALUMBRAMIENTO 1



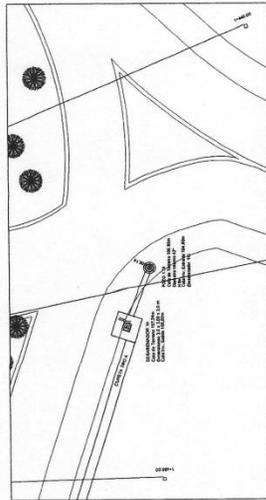
PLANTA GENERAL
ALUMBRAMIENTO 1

UNIVERSIDAD DE CALI FACULTAD DE INGENIERIA	
ESCUELA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	
CICLO VIGESIMO PRIMERO	
SEMESTRE PRIMERO	
MATERIA: SISTEMAS DE ENERGIAS ALTERNATIVAS	
AUTOR: ING. JUAN PABLO SERRANO	
FECHA: 2014	
TITULO: PLANO DE ALUMBRAMIENTO	
PROYECTO: PLANO DE ALUMBRAMIENTO	
LUGAR: CALI	
Escala: 1:100	
Hoja No. 12	
Total Hojas: 22	

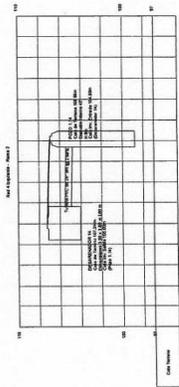
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Facultad de Ingeniería
Ing. Juan Pablo Serrano
Asesor - SUPERVISOR DE EPT
Unidad de Prácticas de Ingeniería



PLANTA GENERAL
ALZAMIENTO 1
ESC: 1/5000



PLANTA RED 4 IZQUIERDA RAMA 2
ALZAMIENTO 1
ESC: 1/1000



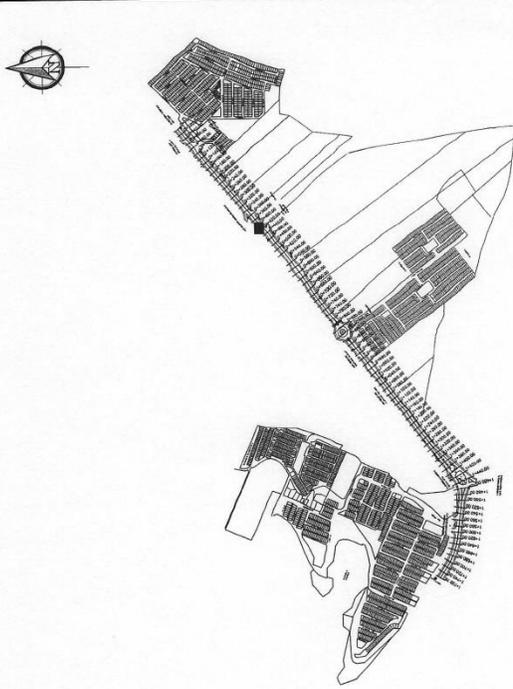
PERFIL RED 4 IZQUIERDA RAMA 2
ESC: 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA CIVIL

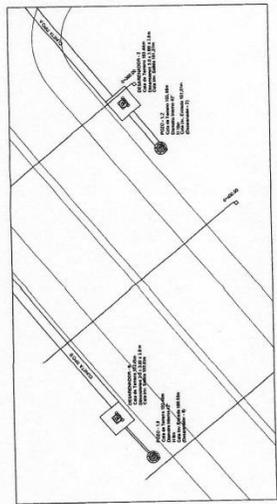
Ing. Silvio José Rodríguez Gómez
 LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL
 Unidad de Prácticas de Ingeniería (UP)

Facultad de Ingeniería

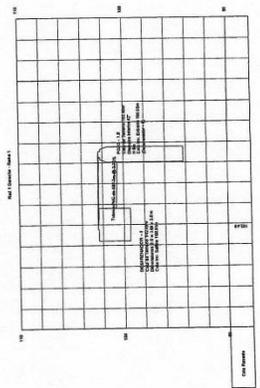
PROYECTO	FECHA	HOJA
PLANTA GENERAL	10	14
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA



PLANTA GENERAL
ALINEAMIENTO 1
Escala: 1:1000



PLANTA RED 1 DERECHA RAMA 1
ALINEAMIENTO 1
Escala: 1:500



PERFIL RED 1 DERECHA RAMA 1
ALINEAMIENTO 1
Escala: 1:500

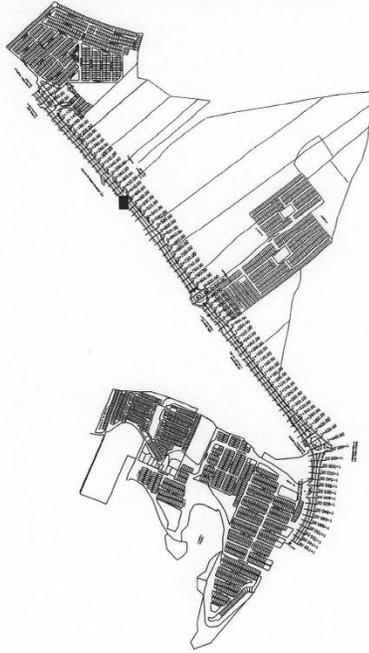
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA NACIONAL DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE DISEÑO DE OBRAS DE CONCRETO

PROYECTO: PLANTA GENERAL DEL COMPLEJO DE EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE DISEÑO DE OBRAS DE CONCRETO

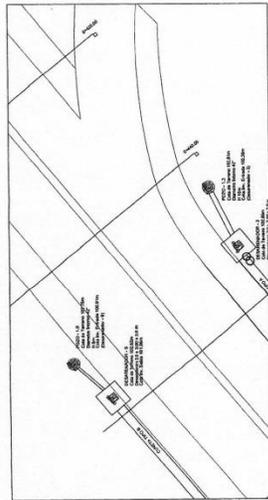
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE CALIFICACION
FECHA DE CALIFICACION	FECHA DE CALIFICACION
FECHA DE CALIFICACION	FECHA DE CALIFICACION
FECHA DE CALIFICACION	FECHA DE CALIFICACION

NO. DE VOUCHER: 123456789

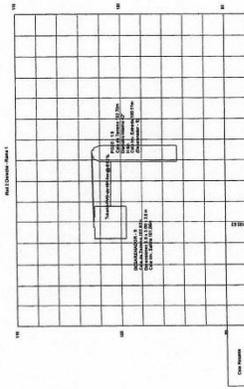
Escuela de San Carlos de Guatemala
Instituto de Investigaciones Científicas
ASISTENTE SUPERVISOR DE OBRAS
Unidad de Ingeniería de Estructuras
Facultad de Ingeniería



PLANTA GENERAL
ALZAMIENTO 1
ESC. 1/ 10000



PLANTA RED 2 DERECHA RAMA 1
ALZAMIENTO 1
ESC. 1/ 1000



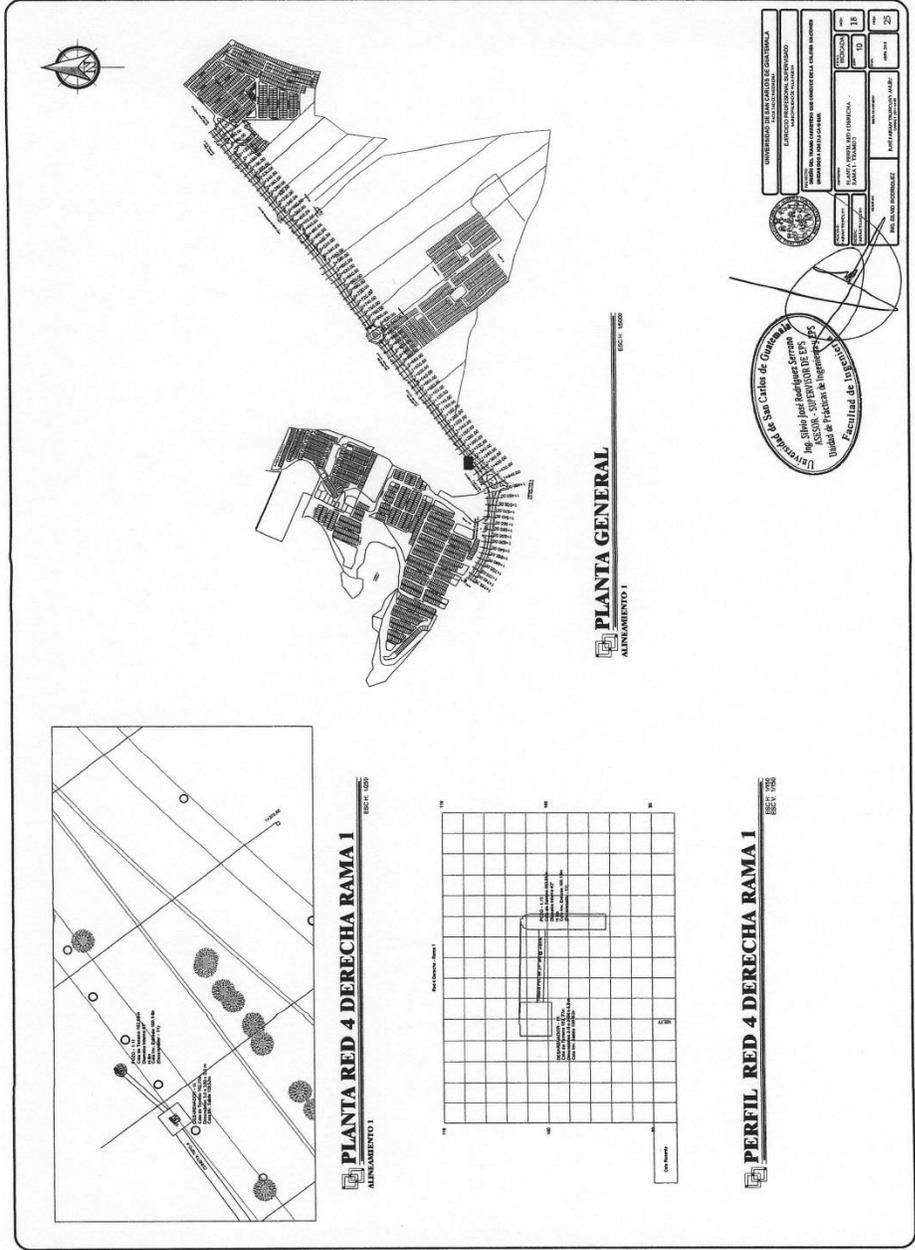
PERFIL RED 2 DERECHA RAMA 1
ESC. 1/ 1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
CARRERAS DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION
MATERIA: SISTEMAS DE COMPUTACION

PROFESOR: DR. EDUARDO TORRES
PREPAREDADO POR: []
FECHA: []

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Ing. Guisepé Rodríguez Acuña
MATERIA: SISTEMAS DE COMPUTACION
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION
Facultad de Ingeniería y Arquitectura



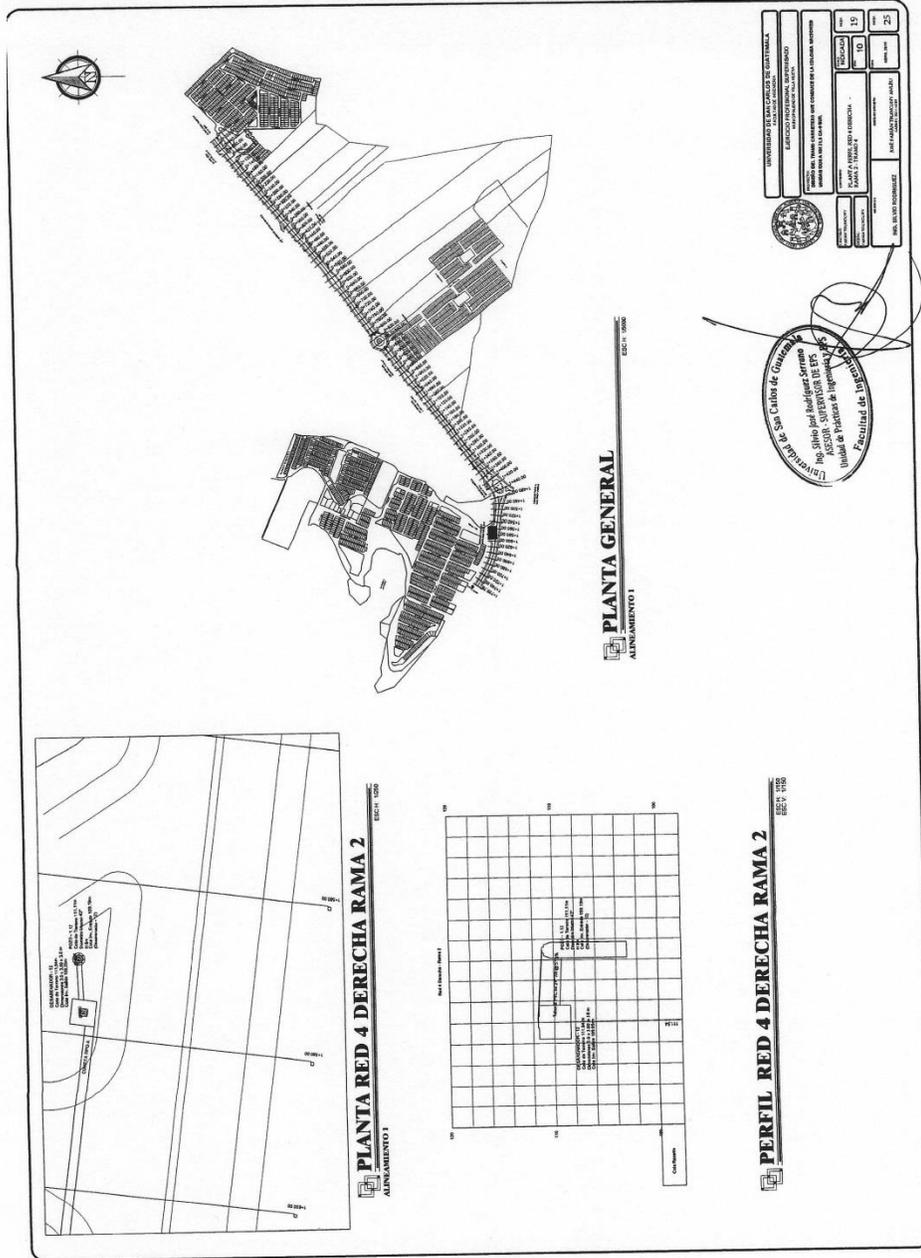
PLANTA GENERAL
ALINAMIENTO 1
Escala: 1/500

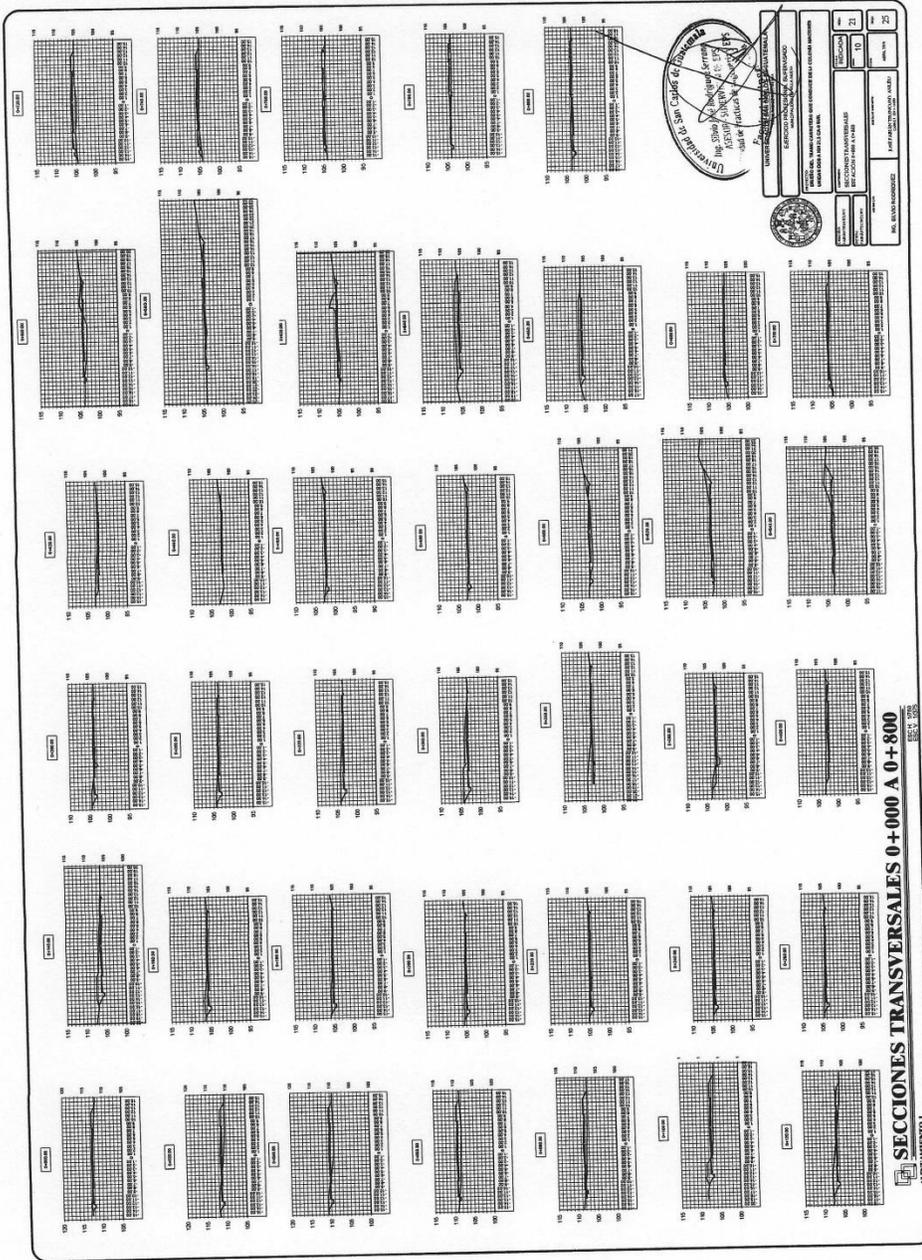
PLANTA RED 4 DERECHA RAMA I
ALINAMIENTO 1
Escala: 1/500

PERFIL RED 4 DERECHA RAMA I
Escala: 1/500

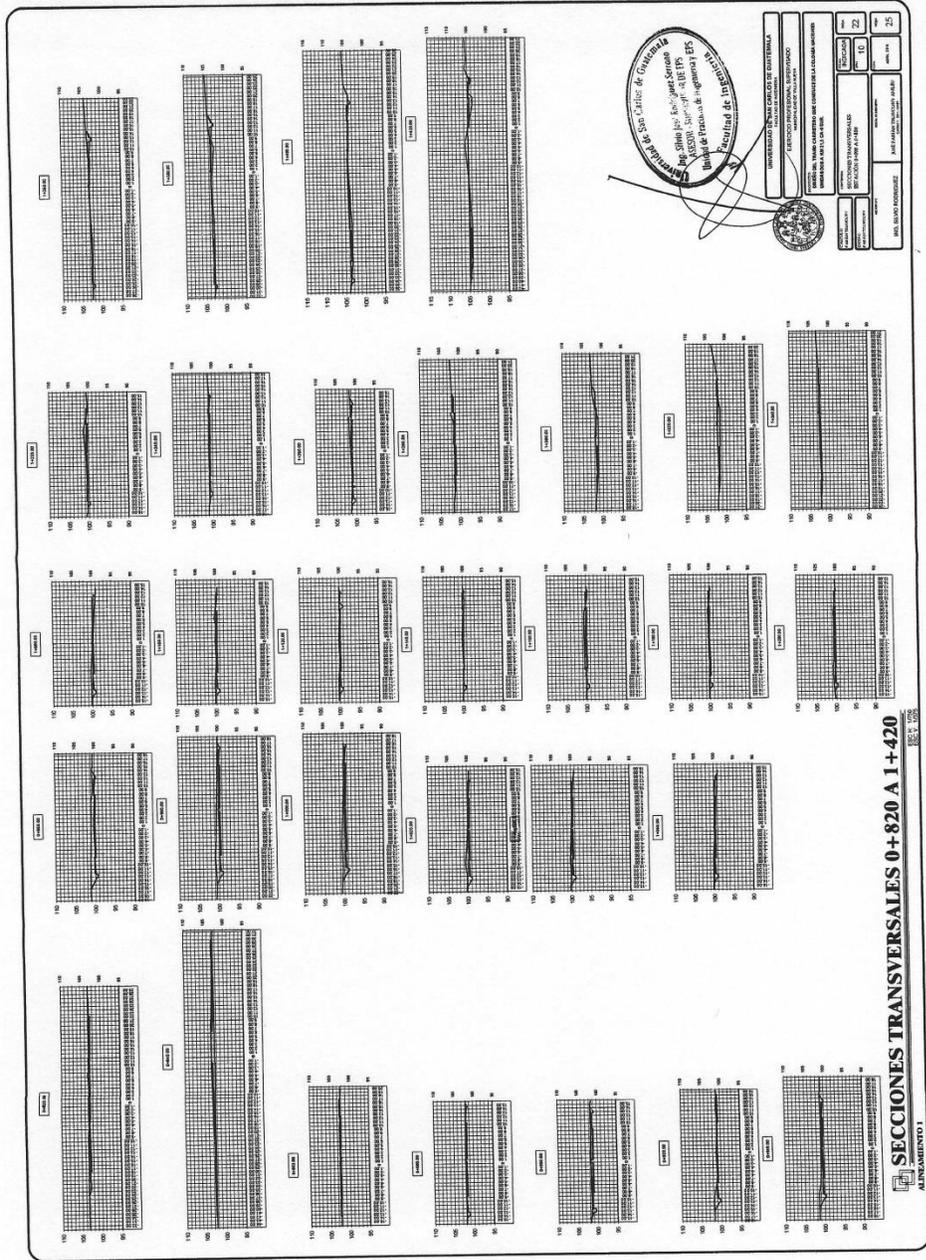
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES - GOBIERNO FEDERAL		CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	
FACULTAD DE INGENIERIA		CATEDRA DE SISTEMAS DE ENERGIAS ELÉCTRICAS	
PROFESOR: DR. CARLOS ALBERTO DE LA CRUZ		ALUMNO: [Nombre]	
TÍTULO: [Título]		FECHA: [Fecha]	
MATERIA: [Materia]		CATEDRA: [Catedra]	
AUTOR: [Autor]		REVISOR: [Revisor]	
DISEÑADOR: [Diseñador]		CALIFICACIÓN: [Calificación]	
FECHA DE ENTREGA: [Fecha]		FECHA DE CALIFICACIÓN: [Fecha]	
FECHA DE APROBACIÓN: [Fecha]		FECHA DE CALIFICACIÓN: [Fecha]	

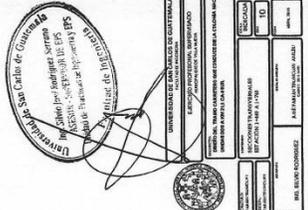
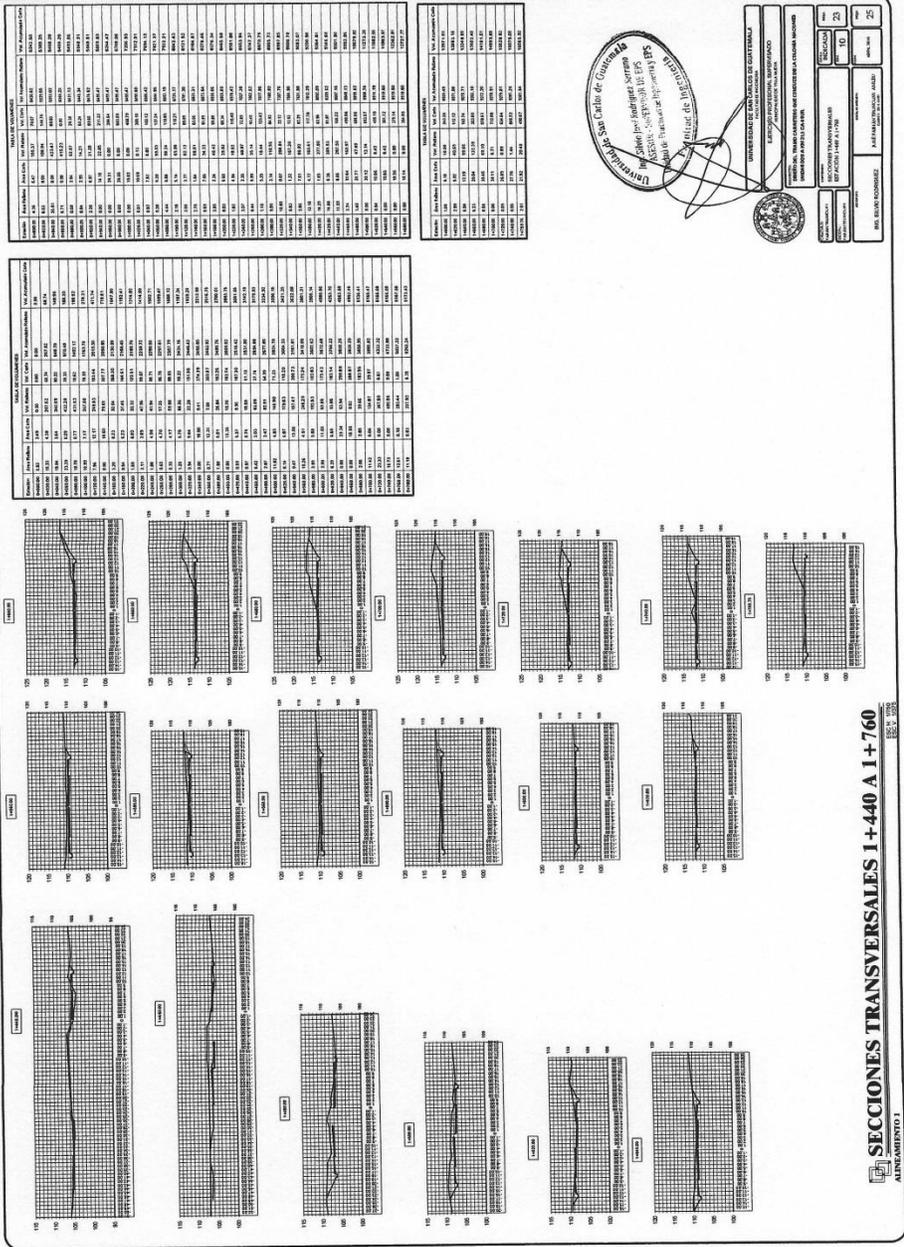
Intendencia de las Ciudades de Guayaquil
 Ing. Silvio Rodríguez Serrano
 ASISTENTE TECNICO DE EPS
 Unidad de Proyectos de Ingeniería
 Empresa de Ingeniería y Estudios S.A.
 Empresa de Ingeniería y Estudios S.A.



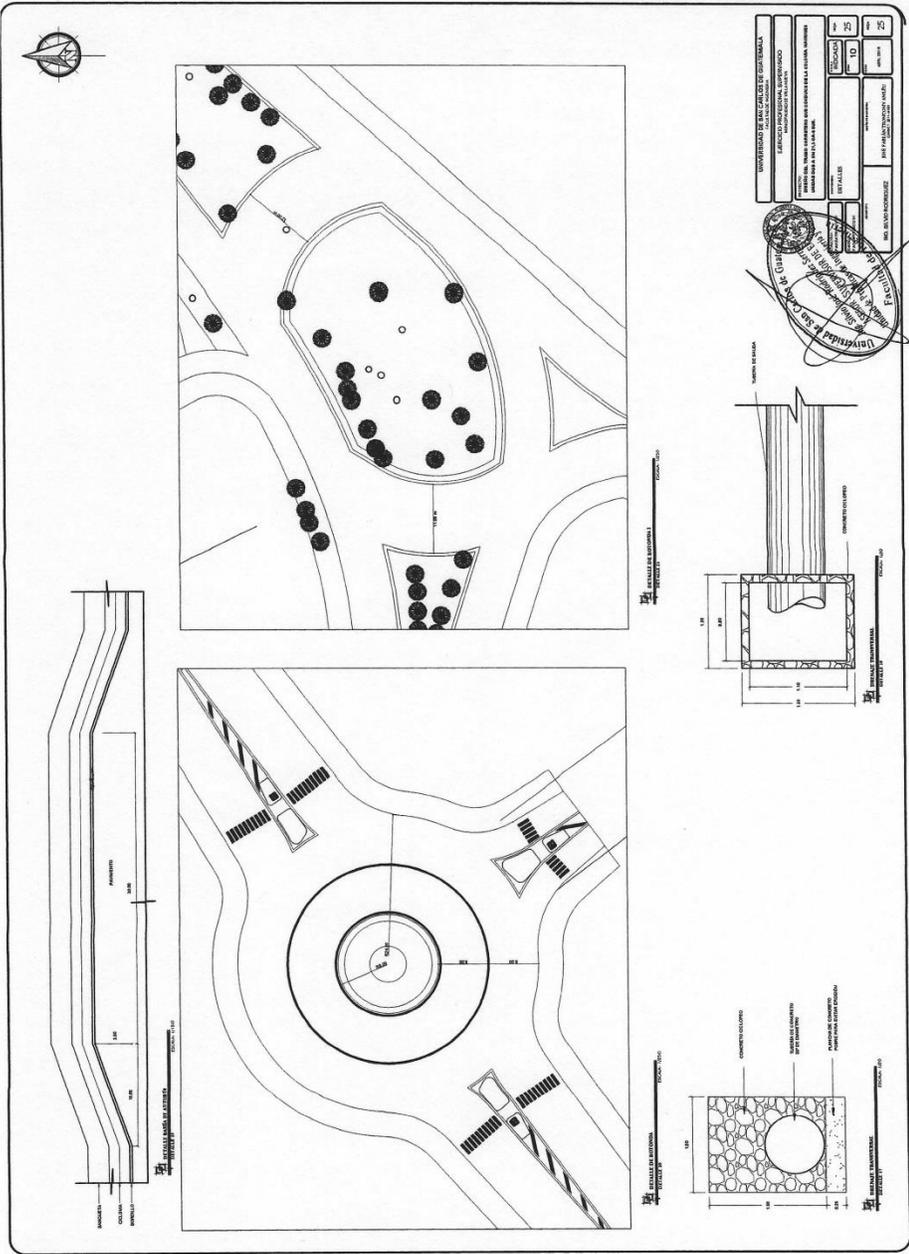


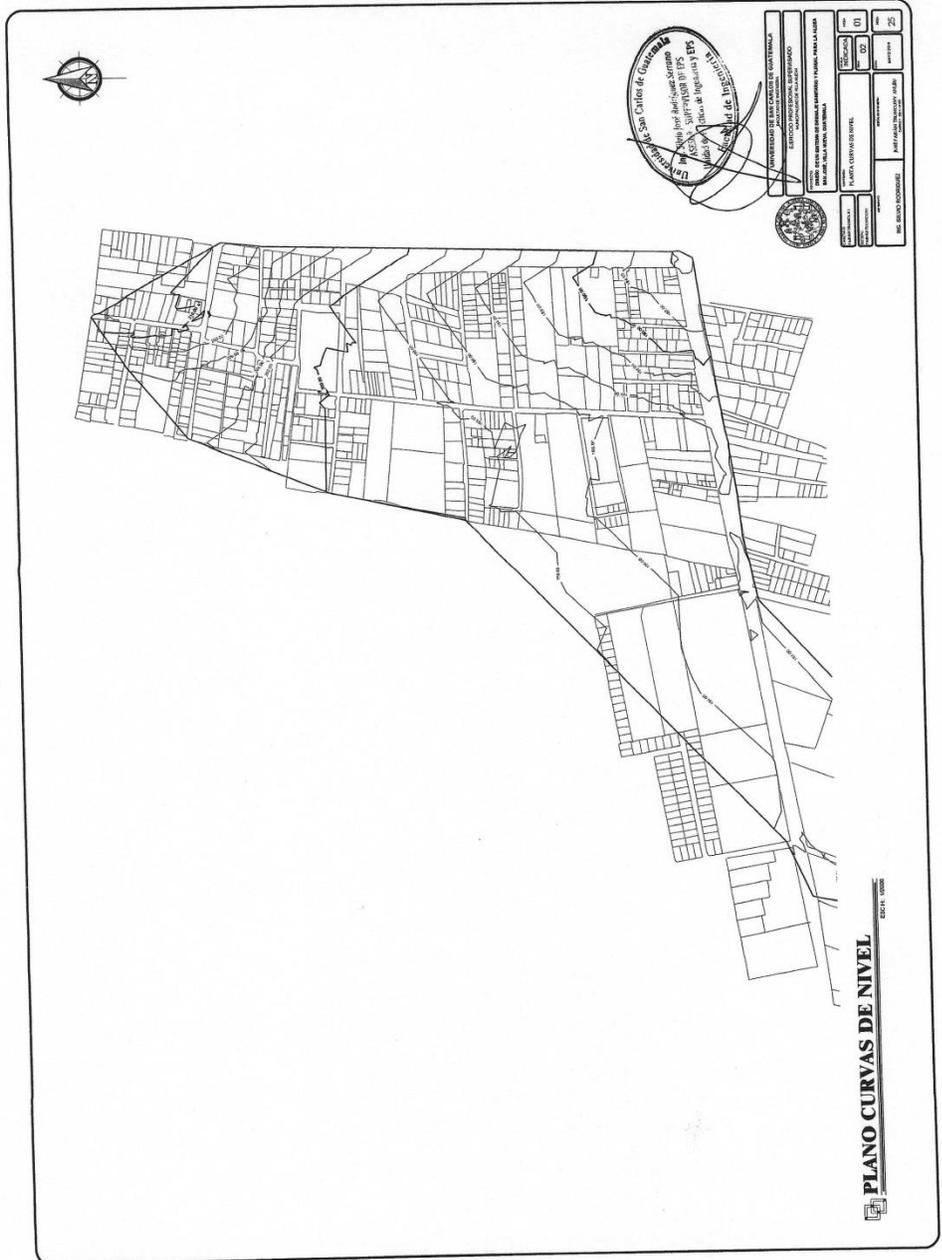
SECCIONES TRANSVERSALES 0+000 A 0+800
 ALTERNATIVO 1

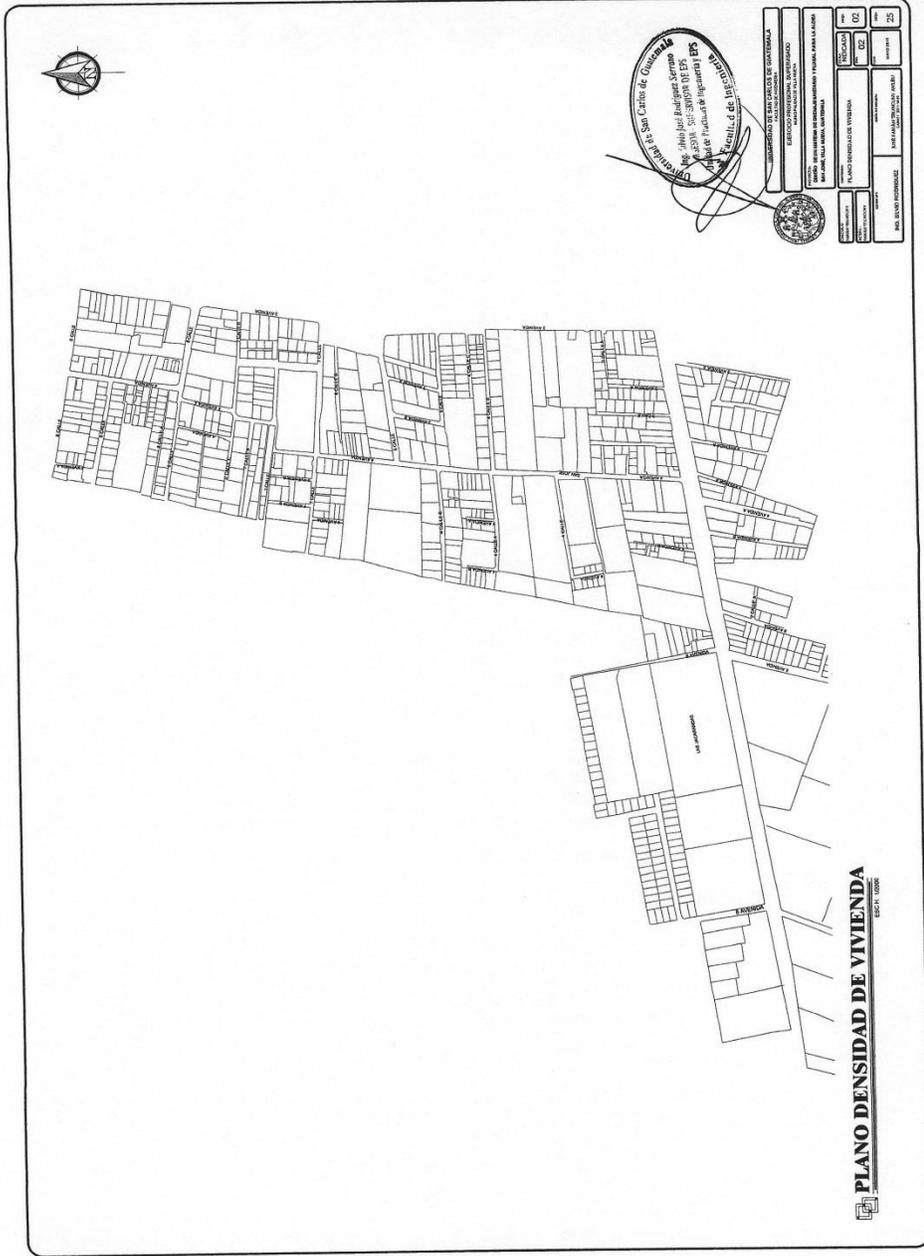


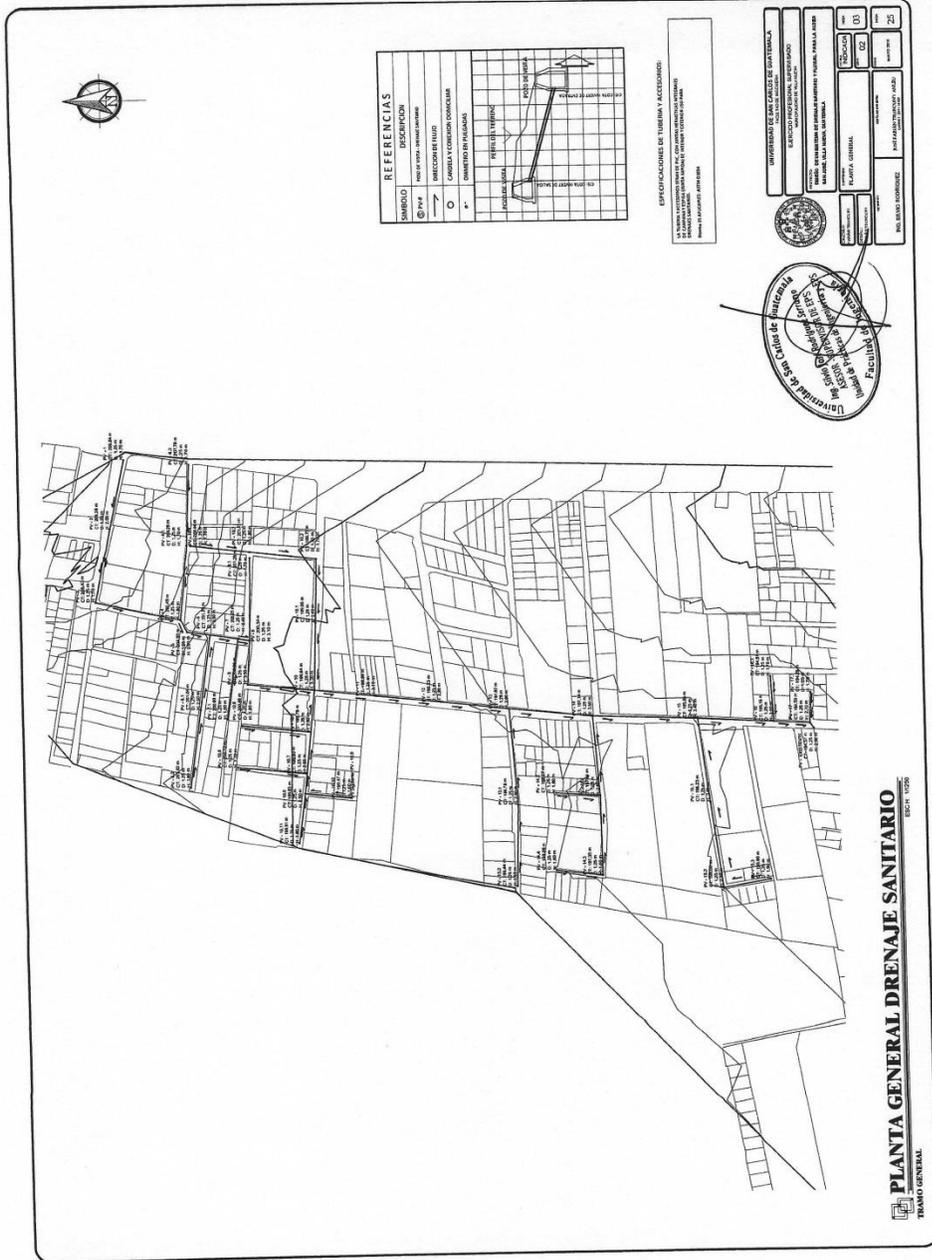


SECCIONES TRANSVERSALES 1+440 A 1+760
ALINEAMIENTO 1





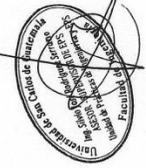




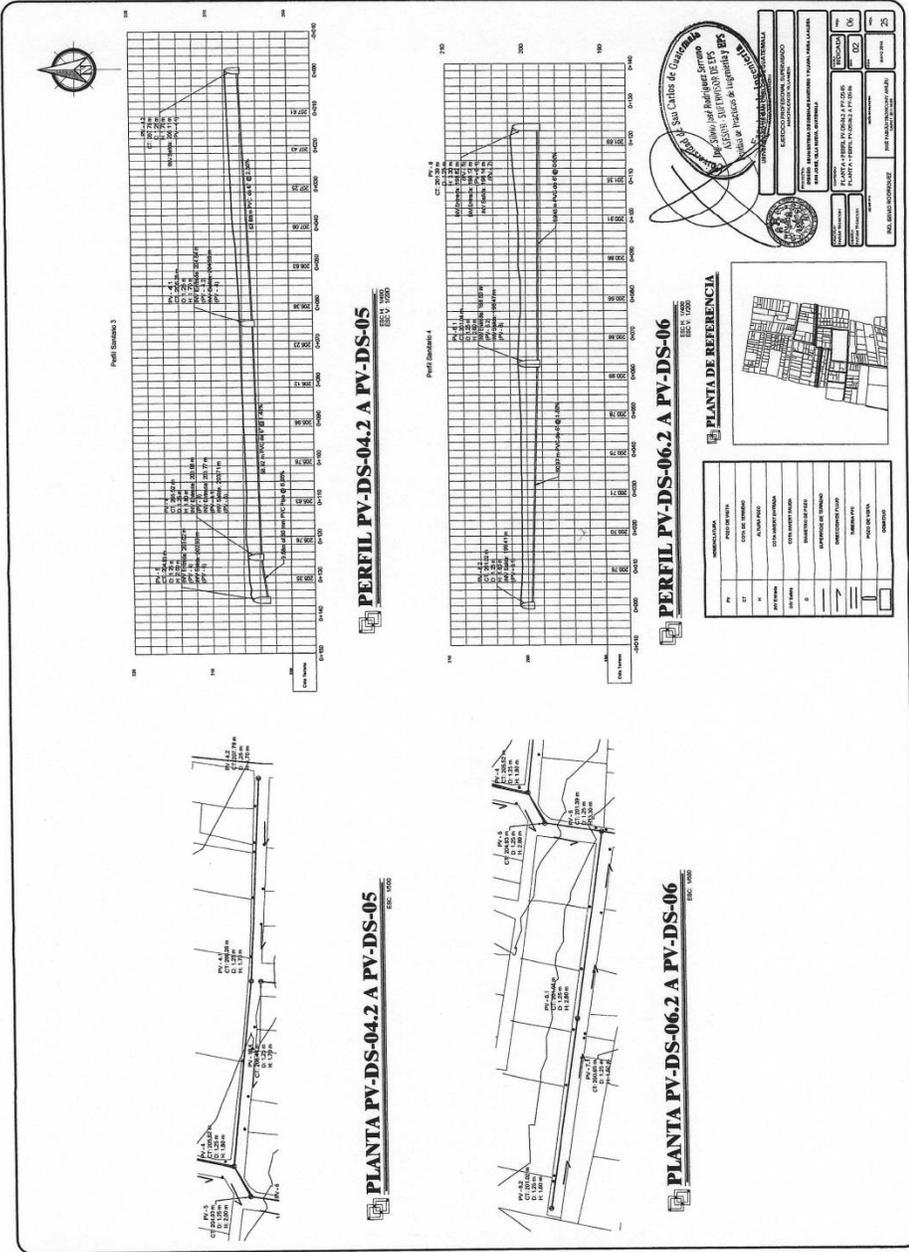
REFERENCIAS	
	DESIGNACION
	INDICACION DE TIPO DE MANHOLE
	DIRECCION DE FLUJO
	CANTONALES Y CORREDORES DOMICILARES
	NUMEROS Y NOMBRAMIENTOS

ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:
 LA TUBERIA A UTILIZARSE SERA DE P.V.C. CON PUNTA DE 1.5 METROS DE DIAMETRO.
 LOS ACCESORIOS SERAN DE 1.5 METROS DE DIAMETRO Y SERAN DE PUNTA DE 1.5 METROS DE DIAMETRO.
 LA TUBERIA SERA DE 1.5 METROS DE DIAMETRO Y SERA DE PUNTA DE 1.5 METROS DE DIAMETRO.

INSTRUMENTOS DE CALIDAD DE GUATEMALA	
ESTACION PROYECTORA DIGITAL	
SERVO ESTACION DE TOTAL ESTACION TOTAL PARA LA RED	
PLANIFICACION Y DISEÑO	



PLANTA GENERAL DRENAJE SANITARIO
 TRAMO GENERAL
 ESCALA: 1:500



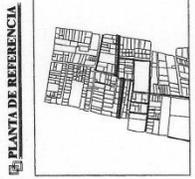
PERFIL PV-DS-04.2 A PV-DS-05
ESC. 1/1000

PERFIL PV-DS-06.2 A PV-DS-06
ESC. 1/1000

PLANTA PV-DS-04.2 A PV-DS-05
ESC. 1/1000

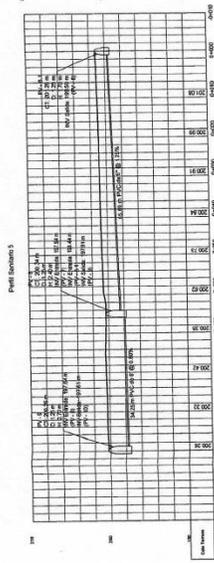
PLANTA PV-DS-06.2 A PV-DS-06
ESC. 1/1000

ABREVIATURA	DESCRIPCION
PV	PIEDRA DE BENTA
ST	ESTRUC. DE BENTAS
AL	ALICATA PERRO
PT	PIEDRA DE TALLA
PTA	PIEDRA DE TALLA
PTB	PIEDRA DE TALLA
PTC	PIEDRA DE TALLA
PTD	PIEDRA DE TALLA
PTE	PIEDRA DE TALLA
PTF	PIEDRA DE TALLA
PTG	PIEDRA DE TALLA
PTH	PIEDRA DE TALLA
PTI	PIEDRA DE TALLA
PTJ	PIEDRA DE TALLA
PTK	PIEDRA DE TALLA
PTL	PIEDRA DE TALLA
PTM	PIEDRA DE TALLA
PTN	PIEDRA DE TALLA
PTO	PIEDRA DE TALLA
PTP	PIEDRA DE TALLA
PTQ	PIEDRA DE TALLA
PTR	PIEDRA DE TALLA
PTS	PIEDRA DE TALLA
PTT	PIEDRA DE TALLA
PTU	PIEDRA DE TALLA
PTV	PIEDRA DE TALLA
PTW	PIEDRA DE TALLA
PTX	PIEDRA DE TALLA
PTY	PIEDRA DE TALLA
PTZ	PIEDRA DE TALLA

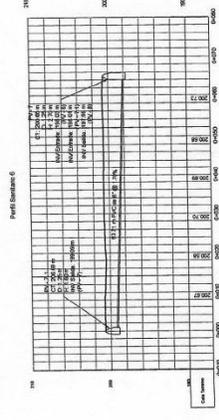


San Carlos de Zaragoza
 Instituto de Investigaciones Científicas
 IIAZ (CSIC) - IIAZ (CONICET) - IIAZ (EPN)
 IIAZ (CONICET) - IIAZ (EPN) - IIAZ (CONICET)
 IIAZ (CONICET) - IIAZ (EPN) - IIAZ (CONICET)

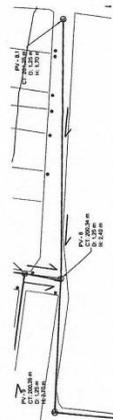
PROYECTO	PROYECTO DE RECONSTRUCCION Y REFORMA DEL PABILLON DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
CLIENTE	UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
FECHA	1985
PROYECTANTE	ING. JOSE MARIA GARCIA
REVISOR	ING. JOSE MARIA GARCIA
APROBADO	ING. JOSE MARIA GARCIA
ESCALA	1/1000
FECHA	1985
PROYECTO	PROYECTO DE RECONSTRUCCION Y REFORMA DEL PABILLON DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
CLIENTE	UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
FECHA	1985
PROYECTANTE	ING. JOSE MARIA GARCIA
REVISOR	ING. JOSE MARIA GARCIA
APROBADO	ING. JOSE MARIA GARCIA
ESCALA	1/1000
FECHA	1985



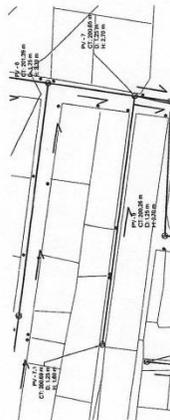
PERFIL PV-DS-08.1 A PV-DS-08
E.C. 1000



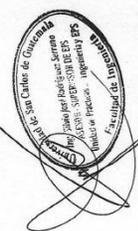
PERFIL PV-DS-07.1 A PV-DS-07
E.C. 1000



PLANTA PV-DS-08.1 A PV-DS-08
E.C. 1000



PLANTA PV-DS-07.1 A PV-DS-07
E.C. 1000



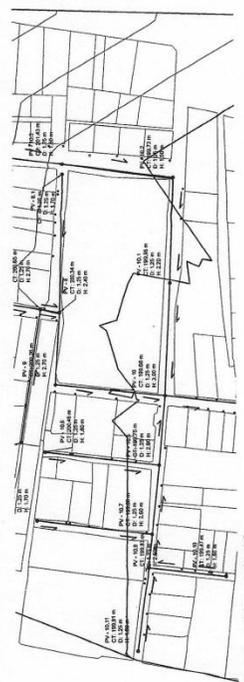
UNIVERSIDAD DE CANTÓN DE GUATEMALA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA	
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION	
CATEDRA DE SISTEMAS DE CONSTRUCCION	
PROYECTO DE SISTEMAS DE CONSTRUCCION	
AUTOR: JORGE RODRIGUEZ SERRANO	
FECHA: 2010	
TITULO: 1000	
E.C. 1000	



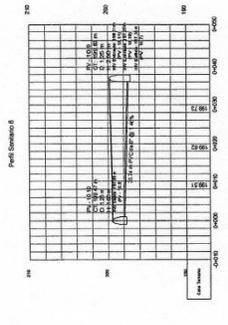
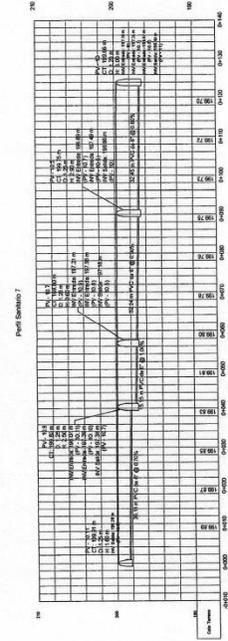
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	TRABAJO DE DISEÑO				
2	TRABAJO DE CONSTRUCCION				
3	TRABAJO DE MANTENIMIENTO				
4	TRABAJO DE REPARACION				
5	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
6	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
7	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
8	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
9	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
10	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
11	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
12	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
13	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
14	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
15	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
16	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
17	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
18	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
19	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
20	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
21	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
22	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
23	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
24	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
25	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
26	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
27	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
28	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
29	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
30	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
31	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
32	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
33	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
34	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
35	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
36	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
37	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
38	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
39	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
40	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
41	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
42	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
43	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
44	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
45	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
46	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
47	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
48	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
49	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
50	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
51	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
52	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
53	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
54	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
55	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
56	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
57	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
58	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
59	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
60	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
61	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
62	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
63	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
64	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
65	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
66	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
67	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
68	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
69	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
70	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
71	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
72	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
73	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
74	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
75	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
76	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
77	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
78	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
79	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
80	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
81	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
82	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
83	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
84	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
85	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
86	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
87	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
88	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
89	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
90	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
91	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
92	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
93	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
94	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
95	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
96	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
97	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
98	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
99	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				
100	TRABAJO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION				



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PA	PAREDES
CA	CANALIZACIONES
CO	CUBIERTOS
CO	CONCRETO
CO	CONCRETO ARMADO
CO	CONCRETO PULIDO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO)
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO
CO	CONCRETO PULIDO Y PINTADO (ALICATADO) PINTADO

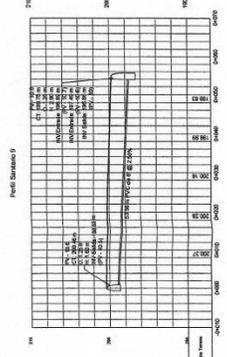
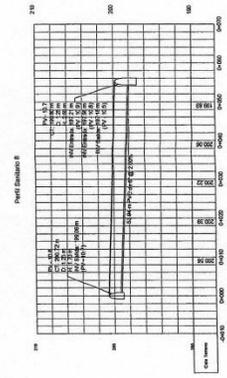


PLANTA PV-DS-10.11 A PV-DS-10
Escala: 1:50



PERFIL PV-DS-10.11 A PV-DS-10
Escala: 1:50

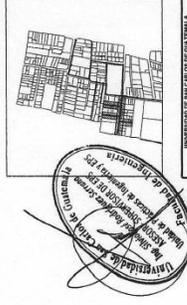
PERFIL PV-DS-10.10 A PV-DS-10.9
Escala: 1:50



PERFIL PV-DS-10.8 A PV-DS-10.7
Escala: 1:50

PERFIL PV-DS-10.6 A PV-DS-10.5
Escala: 1:50

PLANTA DE REFERENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

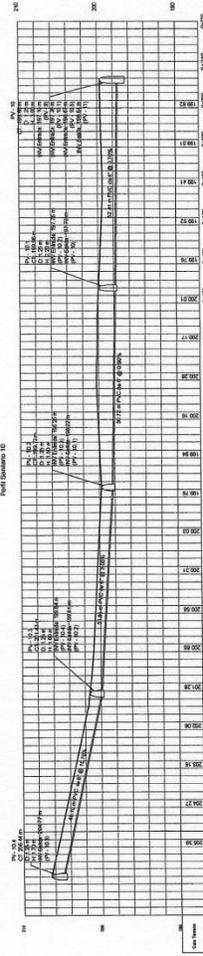
INFORMACIÓN DEL PROYECTO
NOMBRE DEL PROYECTO: ...
FECHA: ...

INFORMACIÓN DEL ALUMNO
NOMBRE DEL ALUMNO: ...
RUT: ...

INFORMACIÓN DEL TUTOR
NOMBRE DEL TUTOR: ...
RUT: ...

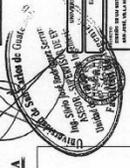


PLANTA PV-DS-10.4 A PV-DS-10
ESC. 1/500

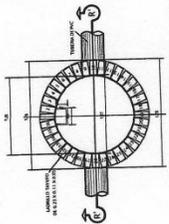


PERFIL PV-DS-10.4 A PV-DS-10
ESC. 1/500

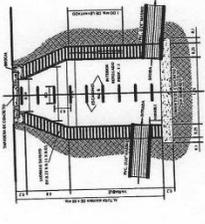
ABREVIATURAS	
PV	PLANTA DE VENTA
ET	ESTR. DE TUBERIAS
H	ALBAÑILERIA
RE	REVESTIMIENTO
PA	PISO
ME	MEDICIONES



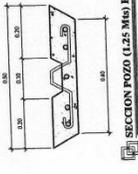
PROYECTO	
PROYECTO	PLANTA DE VENTA PV-DS-10.4 A PV-DS-10
PROYECTANTE	ING. VICTORIANO SANCHEZ DE GUILERA
PROYECTADO EN	1950
PROYECTADO EN	1950
PROYECTADO EN	1950



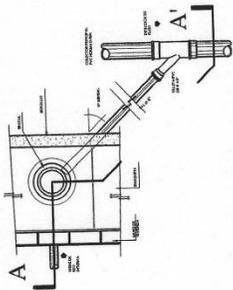
PLANTA POZO (1.25 MTS) H = 0.4 MTS.



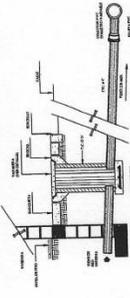
SECCION POZO (1.25 MTS) H = 0.4 MTS.



SECCION POZO (1.25 Mts) H = 0.4 Mts.



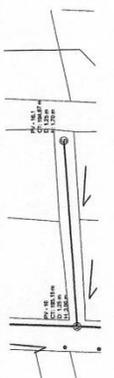
PLANTA ACOMETIDA DRENAJE SANITARIO



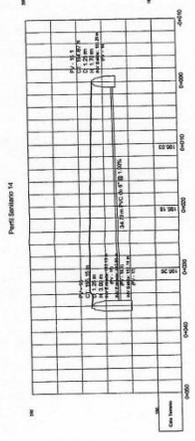
SECCION A-A

INSTITUCION DE EDUCACION SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES	
FACULTAD DE INGENIERIA		INGENIERIA EN OBRAS DE CONSTRUCCION	
CARRERA DE INGENIERIA EN OBRAS DE CONSTRUCCION		MATERIA DE SISTEMAS DE DRENAJE Y SANEAMIENTO	
TITULO DE PROYECTO DE OBRAS DE CONSTRUCCION		PROYECTO DE OBRAS DE CONSTRUCCION	
AUTOR		ING. CARLOS A. GONZALEZ	
FECHA		13	
Escala		0.5	
Hoja		29	



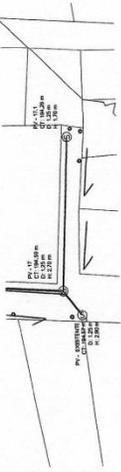


PLANTA PV-DS-16.1 A PV-DS-16
ESC. 1:500

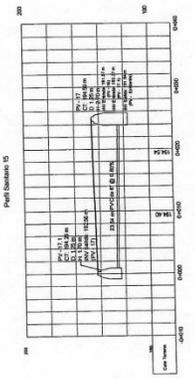


PERFIL PV-DS-16.1 A PV-DS-16
ESC. 1:100

NOMENCLATURA	
PV	FOTOVOLTAICA
CT	CUBETA TERMINAL
A	ALUMINIO
CTA	CUBETA INTERMEDIARIA
CTA-B	CUBETA INTERMEDIARIA
DM	DIMENSIONES DE PANELES
D	DIMENSIONES DE TUBERIAS
DM	DIMENSIONES DE TUBERIAS
M	MONTAJES Y TUBERIAS
PRO	PROYECTO
DIR	DIRECCION

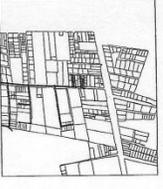


PLANTA PV-DS-17.1 A PV-DS-17
ESC. 1:500



PERFIL PV-DS-17.1 A PV-DS-17
ESC. 1:100

PLANTA DE REFERENCIA

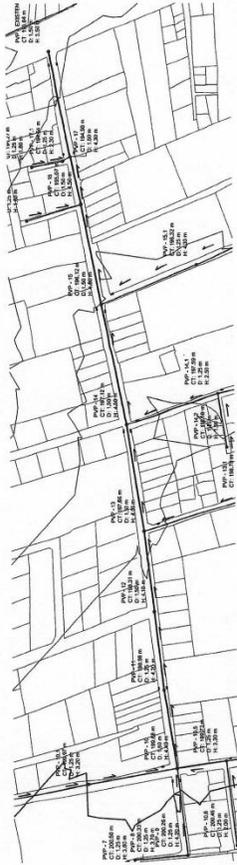


UNIVERSIDAD DE LOS CAJONOS DE SUECIA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA	
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS	

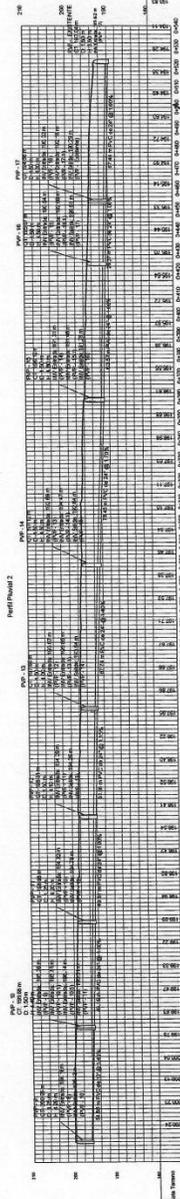




ABRVIATURAS	DESCRIPCIONES
PV	PROYECTO DE VIVIENDA
ST	SEÑAL DE TRAZADO
AL	ALICATA
CA	CERCA ALBERCA
SA	SANITARIO
EA	ELECTRICIDAD
PA	PROYECTO DE ALBERCA
PAE	PROYECTO DE ALBERCA EXTERNA
PAI	PROYECTO DE ALBERCA INTERNA
PAE/PAI	PROYECTO DE ALBERCA EXTERNA/INTERNA



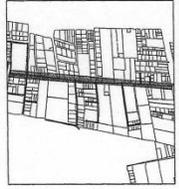
PLANTA PV-DP-09 A PV-DP-Existente
ESC: 1/500

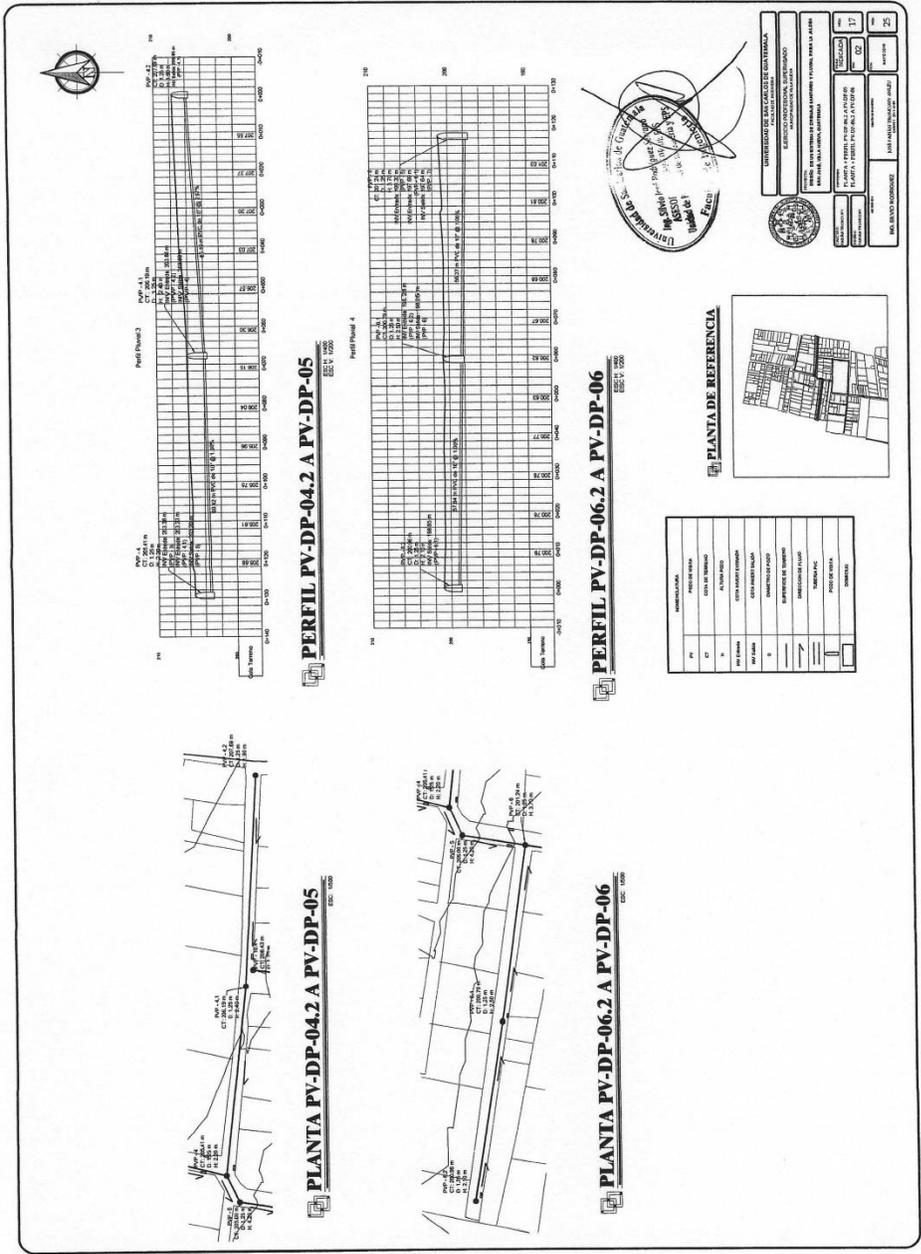


PERFIL PV-DP-09 A PV-DP-Existente
ESC: 1/500



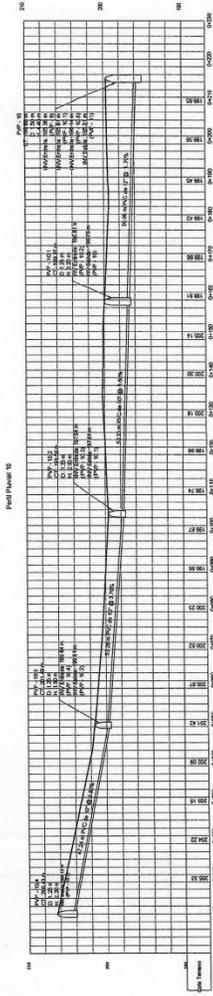
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR ESCUELA TÉCNICA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y ENERGÍA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUATEMALA	
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y ENERGÍA PLANTEL DE TERCERA EDIFICIO DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y ENERGÍA AV. LA PAZ, C.A. 15000, GUATEMALA	
NOMBRE DEL ALUMNO GUSTAVO A. ARCE	NOMBRE DEL TUTOR [Name]
NOMBRE DEL ASISTENTE [Name]	NOMBRE DEL TUTOR [Name]







PLANTA PV-DP-10.4 A PV-DP-10
ESC: 1/50

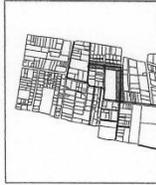


PERFIL PV-DP-10.4 A PV-DP-10
ESC: 1/50

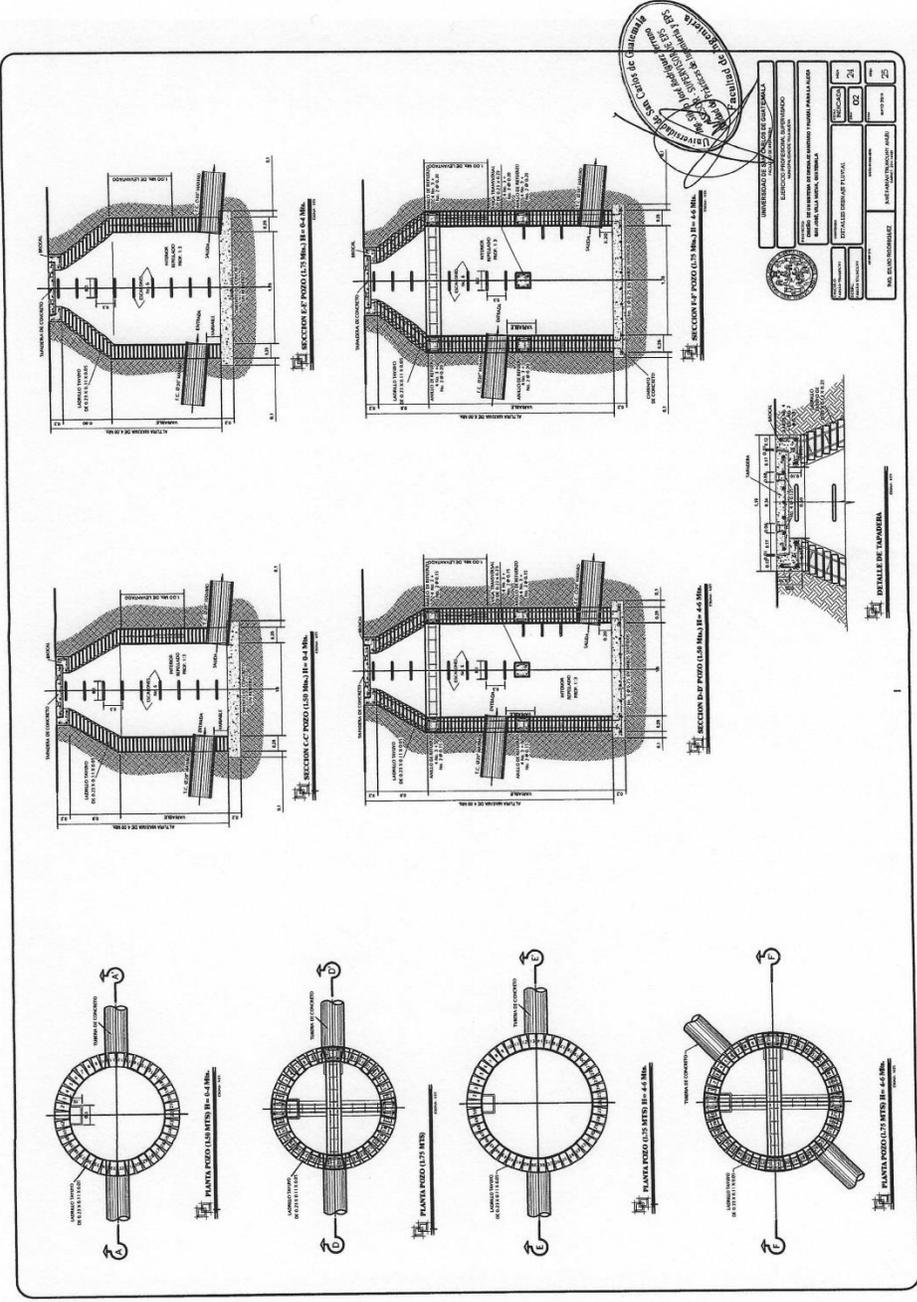


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
CARRERA DE ARQUITECTURA	
PROYECTO DE GRADUACION	
TITULO: PLANTA Y PERFIL PV-DP-10.4 A PV-DP-10	
PROFESOR: DR. JOSE DOMINGUEZ	ESTUDIANTE: DANIEL RAMIRO TORRES
FECHA: 2011	GRUPO: 201

PLANTA DE REFERENCIA

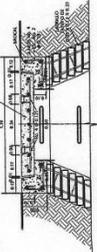


ABRVIATURAS	DESCRIPCION
PV	PARED DE VIDRIO
CT	CORRIDOR
H	HALL
ESTR	ESTRUCTURA
PV	PARED
CO	COFRE
PA	PARED ALTA
PI	PARED INTERIOR
PI	PARED EXTERIOR
PI	PARED INTERIOR
PI	PARED EXTERIOR
PI	PARED INTERIOR
PI	PARED EXTERIOR
PI	PARED INTERIOR
PI	PARED EXTERIOR
PI	PARED INTERIOR
PI	PARED EXTERIOR



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

UNIVERSIDAD DE CAROLINA DE GUAYAMA	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	PROYECTO DE TUBERÍA PARA LA OLA
DETALLE DE BARRAS DE TUBERÍA	NO. DE HOMOLOGACIÓN	NO. DE HOMOLOGACIÓN
02	02	02
02	02	02



DETALLE DE TAMPONA

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de diseño de la Dirección General de Caminos

T.P.D.A De	Carretera	Velocidad de Diseño (km/h)	Radio Mínimo	Pendiente Máxima	Ancho de Calzada
	tipo A				2 x 7.20
3000	Llanas	100	375	3	
A	Onduladas	80	225	4	
50000	Montañosas	60	110	5	
	tipo B				7.2
15000	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
3000	Montañosas	40	47	8	
	tipo C				6.5
900	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
1500	Montañosas	40	47	8	
	tipo D				6
600	Llanas	80	225	6	
A	Onduladas	60	110	7	
900	Montañosas	40	47	8	
	tipo E				5.5
100	Llanas	50	75	8	
A	Onduladas	40	47	9	
600	Montañosas	30	30	10	
	tipo F				5.5
0	Llanas	40	47	10	
A	Onduladas	30	30	12	
100	Montañosas	20	16	14	

Continuación del anexo 1.

G°	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120				
	Ds=27	Ls	e%	Ds=30	Ls	e%	Ds=33	Ls	e%	Ds=37	Ls	e%	Ds=40	Ls	e%	Ds=43	Ls	e%	Ds=46	Ls	e%	Ds=50	Ls	e%	Ds=53	Ls	e%	Ds=56	Ls	e%		
1°	1145.92	BN	17	0°51'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°30'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°06'	5.5	67	3°21'	
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	28	2°46'	2.6	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°28'	9.0	79	7°51'	9.9	94	9°24'	
3°	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°27'	2.9	28	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'							
4°	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	28	5°36'	5.5	35	7°00'	7.47	49	9°48'	9.1	65	13°00'	10.00	77	15°24'										
5°	228.18	1.7	17	4°16'	3.1	23	5°45'	4.8	28	7°07'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'													
6°	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.8	32	9°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	19°12'																
7°	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	18°54'	10.00	67	23°27'																
8°	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																			
9°	127.32	3.1	17	7°36'	5.5	26	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																			
10°	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	49	24°30'	10.00	61	30°30'																			
11°	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°06'	9.1	51	28°03'																						
12°	95.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																						
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	55	35°45'																						
14°	81.85	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	56	39°12'																						
15°	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.00	56	42°00'																						
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																									
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																									
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																									
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	46°36'																									
20°	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	49°00'																									
21°	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																									
22°	52.09	7.2	32	35°12'	9.9	50	55°00'																									
23°	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																									
24°	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																									
25°	45.84	7.9	36	45°00'																												
26°	44.07	8.1	37	48°06'																												
27°	42.44	8.3	37	49°57'																												
28°	40.93	8.5	38	53°12'																												
29°	38.51	8.7	38	56°33'																												
30°	38.20	8.9	40	60°00'																												
31°	36.97	9.0	41	63°33'																												
32°	35.81	9.2	41	65°36'																												
33°	34.73	9.3	42	69°18'																												
34°	33.70	9.4	42	71°24'																												
35°	32.74	9.5	43	75°15'																												
36°	31.83	9.6	43	77°24'																												
37°	30.97	9.7	44	81°24'																												
38°	30.16	9.8	44	85°36'																												

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "4" RECOMENDADO POR LA AAASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTIRA 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 DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m, Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AAASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Laliscod

