



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

“PAVIMENTACIÓN DE CALLES DE LA ALDEA LA CIÉNAGA, CALLES DEL SECTOR NUEVA
JERUSALEN Y CALLES DEL CASERÍO LA COMUNIDAD, Y CONSTRUCCIÓN DE
DRENAJES ALDEA LA CIÉNAGA DEL MUNICIPIO DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO
DE GUATEMALA”

PABLO BERNABÉ ESCOBAR GARCÍA
ASESORADO POR ING. LUÍS ALFARO VÉLIZ

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

“PAVIMENTACIÓN DE CALLES DE LA ALDEA LA CIÉNAGA, CALLES DEL SECTOR NUEVA JERUSALEN Y CALLES DEL CASERÍO LA COMUNIDAD, Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES ALDEA LA CIÉNAGA DEL MUNICIPIO DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PABLO BERNABÉ ESCOBAR GARCÍA
ASESORADO POR ING. LUÍS ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Salvador Gordillo
EXAMINADOR:	Ing. Ángel Roberto Sic
EXAMINADOR:	Ing. Luís Gregorio Alfaro
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

“PAVIMENTACIÓN DE CALLES DE LA ALDEA LA CIÉNAGA, CALLES DEL SECTOR NUEVA JERUSALEN Y CALLES DEL CASERÍO LA COMUNIDAD, Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES ALDEA LA CIÉNAGA DEL MUNICIPIO DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”,

tema que me fuera asignado por la dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 27 de abril de 2005.

Pablo Bernabé Escobar García

AGRADECIMIENTOS A

DIOS	A quien le debo todo, por darme vida y salud, y, en su gran misericordia y amor me permitió terminar uno de mis sueños. Colosenses 3:23
MIS PADRES	Por su incondicional apoyo, amor, ánimo y consejo en todo el transcurso de mi carrera, los amo mucho. Efesios 6:1-3
MIS HERMANOS	Por apoyo y cariño brindado en todo tiempo.
MIS ABUELOS	Por su amor, cariño y apoyo.
MIS TÍOS	Por estar siempre pendientes de mi, y brindarme su apoyo.
MIS PRIMOS	Por brindarme su cariño y apoyo.
ING. OSCAR ARGUETA	Por su amistad y apoyo para completar con mi carrera.
ING. LUIS ALFARO	Por su amistad y apoyo para culminar con este trabajo.

A TODOS LOS LLEVO EN MI CORAZÓN

Filipenses 4:8

ACTO QUE DEDICO A

DIOS

MIS PADRES

Edgar Samuel Escobar Recinos
Silvia Lisseth García de Escobar

MIS HERMANOS

Silvia Ana Patricia Escobar García
Émerson Samuel Escobar García

MIS ABUELOS

Ana Aurelia de Escobar
Salvador García
Bertha Vásquez

MIS TÍOS

Freddy, Patty, Pichy, Delmy, Yoly, Sonia,
Sandra, Luís, Mario.

MIS PRIMOS

MIS AMIGOS

De la Universidad, de la Iglesia, de
Evangelismo del Niño.

ING. OSCAR ARGUETA

ING. LUÍS ALFARO

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTADO DE ABREVIATURAS	VIII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
OBJETIVOS	XIX
1. MONOGRAFÍA	1
1.1. Ubicación geográfica de San Raymundo.....	1
1.2. Situación demográfica.....	2
1.3. Datos históricos.....	3
1.4. Aspectos sociales.....	3
1.5. Economía.....	4
1.6. Aldea La Ciénaga.....	4
1.6.1. Ubicación geográfica.....	4
1.6.2. Geografía.....	4
1.7. Aldea La Comunidad.....	4
1.7.1. Ubicación geográfica.....	4
1.7.2. Geografía.....	5
1.8. Sector Nueva Jerusalén.....	5
1.8.1. Ubicación geográfica.....	5
1.8.2. Geografía.....	5
2. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	7
2.1. Reconocimiento topográfico.....	7

2.2. Levantamiento topográfico.....	8
2.2.1. Planimetría.....	9
2.2.2. Altimetría.....	9
2.2.3. Tránsito preliminar.....	10
2.2.4. Niveles preliminares.....	10
2.2.5. Secciones transversales de preliminar.....	10
2.3. Estudio de suelos.....	10
2.3.1. Ensayos para la clasificación del suelo.....	11
2.3.1.1. Análisis granulométrico.....	11
2.3.1.1.1. Tamizado.....	12
2.3.1.1.2. Sedimentación.....	13
2.3.1.2. Límites de consistencia.....	13
2.3.1.2.1. Límite líquido.....	13
2.3.1.2.2. Límite plástico.....	14
2.3.1.2.3. Índice plástico.....	14
2.3.2. Ensayos para el control de la construcción.....	15
2.3.2.1. Determinación del contenido de humedad.....	15
2.3.2.2. Densidad máxima y humedad óptima.....	16
2.3.2.3. Ensayo de equivalente de Arena.....	17
2.3.3. Ensayo para la determinación de la resistencia del suelo.....	18
2.3.3.1. CBR.....	18
2.3.4. Análisis de resultados.....	19
3. DISEÑO DE CARRETERA	21
3.1. Preliminar de gabinete.....	21
3.2. Alineamiento horizontal y vertical.....	23
3.2.1. Alineamiento horizontal.....	23
3.2.1.1. Trazo de curvas horizontales.....	24
3.2.1.1.1. Grado máximo de curvatura.....	25
3.2.1.1.2. Longitud mínima.....	27

3.2.1.1.3. Longitud máxima.....	27
3.2.1.1.4. Distancia de visibilidad de parada.....	27
3.2.1.2. Tangentes.....	28
3.2.1.3. Procedimiento de cálculo de curva horizontal.....	29
3.2.2. Alineamiento Vertical.....	29
3.2.2.1. Diseño de curvas verticales.....	30
3.2.2.1.1. Trazo de curvas verticales.....	31
3.2.2.1.2. Visibilidad.....	33
3.2.2.1.3. Cálculo de curvas verticales.....	33
3.2.2.2. Tangentes.....	34
3.2.2.3. Procedimiento de cálculo de curva vertical.....	34
3.3. Elementos geométricos del alineamiento transversal.....	35
3.4. Diseño de sub-rasante.....	37
3.5. Movimiento de tierras.....	38
3.6. Drenaje pluvial.....	38
3.6.1. Cunetas.....	39
3.6.2. Contracunetas.....	40
3.6.3. Drenaje transversal.....	40
3.7. Maquinaria a utilizar.....	41
3.7.1. Bulldozer.....	41
3.7.2. Motoniveladora.....	42
3.7.3. Escavadora.....	43
3.7.4. Angledozer.....	44
3.7.5. Rodillos.....	44
4. DISEÑO DE DRENAJE.....	47
4.1. Cálculo de población futura.....	47
4.2. Tipos de sistema de alcantarillado.....	48
4.2.1. Sistema de alcantarillado sanitario.....	48
4.2.2. Sistema de alcantarillado separativo.....	48

4.2.3. Sistema de alcantarillado combinado.....	48
4.3. Cálculo de caudales	48
4.3.1. Velocidad de flujo	49
4.3.2. Tirante o profundidad del flujo.....	49
4.3.3. Caudal.....	49
4.3.3.1. Caudal domiciliar.....	50
4.3.3.1.1. Factor de retorno	50
4.3.3.2. Caudal de conexiones ilícitas	50
4.3.3.2.1. Intensidad de lluvia	51
4.3.3.2.2. Coeficiente de escorrentía.....	51
4.3.3.3. Caudal de infiltración.....	51
4.3.3.4. Caudal Comercial	52
4.3.3.5. Caudal industrial	52
4.3.4. Factor de caudal medio	52
4.3.5. Caudal máximo	53
4.3.6. Factor de Harmond	53
4.3.7. Caudal de diseño.....	53
4.3.8. Factor de área	54
4.3.9. Área tributaria	54
4.3.10. Selección de ruta	54
4.3.11. Pendientes máximas y mínimas	55
4.3.12. Velocidades máximas y mínimas de diseño.....	55
4.3.13. Fórmula de Manning	55
4.3.13.1. Fórmula de Manning – Strickler	56
4.3.13.2. Fórmula de Pavlovski.....	57
4.3.14. Diagrama, tablas y sus aplicaciones	57
4.3.15. Velocidades de arrastre	59
4.4. Cálculo de cotas invert	59
4.5. Diámetro de tuberías	59

4.6. Pozos de visita	59
4.7. Conexiones domiciliarias	60
4.8. Caja o candela	61
4.9. Tubería secundaria	61
4.10. Metodología de cálculo	62
4.11. Tratamiento de aguas negras.....	65
4.11.1. Características del agua residual	65
4.11.2. Fosa Séptica	67
4.11.2.1. Dimensionamiento	69
4.11.3. Pozo de absorción	71
4.11.3.1. Dimensionamiento	74
4.12. Estudio de impacto ambiental.....	74
4.12.1. Interpretación de los impactos identificados	76
4.12.2. Medidas de mitigación	76
4.12.3. Identificación de riesgos y amenazas	77
4.12.4. Estimación de la vulnerabilidad.....	77
4.12.5. Para la salud humana.....	77
4.12.6. Manejo y disposición final de desechos	78
5. PRESUPUESTOS GENERALES DE LOS PROYECTOS.....	81
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Elementos de curva circular	24
2. Sección de una curva vertical.....	30
3. Elementos de curva vertical.....	32

TABLAS

I. Población de los municipios de San Raymundo.....	2
II. Valores máximos de curvatura para cada velocidad	26
III. Visibilidad de parada.....	28
IV. valores de K según tipo de curva.....	31
V. Coeficientes de rugosidad	57
VI. Contribución de aguas residuales por persona.....	70
VII. Tiempos de retención.....	70
VIII. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos.....	70
IX. Identificación de impactos.....	75
X. Resumen de integración de costos drenajes aldea La Ciénaga	81
XI. Resumen de integración de costos pavimentación aldea La Ciénaga...	82
XII. Resumen de integración de costos pavimentación Caserío La Comunidad.....	82
XIII. Resumen de integración de costos pavimentación sector Nueva Jerusalén.....	83

LISTADO DE ABREVIATURAS

km (kms)	Kilómetro (s)
m (mts)	metro (s)
r	tasa de crecimiento de la población
v	Velocidad de flujo en la alcantarilla
V	Velocidad de flujo a sección llena
d	Altura del tirante de agua en la alcantarilla
D	Diámetro de tubería
a	Área que ocupa el tirante de agua en la alcantarilla
A	Área de la tubería a sección llena
v/V	Relación de velocidades
a/A	Relación de alturas
d/D	Relación de diámetros
q/Q	Relación de caudales
I	Intensidad de lluvia
C	Coefficiente de escorrentía de una superficie
A	Área
F.H.	Factor de Harmond
P	Población
n	Coefficiente de rugosidad
R	Radio
S	Pendiente
Rh	Radio Hidráulico
Hab	Habitantes
S%	Pendiente en porcentaje

p.v.	Pozo de visita
p.u.	Precio unitario
Conex	Conexión domiciliar
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
LC	Longitud de curva
LCV	longitud de curva vertical
Az	Azimut
PC	Principio de curva
PT	Principio de tangente
PCV	Principio de curva vertical
PTV	Principio de tangente vertical
ST	Sub tangente
Cm	Cuerda máxima
E	External
Δ	Delta
G	Grado de curvatura

GLOSARIO

Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
Aguas Negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin, pueden ser: domésticas, comerciales e industriales.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Ángulo	Es la menor o mayor abertura que forman entre si dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice. Su mayor o menor abertura se mide en grados.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde 0 a 360 grados.
Bacteria	Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento incluyendo: oxidación biológica, digestión nitrificación y desnitrificación.
Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir que, consta de material fino y grueso con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.

Banco de marca	Es el lugar que tiene un punto fijo, cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.
Base	Están constituidas por una capa de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la sub-base.
Bordillos	Son las estructuras de concreto simple que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera y sirve para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.
Bóveda	Es una estructura formada por un arco metálico de concreto o de mampostería apoyado en dos muros, diseñada y construida para desaguar caudales de agua y soportar rellenos relativamente grades.
Cabezales	Muro central de entrada y salida de las tuberías diseñado y construido para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas.
Caja de registro	Recipiente colocado en la acera para recibir y conectar, en formas interna y externa respectivamente, el sistema de tubería de drenaje.
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y conduce el sistema de drenaje.
Carretera	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorios que sirven para el desalojo de aguas negras o de lluvia.
Compactación	Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.

Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.
Contracción	Reducir a menor volumen.
Coordenadas	Retícula bidimensional que define la posición de un punto en el mapa.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad con el trazo de la carretera o camino. Se realiza a medida ladera o en trinchera.
Cotas Invert	Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalado.
Cuneta	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo comúnmente de forma triangular, trapezoidal y cuadrada.
Curva de nivel	Línea que une puntos de una misma elevación, sin pasar sobre otra.
Distancia	Espacio o intervalo de lugar o tiempo entre dos cosas o sucesos.
Drenajes	Son los medios utilizados para controlar las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
Excavaciones	Se refieren a desmontes, zanjas, hoyos, pozos o galerías subterráneas construidas cuidadosamente, ajustándose a la línea y pendiente señaladas. Las caras laterales deben verticales.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.

Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Relleno	Es el material especial o de terracería, uniformemente colocado y compactado en las partes laterales y superior de las cajas, así como atrás de los aletones.
Sección típica	Es la sección que permanece uniforme, la mayoría de veces en toda la extensión de una carretera.
Sub-rasante	Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento (sub-base y carpeta) de una carretera o camino.
Terracería	Es el conjunto de operaciones de cortes, préstamos, rellenos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una rasante determinada, de conformidad con los niveles indicados en los planos.
Terraplén	Son los depósitos de material que se realizan sobre el terreno natural para alcanzar el nivel del sub-rasante.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de la tubería.
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima e la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene en forma detallada el procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo de los proyectos de pavimentación en la aldea La Ciénaga, calles del sector Nueva Jerusalén y calles del caserío La Comunidad y diseño de drenajes en la aldea La Ciénaga, del municipio de San Raymundo del departamento de Guatemala.

El mismo contiene la investigación de campo realizada que generó la siguiente información: la monografía del lugar, aspectos generales para el diseño del pavimento y drenaje, datos de la población, vivienda, consumo de agua y servicios utilizados. Se determinó por medio del método de incremento geométrico la población futura a veinte años, ya que, por las condiciones socioeconómicas del país es el que más se adecúa.

Además, se describe el servicio técnico profesional, que muestra las diferentes actividades realizadas, entre las cuales se mencionan: antecedentes del proyecto, levantamiento topográfico, cálculo del diseño de la línea central de la carretera (diseño de curvas y tangentes), diseño de caudales y parámetros de diseño. Diseño de la carretera y diseño hidráulico para el drenaje, parte fundamental del presente proyecto que describe el cálculo técnico realizado, llevando un orden y descripción de cada paso en el diseño de drenajes y diseño geométrico de la carretera; así como la integración de los presupuesto de cada proyecto.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación “Pavimentación de calles de la aldea La Ciénaga, Calles del sector Nueva Jerusalén y calles del caserío La Comunidad, y construcción de drenajes aldea La Ciénaga del municipio de San Raymundo departamento de Guatemala”, tiene como principio fundamental promover el desarrollo por medio de proyectos de pavimentación y drenaje, para lograr que dichas comunidades tengan acceso a un mejor nivel de vida.

En Guatemala, a nivel nacional, es necesario ampliar la red de infraestructura vial, tal es el caso de las aldeas de La Ciénaga, La Comunidad y Nueva Jerusalén. En la mayoría de veces, esto significa mejorar o ampliar caminos existentes, adaptándolos a las especificaciones de caminos, dependiendo de la categoría de cada uno de éstos. Aparte, otro problema es el déficit del servicio de sistema de alcantarillado sanitario, el cual es fundamental para los pobladores; la ejecución de este proyecto en la aldea La Ciénaga, minimizará el efecto de la contaminación del medio ambiente, así como la proliferación de diferentes tipos de enfermedades.

Se pretende que el presente trabajo de graduación sirva de orientación a municipalidades e instituciones que ya han iniciado estos tipos de proyectos, para el mejor aprovechamiento de los recursos.

OBJETIVOS

General

Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones La Ciénaga, La Comunidad y Nueva Jerusalén con la elaboración de los proyectos, presentando el mejor diseño, y, optimizando los recursos para ser utilizados por las comunidades de la mejor manera posible.

Específicos

Diseñar la pavimentación utilizando pavimento rígido y la red de drenajes aplicando todas las herramientas de ingeniería.

Utilizar normas y reglamentos establecidos para el diseño de proyectos de pavimentación y drenajes, respaldándolos con los mismos, de modo que puedan ejecutarse dentro de los lineamientos establecidos en el diseño.

1. MONOGRAFÍAS

1.1 Ubicación geográfica San Raymundo

El municipio de San Raymundo, se encuentra situado en la parte norte del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 45' 55" y en la longitud 90° 35' 45". Limita al Norte con el municipio de Granados y El Chol (Baja Verapaz); al Sur con el municipio de San Juan Sacatepéquez (Guatemala); al Este con los municipios de Chuarrancho y Chinautla (Guatemala); y al Oeste con el municipio San Juan Sacatepéquez (Guatemala). Cuenta con una extensión territorial de 144 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 1,570 metros sobre el nivel del mar; su clima es frío. Se encuentra a una distancia de 44 Kms. de la cabecera departamental de Guatemala.

Cuenta con 1 pueblo, 7 aldeas y 10 caseríos. Las aldeas son: La Ciénaga, Llano de La Virgen, Pamocá, El Carrizal, Vuelta Grande, La Estancia y El Zarzal.

1.2 Situación demográfica

Tabla I. Población de los municipios de San Raymundo

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO	CATEGORÍA	POBLACIÓN TOTAL
SAN RAYMUNDO		22,615
SAN RAYMUNDO	PUEBLO	6,797
EL CARRIZAL	ALDEA	841
EL ZARZAL	ALDEA	157
ESTANCIA VIEJA	ALDEA	754
LA CIÉNAGA	ALDEA	849
LA ESTANCIA LA VIRGEN	ALDEA	1,329
LLANO DE LA VIRGEN	ALDEA	1,379
PAMOCA	ALDEA	1,345
VUELTA GRANDE	ALDEA	542
LOS SEQUENES	CASERIO	165
EL CIPRES	CASERIO	824
EL TAMARINDO	CASERIO	208
EL TABLÓN	CASERIO	760
LOS COC	CASERIO	129
LA CUMBRE	CASERIO	184
JOLOMCOT	CASERIO	301
LA COMUNIDAD	CASERIO	455
CONCEPCIÓN EL CIPRES	CASERIO	768
LABOR VIEJA	CASERIO	368
LOS AYAPANES	CASERIO	300
LOS TEZENES	CASERIO	381
LAS JOYAS	CASERIO	458
LOS AVENDAÑO	CASERIO	169
SAN MARTINEROS	CASERIO	1,393
LO DE GUERRERO	CASERIO	241
FOREST HILL	COLONIA	619
EL EDÉN	COLONIA	718
LINDA VISTA SAN RAYMUNDO	COLONIA	72
SAN JOSÉ MONTE REAL	FINCA	39
POBLACIÓN DISPERSA	OTRA	70

San Raymundo está bañado por los ríos: Cotzibal, Cuxuyá, de Quezada, Grande o Motagua, Frío, Las Flores, Pajum, Simajuí, Las Vacas, Los Encuentros, Pamocá, Patzabaj, Rajoní y Ruyalhuit; los Riachuelos: del Limón,

El Zarzal; y Las Quebradas: Aguacate, Agua Zarca, Cimarrón y 25 más. Cuenta con los cerros: Curub, Cuxobalajay, Las Granadillas y San Isidro.

1.3 Datos históricos

En el siglo XVI se le conocía como San Raymundo Las Casillas, encomienda del soldado-cronista Bernal Díaz del Castillo. En la sección de tierras del Registro de la Propiedad han existido varios documentos en los que se le mencionó como San Raymundo Las Casillas o bien Estancia de Las Casillas.

El pueblo fue fundado por indios de San Juan Sacatepéquez y por el fraile Víctor de Carbajal, más o menos por el año de 1580. Conforme al libro de actas municipales, los integrantes de la primera municipalidad ladina, tomaron posesión de sus cargos el 12 de julio de 1880, siendo alcalde primero Don Manuel Martínez y alcalde segundo Don Florencio Peláez.

Uno de sus personajes célebres es el Capitán Bernal Díaz del Castillo, fundador del pueblo de San Raymundo.

1.4 Aspectos sociales

Con respecto a la pertenencia étnica en San Raymundo, un 63% de la población es indígena y un 37% no indígena. El idioma predominante es el cakchiquel, pero la mayoría de sus habitantes también hablan el español.

San Raymundo cuenta con un Centro de Salud en la cabecera municipal y Puestos de Salud en: Estancia de La Virgen y San Martineros. Cuenta con la Estación San Raymundo en la Escuela Nacional de Párvulos. Pertenece a la Comisaría No. 16. Cuenta con las Grutas o Cuevas donde apareció San Raymundo y la Iglesia Parroquial que data del siglo XVIII posee algunos altares

interesantes y fue seriamente averiada con los terremotos de 1917/18, hace pocos años se terminó su reparación.

1.5 Economía

Su economía se concentra en la agricultura de productos como maíz, frijol y caña de azúcar; tiene granjas avícolas denominadas comúnmente pollerías; sus habitantes son fabricantes de jabón, trajes típicos, ladrillos, jarcia y pirotecnia; su artesanía comprende principalmente: la imagenería, tejidos de algodón y muebles de madera.

1.6 Aldea La Ciénaga

1.6.1 Ubicación Geográfica:

La Ciénaga es una aldea que pertenece al municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala, se encuentra localizada en el Sur de la Cabecera Municipal, con una altitud sobre el nivel del mar de 1,570 m.

1.6.2 Geografía

La comunidad colinda con Lo de Guerrero al norte, San Juan Sacatepéquez al sur, Labor Vieja al Oriente y Concepción el Ciprés al occidente.

1.7 Cacerío La Comunidad

1.7.1 Ubicación Geográfica:

La Comunidad es una aldea que pertenece al municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala, se encuentra localizada en el oriente de la cabecera municipal. de la ciudad Capital, con una altitud sobre el nivel del mar de 1,570 m.

1.7.2 Geografía

La comunidad colinda con El Edén al norte, Lo de Guerrero al sur, Carrizal al oriente y Cabecera Municipal al occidente.

1.8 Sector Nueva Jerusalén

1.8.1 Ubicación Geográfica:

Nueva Jerusalén es un sector ubicado en la zona 6 del municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala, se encuentra localizada en el Sur de la Cabecera Municipal, con una altitud sobre el nivel del mar de 1,570 m.

1.8.2 Geografía

Nueva Jerusalén colinda con Lotificación Gloria al norte, Río Frío al sur, Colonia El Mirador al Oriente y Notificación Huertas de Peñafort al occidente.

2. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

2.1 Reconocimiento topográfico.

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar para recopilar datos de gran utilidad en el proyecto como lo relacionado con afectaciones, características de ríos, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes.

Concluida esta fase, se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar, en general, las siguientes características:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Topográficas y complementarias

Así se vera el tipo de suelo en el que se construirá el camino, su composición y características generales, ubicación de bancos para revestimientos y agregados para las obras de drenaje, cruces apropiados para el camino sobre ríos o arroyos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloren a la superficie y que afecten el camino, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y ruta a seguir en el terreno.

Este reconocimiento requiere del tiempo que sea necesario para conocer las características del terreno donde se construirá el camino, y para llevarlo a

cabo se utilizan instrumentos sencillos de medición como brújulas para determinar rumbos, clisímetro para determinar pendientes, odómetro de vehículos y otros instrumentos sencillos.

A través del reconocimiento se determinan puertos topográficos que son puntos obligados de acuerdo a la topografía y puertos determinados por lugares obligados de paso, ya sea por beneficio social, político o de producción de bienes y servicios.

Con todos los datos recabados, resaltando los más importantes, se establecerá una ruta tentativa para el proyecto.

Existen procedimientos modernos para el reconocimiento como el fotogramétrico electrónico, pero resulta demasiado costoso, muchas veces para el presupuesto que puede tener un camino, también es importante decir que el tipo de vegetación y clima de algunas regiones no permite usar este procedimiento por lo que se tiene que recurrir al reconocimiento directo que se puede auxiliar por cartas topográficas.

2.2 Levantamiento topográfico

Se llama así a la descripción y delineación detallada de la superficie de un terreno de la línea preliminar seleccionada, siguiendo las señales indicadas en el reconocimiento; el levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida.
- Azimut o rumbo de salida.
- Kilometraje de salida.
- Cota de salida del terreno.

Para el levantamiento preliminar, se tomó en el campo: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales de preliminar y referencias.

2.2.1 Planimetría

Ésta se define como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su mejor orientación. El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles; en general, para ubicar todos aquellos puntos de importancia.

En la medición de la planimetría de dicho proyecto se utilizó el método de deflexiones simples en una poligonal abierta; que consiste en tomar un Azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana. En la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Se tomaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como también puntos de referencia en accidentes geográficos (cercos, orillas de calle, postes de luz, etc.).

2.2.2 Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que junto con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. Técnicamente se recomienda el nivel, por ser fabricado para tal fin, pero las medidas tomadas por el teodolito son correctas si se efectúa un buen levantamiento topográfico.

El resultado de los trabajos de altimetría y planimetría se encuentran representados en los planos planta-perfil, adjuntos en el presente trabajo.

El levantamiento planimétrico, en el caso del diseño de drenajes, sirve para localizar la red dentro de las calles, indicar los pozos de visita y en general, para ubicar todos aquellos puntos de importancia.

2.2.3 Tránsito preliminar

El trazo se efectuó por el método de deflexiones simples, con estacionamientos cada 20 metros y en los puntos donde se consideró necesario.

2.2.4 Niveles de preliminar

La nivelación se efectuó tomando diferencias de nivel en todos los puntos fijados por el trazador de la línea central, situando BM (Banco de Marca). Como cota de salida (BM) se tomará de preferencia una fijada por la Instituto Geográfico Nacional (IGN). En este caso se adoptó una cota de salida arbitraria, la cual es de 1000.

2.2.5 Secciones transversales de preliminar

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. En las estaciones de la línea central se trazaron perpendiculares, haciendo un levantamiento a cada 20 metros recopilando información del lado izquierdo y derecho de la línea central.

2.3 Estudio de suelos

Es necesario conocer el tipo de suelo con que se cuenta en el área de trabajo donde se construirá la estructura de pavimento. Así en la gran mayoría de los casos, por condiciones de trazo geométrico, topografía y calidad de los suelos naturales de apoyo, es necesario colocar una capa de transición sobre la cual se construirán las losas de concreto.

Los ensayos de suelos deben ejecutarse de acuerdo con la división siguiente:

Para la clasificación del tipo de suelo

Para el control de la construcción

Para determinar la resistencia del suelo

2.3.1 Ensayos para la clasificación del suelo

Son los ensayos para clasificar el tipo de suelo que en el área de trabajo, son de mucha importancia para ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son: el análisis granulométrico y los límites de consistencia.

2.3.1.1 Análisis granulométrico

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo según tamaños, representando los datos obtenidos en forma gráfica. De ellos se calculan los siguientes coeficientes:

Coefficiente de Uniformidad, que indica la variación del tamaño de las partículas de suelo.

$$Cu = D_{60} / D_{10}$$

Donde :

Cu = Coeficiente de uniformidad

D 60 = Diámetro máximo del 60%

D 10 = Diámetro máximo del 10%

Coefficiente de graduación, que indica una medida de la forma de la curva entre D 10 y D 60.

$$Cg = (D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$$

Donde:

Cg = Coeficiente de graduación

D 30 = Diámetro máximo del 30%

D 10 = Diámetro máximo del 10%

D 60 = Diámetro máximo del 60%

Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T 27.

Los suelos no son homogéneos, presentan partículas de muy diversos tamaños, formas y componentes.

Condiciona el comportamiento geotécnico del suelo y se realiza por: tamizado y sedimentación.

2.3.1.1.1 Tamizado

Consiste en pasar la muestra de suelo a través de una serie de tamices con ancho de malla decreciente, pesando la cantidad contenida en cada uno de ellos.

Se aplica a tamaños gruesos, superiores a 0,1 mm.

Las partículas se consideran de un tamaño igual a la abertura o ancho de malla del menor tamiz que permite el paso.

Es necesario secar previamente la muestra.

2.3.1.1.2 Sedimentación

Consiste en estimar el porcentaje de un determinado tamaño de partículas del suelo en función de su velocidad de sedimentación en un líquido según la ley de Stokes.

Se aplica a tamaños finos, < 0,1mm.

En función del tamaño de los granos, se producirá la sedimentación de los mismos a diferente velocidad. La densidad de la suspensión varía en función de la profundidad.

Existen dos métodos, el del *densímetro* (más utilizado) y el de la *pipeta* (más exacto, pero mucho más complicado y caro).

2.3.1.2 Límites de consistencia

Sirve para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por su contenido de humedad, y se conocen como: límite líquido, límite plástico e índice plástico.

2.3.1.2.1 Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de Casagrande, se cierre 1.27 centímetros a lo largo de una ranura formada en un suelo remoldado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, ambos límites juntos son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la norma AASHTO T 89, teniendo como obligatoriedad el hacerlo sobre muestra preparada en húmedo.

2.3.1.2.2 Limite plástico

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso.

El límite plástico se define como el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), con el cual se agrieta un cilindro de material de 3mm (1/8 de pulgada) de diámetro al rodarse con la palma de la mano o sobre una superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90.

2.3.1.2.3 Índice plástico

El índice plástico es el más importante y el más usado; consiste simplemente en la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado

plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero, es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando presenta un índice plástico mayor de 17, se dice que es altamente plástico.

2.3.2 Ensayos para el control de la construcción

La compactación de suelos en general es el método más barato de estabilización disponible. La estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de sus propiedades físicas para obtener una óptima estructura, resistencia al corte y relación de vacíos deseable.

Para determinar las características de resistencia y de esfuerzo-deformación de los materiales de apoyo, será necesario investigarlos por cualquiera de las siguientes características:

- a. Por penetración
- b. Por resistencia al esfuerzo cortante
- c. Por aplicación de cargas

2.3.2.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno,

expresada en tanto por ciento. En otras palabras no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: de compactación Proctor, de valor soporte, límites de consistencia y las densidades de campo.

2.3.2.2 Densidad máxima y humedad óptima

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180; éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que ocurre cuando alcanza su máxima compactación.

La masa de los suelos, está formada por partículas sólidas y vacíos; éstos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene mayor número de vacíos, los que, conforme se sometan a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, que se establece cuando la masa del suelo, alcanza su menor volumen y su mayor peso; esto se conoce como **Densidad Máxima**. Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como **Humedad Óptima**.

Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, tales como:

- a. Reducción del volumen de vacíos y de la capacidad de absorción.
- b. Aumento de la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz No. 4, añadirle agua y compararlo en un molde cilíndrico en tres capas con veinticinco golpes por capa con un martillo de

compactación. Luego de compactar la muestra, ésta es removida del molde y demolida nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo, que servirán para determinar el contenido de su humedad en ese momento. Se añade más agua a la muestra, hasta obtener una muestra más húmeda y homogénea y se hace nuevamente el proceso de compactación. Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca, contra contenido de humedad.

El Proctor modificado, tiene ventaja sobre el estándar en los aspectos siguientes:

- a. Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.
- b. Mayor economía en las operaciones de riego, al tener una humedad óptima más baja, lo que facilitará la compactación.

2.3.2.3 Ensayo de equivalente de arena

Esta prueba se aplica para evaluar de manera cualitativa, la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar. Consiste en ensayar los materiales que pasan la malla # 4 en una probeta estándar parcialmente llena, de una solución que propiciará la sedimentación de los finos. Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

Este ensayo se lleva a cabo principalmente, cuando se trata de materiales que se utilizarán como base, sub-base, o como materiales de bancos de préstamo. El procedimiento analítico se rige por la norma AAASHTO T 176.

2.3.3 Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo

2.3.3.1 Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)

Este ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR por sus siglas en inglés), sirve para determinar la capacidad de soporte que tiene un suelo compactado a su densidad máxima, en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Éste se expresa en el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón estándar en la muestra de suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, y así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

Expansión:

A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 libras, sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Realizado lo anterior, se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando lecturas cada 24 horas, controlando la expansión del material. Es importante tener en cuenta que el peso de 10 a 13 libras colocado sobre el disco perforado con vástago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto. La finalidad de sumergir la muestra durante cuatro días en agua, es para someter a los materiales usados en la construcción, a las

peores condiciones que puedan estar sujetos en el pavimento (como se menciono al inicio).

Determinación de la resistencia a la penetración:

Luego de haber obtenido la muestra en saturación durante cuatro días se saca del agua escurriéndola durante quince minutos. Se le quita la pesa y el filtro y se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba se coloca nuevamente sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, a una velocidad de penetración de 1.27 centímetros por minuto.

Se toma la presión, expresada en libras por pulgada cuadrada necesaria para hincar a determinadas penetraciones.

2.3.4 Análisis de resultados

De los ensayos realizados, se obtuvo que el suelo estudiado tiene las siguientes características:

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4 Arena limo arcillosa color beige

Limite Líquido: 31.6%

Índice Plástico: 9.7%

Densidad seca máxima γ_d : 111.3lb/pie³

Humedad óptima = 13.2%

CBR al 95% de compactación es de 4.2% aproximadamente.

Como puede apreciarse, este material no cumple con los requisitos de sub-rasante, dado que el CBR al 95% es menor que el 5%, por lo que se recomienda una compactación del 97% para un CBR DEL 5%. Ver hojas adjuntas del laboratorio de suelos.

3. DISEÑO DE CARRETERA

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

3.1 Preliminar de gabinete

Para el presente proyecto se tomó el siguiente criterio de diseño:

En la Dirección General de Caminos existen especificaciones para diferente tipo de carreteras, habiéndose utilizado para este caso las normas correspondientes a una carretera tipo F.

Los parámetros que caracterizan a este tipo de carretera son los siguientes:

- Tráfico Promedio Diario (t.p.d.) de 10 a 100.
- Velocidad de Diseño: la velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de plano a ondulado y montañoso. Así, se ha seleccionado la velocidad de 30 k.p.h.
- Ancho de calzada 5 metros.
- Pendiente: La pendiente máxima, para una velocidad de diseño de 30 k.p.h., es de 12%. La pendiente máxima permisible, debe aplicarse únicamente en tramos cortos. Es recomendable que

esos pequeños tramos no sean mayores de 100 metros, a menos que no haya otra solución. En este caso, debe empedrarse la superficie de rodamiento, a fin de evitar que los vehículos resbalen, sobre todo cuando la capa se encuentra húmeda y se trate de una zona en general lluviosa.

- **Curvatura:** El grado de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y por tanto su utilización no es rutinaria, porque conduciría a proyectos de baja calidad. Si se tiene varias alternativas de trazo, se elige aquella que sin elevar los costos de construcción, permita aplicar menores grados de curvatura.
- **Bombeo:** El bombeo es la pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación de agua sobre la superficie de rodamiento. El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente; para ello, es necesaria una pendiente transversal de 3% como mínimo hacia ambos lados del eje tangente y en un solo sentido en las curvas o las curvas que resulten según la sobre elevación.
- **Sobre elevación:** La sobre elevación máxima en las curvas horizontales es del 10%.
- **Curvas Verticales:** La longitud mínima de curvas verticales es de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, como los caminos rurales son de un solo carril y la curvatura vertical en cresta está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc., la aplicación de normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos, por lo que para el proyecto de curvas verticales, se debe tener en cuenta la razonable seguridad.

- Tránsito Promedio Diario: Las especificaciones son dadas para un tránsito de hasta 100 vehículos diarios. Este camino por lo tanto estará en su capacidad, ya que tiene un tránsito menor.

3.2 Alineamiento horizontal y vertical

El alineamiento horizontal y vertical permite hacer diseños donde se conjuga a un mismo tiempo el recorrido de vía, tanto en su longitud como en su elevación. El proceso geométrico implica el uso de tangentes y curvaturas, en diversas combinaciones para establecer el trazo horizontal y de pendientes verticales para desarrollar el perfil de la misma en el plano vertical.

3.2.1 Alineamiento horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme.

Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes.

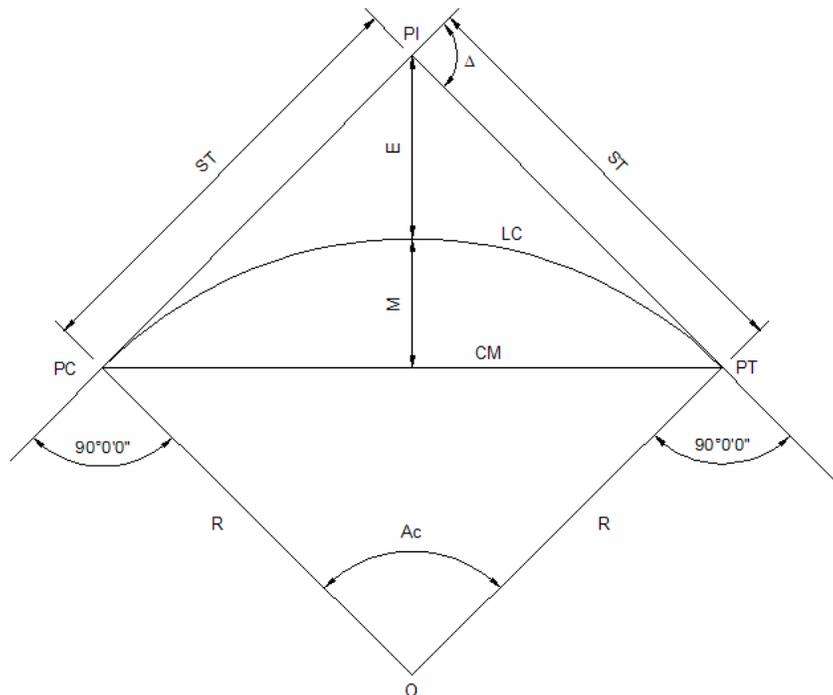
- a. Tangentes. Son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- b. Curvas circulares. Son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- c. Curvas de transición. Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

Este tipo de transición es muy importante pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esa transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

3.2.1.1 Trazo de curvas horizontales

Como la liga entre una y otra tangente requiere el empleo de curvas horizontales, es necesario estudiar el procedimiento para su realización, estas se calculan y se proyectan según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía.

Figura 1. Elementos de curva circular



PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC Punto donde comienza la curva circular simple

PT	Punto en donde termina la curva circular simple	R	Radio
O	Centro de la curva circular	ST	Subtangente
Δ	Ángulo de deflexión de la tangente	E	Externa
Ac	Ángulo central de la curva circular	M	Ordenada media
G	Grado de curvatura	C	Cuerda
		CM	Cuerda máxima
		L	Longitud de curva

$$R_c = \frac{114592}{G} \quad ST = R * \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad E = R * \left(\secante\left(\frac{Ac}{2}\right) - 1\right)$$

$$L_c = 20 * \frac{\theta}{G} \quad CM = 2 * R * \text{Sen}\left(\frac{Ac}{2}\right)$$

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta (Δ) se calculan los elementos de la curva.

El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

3.2.1.1.1 Grado máximo de curvatura

El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{\max} = 14600 * \frac{\mu + S_{\max}}{V^2}$$

En donde:

Gmax = Grado máximo de curvatura

μ = Coeficiente de fricción lateral

Smax = Sobreelevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en Km/h

En la siguiente tabla se indican los valores máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.

Tabla II. Valores máximos de curvatura para cada velocidad

Velocidad de proyecto (Km/h)	Coeficiente de fricción lateral	Sobre elevación máxima (m/m)	Grado máximo de curvatura calculado (Grados)	Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

3.2.1.1.2 Longitud mínima:

La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero.

3.2.1.1.3 Longitud máxima

La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado.

3.2.1.1.4 Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada se obtiene con la expresión:

$$Dp = V * t = \frac{V^2}{254 * f}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros

V = Velocidad de marcha, en Km/h

t = Tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

En la siguiente tabla se muestran los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de parada, que corresponden a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez Km/h.

Tabla III. Visibilidad de parada

Velocidad de proyecto (Km/h)	Velocidad de marcha (Km/h)	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenado (m)	Distancia de visibilidad	
		Tiempo (seg)	Distancia (m)			Calculada (m)	Para proyecto (m)
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

3.2.1.2 Tangentes

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

a.- Longitud mínima. Dependiendo de la forma de las curvas circulares, la longitud mínima tiene las siguientes propiedades:

1. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta, deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
2. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero.
3. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
4. Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

b.- Longitud máxima. la longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado.

c.- Azimut. el azimut definirá la dirección de las tangentes.

3.2.1.3 Procedimiento de cálculo de curva horizontal (estación 0+000 a 0+040 proyecto La Ciénaga)

Se tomó un radio de 45 m. (curva No. 18)

$$G^{\circ} = \frac{1145.9156}{R} = \frac{1145.9156}{45} = 11^{\circ}13'48''$$

$$\Delta = Az_2 - Az_1 = 120^{\circ}30'35'' - 89^{\circ}48'12'' = 30^{\circ}42'24''$$

$$L_c = 20 * \frac{\Delta}{G^{\circ}} = 20 * \frac{30^{\circ}42'24''}{11^{\circ}13'48''} = 65.78m$$

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 45 * \tan\left(\frac{30^{\circ}42'24''}{2}\right) = 12.36m$$

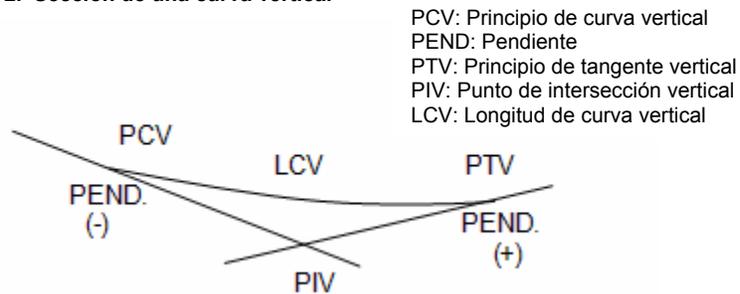
$$C_{\max} = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{30^{\circ}42'24''}{2}\right) = 23.83m$$

3.2.2 Alineamiento vertical

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

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

Figura 2. Sección de una curva vertical



3.2.2.1 Diseño de curvas verticales

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el uso de la carretera. Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como los de una apariencia tal que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc. La que se utiliza en el Departamento de Carreteras de la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Las especificaciones de la Dirección General de Caminos tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño. Al momento del diseño se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales.

Visibilidad de Parada:

$$L = k * a$$

L = Longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad).

k = constante que depende de la velocidad de diseño.

a = diferencia algebraica de pendientes.

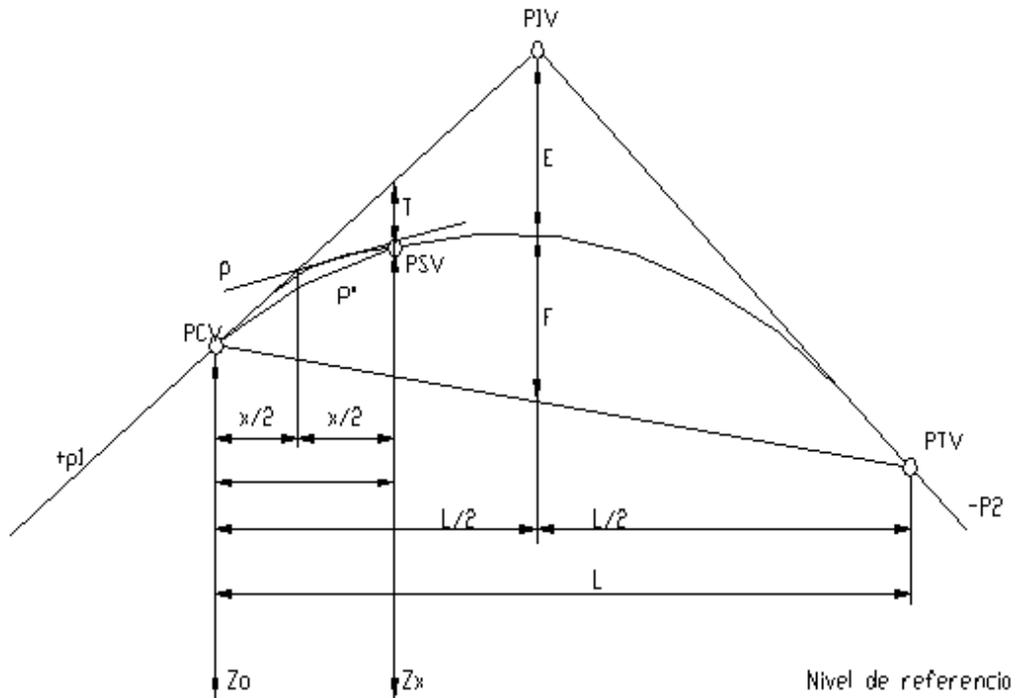
Tabla IV. Valores de k según tipo de curva

Vel. De Diseño K.P.H.	Valor de "k" según tipo de Curva	
	CÓNCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

3.2.2.1.1 Trazo de Curvas Verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser cóncava o convexa. La curva vertical en columpio es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

Figura 3. Elementos de curva vertical



- PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales
- PCV = Punto en donde comienza la curva vertical
- PTV = Punto en donde termina la curva vertical
- PSV = Punto cualquiera sobre la curva vertical
- p₁ = Pendiente de la tangente de entrada, en m/m
- p₂ = Pendiente de la tangente de salida, en m/m
- a = Diferencia algebraica de pendientes
- L = Longitud de la curva vertical, en metros
- k = Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)
- x = Distancia del PCV a un PSV, en metros
- p = Pendiente en un PSV, en m/m
- p' = Pendiente de una cuerda, en m/m
- E = Externa, en metros
- F = Flecha, en metros
- T = Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros
- Z₀ = Elevación del PCV, en metros
- Z_x = Elevación de un PSV, en metros

3.2.2.1.2 Visibilidad

a.- Curvas verticales en cresta.- Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

Donde:
$$K = \frac{D^2}{2(H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura al ojo del conductor (1.14m)

h = altura del objeto (0.15 m)

b.- Curvas verticales en columpio.- Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

Donde:
$$K = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

3.2.2.1.3 Cálculo de curvas verticales

Para el cálculo y trazo de las curvas verticales es necesario contar con un perfil del terreno, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino. Es necesario también respetar las condiciones de longitud mínima de las curvas verticales en cresta y columpio.

Las formulas de trazo de curvas verticales se muestra a continuación.

$$L = \frac{(P_o - P_f)}{K} \Rightarrow 2 \text{ estaciones. como. min}$$

$$K = \frac{(P_o - P_f)}{(10)(L)}$$

Po = pendiente de entrada

Pi = pendiente de salida

L = numero total de estaciones

3.2.2.2 Tangentes

Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

- Pendiente gobernadora
- Pendiente máxima
- Pendiente mínima.- La pendiente mínima en zonas de sección en corte no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén la pendiente podrá ser nula.
- Longitud crítica.- Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora.

3.2.2.3 Procedimiento de cálculo de curva Vertical (estación 0+040 a 0+120)

La corrección máxima por curva vertical está dada por:

$$OM = \frac{(P_2 - P_1)}{800} * L$$

P2 = Pendiente de salida

P1 = Pendiente de entrada

L = Longitud de curva vertical

La corrección para un punto cualquiera será:

$$Y = \frac{-OM}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} * X^2$$

X = Distancia del PIV a la estación deseada

Tomando una longitud de curva igual a 20 m.

$$OM = \frac{((-5.09) - (-2.94))}{800} * (20) = -0.054$$

Est	Dist	Correcc
0+064.98	0	0
0+066.98	2	-0.00215
0+068.98	4	-0.0086
0+070.98	6	-0.01935
0+072.98	8	-0.0344
0+074.98	10	-0.05375
0+076.98	12	-0.0344
0+078.98	14	-0.01935
0+080.98	16	-0.0086
0+082.98	18	-0.00215
0+084.98	20	0

3.3 Elementos geométricos del alineamiento transversal

Los elementos geométricos del alineamiento transversal son aquellos que definen el perfil del terreno en dirección normal al eje del alineamiento horizontal.

Sobre la sección transversal es posible definir disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección.

Ancho de corona. Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Los elementos que

definen el ancho de corona son: la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

Rasante. Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento.

Ancho de calzada. Es la parte del ancho de corona destinada a la circulación de vehículos, constituido por uno o más carriles.

Hombros. El hombro es el área o superficie adyacente a ambos lados de la calzada, que se diseña para obtener ventajas tales como la conservación del pavimento, la protección contra humedad y posibles erosiones en la calzada, proporcionando al mismo tiempo seguridad al usuario al poder disponer de un espacio adicional fuera del ancho de calzada.

Cunetas y contra cunetas. Son obras de drenaje que pertenecen a la sección típica. Son canales o conductos abiertos para la conducción del agua, construidas paralelamente al eje de la carretera para drenar el agua de lluvia.

Pendiente transversal. Es la pendiente que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal pueden darse tres tipos:

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

b. Pendiente por peralte. Es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.

C. Pendiente por transición. Es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente, por peralte hacia la pendiente por bombeo.

Taludes. Son los planos inclinados de la terracería que pertenecen a la sección típica de una carretera. Los taludes determinan los volúmenes de tierra tanto en corte como en relleno.

3.4 Diseño de la sub-rasante

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

La sub-rasante es la que define el volumen de movimientos de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución. Un buen criterio para diseñarla es obtener la sub-rasante más económica.

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

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.
- Datos de la clase de material del terreno.

Los criterios para el diseño de la sub-rasante para los distintos tipos de terreno se indican a continuación:

- a. Terrenos ondulados: son aquellos que poseen pendientes que oscilan entre el 5% al 12%. La sub-rasante en estos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores a los 500 metros de longitud. También se debe tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.
- b. Terrenos llanos: son aquellos cuyo perfil tiene pendientes longitudinales pequeñas y uniformes a la par de pendientes transversales escasas. En este tipo de terreno la sub-rasante se debe diseñar en relleno, con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras del drenaje transversal.
- c. Terrenos montañosos: su perfil obliga a grandes movimientos de tierras, la pendiente generalmente es máxima la cual es permitida por las especificaciones.

3.5 Movimiento de tierras

Con la sub-rasante ya definida podemos definir el volumen de movimientos de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución.

3.6 Drenaje pluvial

El objetivo fundamental del drenaje en los caminos, es reducir al máximo la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y pueda perjudicar la carretera dando salida al agua que llegue al camino.

Para que un camino tenga buen drenaje, debe evitarse que el agua circule en cantidades grandes por el mismo destruyendo los pavimentos y creando la formación de baches; así también evitar que se estanque en las cunetas se estanque y reblandezca la terracerías, perdiendo su estabilidad.

El drenaje, denominado también como obra de arte, puede clasificarse en:

- Transversal
- Longitudinal
- Subdrenaje

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal, que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionados por las cargas vivas y de impacto, debiendo respetar las profundidades mínimas establecidas. Esta profundidad se mide a partir de la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de siguiente manera:

Trafico normal = 1.00 metros

Trafico pesado = 1.20 metros

3.6.1 Cunetas

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el fin de conducir el agua que escurre desde la parte central de este, o en todo el camino, en el caso que existan curvas. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno se prolongan a lo largo del pie del relleno: dejando una berma entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno, y origine asentamientos.

El diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos; éstas se pueden construir de forma trapezoidal o triangular. El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud, medida que determinará el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario.

Las cunetas deben protegerse en pendientes fuertes cuando su longitud sea mayor de 50 metros, por medio de una fosa de laminación o una alcantarilla de alivio; debido a que mientras más largas sean, más agua llevarán, por lo que se erosionarán más y resultaría antieconómica la conservación.

3.6.2 Contracunetas

Son zanjas que se hacen en lugares convenientes, para evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual fue diseñada.

Las contracunetas se construyen transversales a la pendiente del terreno, las que interceptan el paso del agua y la alejan de los cortes y rellenos. Cuando el camino sigue la dirección de la misma pendiente del terreno, no se deben construir contracunetas.

3.6.3 Drenaje transversal

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada 200 metros como máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando tubería de 24" como mínimo. En el caso del proyecto de la aldea La

Ciénaga sólo se localizaron dos drenajes transversales; en La Comunidad y Nueva Jerusalén, ninguno; ya que son lugares habitados en todo su trayecto.

Como obras de protección pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, y tragante en la entrada cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas. Cuando se trate de corrientes que su área de descarga no pase de 2 metros cuadrados se les hará muros cabezales y en lugar de tragante de entrada se instalarán aletones rectos, a 45° o en “L”.

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 0.60 metros para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

3.7 Maquinaria a utilizar

3.7.1 Bulldozer (tractor sobre orugas)

Se compone de las siguientes partes:

- a. Protecciones.
- b. Manillas asideros y barandilla.
- c. Elementos de desplazamiento.
- d. Sistemas hidráulicas de accionamiento.
- e. Pala.

El bulldozer se usa preferentemente en aquellos lugares que presentan condiciones de trabajo difíciles tales como pendientes fuertes y terreno con poca capacidad de soporte y en cortas distancias. A parte de los elementos descritos, debe tener también algún tipo de blindaje en su parte inferior para evitar daños en el radiador dadas las condiciones de trabajo. Los trabajos que se pueden efectuar con el bulldozer son los siguientes:

- Roturación
- Destronque.
- Empuje de tierra
- Nivelación.
- Perfilado
- Excavación en línea recta.
- Extendido de capas
- Construcción de terraplenes

El Bulldozer es una máquina especial para los trabajos de despejado y despedregado. El tractor, para su óptimo aprovechamiento, debe trabajar a favor de la fuerza de gravedad, es decir, en sentido descendente del terreno. Para ejecutar un perfil mixto sobre las laderas, el Bulldozer puede trabajar siguiendo las curvas de nivel.

3.7.2 Motoniveladora

Partes componentes de la motoniveladora:

- a. Sistema de desplazamiento.
- b. Cuchilla niveladora
- c. Escarificador.
- d. Sistemas hidráulicas.
- e. Manillas asideros y barandillas.

La motoniveladora es una maquinaria de gran versatilidad, pudiendo ser mecánica o hidráulica, de chasis articulado o fijo; la pala posee gran capacidad de movimiento.

Esta máquina puede excavar el terreno, transportarlo o extenderlo; pero su principal aplicación es en trabajos de terminación de la explanación, refinado

de taludes, extensión y mezcla de materiales, limpieza de terrenos, cunetas y mantenimiento de caminos.

Este tipo de máquina puede tener 2 ó 3 ejes y una cuchilla de 3 a 3.5 metros. La cuchilla puede ascender o descender, desplazarse lateralmente, girar 180° en el plano horizontal, girar de 0° a 90° en el plano vertical ó girar alrededor de su propio eje.

Es limitante para su utilización la presencia de raíces mayores, suelos rocosos o muy húmedos.

3.7.3 Escavadora

La excavadora se compone de las siguientes partes:

- a. Tornamesa.
- b. Sistema de desplazamiento (oruga)
- c. Sistemas hidráulicas para accionamiento
- d. Cucharón con dedo.
- e. Manillas asideros y barandillas.

Entre otras, esta maquina se emplea preferentemente en:

1. Construcción de zanjas
2. Espaciamiento de relleno suelto
3. Conformación y nivelación
4. Excavación
5. Madereo de trozas desde la faja
6. Construcción de taludes

Junto con la pala o cucharón, la máquina cuenta con un dedo que hace las veces de tapa del mismo para poder retirar material arbustivo de los lados del camino al efectuar faenas de confección de taludes, así también puede

contar con un escarificador como equipo adicional; el cual servirá para soltar el suelo compactado y rocas semiduras y en general facilitar el trabajo posterior del bulldozer.

3.7.4 Angledozer

La hoja puede girar alrededor de un eje vertical que pasa por su centro, con lo que puede adoptar una posición oblicua al eje longitudinal del tractor. Se puede levantar y bajar, e incluso inclinarse como el bulldozer.

Esta máquina se emplea en excavaciones a media ladera, en relleno de zanjas y para extender las tierras. Variando la hoja de posición se pueden verter los materiales a uno y otro lado del tractor, que este cambie de dirección. No es buena para los terrenos rocosos.

3.7.5 Rodillos

- Rodillos de pata de cabra:

Consisten fundamentalmente en cilindros de chapa gruesa que presentan en su superficie externa, clavijas en forma de tronco, de cono o pirámide de unos 20 cm, que ejercen una presión sobre el suelo, variable según los casos, entre unos 10 y 20 Kg/cm. El efecto de estos rodillos, puede compararse con el pisoteo de un rebaño de cabras u ovejas, de donde proviene su nombre. Los cilindros son huecos, de tal forma que puedan lastrarse con arena o agua.

Estos rodillos se utilizan solos o en baterías de 2 ó 3. El primer caso será el que convenga en los caminos forestales por evidentes razones de economía. La longitud de los cilindros varía entre 1.20 y 1.80 cm.; dimensión que corresponde a la anchura útil de las pasadas. Los únicos rodillos que interesan en las obras forestales, son los lastrados que pueden pesar 3.7 o 10 toneladas.

El efecto de un rodillo de este tipo se produce de abajo a arriba. En una capa de suelo de 20 a 25 cm. El rodillo pata de cabra, está particularmente indicado para utilizarlo en los suelos arcillosos. No es una máquina del todo indispensable en la explotación forestal o en construcción de caminos; pero rinde un buen servicio, sobre todo en terrenos voluminosos, que deban utilizarse poco después de contruidos.

- Rodillo de neumáticos:

Fundamentalmente, un rodillo de neumáticos está formado por una caja montada sobre uno o dos ejes, por neumáticos de banda rodada lisa. Cuando es de dos ejes, cada uno lleva un número diferente de ruedas, por ejemplo 3 y 4 o 6 y 7, de forma que estén escalonados y sus huellas se sobrepongan. Los modelos de tracción, son los únicos que satisfacen las necesidades de las obras forestales. La dimensión de estas máquinas es de 1.60 a 2.70 m, correspondiente a una ancho de compactación de 1 a 2.10 m. Su peso totalmente lastrado varía entre 8 y 11 toneladas. Estos rodillos pueden remolcarse con tractores agrícolas de neumáticos de potencia media.

Los rodillos de neumáticos se adaptan bien a los suelos de los tipos siguientes:

- A-2
- A-4
- A-6
- A-7

Actúan en una capa delgada de unos 10 cm que pueden apisonarse en dos o cuatro pasadas consecutivamente. La compactación con rodillo, debe complementarse siempre con rodillo neumático, para apisonar los últimos 5 cm de la capa superior.

- Rodillo vibrador:

Consiste en un cilindro ligero liso. Un motor especial comunica al conjunto una vibración que oscila entre 2.800 y 3.800 vibraciones por minuto. Dicha vibración, permite a las partículas del suelo ajustarse unas con otras, aprovechando los intersticios, con lo que se obtiene una gran densidad. Los mejores resultados se obtienen en suelos granulares sueltos pertenecientes al grupo A-3.

Su acción es bastante profunda, pudiendo llegar a los 50 cm de profundidad. Su velocidad de trabajo es también elevada, ya que en el peor de los casos es de 25 Km/h. El esfuerzo de tracción necesario es más reducido que en los casos anteriores, pero como contrapartida su mantenimiento es muy detallado, dando lugar a grandes averías en caso de descuido del operario.

Existen además, pisones utilizados para superficies reducidas como cimientos, patios, pisos de cobertizos o de talleres o zonas de acceso a un puente, convenientemente acoplados a un martillo rompedor. Pueden emplearse también bandejas vibratorias accionadas por un motor de explosión, que hace funcionar la bandeja por medio de una excéntrica, produciendo aproximadamente 3.000 vibraciones por minuto.

4. DISEÑO DE DRENAJE

4.1 Cálculo de la población futura

El sistema de alcantarillado debe adecuarse a un funcionamiento eficiente durante un período determinado; en este caso se adoptó un período de diseño de veinte años por indicación de las normas de diseño que se utilizan en el país. Para calcular la cantidad de habitantes que utilizará el servicio en un período establecido, se aplicó la fórmula de incremento de población que a continuación se describe:

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (\text{Incremento Geométrico})$$

P_n = Población buscada.

P_o = Población del último censo.

R = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Utilizando el método geométrico se evaluó el crecimiento de la población a servir, se estimó un porcentaje de crecimiento para el diseño de 1.11%, tomando en cuenta los dos últimos censos encontrados, de 1994 y 2002.

Las poblaciones en vías de desarrollo crecen a un ritmo geométrico o exponencial, por lo tanto este método responde más a la realidad. Al calcular la curva de crecimiento de población se puede estar arriba de la realidad y se estaría sobre diseñando; pero tal situación, si no es benéfica, tampoco haría fallar el sistema.

4.2 Tipos de sistema de alcantarillado

Son los conductos por los cuales corren las aguas negras, pluviales o ambas, que provienen de las calles, casas, industrias, comercios, etc.

Se tienen tres tipos de sistemas de alcantarillado, la elección dependerá de los estudios que se realicen y de las condiciones que se presenten, tanto económicas, como físicas y funcionales.

4.2.1 Sistema de alcantarillado sanitario

Es el que conduce aguas negras únicamente.

4.2.2 Sistema de alcantarillado separativo

Se diseñan dos redes independientes, una para que transporte las aguas negras y la otra, las aguas provenientes de las lluvias. Es importante que las casas y edificios cuenten con tuberías separadas y así se recolecten las aguas de la forma en que se espera funcione este sistema.

4.2.3 Sistema de alcantarillado combinado

Se diseña para que transporte aguas negras y las aguas provenientes de la lluvia.

4.3 Cálculo de caudales

El cálculo de los diferentes caudales que componen el flujo de aguas negras, se efectúa mediante la aplicación de diferentes factores, en los cuales interviene la población, tales como:

- Dotación de agua potable por habitante por día.
- Utilización del agua en las viviendas.
- Uso del agua en el sector industrial y su dotación.
- Uso del agua en el sector comercial y su dotación.
- Intensidad de lluvia en la población.

- Estimación de las conexiones ilícitas.
- Cantidad de agua que se puede infiltrar en el drenaje.
- Las condiciones socio-económicas de la población.

4.3.1 Velocidad del flujo

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el tipo y diámetro de la tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones Hidráulicas de v/V ; donde “V” es la velocidad a sección llena y “v” es la velocidad de flujo, que por norma debe ser mayor de 0.40 metros por segundo, para que no exista sedimentación en la tubería y por lo tanto algún taponamiento, y, su valor debe ser menor o igual que 4.0 metros por segundo, para que no exista erosión o desgaste, estos datos se aplican para tubería de PVC.

4.3.2 Tirante o profundidad del flujo

Corno ya se mencionó la altura del tirante del flujo debería ser mayor del 10% del diámetro de la tubería y menor del 75% de la misma; estos parámetros aseguran su funcionamiento como canal abierto, así como su funcionalidad para el arrastre de los sedimentos.

4.3.3 Caudal

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Por norma se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión. El tirante máximo de flujo se obtiene de la relación d/D , donde “d” es la profundidad o altura del flujo y “D” es el diámetro interior de la tubería, esta relación debe ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.75 para que funcione como un canal abierto.

4.3.3.1 Caudal domiciliario

El agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado, el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de ésta no será llevada al alcantarillado, como la que se usa en el riego de los jardines y en el lavado de vehículos; de tal manera que el valor del caudal domiciliario está afectada por un factor que varía entre 0.70 a 0.80, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * \# \text{ hab} * \text{factor de retorno}}{86400}$$

Dot = Dotación (lts/hab/día)

hab = Número de habitantes.

Qdom = Caudal domiciliario (lts/seg)

4.3.3.1.1 Factor de retorno

El factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua, que después de ser usada vuelve al drenaje, en este caso se considera un 75 por ciento de factor como retorno.

4.3.3.2 Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario sin ninguna autorización. Se estima un porcentaje de viviendas que puedan realizar conexiones ilícitas, que varía de 0.5 a 2.5 por ciento. Éste se calcula por medio de la fórmula del método racional, ya que tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

$$Q_{conex.ilíc} = \frac{CiA}{360} = \frac{Ci (A\%)}{360}$$

Donde:

$Q_{conex.ilic}$ = Caudal (m^3/seg).

C= Coeficiente de escorrentía, el que depende de las condiciones del suelo y topografía del área a integrar.

I = Intensidad de lluvia (mm/hora).

A = Área que es factible de conectar (Has).

A% = Porcentaje de patios y techos.

4.3.3.2.1 Intensidad de la lluvia

Es la cantidad de lluvia que cae en un área por unidad de tiempo, se expresa en milímetros por hora.

4.3.3.2.2 Coeficiente de escorrentía

Es la cantidad de agua que escurre, en función de la permeabilidad de la superficie del suelo.

4.3.3.3 Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de las profundidades del nivel freático del agua, y de la tubería, de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción. Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6.00 m por cada casa; la dotación de infiltración varía entre 12000 u 18000 litros/km/día.

$$Q_{inf} = \frac{(Dot * (mts.tubo + \#casas * 6metros) / 1000)}{86400} :$$

Dot = Dotación (Hs/kilómetro/día)

Casas = Número de casas

4.3.3.4 Caudal comercial

Es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, etc., por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3,000 lts/comercio/día.

$$Q_{com} = \frac{\# \text{ Comercio} * \text{Dot}}{86400}$$

Q_{com} = Caudal Comercial

4.3.3.5 Caudal industrial

Es el agua de desechos de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, etc. Igual que para el caso anterior, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede estimar dependiendo del tipo de industria, entre 1,000 y 18,000 lts/industria/día.

$$Q_{ind} = \frac{\text{industrias} * \text{Dot}}{86400}$$

Q_{ind} = Caudal Industrial

4.3.4 Factor de caudal medio

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio (Q_{medio}) del área a drenar, que al ser distribuido entre el número de habitantes se obtiene un factor de caudal medio (f_{qm}), el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005. Si el cálculo del factor se encuentra entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$Q_{medio} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{conex.ilic}$$

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\# \text{habit.}}$$

$$0.002 < f_{qm} < 0.005$$

En el caso de la aldea La Ciénaga, no se tomó en cuenta el caudal industrial y comercial debido a que no se conectarán; ya que se estima muy poco probable la instalación de fábricas o comercios en el lugar.

4.3.5 Caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, el cual suele variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población. El cómputo de dicho factor se puede hacer por diversas formas, pero la más usada es el valor obtenido por la fórmula de Harmond.

4.3.6 Factor de Harmond

Es el valor estadístico, que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso simultaneo del servicio; está dado de la siguiente manera:

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

Donde:

P = Población futura acumulada en miles.

4.3.7 Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde ésta fluye, primero se tendrán que integrar los valores que describen en la fórmula siguiente:

$$Q_{dis} = \# \text{ habitantes} * FH * f_{qm}$$

Donde:

#Habitantes = Número de habitantes futuros acumulados.

FH = Factor de Hardmond.

f_{qm} = Factor de caudal medio.

4.3.8 Factor de área

El factor de área es la relación entre el área total a drenar, y la longitud total de la tubería del drenaje. Debe estar comprendido entre los valores de 0.0035 a 0.0055, sus dimensiones son hectáreas por metro.

4.3.9 Área tributaria

Se considera como área tributaria la longitud que se encuentra entre los pozos de visita, contribuyendo al caudal que pasa por ese sector, hasta unirse a otro tramo. El área acumulada comprenderá sumar cada tramo conforme se lleve el diseño de cada uno de éstos, siguiendo la ruta elegida para cada sector determinado.

4.3.10 Selección de ruta

Al realizar la selección de ruta que seguirá el agua se debe considerar:

- a) Iniciar el recorrido en los puntos que tengan las cotas más altas y dirigir el flujo hacia las cotas más bajas.
- b) Para el diseño, en lo posible, se debe seguir la pendiente del terreno, con esto se evitará una excavación profunda y disminuir así costos de excavación.
- c) Acumular los caudales mayores en tramos cuya pendiente del terreno sea pequeña y evitar de esta manera que la tubería se le dé otra pendiente ya que se tendría que colocar la tubería más profunda.
- d) Evitar, en lo posible, dirigir el agua en contra de la pendiente del terreno.

4.3.11 Pendientes máximas y mínimas

La pendiente mínima en los colectores es la que provoca velocidades iguales o mayores a 0.40 mts/seg, y la pendiente máxima la que provoca velocidades menores o iguales a 4.00 mts/seg.

4.3.12 Velocidades máximas y mínimas de diseño

Los proyectos de alcantarillado de aguas negras deben diseñarse de modo que la velocidad mínima de flujo, trabajando a cualquier sección, sea 0.40 mts/seg. No siempre es posible mantener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos; en tales casos, se proporcionará una pendiente que dé la velocidad mínima de 0.40 mts/seg., a la descarga máxima estimada, y una velocidad no menos de 0.40 m/seg durante escurrimientos bajos. Las velocidades mínimas fijadas no permiten la decantación de los sólidos pero también, las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión hacen un efecto abrasivo a la tubería, por tal razón se recomienda que la velocidad máxima sea de 4.00 mts/seg.

4.3.13 Fórmula de Manning

Para efecto de cálculo se considera el régimen permanente uniforme, esto es, flujo permanente, en el cual la velocidad media permanece constante; las ecuaciones fundamentales son:

$$Q = VA$$

$$Rh = A/p$$

Q = caudal (m³/s)

A = área hidráulica (m²)

p = perímetro mojado (m)

Rh = radio hidráulico (m)

V = velocidad (m/s)

La fórmula de Manning es experimental y se deriva de la fórmula de Chezy:

$$\begin{aligned} \text{Fórmula de Chezy:} \quad V &= C * (Rh * S)^{(1/2)} \\ Q &= A * C * (Rh * S)^{(1/2)} \end{aligned}$$

El valor constante C está dado a su vez por otras fórmulas propuestas por diferentes investigadores; por ejemplo: está la fórmula de Kutter, en la cual C depende de algunas constantes: del radio hidráulico, pendiente y del coeficiente de rugosidad.

$$C = (23 + (0.00155/S) + 1/n) / (1 + (23 + (0.00155/S)) * (n/Rh)^{(1/2)})$$

S = Pendiente (m/m)

n = coeficiente de rugosidad

Manning da valores a la constante C mediante la siguiente fórmula:

$$C = 1/n * (Rh)^{(1/6)}$$

Que al sustituirla en la de Chezy, produce la fórmula que lleva su nombre, la cual es una de las fórmulas más usadas en el cálculo de alcantarillado.

$V = C * (Rh * S)^{(1/2)}$	Chezy
$V = 1/n * (Rh)^{(2/3)} * (S)^{(1/2)}$	Manning
$Q = A * C * (Rh * S)^{(1/2)}$	Chezy
$Q = 1/n * A * (Rh)^{(2/3)} * (S)^{(1/2)}$	Manning

4.3.13.1 Fórmula de Manning-Strickler

Esta fórmula es muy parecida a la anterior, salvo que el coeficiente n se transforma en la constante K y toma otros valores:

$$C = K * (Rh)^{(1/6)}$$

K = coeficiente de rugosidad de Manning-Strickler

Rh = radio hidráulico

4.3.13.2 Fórmula de Pavlovski

$$C = 1/n * (Rh)^y$$

Y depende de Rh y n donde:

Rh = radio hidráulico

n = coeficiente de rugosidad

c = factor de resistencia de la fórmula de Chezy

La mayor parte de alcantarillados se proyectan como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre líquido está libre en contacto con la atmósfera. Puede suceder que el canal esté cerrado, como el caso de los conductos que sirven de alcantarillado para que circule el agua de desecho y que eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases.

Tabla V. Coeficientes de rugosidad

Material	n
Tubos de Cemento < 24" diámetro	0.015
Tubos de Cemento > 24" diámetro	0.013
Tubos PVC y asbesto cemento	0.009
Tubos de Hierro fundido	0.013
Tubos de metal corrugado	0.021
Zanjas	0.020
Canales recubiertos con piedra	0.030

4.3.14 Diagrama, tablas y sus aplicaciones.

Los proyectos y cálculos de alcantarillado exigen muchas determinaciones de velocidades, caudales, diámetros de tubos y pendientes, por lo que es necesario llegar rápidamente a soluciones convenientes, en cuyo objeto se ha diseñado un monograma basado en la fórmula de Manning, el cual simplifica el proceso de cálculo.

En este nomograma es necesario conocer como mínimo dos datos, los cuales se unen sobre una línea recta, la que a su vez intercepta el eje donde se encuentra el dato que se desea averiguar. Hay que recalcar que la fórmula de Manning, así como las otras, sólo se puede usar cuando se desean tener datos de tuberías totalmente llenas; por lo tanto, el nomograma tiene las mismas restricciones, salvo cuando se desea obtener datos de tubería a medio llenar, ya que el radio hidráulico y la velocidad son los mismos que cuando están llenas. En este caso es necesario, sin embargo, duplicar el caudal previsto antes de utilizar el diagrama.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación q/Q ; el valor se busca en las tablas. Si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado, en la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V) , y de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena y obtener así la velocidad a sección parcial.

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

a) Q diseño $<$ Q sección llena

b) La velocidad debe de estar comprendida entre:

$$0.40 \leq v \leq 4.00 \text{ (m/seg)}$$

$0.40 \leq v$ para que existan fuerzas de tracción y arrastre de los sólidos.

$V \leq 4.00$ para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por velocidad y la superficie de la tubería.

c) El tirante debe estar entre;

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

Con los anteriores parámetros se evita que la tubería trabaje a presión.

4.3.15 Velocidades de arrastre

Velocidad mínima con la que los sólidos no se sedimentan en la alcantarilla. Ésta se obtiene haciendo que el tirante esté entre un rango de $0.10 < d/D < 0.75$ y pendiente adecuada.

4.4 Cálculo de cotas invert

Cuando se está trabajando en el diseño se tiene que calcular la profundidad a la que se va a instalar la tubería inicial, para esto se toma en cuenta la profundidad mínima según el reglamento de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP) e Instituto de Fomento Municipal (INFOM) el cual será de 1.20 mts. En lugares donde no pasan vehículos pesados y de 1.40 donde transitan vehículos. Teniendo ésta información inicial, el cálculo de las cotas invert se obtienen restando a la cota de terreno la altura inicial del primer pozo para obtener la primera que sería cota invert de salida y para encontrar la cota invert de entrada se obtiene mediante la diferencia de cota invert de salida menos pendiente de diseño por la distancia.

4.5 Diámetro de tuberías

El diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño del alcantarillado sanitario es de 6 pulgadas, esto se debe a requerimientos de flujo, y limpieza; de esta manera se evitarán obstrucciones en la tubería. Esta especificación es adoptada para tubería de PVC, ya que en tubería de cemento, el diámetro mínimo es de 8 pulgadas. Para este diseño en particular se seleccionó un diámetro mínimo de 6 pulgadas, ya que se utilizará tubería de PVC.

4.6 Pozos de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleadas como medio de inspección y limpieza. Según las normas para

construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- a) En toda intercepción de colectores.
- b) Al comienzo de todo colector.
- c) En todo cambio de sección o diámetro.
- d) En todo cambio de dirección o de pendiente
- e) En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.
- f) En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.

4.7 Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, se acostumbra establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T.

Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T bien instalada es preferible a una conexión en Y mal establecida. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de cemento colocados en tina forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la

edificación a servir, con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 0.15 m (6") y debe colocarse con una pendiente del 2% como mínimo.

4.8 Caja o candela

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor será de 45 centímetros. Y si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de doce pulgadas; en ambos casos deben estar impermeabilizadas por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria, hasta llegar al alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.

4.9 Tubería secundaria

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas, en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 %.

Al realizar el diseño de alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las viviendas, con relación a la alcantarilla central, y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar; aunque en algunos casos ésta resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerarse otras formas de realizar dicha conexión.

Los sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado, se utilizarán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente; debido a sus características y a las condiciones físicas donde se construirá.

Algunos de estos sistemas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, etc.

4.10 Metodología de cálculo

Especificaciones para el diseño de drenaje La Ciénaga:

Población total de municipio (censo 1994 INE)	681 habitantes
Población total de municipio (censo 2002 INE)	849 habitantes
Población actual	336 habitantes
Periodo de diseño	20 años
Densidad de vivienda	7 Habitante/casa
Dotación de agua potable	210 lit/hab/día
Factor de retorno	0.70
Material a utilizar	Tubería P.V.C.
Coeficiente de rugosidad	0.009

$$\text{Tasa de crecimiento} = \left(\frac{\text{Censo2002}}{\text{Censo1994}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 = \left(\frac{849}{681} \right)^{\frac{1}{20}} - 1 = 0.0111 = 1.11\%$$

Análisis del tramo 1 - 2:

Cota terreno inicio:	999.50 m
Cota terreno final:	998.38 m
Distancia:	39.89 mts
Viviendas del tramo:	6
Viviendas acumuladas:	6

Población actual = 6 X 7 = 42 habitantes

Población futura = 42 * (1 + 1.11/100)²⁰ = 53 habitantes

Pendiente del terreno = (998.38 – 999.50)/39.89 = -2.81 %

Se tomaron en cuenta las poblaciones actuales y futuras, para que el sistema funcione correctamente al inicio y al final del periodo de diseño, cumpliendo con los criterios adoptados.

Análisis de situación actual

$$Q_{dom} = \frac{(210 \text{ lit/hab/dia} * 42 \text{ hab} * 0.70)}{86400} = 0.0714 \quad \text{lit/seg}$$

$$Q_{inf} = \frac{17,000 * (39.89 + (6 * 6))}{86400 * 1000} = 0.0149 \quad \text{lit/seg}$$

$$Q_{ilic} = 0.30 * 0.0863 = 0.0259 \quad \text{lit/seg}$$

$$Q_{sanitario} = 0.0714 + 0.0149 + 0.0259 = 0.1122 \quad \text{lit/seg}$$

$$F_{qm} = 0.1122 / 42 = 0.00267$$

Chequeo $F_{qm} > 0.002$ OK

$$FH = \left(\frac{18 + (42/1000)^{1/2}}{4 + (42/1000)^{1/2}} \right) = 4.33$$

$$Q_{dis} = 0.00267 * 4.33 * 42 = 0.49 \quad \text{lit/seg}$$

Análisis de situación futura

$$Q_{dom} = \frac{(210 \text{ lit/hab/dia} * 53 \text{ hab} * 0.70)}{86400} = 0.09 \quad \text{lit/seg}$$

$$Q_{inf} = \frac{17,000 * (53 + (6 * 6))}{86400 * 1000} = 0.018 \quad \text{lit/seg}$$

$$Q_{ilic} = 0.30 * 0.11 = 0.032 \quad \text{lit/seg}$$

$$Q_{sanitario} = 0.09 + 0.018 + 0.032 = 0.14 \quad \text{lit/seg}$$

$$F_{qm} = 0.14 / 53 = 0.0026$$

Chequeo $F_{qm} > 0.002$ OK

$$FH = \left(\frac{18 + (53/1000)^{1/2}}{4 + (53/1000)^{1/2}} \right) = 4.31$$

$$Q_{dis} = 0.0026 \times 4.31 \times 53 = 0.59 \text{ lit/seg}$$

Utilizando un diámetro de 6 pulgadas y una pendiente igual a la del terreno, que en este caso es de 2.81% para evitar exceso de excavación, se tiene que, utilizando la fórmula de Manning, se calcula la velocidad y el caudal a sección llena del tubo, donde:

$$v = \frac{0.03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0.03429 * (6)^{2/3} * (0.0281)^{1/2}}{0.009} = 2.11 \text{ m/seg}$$

$$Q = V * A = 2.11 \left(\pi * (6 / 2)^2 \right) * 0.64516 = 38.45 \text{ lit/seg}$$

$$q/Q_{\text{actual}} = 0.01264$$

$$q/Q_{\text{futuro}} = 0.01531$$

$$V_{\text{actual}} = 0.341 \times 2.11 = 0.719 \text{ m/seg}$$

$$V_{\text{futuro}} = 0.361 \times 2.11 = 0.761 \text{ m/seg}$$

De acuerdo con estos resultados, se comprueba que se cumplen los rangos de velocidades máximas y mínimas.

$$\text{Cota invert inicial} = \text{Cota de terreno inicial} - h \text{ altura de pozo}$$

$$\text{Cota invert inicial} = 999.50 - 1.20 = 998.30$$

$$\text{Cota invert final} = \text{Cota de terreno inicial} - (\text{Dist. Horizontal} \times S\% \text{ tubo})$$

$$\text{Cota invert final} = 998.3 - 0.0281 \times (39.89) = 997.18 \text{ m}$$

La altura de pozo inicial es la diferencia de la cota inicial de terreno y la cota invert final.

$$\text{Altura pozo de inicio} = 999.50 - 998.30 = 1.20 \text{ mts.}$$

$$\text{Altura pozo final} = 998.38 - 997.18 = 1.20 \text{ mts.}$$

El ancho de zanja se toma dependiendo de las alturas de los pozos.

El volumen de excavación es igual al producto del ancho de zanja, por el promedio de altura de pozos por la distancia horizontal.

$$\text{Volumen} = [(1.2 + 1.20) * 39.89 * 0.60]/2 = 28.72 \text{ m}^3$$

Los demás tramos se diseñan de la misma forma. (Ver en anexos. cuadro de cálculo hidráulico.)

4.11 Tratamiento de aguas negras

Las actividades humanas dan lugar a la producción de una amplia gama de productos residuales, muchos de los cuales pasan al agua, que actúa como vehículo de transporte. Esta agua residual puede contener deyecciones humanas, residuos domésticos, descargas industriales, escorrentías procedentes de la agricultura y/o de aguas pluviales; todos estos residuos, individual o colectivamente, pueden contaminar o polucionar el medio ambiente.

Queda claro que, si bien la recolección y evacuación del agua residual de una población por medio de alcantarillados, contribuye al saneamiento y a mejorar el aspecto físico del lugar, éstas seguirán causando deterioro y problemas higiénicos a la misma población, si se disponen sin algún tratamiento previo.

4.11.1 Características del agua residual

Los contaminantes pueden dividirse en biodegradables y no biodegradables. Ciertos contaminantes, por ejemplo los inorgánicos, no se degradan biológicamente y una vez que entran en las aguas receptoras pueden diluirse, aunque no se reducen necesariamente en cantidad.

Otros contaminantes experimentan modificaciones por la acción de factores biológicos, químicos y físicos.

Las sustancias y los microorganismos presentes en las aguas residuales pueden ser:

- Agentes infecciosos: hongos y bacterias.
- Residuos con demanda de oxígeno.
- Nutrientes de plantas.
- Compuestos químicos orgánicos.
- Sedimentos.
- Sustancias reactivas.

En las aguas residuales domésticas la materia orgánica puede dividirse en tres grupos principales: proteínas, hidratos de carbono y grasas. Las proteínas, que constituyen el 40% al 50% de la materia orgánica, son complejos aminoácidos y proporcionan la mayor parte de los nutrientes bacterianos. Aproximadamente un 50% al 60% de las proteínas se encuentran en la fracción disuelta de las aguas residuales domésticas y un 20% a un 30% en la fracción sedimentable.

Las aguas negras están constituidas en su mayoría por líquidos, ya que aproximadamente, el 0.1% está formado por materiales sólidos. Los sólidos totales en las aguas negras, tanto en solución como en suspensión, son los que quedan después de evaporar una muestra hasta secarla completamente.

Una parte por millón (p.p.m.) equivale a un miligramo por litro, es decir, que expresa la cantidad en peso de sólidos contenidos en un litro de aguas negras.

4.11.2 Fosa séptica

La fosa séptica se caracteriza porque en ella la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque; con lo anterior, se evitan los problemas de complejidad de construcción y excavación profunda del tanque Imhoff. La fosa séptica consiste esencialmente en uno o varios tanques o compartimientos, en serie, de sedimentación de sólidos. La función más utilizada de la fosa séptica es la de acondicionar las aguas residuales para disposición sub-superficial en lugares donde no existe un sistema de alcantarillado sanitario. En estos casos sirve para:

- Eliminar sólidos suspendidos y material flotante.
- Realizar el tratamiento anaerobio de los lodos sedimentados.
- Almacenar lodos y material flotante.

La remoción de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) en un tanque séptico puede ser del 30 a 50%, de grasas y aceites un 70 a 80%, de fósforo un 15% y de un 50 a 70% de SS (sólidos en suspensión), para aguas residuales domésticas típicas. Para la localización de un tanque séptico se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- Para proteger las fuentes de agua, la fosa debe localizarse a más de 15 m de cualquier fuente de abastecimiento.
- La fosa no debe estar expuesta a inundación y debe disponer de espacio suficiente para la construcción del sistema de disposición o tratamiento posterior que se aplique a la misma.
- La fosa debe tener acceso apropiado para que su limpieza y mantenimiento sean fáciles.

El tanque séptico, en el cual la sedimentación y la digestión del residuo ocurren en el mismo recipiente, es el sistema más usado para adecuar el agua residual con el fin de dispersarla en el subsuelo mediante campos de infiltración

o para postrarla en filtros anaerobios, filtros intermitentes de arena o procesos biológicos convencionales en el mismo sitio.

En estudios realizados sobre eficiencia de las fosas sépticas se indican las siguientes conclusiones principales:

- El tanque séptico debe tener un período de retención mayor de 24 horas.
- La fosa séptica debe tener una configuración de la unidad de salida con pantalla para gases.
- La relación de área superficial a profundidad debe ser mayor de 2.
- Se debe preferir un tanque de cámaras múltiples con interconexiones similares a las de la unidad de salida.

Se recomiendan la utilización de una fosa solamente para:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillados.
- Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
- Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando la red de alcantarillado presente diámetros reducidos.
- No está permitido que les entre: aguas de lluvia, ni desechos capaces de causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento.
- Los efluentes de fosas sépticas no deben estar dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial. Deben ser tratados adicionalmente para mejorar la calidad del vertimiento.

4.11.2.1 Dimensionamiento

La capacidad total de un tanque séptico se determina de diferentes maneras con base en la población servida o con base en el caudal afluente y el tiempo de retención.

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Rendimiento del proceso de tratamiento.
- Almacenamiento de lodos.
- Amortiguamiento de lodos.
- Amortiguamiento de caudales pico.

Para el cálculo del volumen útil de la fosa séptica se recomienda el siguiente criterio

$$Vu = 1000 + Nc * (C * T + K * Lf)$$

Donde:

Vu = Volumen útil de la fosa séptica.

Nc = Número de contribuyentes.

C = Contribución de aguas residuales por contribuyente.

T = Tiempo de retención.

K = Tasa de acumulación de lodo digerido en días, equivalente al tiempo de acumulación de lodo fresco.

Lf = Contribución de lodo fresco.

Tabla VI. Contribución de aguas residuales por persona

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales C y lodo fresco Lf (L/día)	
Ocupantes permanentes			
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0.3
Oficinas temporales	persona	50	0.2
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.2
Escuelas	persona	50	0.2
Bares	persona	6	0.1
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños Públicos	tasa sanitaria	480	4

Tabla VII. Tiempos de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención	
	días	horas
Hasta 1,500	1	24
de 1,501 a 3,000	0.92	22
de 3,001 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
mas de 9,001	0.5	12

Tabla VIII. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo de temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

En el diseño de las fosas utilizadas en la aldea La Ciénaga se utilizaron los siguientes valores:

$N_c = 7$ personas

$C = 130$ lts/hab/día

$T = 1$ (24 horas)

$K = 145$ (un intervalo de limpieza de 3 años a una temperatura ambiente entre 10 y 20 °C)

$L_f = 1$ lts/hab/día

$$V_u = 1000 + 7 * (130 * 1 + 145 * 1) = 2925 \text{ lts} = 2.925 \text{ m}^3$$

Se tomó una altura útil de 1.80 m, un longitud de 1.85 m y un ancho de 0.85 m (tomando en cuenta longitud = 2 * ancho).

Se propuso una fosa séptica por usuario ya que no se contaba con espacio suficiente para diseñar fosas más grandes dentro del área asignada para la ubicación del sistema de alcantarillado.

4.11.2 Pozo de absorción

Consiste en una excavación en el terreno, por lo general de 2.00 a 2.50 m de diámetro.

Todo pozo debe tener una cubierta o losa de hormigón armado de 0.20 m de espesor descansado sobre un brocal o anillo de hormigón. A la cubierta se le deja una tapa de inspección como mínimo de 0.60 * 0.60 m y se conecta a una cañería de ventilación de 4" para la eliminación de gases. Debe sobrepasar el nivel de la techumbre del inmueble y estar protegida con malla de alambre fino que impida el acceso de moscas, cucarachas, mosquitos y otros insectos.

Debido a las pendientes de las cañerías y a la fosa séptica, la losa del pozo se encuentra normalmente a 1.30 m o más, por debajo del nivel de la superficie del terreno.

El pozo absorbente sólo se recomienda en los siguientes casos:

- Cuando se vacían sólo aguas de lavado, desagües de piscinas o aguas pluviales.
- Como efluente de fosa séptica.
- Cuando se dispone de bastante terreno.
- Como solución transitoria.

Para determinar la profundidad del pozo debe hacerse la prueba de absorción a diferentes profundidades, y generalmente el término medio del coeficiente obtenido, sirve para determinar las características absorbentes del terreno de un sector.

Para efectuar la prueba de absorción, a medida que se va excavando el pozo y a diferentes profundidades, se hacen excavaciones de 0.30 * 0.30 m de base por 0.35 m de profundidad, con el fin de obtener una cifra media. Después de extraer la tierra desprendida se coloca en el fondo una capa de 5 cm de arena gruesa o gravilla; luego se llena con agua y se deja filtrar totalmente. Después se vuelve a llenar, de modo que el agua permanezca en él por lo menos cuatro horas, y de preferencia por la noche, para que el terreno se sature. Posteriormente se ajusta la altura del agua hasta una profundidad de 0.15 m y se determina el tiempo que tarda en bajar 2.5 cm, o velocidad de infiltración, midiéndole descenso después de treinta minutos para terrenos normales o de diez minutos para terrenos arenosos o muy permeables. Si, por ejemplo, el nivel del agua desciende 0.25 m en treinta minutos, la velocidad de

filtración es de tres minutos (tiempo que tarda en bajar 2.5 cm). Con esta velocidad de filtración se determina el coeficiente de absorción.

Para calcular la dimensión del pozo no debe considerarse el fondo de la excavación porque se colmata rápidamente, sino la superficie de los taludes bajo la línea de agua, determinada por el nivel de la tubería de llegada. Si parte del terreno es impermeable, debe restarse la superficie correspondiente.

Conocido el coeficiente de absorción, la profundidad del pozo se determina con base en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{K_1 * N}{\Pi * D}$$

Donde:

H = Profundidad del pozo en metros.

K₁ = Coeficiente de absorción en m²/persona/día.

N = Número de personas servidas.

D = Diámetro medio del pozo en metros.

Es importante destacar que la duración de un pozo absorbente es muy prolongada y puede servir fácilmente durante seis, ocho o diez años en operación continua, siempre que la fosa séptica opere en perfectas condiciones y por consiguiente, entraña limpiezas periódicas (máximo cada dos años) aunque la instalación domiciliaria no acuse fallas en su funcionamiento.

Cualquiera que sea la causa por la cual el pozo absorbente se llene, no hay posibilidad práctica económica de efectuar una limpieza, y por consiguiente, se debe recurrir a la construcción de otra unidad. Sin embargo, es frecuente que se presenten situaciones que requieran una atención de urgencia. Para estos casos se aconsejan dos soluciones, se trate de un período corto de funcionamiento o para un tiempo más prolongado.

4.11.2.1 Dimensionamiento

En el diseño de los pozos utilizados en la aldea La Ciénaga se diseñaron 4 pozos ubicados a 120, 200, 220 y 250 m del inicio del sistema de alcantarillado, se utilizaron los siguientes valores:

$$H = \frac{K_1 * N}{\Pi * D}$$

$$K_1 = 0.88$$

N = 88, 114, 106 y 114 habitantes.

D = Un diámetro de 2 metros para los 4 pozos.

Se obtuvieron resultados de alturas de:

$$H_1 = 12.35 \text{ m}, H_2 = 16.00 \text{ m}, H_3 = 14.85 \text{ m y } H_4 = 16.00 \text{ m}$$

4.12 Estudio de impacto ambiental

Como un impacto ambiental es una alteración significativa, medio causado por una acción humana o natural y está referido a la vulnerabilidad del área en estudio, cada impacto se analiza para cada uno de los factores siguientes:

Tabla IX. Identificación de impactos

Variable	Criterio
Carácter del	Hace referencia a la consideración positiva o

impacto	negativa del proyecto respecto al estado previo a la acción; indica si, en lo que se refiere a la vulnerabilidad ecológica del área que se esté teniendo en cuenta, el proyecto resulta beneficioso o perjudicial. Se califica según el impacto que quede por debajo o por encima de los umbrales de aceptabilidad contenidos en regulaciones ambientales.
Magnitud del impacto	Informa de su extensión y representa cantidad o intensidad
Significado del impacto	Informa sobre la calidad del impacto respecto de su importancia ecológica, puede ser directo, si es el resultado inmediato de la acción; indirecto, si, como resultado de la acción, hay daño a terceros; sinérgico si, los efectos se acumulan con otros y se aumenta el impacto y que la presencia conjunta de varios de ellos supera a las sumas de los valores individuales.
Duración del impacto	Informa sobre la duración del impacto se refiere al comportamiento en el tiempo, de los impactos ambientales previstos. Si es a corto plazo y luego cesa; si aparece rápidamente; si su culminación es a largo plazo; si es intermitente, etc.
Reversibilidad	Informa sobre las condiciones para regresar a las condiciones iniciales, si requiere de la intervención humana o no para recuperarse. La reversibilidad del impacto tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior a la acción. Se habla de impactos reversibles y de impactos terminales o irreversibles.
Riesgo del impacto	Informa sobre la probabilidad de ocurrencia de los impactos. Estima la probabilidad de ocurrencia, es decir, cada una de las actividades del proyecto tiene un impacto, el cual presenta una probabilidad diferente de ocurrencia.
Área de influencia	Informa sobre el territorio involucrado. El área espacial o de influencia e el territorio que contiene el impacto ambiental y que no necesariamente coincide con la localización de la acción propuesta. Informa sobre la dilución de la intensidad del impacto, que no es lineal a la distancia a la fuente que lo provoca.

El procedimiento para valorar los impactos hace uso del cuadro de actividades a realizar en el proyecto y el cuadro de elementos ambientales posibles de ser alterados.

Relaciona solo las actividades consideradas impactantes al medio con los elementos ambientales, esto define una “Celda” que es calificada para seis variables, para cada una de las actividades.

Una séptima variable llamada Carácter del impacto se emplea para calificar un impacto determinado, de positivo (+1), neutro (0) o negativo (-1).

4.12.1 Interpretación de los impactos identificados

Los resultados obtenidos pueden ser negativos o positivos para el ambiente. Para determinarlo, se compara con un criterio en el cual los valores negativos se consideran: compatibles con el ambiente, si tienen valores menores o iguales a 9 puntos. Si están entre los valores de 9 y 15 puntos, el impacto es moderado. Los valores que superan el valor de 15 puntos son de impacto severo.

Para el caso de los impactos con signo positivo, si el valor es menor o igual a 9 puntos se considera positivo bajo, si el valor se ubica entre los valores de 9 a 15 puntos, el impacto se considera positivo mediano y finalmente, si el valor es mayor de 15 puntos se considera positivo alto.

4.12.2 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación son consideraciones, expuestas en forma de planes descriptivos sobre las acciones a tomar para contrarrestar y mitigar los efectos causados por los impactos negativos.

4.12.3 Identificación de riesgos y amenazas

Identificar y evaluar las amenazas que inciden sobre el área del sistema: esto se basa en los estudios de los registros históricos de la región y en los registros de daños que han sufrido los sistemas.

4.12.4 Estimación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad de un sistema de alcantarillado sanitario, puede ser física, operativa u organizativa, y depende de sus características estructurales, recursos con los que se cuenta para el manejo de los sistemas en caso de desastre, capacitación del personal, métodos operativos y la propia organización de la empresa. El objeto de tal estimación, a partir de la evaluación de los posibles efectos de la amenaza, es el de contar con la identificación de ciertas medidas de mitigación que puedan adoptarse.

La determinación de las medidas de mitigación, a partir de la estimación de la vulnerabilidad, permite programar rápidamente las acciones previas para reducir el efecto de la amenaza sobre el sistema. Estas medidas, permiten la formulación de operaciones de emergencia, la realización de convenios y acuerdos con otras instituciones, la preparación de cursos de capacitación y la asignación de recursos materiales, entre otros.

4.12.5 Para la salud humana

Las medidas preventivas y correctivas para conservar la salud de los trabajadores durante la etapa de construcción, están relacionadas con la prevención de accidentes laborales. Estos se pueden evitar manteniendo la disciplina en el trabajo, ya que el gremio de albañiles es muy dado a una conducta que puede provocar accidentes.

Además de las normas que por ley se deben cumplir entre las que están incluidas las contenidas en las leyes Laborales y en los reglamentos del IGSS.

En la fase de operación la seguridad en el trabajo debe incluir las indicaciones siguientes:

- Prohibir que un trabajador labore en estado de ebriedad.
- Todos los trabajadores de la planta, deben tener y usar un equipo completo para protección personal, el cual deberá proporcionar el patrono y reponerlo cuando se deteriore.
- Al finalizar la jornada el área de trabajo debe quedar limpia y libre de desechos.
- Todos los empleados deben recibir capacitación en seguridad, higiene y primeros auxilios y disponer de un botiquín médico quirúrgico en las instalaciones.
- El equipo personal de seguridad estándar debe integrarse así: máscaras respiratorias, gafas, casco, guantes, gabachas, bota de hule.
- La planta deberá disponer de dos sanitarios, uno para hombre y otro para mujeres dotados de agua y de papel higiénico y permanecer limpios.
- Las instalaciones deben disponer de un lavamanos por cada 25 personas.
- Como se trata de un trabajo sucio, se deben disponer de duchas para el aseo personal, una por cada diez trabajadores.
- Los locales destinados al cambio de ropa de los empleados deben ser bien iluminados, ventilados y limpios.

4.12.6 Manejo y disposición final de desechos

Durante la etapa de construcción se generarán desechos sólidos originados en las tareas de preparación de concreto y en la limpieza del área, también basura de tipo domiciliar generada por los trabajadores en la preparación de sus alimentos. También material de desperdicio en la excavación para las instalaciones de los pozos de absorción y fosas sépticas.

Durante la etapa de operación y mantenimiento se generaran desechos sólidos y pastosos producidos por la limpieza de tuberías, fosas sépticas y pozos de absorción, los cuales deben ser transportados al basurero municipal de la localidad.

5. PRESUPUESTOS GENERALES DE LOS PROYECTOS

Tabla X. Resumen de integración de costos drenajes aldea La Ciénaga

COSTO DIECTO			
TOTAL MATERIALES DEL PROYECTO	Q	242,775.57	
TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA	Q	70,727.67	
HERRAMIENTAS	Q	3,536.38	
TOTAL COSTO DIRECTO			Q 317,039.62
COSTO INDIRECTO			
GASTOS ADMINISTRATIVOS 11%	Q	34,874.36	
UTILIDAD 17% antes de impuestos	Q	53,896.74	
IMPREVISTOS 2%	Q	6,340.79	
TOTAL COSTO INDIRECTO			Q 95,111.89
TOTAL DEL PROYECTO			Q 412,151.51
TOTAL DEL PROYECTO			\$ 53,805.68

No.	Reglón	U	Cantidad	Costo		Costo Total	P.U.
				Directo	Indirecto		
1	COLECTOR PVC 6"	ML	467.77	Q 29,750.55	Q 8,925.17	Q 38,675.72	Q 82.68
2	COLECTOR PVC 4" PARA ACOMETIDAS	ML	288	Q 20,683.84	Q 6,205.15	Q 26,888.99	Q 93.36
3	CONEXIONES DOMICILIARES Y ACCESORIOS	U	48	Q 21,905.00	Q 6,571.50	Q 28,476.50	Q 593.26
4	POZOS DE VISITA HASTA 3.0 M DE ALTURA	U	13	Q 47,673.26	Q 14,301.98	Q 61,975.24	Q 4,767.33
5	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA	m3	419.29	Q 6,965.14	Q 2,089.54	Q 9,054.68	Q 21.60
6	RELLENO Y COMPACTACIÓN	m3	415	Q 3,601.38	Q 1,080.41	Q 4,681.79	Q 11.28
7	FOSA SÉPTICA	U	48	Q 160,975.46	Q 48,292.64	Q 209,268.10	Q 4,359.75
8	POZO DE ABSORCIÓN	U	4	Q 25,485.00	Q 7,645.50	Q 33,130.50	Q 8,282.63

Tabla XI. Resumen de integración de costos pavimentación aldea La Ciénaga

No.	REGLON	Materiales	M.O.	Herramienta	Total
1	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA		Q 354.30	Q 17.71	Q 372.01
2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA				

	DE DESPERDICIO		Q 318.92	Q 15.95	Q 334.86
3	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO	Q411,498.54	Q 3,416.78	Q 170.84	Q 415,086.17
4	CONSTRUCCIÓN DE BASE	Q 32,869.50	Q 3,118.68	Q 155.93	Q 36,144.12
4	COSNTRUCCÓN DE CUNETAS	Q200,037.01	Q 2,097.99	Q 170.84	Q 202,305.84
5	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA				
	CAJAS Y CABEZALES PARA ALCANTARILLA	Q -	Q 81.68	Q 4.08	Q 85.76
6	CONSTRUCCIÓN DE MUROS CAJAS Y				
	CABEZALES PARA ALCANTARILLA	Q 35,248.44	Q 2,347.64	Q 117.38	Q 37,713.46
7	ALCANTARILLAS DE METAL CORRUGADO	Q 7,409.40	Q 633.66	Q 31.68	Q 8,074.74
8	MAQUINARIA				Q 168,798.63
SUBTOTAL =					Q 868,915.59
GASTOS ADMINISTRATIVOS 11%					Q 95,580.71
UTILIDAD 7%					Q 60,824.09
IMPREVISTOS 2%					Q 17,378.31
TOTAL =					Q 1,042,698.71
TOTAL =					\$ 113,435.46

Tabla XII. Resumen de integración de costos pavimentación caserío La Comunidad

No.	REGLON	Materiales	M.O.	Herramienta	Total
1	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	Q -	Q 1,695.56	Q 84.78	Q 1,780.34
2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA				
	DE DESPERDICIO	Q -	Q 1,589.41	Q 79.47	Q 1,668.88
3	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO	Q369,591.90	Q 3,068.82	Q 153.44	Q 372,814.17
4	CONSTRUCCIÓN DE BASE	Q 29,522.16	Q 2,801.08	Q 140.05	Q 32,463.30
5	COSNTRUCCÓN DE CUNETAS	Q179,665.42	Q 1,884.34	Q 153.44	Q 181,703.20
6	MAQUINARIA				Q 200,824.84
SUBTOTAL =					Q 791,254.72
GASTOS ADMINISTRATIVOS 11%					Q 87,038.02
UTILIDAD 7%					Q 55,387.83
IMPREVISTOS 2%					Q 15,825.09
TOTAL =					Q 949,505.66
TOTAL =					\$ 103,296.96

Tabla XIII. Resumen de integración de costos pavimentación sector Nueva Jerusalén

No.	REGLON	Materiales	M.O.	Herramienta	Total
1	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	Q -	Q 1,008.09	Q 50.40	Q 1,058.49
2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA				
	DE DESPERDICIO	Q -	Q 1,020.19	Q 51.01	Q 1,071.20
3	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO	Q375,822.69	Q 3,120.56	Q 156.03	Q 379,099.28

4	CONSTRUCCIÓN DE BASE	Q 30,019.80	Q 2,848.30	Q 142.42	Q 33,010.52
5	COSNTRUCCIÓN DE CUNETAS	Q182,694.32	Q 1,916.10	Q 156.03	Q 184,766.45
6	MAQUINARIA				Q 184,999.28
SUBTOTAL =					Q 784,005.22
GASTOS ADMINISTRATIVOS 11%					Q 86,240.57
UTILIDAD 7%					Q 54,880.37
IMPREVISTOS 2%					Q 15,680.10
TOTAL =					Q 940,806.27
TOTAL =					\$ 102,350.55

Cada renglón de trabajo está compuesto por materiales, mano de obra calificada y no calificada, así como los valores referentes a herramientas y costo indirecto. Asimismo se consignan los resúmenes de cantidades de trabajo, mano de obra calificada y no calificada, y por fuente de financiamiento.

Costos directos

Comprende los costos de materiales, mano de obra calificada, el valor de las herramientas y equipo necesarios para la construcción del proyecto.

Dentro de los materiales se incluyen todos aquellos necesarios para la construcción de los diferentes componentes del proyecto, tales como: cemento, arena, piedrín, hierro, madera, bloca, tubería de pvc de diferentes diámetros, tanto como para la conducción de las aguas servidas como para los sistemas de agua potable, etc.

En la mano de obra calificada se incluye todo aquel trabajo hecho por el hombre para llevar a cabo la construcción de los renglones de trabajo. En algunos de ellos se calcula como un valor sobre la unidad de medida tal como metro lineal, metro cúbico u hora trabajada, y en otros se calcula como un porcentaje sobre el costo de los materiales. En cualquiera de los casos el costo de las prestaciones ya está incluido en el valor de la mano de obra calificada y está calculado en un 50%.

Las prestaciones se desglosan de la manera siguiente:

Se debe tomar en cuenta que algunas prestaciones no son dadas como extras, sino que son costos absorbidos por las empresas tales como los paros forzados por los días de lluvia, los cuales se pagan de cualquier manera, o las citas que tienen los trabajadores del IGSS, que deben pagarse aunque ellos no asistan a trabajar. Lo mismo sucede con los asuetos y días de feria. Para facilidad de cálculo se redondea el valor de 49.72% a 50%.

Las herramientas y equipo también se consideran dentro de la ejecución del proyecto debido a que la mayoría de ellos se deprecian totalmente dentro de la obra y ya no se vuelven a utilizar tales como palas, piochas, cubetas, carretas, etc.

Adicionalmente, se calculó el costo de la mano de obra no calificada que, pese a ser un costo directo del proyecto, se trabaja por separado por considerarse un aporte de la comunidad beneficiaria. Se tiene que considerar que estos jornales comunitarios se dan como trabajo y no en efectivo.

Costos indirectos

Los costos indirectos del proyecto están constituidos por gastos administrativos, un margen de imprevistos y otro de utilidades, para el caso de que el proyecto se ejecute a través de un contratista.

En los gastos administrativos se incluyen todos aquellos necesarios para la ejecución administrativa del proyecto tales como salarios y prestaciones del gerente, supervisores, personal de oficina, conserjería, etc. así como gastos pertinentes a viáticos, transporte de personal, depreciación de vehículos, papelería, etc. También se incluye el pago de fianzas tales como la de sostenimiento de oferta, cumplimiento de contrato, de anticipo, pago de saldos deudores y conservación de obra, así como el pago de abogado y notario por algún subcontrato dentro de la obra.

El margen de imprevistos abarca todos aquellos gastos que podrían resultar en la ejecución de cada renglón, por ejemplo, una excavación en terreno duro o con piedras, aumento del precio de los materiales, algún flete especial o más caro por la accesibilidad, etc. El valor de la utilidad es inherente al proyecto y se consideró como su valor antes de impuestos.

CONCLUSIONES

1. La pavimentación fortalecerá las vías de acceso por la calle principal de las comunidades dentro de la jurisdicción de San Raymundo, mejorando

las condiciones de vida de los pobladores, ya que, en las épocas de lluvia se dificulta el tránsito en estas comunidades, pues, los caminos son de terracería.

2. En una comunidad cercana al municipio principal que es San Raymundo como la aldea La Ciénaga, una obra de alcantarillado sanitario se hace necesaria e importante para el aislamiento y disposición de las aguas negras, en un lugar donde no se dañe a la comunidad; para evitar la transmisión de enfermedades y mejorar su calidad de vida.
3. Con la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, se tuvo la oportunidad de confrontar teoría – práctica, para resolver problemas reales, a partir del conocimiento de la realidad que afrontan las comunidades del área rural.

RECOMENDACIONES

1. Asignar un orden de prioridades a los proyectos requeridos por la población, para realizarlos en un marco real, en donde se puedan conjugar las necesidades con la factibilidad a corto plazo. De lo

contrario, será obsoleto debido a que transcurrió tanto tiempo desde su diseño que ya no se apega a la realidad de la población.

2. Para la ejecución del proyecto, se deben seguir cuidadosamente las especificaciones técnicas del mismo, par garantizar la calidad y el buen funcionamiento.
3. Durante la ejecución del proyecto se debe tener una supervisión profesional con el fin de optimizar los recursos y maximizar los beneficios de los proyectos.
4. Para lograr un buen funcionamiento de el alcantarillado sanitario se debe hacer conciencia a todos los vecinos de la aldea, para que le den el uso adecuado al alcantarillado, explicándoles que no deben de permitir que ningún vecino bote basura dentro de los pozos de visita o tubería y sobre todo que no deben de conectar las aguas de lluvia de sus viviendas al sistema de alcantarillado.
5. Que exista un control de calidad riguroso de los materiales de construcción porque la mayoría de fallas en el pavimento son producidas por utilizar materiales que no cumplen con las especificaciones mínimas necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

- Romero Rojas, Jairo Alberto. **“Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño”**. Primera edición, enero de 2000. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Merrit, Frederick S. **“Manual del Ingeniero Civil”**. Tercera Edición. Editorial McGraw Hill.
- Rodríguez, Rico y Badillo, Juárez. **“Mecánica de Suelos”**. Tercera Edición. Editorial Limusa.
- Canter, Larry W. **“Manual de Evaluación de Impacto Ambiental”**. Segunda Edición 1998. Editorial McGraw Hill.
- Unda Opaso, Francisco. **“Ingeniería Sanitaria”**. México 2002. Editorial Limusa.
- Palma Hernández, Joel Estuardo. **“Estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea Las Victorias y finca Conchas, del municipio de Villa Canales”**. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
- Castro Calderón, Israel. **“Diseño de: red de alcantarillado sanitario para la aldea Pino Zapatón y pavimentación de la calle hacia el Río Molino de la cabecera municipal de San Carlos Alzatate, Jalapa”**. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2003.

ANEXOS

CÁLCULO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLADO ALDEA LA CIÉNAGA

No. De Viviendas:	48	Período de diseño (años):	20	r :	0.0111
Densidad de Vivienda (hab/viv):	7	Longitud Total (mt):	467.77	Tubería de pvc (n):	0.009
Dotación (lts/hab/día):	210	Población TOTAL anterior (censo 1994):	681		
Factor de infiltración (lts/km/día):	17000	Población TOTAL Actual (censo 2002):	849		
Factor de Retorno:	0.7	Población Futura (20 años):	1059		

Pozo		Distancia	Cota Terreno		Pendiente	No. Casas		No. Hab.		F.H.		Q Sanitario		f.q.m.	
Inicial	Final	Horizontal	Inicial	Final	Terreno (%)	Local	Acum.	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futura
PV-1	PV-2	39.89	999.5	998.38	-2.81	6	6.00	42.00	53	4.33	4.31	0.112	0.137	0.0027	0.0026
PV-2	PV-3	39.9	998.38	996.67	-4.29	4	10.00	70.00	88	4.28	4.26	0.180	0.220	0.0026	0.0025
PV-3	PA-1	11.25	996.67	996.09	-5.16	0	10.00	70.00	88	4.28	4.26	0.173	0.213	0.0025	0.0024

Pozo		q diseño		S (%)	Diámetro	Sección Llena		q/Q		v/V		v		Cota Invert	
Inicial	Final	Actual	Futuro	Tub.	(PVC) pulg.	V (m/s)	Q (l/s)	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Entrada	Salida
PV-1	PV-2	0.49	0.59	2.81	6	2.11	38.45	0.01264	0.01531	0.3410	0.3610	0.719	0.761	998.30	997.18
PV-2	PV-3	0.77	0.94	4.29	6	2.60	47.51	0.01626	0.01974	0.3680	0.3930	0.958	1.024	996.96	995.25
PV-3	PA-1	0.74	0.91	5.16	6	2.86	52.11	0.01422	0.01740	0.3550	0.3750	1.014	1.071	995.02	994.44

Pozo		Altura Pozo		Ancho	Excava.	No.
Inicial	Final	H inicial	H final	Zanja	m3	tubos
PV-1	PV-2	1.20	1.20	0.6	28.72	7
PV-2	PV-3	1.42	1.42	0.6	34.10	7
PV-3	PA-1	1.65	1.65	0.6	11.13	2

Pozo		Distancia	Cota Terreno		Pendiente	No. Casas		No. Hab.		F.H.		Q Sanitario		f.q.m.	
Inicial	Final	Horizontal	Inicial	Final	Terreno (%)	Local	Acum.	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futura
PV-3	PV-4	39.72	996.67	994.8	-4.71	7	7.00	49.00	62	4.32	4.29	0.129	0.158	0.0026	0.0025
PV-4	PV-5	39.97	994.8	992.73	-5.18	6	13.00	91.00	114	4.25	4.23	0.231	0.282	0.0025	0.0025
PV-5	PA-2	11.27	992.73	992.32	-3.64	0	13.00	91.00	114	4.25	4.23	0.224	0.275	0.0025	0.0024

Pozo		q diseño		S (%)	Diámetro	Sección Llena		q/Q		v/V		v		Cota Invert	
Inicial	Final	Actual	Futuro	Tub.	(PVC) pulg.	V (m/s)	Q (l/s)	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Entrada	Salida
PV-3	PV-4	0.56	0.68	4.71	6	2.73	49.79	0.01121	0.01363	0.3270	0.3480	0.893	0.950	995.47	993.60
PV-4	PV-5	0.98	1.19	5.18	6	2.86	52.22	0.01886	0.02285	0.3880	0.4080	1.111	1.168	993.38	991.31
PV-5	PA-2	0.95	1.16	3.64	6	2.40	43.77	0.02178	0.02656	0.4010	0.4260	0.962	1.022	991.08	990.67

Pozo		Altura Pozo		Ancho	Excava.	No.
Inicial	Final	H inicial	H final	Zanja	m3	tubos
PV-3	PV-4	1.20	1.20	0.6	28.60	7
PV-4	PV-5	1.42	1.42	0.6	34.16	7
PV-5	PA-2	1.65	1.65	0.6	11.15	2

Pozo		Distancia	Cota Terreno		Pendiente	No. Casas		No. Hab.		F.H.		Q Sanitario		f.q.m.	
Inicial	Final	Horizontal	Inicial	Final	Terreno (%)	Local	Acum.	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futura
PV-5	PV-6	19.77	992.73	992.02	-3.59	2	2.00	14.00	18	4.40	4.39	0.039	0.048	0.0028	0.0027
PV-6	PA-3	19.77	992.02	992.16	0.71	3	5.00	35.00	44	4.34	4.33	0.090	0.110	0.0026	0.0025

PV-8	PV-7	18.33	992.98	992.22	-4.15	5	5.00	35.00	44	4.34	4.33	0.090	0.110	0.0026	0.0025
PV-7	PA-3	20.77	992.22	992.16	-0.29	2	7.00	49.00	62	4.32	4.29	0.124	0.153	0.0025	0.0025

Pozo		q diseño		S (%)	Diámetro	Sección Llena		q/Q		v/V		v		Cota Invert	
Inicial	Final	Actual	Futuro	Tub.	(PVC) pulg.	V (m/s)	Q (l/s)	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Entrada	Salida
PV-5	PV-6	0.17	0.21	3.59	6	2.38	43.49	0.00395	0.00484	0.2390	0.2560	0.570	0.610	991.53	990.82
PV-6	PA-3	0.39	0.48	1.50	6	1.54	28.11	0.01393	0.01694	0.3550	0.3750	0.547	0.578	990.60	990.30

PV-8	PV-7	0.39	0.47	4.15	6	2.56	46.73	0.00835	0.01015	0.2970	0.3200	0.761	0.820	991.78	991.02
PV-7	PA-3	0.54	0.66	1.00	6	1.26	22.95	0.02341	0.02867	0.4140	0.4390	0.521	0.552	990.80	990.59

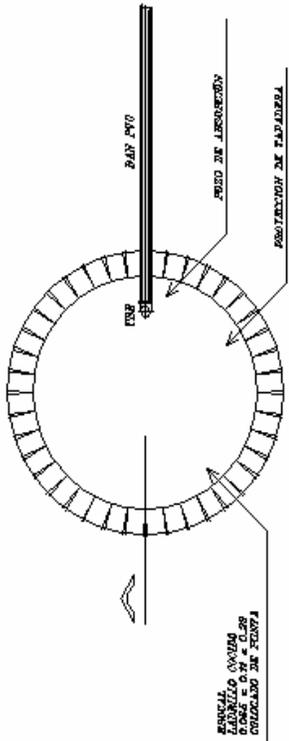
Pozo		Altura Pozo		Ancho	Excava.	No.
Inicial	Final	H inicial	H final	Zanja	m3	tubos
PV-5	PV-6	1.20	1.20	0.6	14.23	4
PV-6	PA-3	1.42	1.86	0.6	19.49	4

PV-8	PV-7	1.20	1.20	0.6	13.20	4
PV-7	PA-3	1.42	1.57	0.6	18.67	4

Pozo		Distancia	Cota Terreno		Pendiente	No. Casas		No. Hab.		F.H.		Q Sanitario		f.q.m.	
Inicial	Final	Horizontal	Inicial	Final	Terreno (%)	Local	Acum.	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futura
PV-13	PV-12	59.64	1001.42	998.2	-5.40	2	2.00	14.00	18	4.40	4.39	0.049	0.058	0.0035	0.0032
PV-12	PV-11	19.8	998.2	997.17	-5.20	2	4.00	28.00	35	4.36	4.34	0.073	0.089	0.0026	0.0025
PV-11	PV-10	38.39	997.17	995.88	-3.36	1	5.00	35.00	44	4.34	4.33	0.095	0.115	0.0027	0.0026
PV-10	PV-9	39.66	995.88	994.68	-3.03	6	11.00	77.00	96	4.27	4.25	0.197	0.239	0.0026	0.0025
PV-9	PV-8	39.95	994.68	992.98	-4.26	2	13.00	91.00	114	4.25	4.23	0.231	0.282	0.0025	0.0025
PV-8	PA-4	9.69	992.98	992.47	-5.26	0	13.00	91.00	114	4.25	4.23	0.224	0.275	0.0025	0.0024

Pozo		q diseño		S (%)	Diámetro	Sección Llena		q/Q		v/V		v		Cota Invert	
Inicial	Final	Actual	Futuro	Tub.	(PVC) pulg.	V (m/s)	Q (l/s)	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Entrada	Salida
PV-13	PV-12	0.22	0.26	5.40	6	2.92	53.32	0.00407	0.00478	0.2390	0.2480	0.699	0.725	1000.22	997.00
PV-12	PV-11	0.32	0.38	5.20	6	2.87	52.34	0.00609	0.00735	0.2730	0.2890	0.783	0.829	996.78	995.75
PV-11	PV-10	0.41	0.50	3.36	6	2.31	42.07	0.00980	0.01181	0.3120	0.3340	0.720	0.770	995.52	994.23
PV-10	PV-9	0.84	1.02	3.03	6	2.19	39.92	0.02112	0.02547	0.4010	0.4200	0.878	0.919	994.01	992.81
PV-9	PV-8	0.98	1.19	4.26	6	2.60	47.34	0.02080	0.02521	0.3930	0.4200	1.020	1.090	992.58	990.88
PV-8	PA-4	0.95	1.16	4.00	6	2.52	45.90	0.02074	0.02529	0.3930	0.4200	0.989	1.057	990.66	990.27

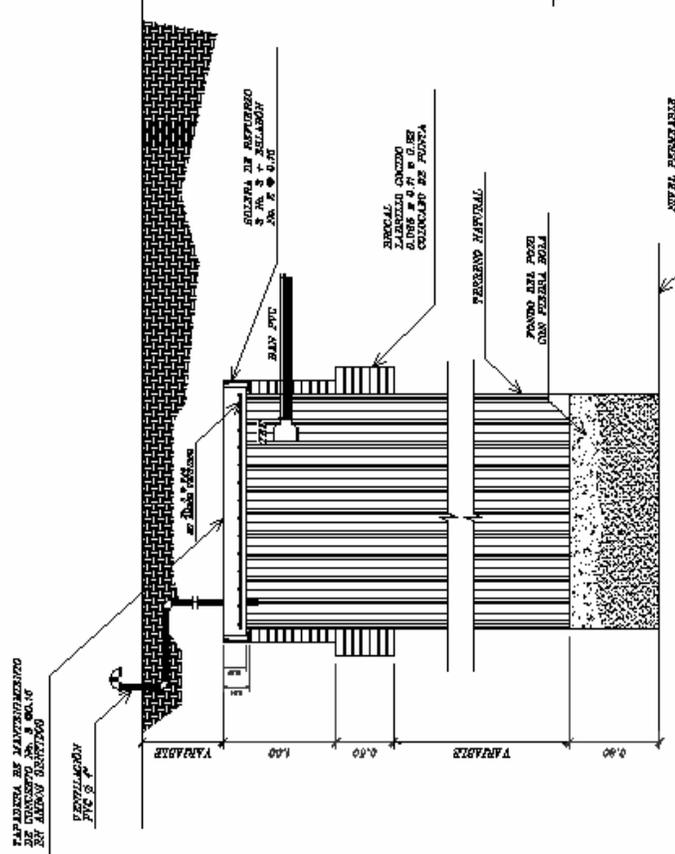
Pozo		Altura Pozo		Ancho	Excava.	No.
Inicial	Final	H inicial	H final	Zanja	m3	tubos
PV-13	PV-12	1.20	1.20	0.6	42.94	10
PV-12	PV-11	1.42	1.42	0.6	16.92	4
PV-11	PV-10	1.65	1.65	0.6	37.98	7
PV-10	PV-9	1.87	1.87	0.6	44.57	7
PV-9	PV-8	2.10	2.10	0.6	50.28	7
PV-8	PA-4	2.32	2.20	0.6	13.14	2



PLANTA POZO DE ABSORCIÓN

ESC.

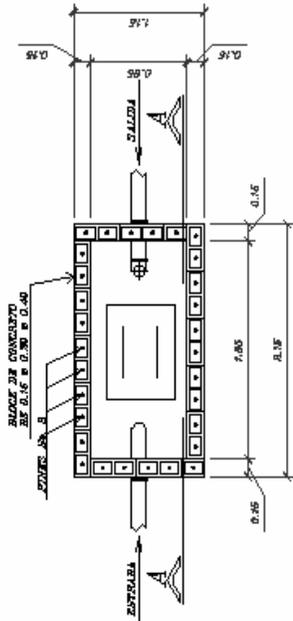
N.º 20



SECCIÓN POZO DE ABSORCIÓN

ESC.

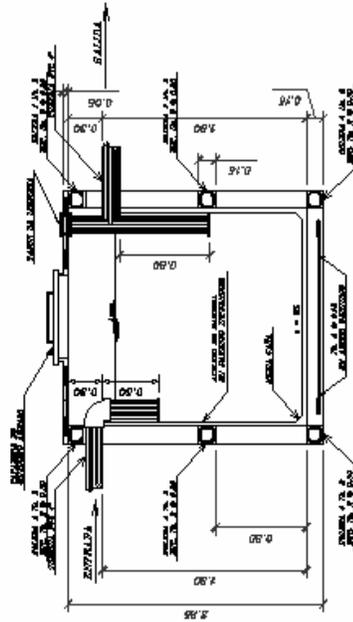
N.º 20



PLANTA DE FOSA SÉPTICA

ESC.

N.º 20



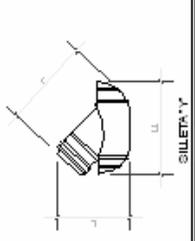
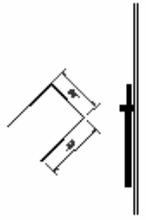
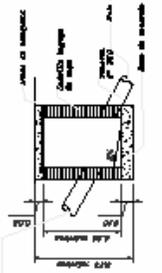
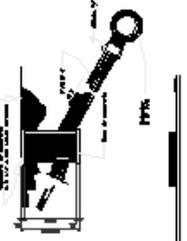
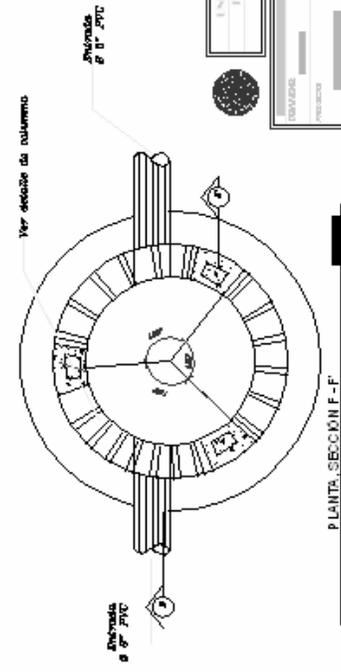
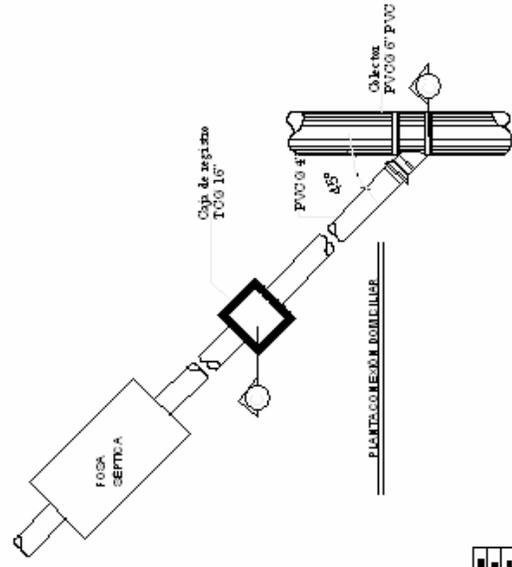
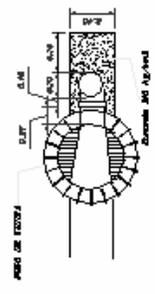
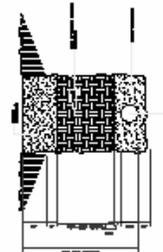
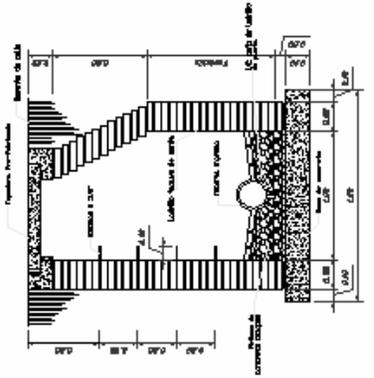
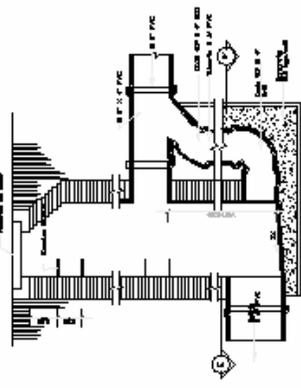
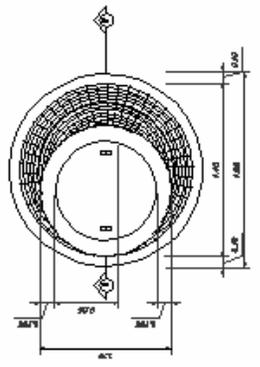
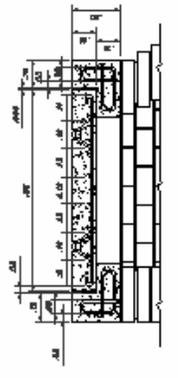
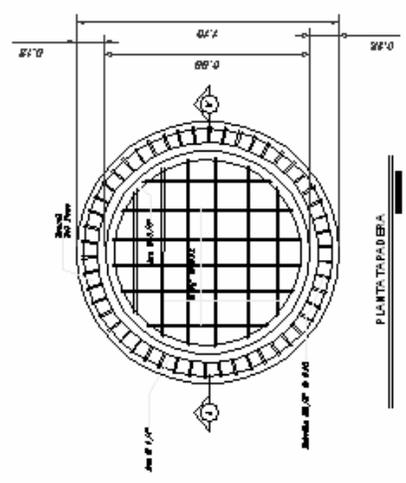
SECCIÓN A-A DE FOSA SÉPTICA

ESC.

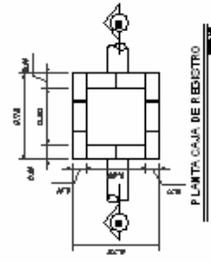
N.º 20

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
E.P.S.S.

PROYECTO	FECHA



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	BRICKS	1000	M ³
2	CEMENTO	50	KG
3	ALAMBRE	10	M
4	ALAMBRE	10	M
5	ALAMBRE	10	M
6	ALAMBRE	10	M
7	ALAMBRE	10	M
8	ALAMBRE	10	M
9	ALAMBRE	10	M
10	ALAMBRE	10	M



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

E.D.S.

ENCUESTA DE

INDICADORES

DE

PRECIOS

DE

CONSUMO

DE

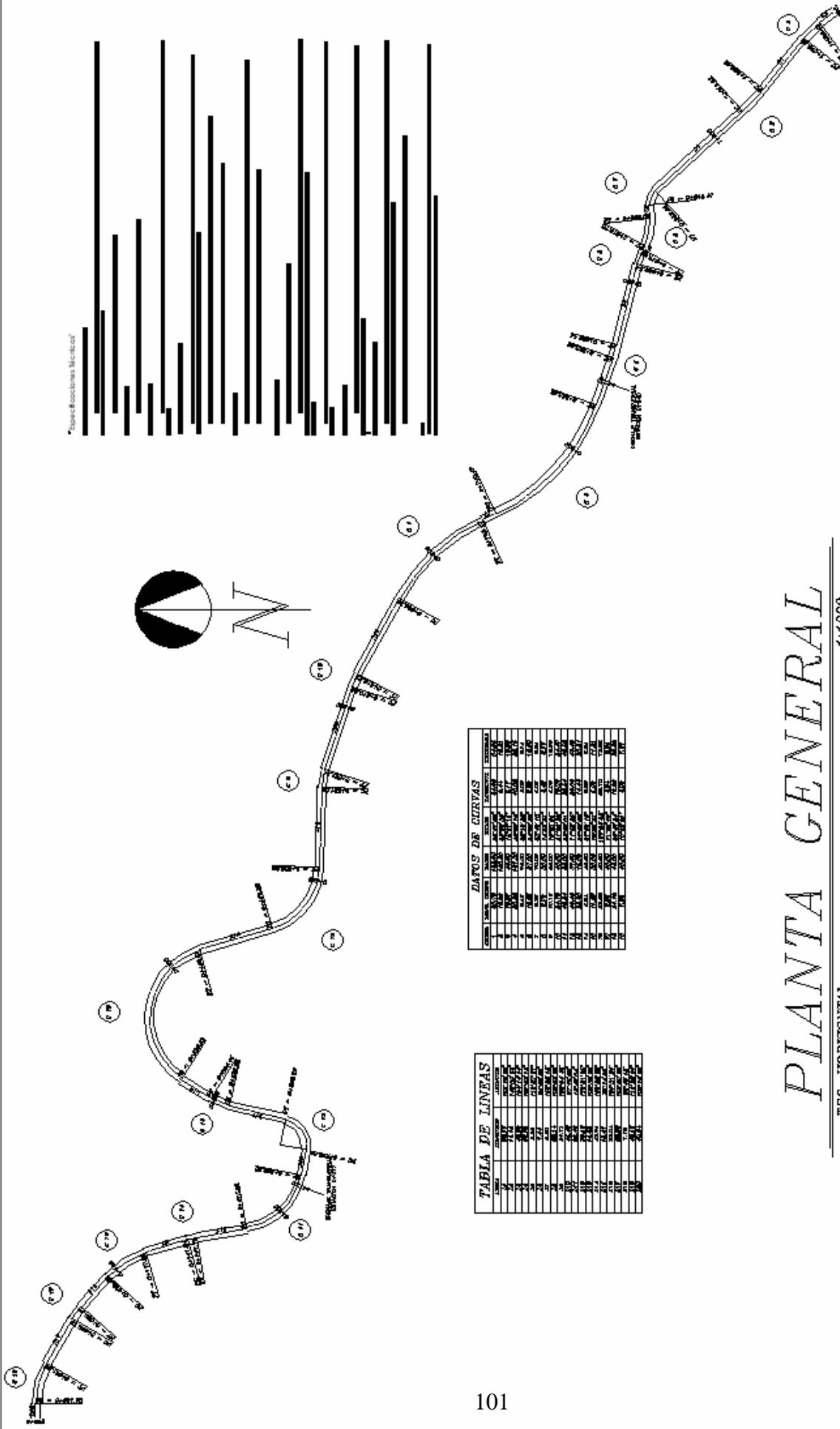
ENERGIA

ELÉCTRICA

EN

EL

PERÚ



Trazado de la línea de cunetas

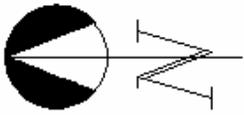


TABLA DE CURVAS

ORDEN	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	ORDENADA	ABSCISAS	ORDENADA	ABSCISAS
1	1	100	90	157	100	157	100	157
2	2	200	45	314	200	314	200	314
3	3	300	30	471	300	471	300	471
4	4	400	22.5	628	400	628	400	628
5	5	500	18	785	500	785	500	785
6	6	600	15	942	600	942	600	942
7	7	700	12.5	1099	700	1099	700	1099
8	8	800	10	1256	800	1256	800	1256
9	9	900	7.5	1413	900	1413	900	1413
10	10	1000	6	1570	1000	1570	1000	1570
11	11	1100	4.5	1727	1100	1727	1100	1727
12	12	1200	3	1884	1200	1884	1200	1884
13	13	1300	2.25	2041	1300	2041	1300	2041
14	14	1400	1.5	2198	1400	2198	1400	2198
15	15	1500	1.125	2355	1500	2355	1500	2355
16	16	1600	0.75	2512	1600	2512	1600	2512
17	17	1700	0.5625	2669	1700	2669	1700	2669
18	18	1800	0.4125	2826	1800	2826	1800	2826
19	19	1900	0.3	2983	1900	2983	1900	2983
20	20	2000	0.225	3140	2000	3140	2000	3140

TABLA DE LINEAS

ORDEN	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	ORDENADA	ABSCISAS	ORDENADA	ABSCISAS
1	1	100	90	157	100	157	100	157
2	2	200	45	314	200	314	200	314
3	3	300	30	471	300	471	300	471
4	4	400	22.5	628	400	628	400	628
5	5	500	18	785	500	785	500	785
6	6	600	15	942	600	942	600	942
7	7	700	12.5	1099	700	1099	700	1099
8	8	800	10	1256	800	1256	800	1256
9	9	900	7.5	1413	900	1413	900	1413
10	10	1000	6	1570	1000	1570	1000	1570
11	11	1100	4.5	1727	1100	1727	1100	1727
12	12	1200	3	1884	1200	1884	1200	1884
13	13	1300	2.25	2041	1300	2041	1300	2041
14	14	1400	1.5	2198	1400	2198	1400	2198
15	15	1500	1.125	2355	1500	2355	1500	2355
16	16	1600	0.75	2512	1600	2512	1600	2512
17	17	1700	0.5625	2669	1700	2669	1700	2669
18	18	1800	0.4125	2826	1800	2826	1800	2826
19	19	1900	0.3	2983	1900	2983	1900	2983
20	20	2000	0.225	3140	2000	3140	2000	3140

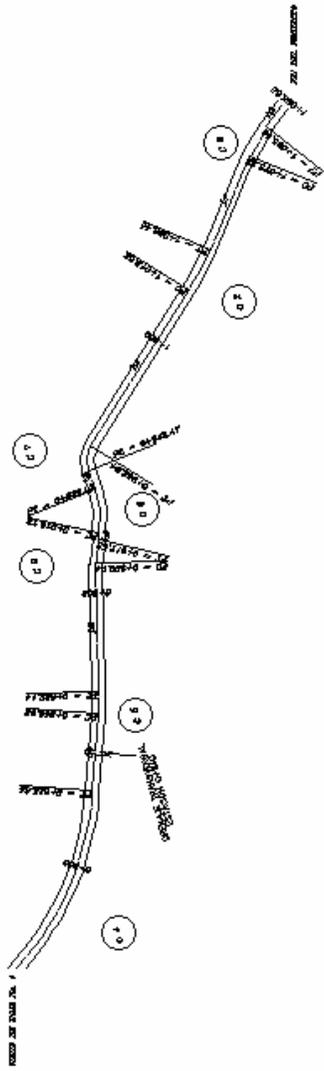
UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.D.S.

PROFESOR: _____
ALUMNO: _____
GRUPO: _____
FECHA: _____

PLANTA GENERAL

1:1000

ESC. HORIZONTAL



DATOS DE CURVAS

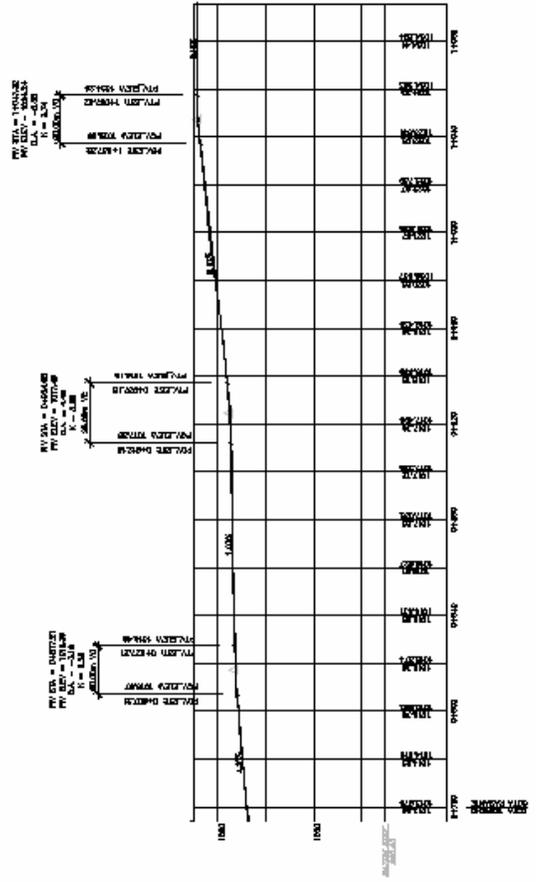
ORDEN	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	ABSCISAS
1	1	100	90	157.08	0+00 - 0+157.08
2	1	100	90	157.08	0+157.08 - 0+314.16
3	1	100	90	157.08	0+314.16 - 0+471.24
4	1	100	90	157.08	0+471.24 - 0+628.32
5	1	100	90	157.08	0+628.32 - 0+785.40
6	1	100	90	157.08	0+785.40 - 0+942.48
7	1	100	90	157.08	0+942.48 - 0+1099.56
8	1	100	90	157.08	0+1099.56 - 0+1256.64
9	1	100	90	157.08	0+1256.64 - 0+1413.72
10	1	100	90	157.08	0+1413.72 - 0+1570.80
11	1	100	90	157.08	0+1570.80 - 0+1727.88
12	1	100	90	157.08	0+1727.88 - 0+1884.96
13	1	100	90	157.08	0+1884.96 - 0+2042.04
14	1	100	90	157.08	0+2042.04 - 0+2199.12
15	1	100	90	157.08	0+2199.12 - 0+2356.20
16	1	100	90	157.08	0+2356.20 - 0+2513.28
17	1	100	90	157.08	0+2513.28 - 0+2670.36
18	1	100	90	157.08	0+2670.36 - 0+2827.44
19	1	100	90	157.08	0+2827.44 - 0+2984.52
20	1	100	90	157.08	0+2984.52 - 0+3141.60

TABLA DE LINEAS

ORDEN	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	ABSCISAS
1	1	100	90	157.08	0+00 - 0+157.08
2	1	100	90	157.08	0+157.08 - 0+314.16
3	1	100	90	157.08	0+314.16 - 0+471.24
4	1	100	90	157.08	0+471.24 - 0+628.32
5	1	100	90	157.08	0+628.32 - 0+785.40
6	1	100	90	157.08	0+785.40 - 0+942.48
7	1	100	90	157.08	0+942.48 - 0+1099.56
8	1	100	90	157.08	0+1099.56 - 0+1256.64
9	1	100	90	157.08	0+1256.64 - 0+1413.72
10	1	100	90	157.08	0+1413.72 - 0+1570.80
11	1	100	90	157.08	0+1570.80 - 0+1727.88
12	1	100	90	157.08	0+1727.88 - 0+1884.96
13	1	100	90	157.08	0+1884.96 - 0+2042.04
14	1	100	90	157.08	0+2042.04 - 0+2199.12
15	1	100	90	157.08	0+2199.12 - 0+2356.20
16	1	100	90	157.08	0+2356.20 - 0+2513.28
17	1	100	90	157.08	0+2513.28 - 0+2670.36
18	1	100	90	157.08	0+2670.36 - 0+2827.44
19	1	100	90	157.08	0+2827.44 - 0+2984.52
20	1	100	90	157.08	0+2984.52 - 0+3141.60

PLANTA - PERFIL

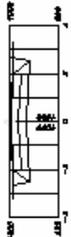
ANCHO: 10.00 METROS
 ANCHO: 10.00 METROS
 F. TUBO



UNIVERSIDAD NACIONAL
 FACULTAD DE INGENIERIA
E.D.S.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 I.V.I.C.

0+000



0+007.76



0+080



0+081.88



0+040



0+060



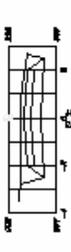
0+080.76



0+082.47



0+080



0+082.45



0+100



0+117.28



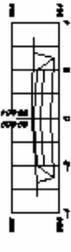
0+180



0+140



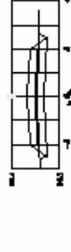
0+141.94



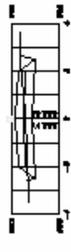
0+147.78



0+160



0+175.96



0+180



0+200



0+220



0+222.80



0+228.83



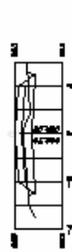
0+240



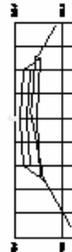
0+258.82



0+260



0+280



0+282.28



0+300



0+304.15



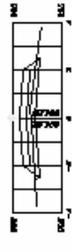
0+320



0+322.62



0+340



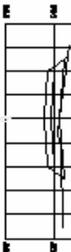
0+360



0+380



0+400



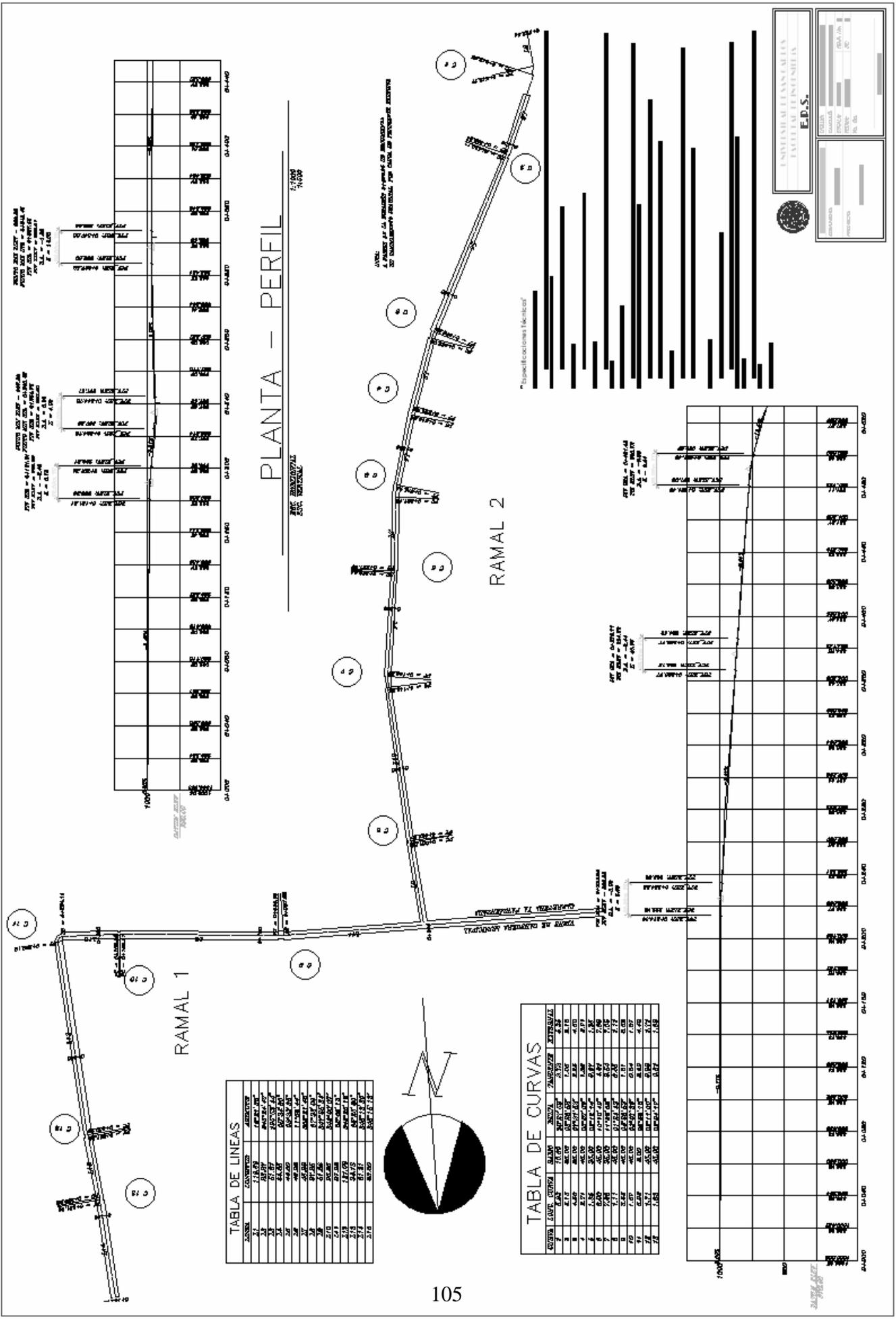
SECCIONES TRANSVERSALES

1/100
E.S. REGIONAL



UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.

PROFESOR	ASISTENTE	ALUMNO



PLANTA - PERFIL

TABLA DE LINEAS

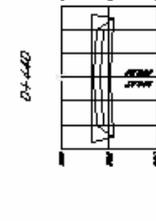
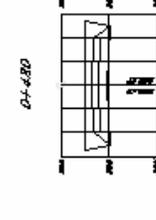
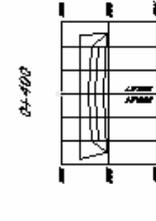
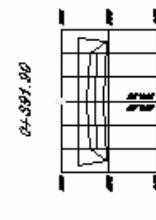
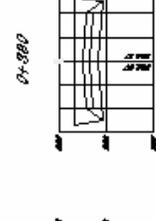
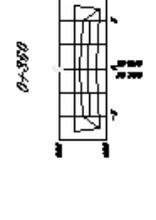
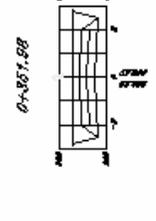
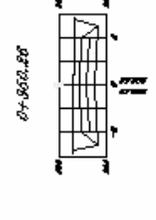
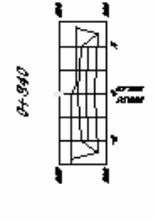
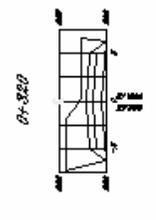
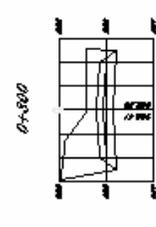
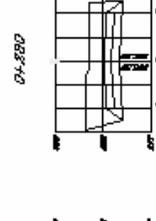
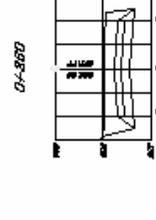
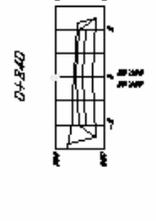
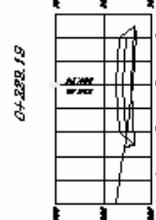
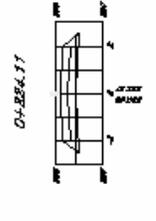
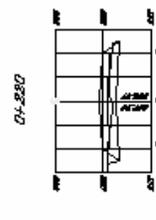
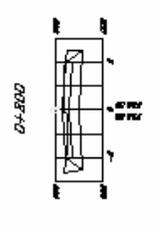
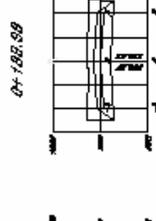
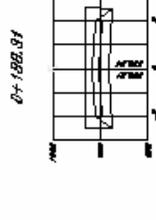
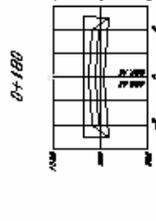
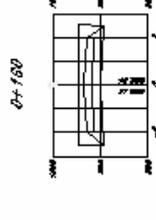
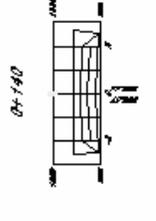
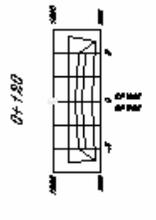
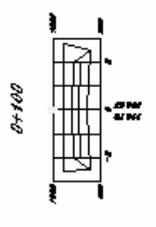
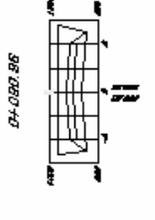
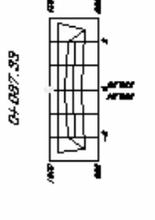
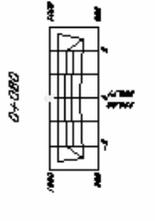
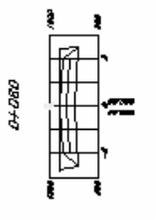
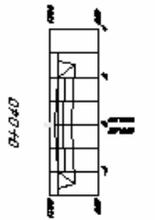
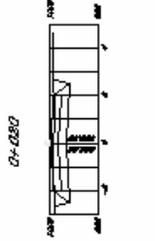
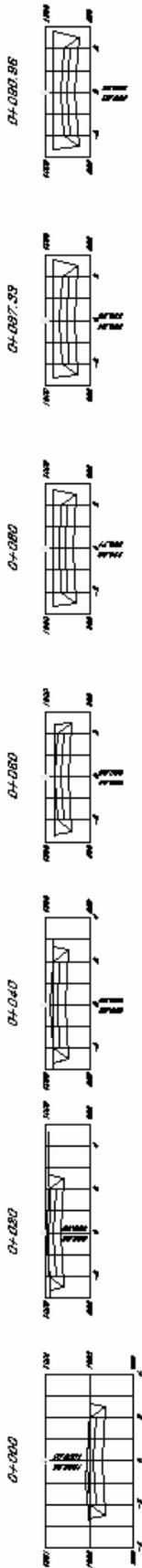
LINEA	CLASIFICACION	CONCRETO
1	100/100	100/100
2	100/100	100/100
3	100/100	100/100
4	100/100	100/100
5	100/100	100/100
6	100/100	100/100
7	100/100	100/100
8	100/100	100/100
9	100/100	100/100
10	100/100	100/100
11	100/100	100/100
12	100/100	100/100
13	100/100	100/100
14	100/100	100/100
15	100/100	100/100
16	100/100	100/100
17	100/100	100/100
18	100/100	100/100
19	100/100	100/100
20	100/100	100/100
21	100/100	100/100
22	100/100	100/100
23	100/100	100/100
24	100/100	100/100
25	100/100	100/100
26	100/100	100/100
27	100/100	100/100
28	100/100	100/100
29	100/100	100/100
30	100/100	100/100
31	100/100	100/100
32	100/100	100/100
33	100/100	100/100
34	100/100	100/100
35	100/100	100/100
36	100/100	100/100
37	100/100	100/100
38	100/100	100/100
39	100/100	100/100
40	100/100	100/100
41	100/100	100/100
42	100/100	100/100
43	100/100	100/100
44	100/100	100/100
45	100/100	100/100
46	100/100	100/100
47	100/100	100/100
48	100/100	100/100
49	100/100	100/100
50	100/100	100/100

TABLA DE CURVAS

ORDEN	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	COORDENADAS
1	1	100	90	100	100
2	2	200	180	200	200
3	3	300	270	300	300
4	4	400	360	400	400
5	5	500	450	500	500
6	6	600	540	600	600
7	7	700	630	700	700
8	8	800	720	800	800
9	9	900	810	900	900
10	10	1000	900	1000	1000
11	11	1100	990	1100	1100
12	12	1200	1080	1200	1200
13	13	1300	1170	1300	1300
14	14	1400	1260	1400	1400
15	15	1500	1350	1500	1500
16	16	1600	1440	1600	1600
17	17	1700	1530	1700	1700
18	18	1800	1620	1800	1800
19	19	1900	1710	1900	1900
20	20	2000	1800	2000	2000
21	21	2100	1890	2100	2100
22	22	2200	1980	2200	2200
23	23	2300	2070	2300	2300
24	24	2400	2160	2400	2400
25	25	2500	2250	2500	2500
26	26	2600	2340	2600	2600
27	27	2700	2430	2700	2700
28	28	2800	2520	2800	2800
29	29	2900	2610	2900	2900
30	30	3000	2700	3000	3000

INSTITUTO VASCO LEONÉS
E.D.S.

PROYECTO: []
FECHA: []
AUTOR: []
REVISOR: []
APROBADO: []



RAMAL 1

SECCIONES TRANSVERSALES

1:100
1:400

ZONA: BARRIO SAN JUAN
ZONA: BARRIO SAN JUAN



UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
FACULTAD DE INGENIERIA

E.D.S.

PROYECTO:	
FECHA:	
ESCALA:	
PROYECTISTA:	
REVISOR:	
APROBADO:	

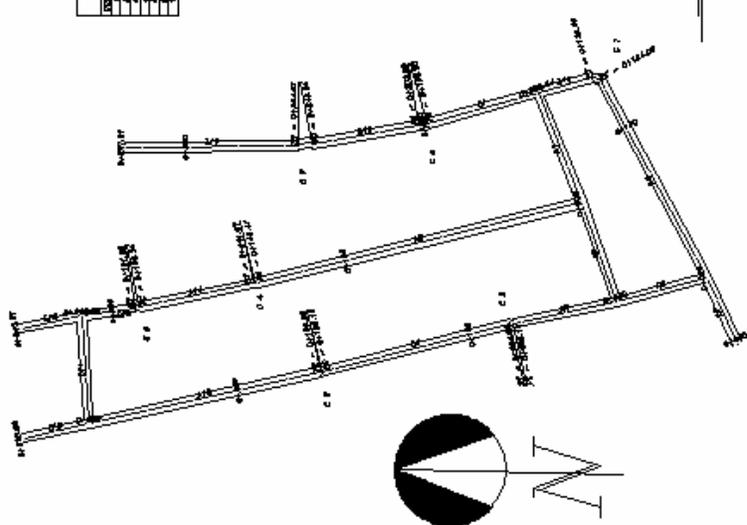


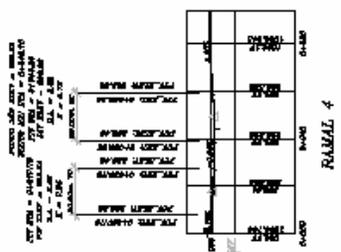
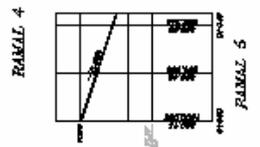
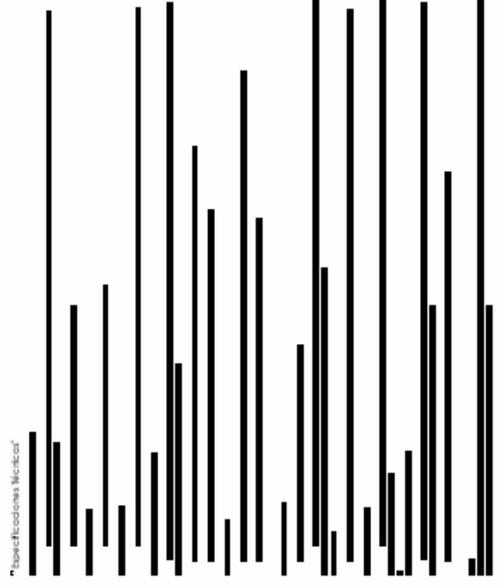
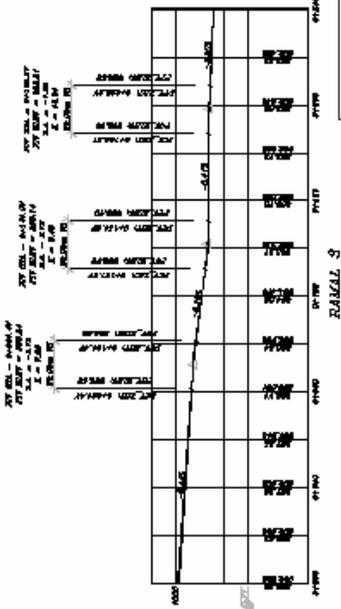
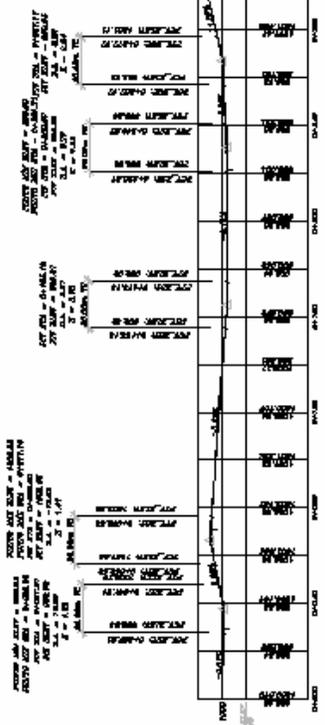
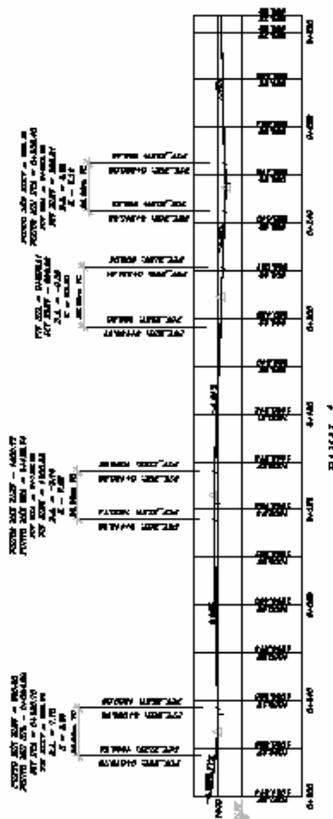
TABLA DE CURVAS

ORDEN	LONGITUD	RADIO	ANGULO	ALICATA	ALICATA
1	100	1000	180	100	100
2	100	1000	180	100	100
3	100	1000	180	100	100
4	100	1000	180	100	100
5	100	1000	180	100	100
6	100	1000	180	100	100
7	100	1000	180	100	100
8	100	1000	180	100	100
9	100	1000	180	100	100
10	100	1000	180	100	100

TABLA DE LINEAS

LINEA	TIPO	ANCHO	ALICATA	ALICATA
1	1	1000	100	100
2	1	1000	100	100
3	1	1000	100	100
4	1	1000	100	100
5	1	1000	100	100
6	1	1000	100	100
7	1	1000	100	100
8	1	1000	100	100
9	1	1000	100	100
10	1	1000	100	100

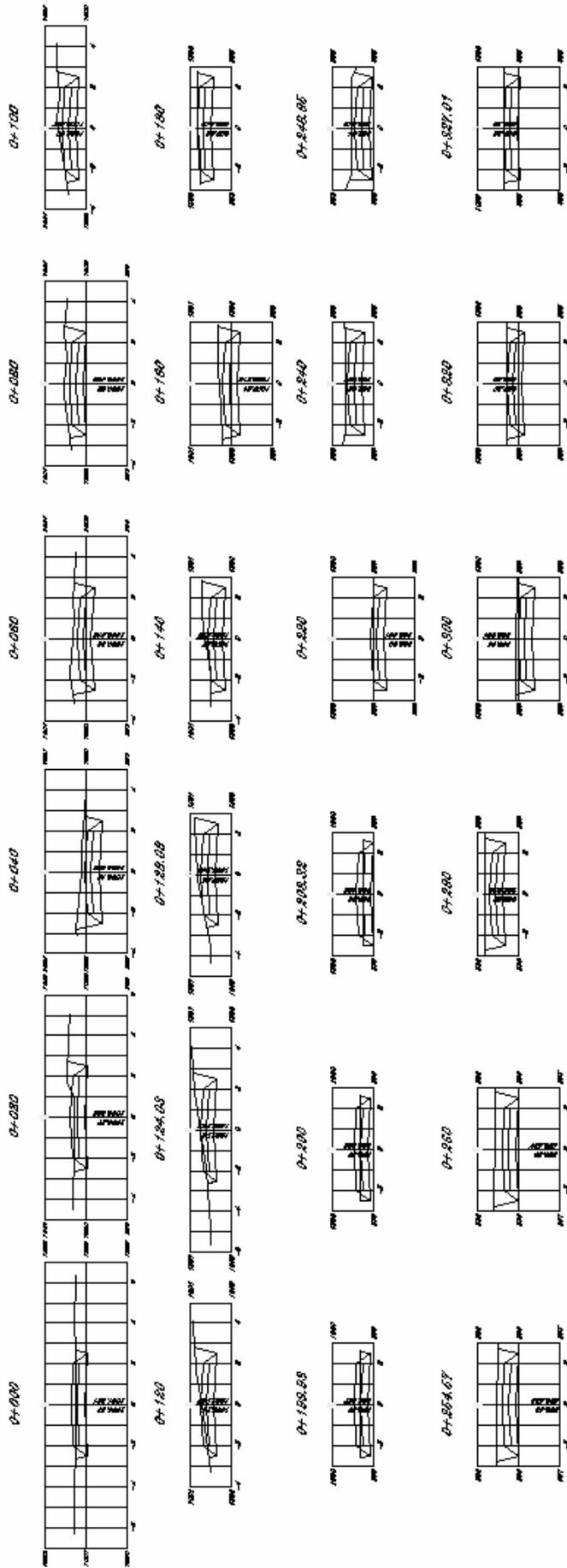
PLANTA - PERFIL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
E.D.S.

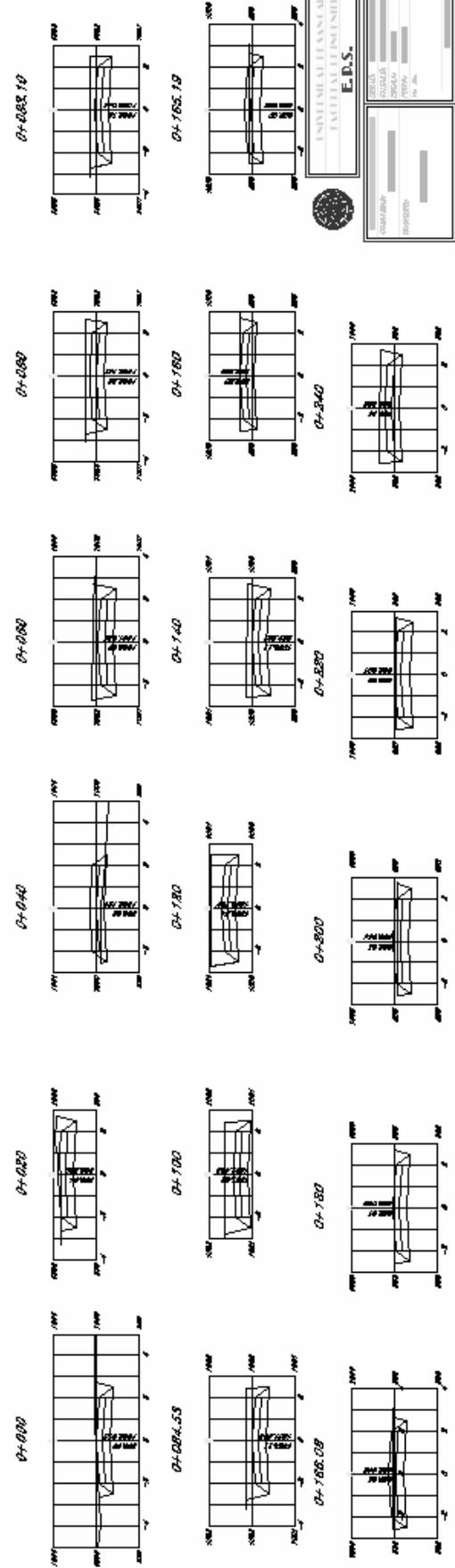
COMISIONES:
CARRERA: INGENIERIA CIVIL
MATERIA: DISEÑO DE OBRAS DE FERROVIARIAS
PROYECTO: DISEÑO DE OBRAS DE FERROVIARIAS

RAMAL 1



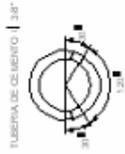
SECCIONES TRANSVERSALES

RAMAL 2



INSTITUTO VECESINARIO
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES
 E. D. S.

CONSTRUCCION
 ALICATA
 1950
 1955
 1960
 1965
 1970
 1975
 1980
 1985
 1990
 1995
 2000



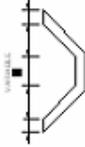
TUBERIA DE CEMENTO | 300'



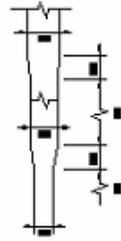
AGUJEROS | 300' Ø x 100'

DETALLE TUBERIA PERFORADA

ESCALA 1/20



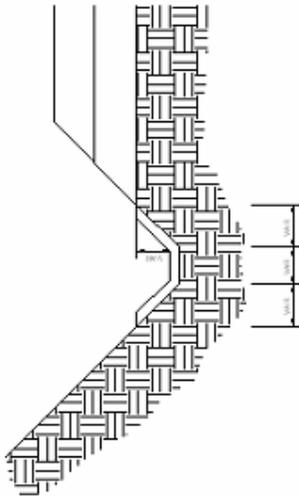
CANAL



1. EL DEL PISO SE INCREMENTA LA CAJA 200 MM EN 30 CM CUANDO LA PENDIENTE NO SEA MAYOR AL 5% CON UNA TRANSICION DE 5 METROS
2. ESPESORES DE 7 CM CONCRETO CLASE 2.0/10

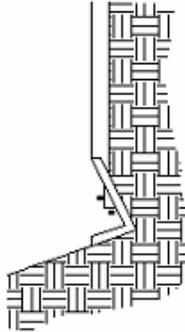
CUNETAS ESPECIALES

SIN ESCALA



DETALLE DE CUNETA TIPO I EN CORTE

ESCALA 1/20



DETALLE DE CUNETA TIPO II EN CORTE

ESCALA 1/20

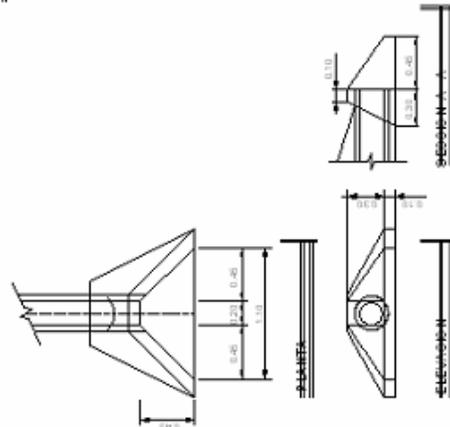
TIPO I
AREA POR METRO
2A + B + 1.36 m²/m



TIPO II
AREA POR METRO
A + B + 1.36 m²/m

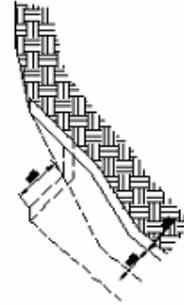


SUPERFICIE DE PAGO DE CUNETAS REVESTIDAS



CABEZAL PARA SUB DRENAJE

ESCALA 1/20



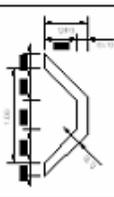
DETALLE DERRAMADERO

SIN ESCALA

CUNETA TIPO I		CUNETA TIPO II	
PENDIENTE %	SECCION	PENDIENTE %	SECCION
1.0	30	1.0	30
2.0	50	2.0	50
3.0	61	3.0	61
4.0	70	4.0	70
5.0	78	5.0	78
6.0	85	6.0	85
7.0	93	7.0	93
8.0	99	8.0	99
9.0	105	9.0	105
10.0	110	10.0	110
11.0	116	11.0	116
12.0	121	12.0	121

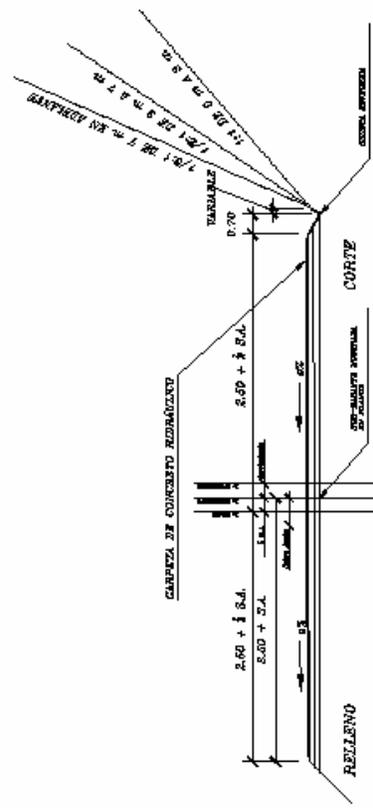


CUNETA TIPO I		CUNETA TIPO II	
PENDIENTE %	SECCION	PENDIENTE %	SECCION
1.0	30	1.0	30
2.0	50	2.0	50
3.0	61	3.0	61
4.0	70	4.0	70
5.0	78	5.0	78
6.0	85	6.0	85
7.0	93	7.0	93
8.0	99	8.0	99
9.0	105	9.0	105
10.0	110	10.0	110
11.0	116	11.0	116
12.0	121	12.0	121

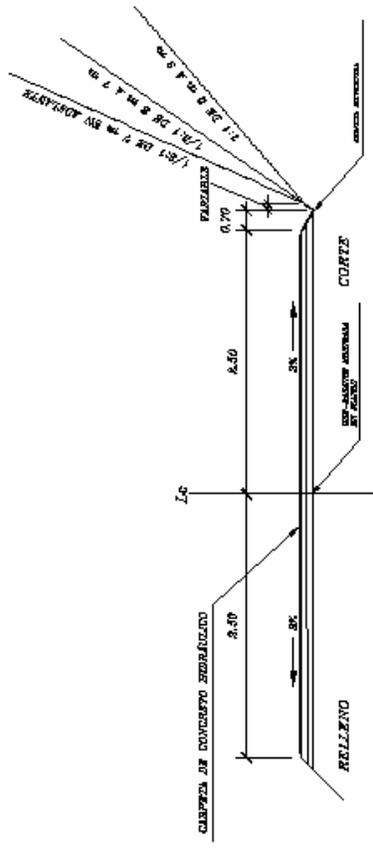


INSTITUTO VENEZOLANO DE INGENIERIA
E.P.S.

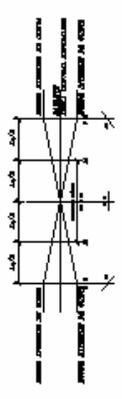
AUTOR: []
 DISEÑO: []
 CALIFICACION: []
 FECHA: []
 ESCALA: []
 TITULO: []



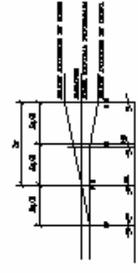
ALINEACIÓN CURVA



ALINEACIÓN RECTA



DETALLE CURVA CUANDO LA ZANQUETA ES MUY ANCHA



DETALLE RECTA CUANDO LA ZANQUETA ES LARGA

NOTAS:

- 1.- EL PERALTE SE REPARTE PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPERA, CADA PUNTO DEBERÁ SER DE PC O PT EL PUNTO MÁS DE LA ZANQUETA.
- 2.- EN LAS CURVAS CON PERALTE MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBO.
- 3.- EL PUNTO DEL BOMBO A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, DEBE SER PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA DE LA C/VE Y CALLETA EN BASE AL BOMBO, EL ANCHO DEL BOMBO EN LA TABLA CORRESPONDIENTE A LA ADERENCIA EN LA TABLA CORRESPONDIENTE A LA VELOCIDAD DE LA VELOCIDAD DE PASAJE DE 6 METROS Y LA TABLA DE LAS PENDIENTES RECOMENDADAS.
- 4.- LAS LONGITUDES DE ESPERA SE DEBEAN CALCULARLAS CON LA TABLA DE PERALTES RECOMENDADOS DE PERALTE RECOMENDADO.
- 5.- LOS MÓDULOS VALORES DE LONGITUD DE ESPERA SON LOS CORRESPONDIENTES A LA DISTANCIA RECOMENDADA EN EL BOMBO Y A LA VELOCIDAD DE PASAJE.

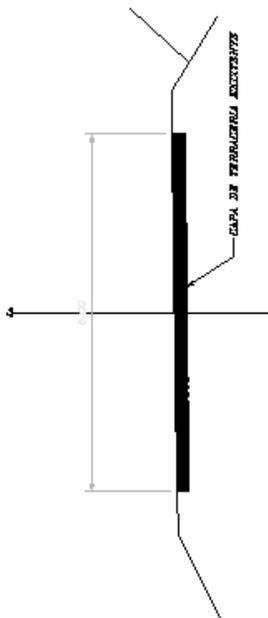
PERALTE RECOMENDADO, MÍNIMAS LONGITUDES DE TRANSICIÓN Y DELTAS MÍNIMAS

V	R		L		L		L		L		L		L		L	
	PC	PT														
10	1.245	0.81	1.245	0.81	1.245	0.81	1.245	0.81	1.245	0.81	1.245	0.81	1.245	0.81	1.245	0.81
20	2.490	1.62	2.490	1.62	2.490	1.62	2.490	1.62	2.490	1.62	2.490	1.62	2.490	1.62	2.490	1.62
30	3.735	2.43	3.735	2.43	3.735	2.43	3.735	2.43	3.735	2.43	3.735	2.43	3.735	2.43	3.735	2.43
40	4.980	3.24	4.980	3.24	4.980	3.24	4.980	3.24	4.980	3.24	4.980	3.24	4.980	3.24	4.980	3.24
50	6.225	4.05	6.225	4.05	6.225	4.05	6.225	4.05	6.225	4.05	6.225	4.05	6.225	4.05	6.225	4.05
60	7.470	4.86	7.470	4.86	7.470	4.86	7.470	4.86	7.470	4.86	7.470	4.86	7.470	4.86	7.470	4.86
70	8.715	5.67	8.715	5.67	8.715	5.67	8.715	5.67	8.715	5.67	8.715	5.67	8.715	5.67	8.715	5.67
80	9.960	6.48	9.960	6.48	9.960	6.48	9.960	6.48	9.960	6.48	9.960	6.48	9.960	6.48	9.960	6.48
90	11.205	7.29	11.205	7.29	11.205	7.29	11.205	7.29	11.205	7.29	11.205	7.29	11.205	7.29	11.205	7.29
100	12.450	8.10	12.450	8.10	12.450	8.10	12.450	8.10	12.450	8.10	12.450	8.10	12.450	8.10	12.450	8.10
110	13.695	8.91	13.695	8.91	13.695	8.91	13.695	8.91	13.695	8.91	13.695	8.91	13.695	8.91	13.695	8.91
120	14.940	9.72	14.940	9.72	14.940	9.72	14.940	9.72	14.940	9.72	14.940	9.72	14.940	9.72	14.940	9.72
130	16.185	10.53	16.185	10.53	16.185	10.53	16.185	10.53	16.185	10.53	16.185	10.53	16.185	10.53	16.185	10.53
140	17.430	11.34	17.430	11.34	17.430	11.34	17.430	11.34	17.430	11.34	17.430	11.34	17.430	11.34	17.430	11.34
150	18.675	12.15	18.675	12.15	18.675	12.15	18.675	12.15	18.675	12.15	18.675	12.15	18.675	12.15	18.675	12.15
160	19.920	12.96	19.920	12.96	19.920	12.96	19.920	12.96	19.920	12.96	19.920	12.96	19.920	12.96	19.920	12.96
170	21.165	13.77	21.165	13.77	21.165	13.77	21.165	13.77	21.165	13.77	21.165	13.77	21.165	13.77	21.165	13.77
180	22.410	14.58	22.410	14.58	22.410	14.58	22.410	14.58	22.410	14.58	22.410	14.58	22.410	14.58	22.410	14.58
190	23.655	15.39	23.655	15.39	23.655	15.39	23.655	15.39	23.655	15.39	23.655	15.39	23.655	15.39	23.655	15.39
200	24.900	16.20	24.900	16.20	24.900	16.20	24.900	16.20	24.900	16.20	24.900	16.20	24.900	16.20	24.900	16.20
210	26.145	17.01	26.145	17.01	26.145	17.01	26.145	17.01	26.145	17.01	26.145	17.01	26.145	17.01	26.145	17.01
220	27.390	17.82	27.390	17.82	27.390	17.82	27.390	17.82	27.390	17.82	27.390	17.82	27.390	17.82	27.390	17.82
230	28.635	18.63	28.635	18.63	28.635	18.63	28.635	18.63	28.635	18.63	28.635	18.63	28.635	18.63	28.635	18.63
240	29.880	19.44	29.880	19.44	29.880	19.44	29.880	19.44	29.880	19.44	29.880	19.44	29.880	19.44	29.880	19.44
250	31.125	20.25	31.125	20.25	31.125	20.25	31.125	20.25	31.125	20.25	31.125	20.25	31.125	20.25	31.125	20.25
260	32.370	21.06	32.370	21.06	32.370	21.06	32.370	21.06	32.370	21.06	32.370	21.06	32.370	21.06	32.370	21.06
270	33.615	21.87	33.615	21.87	33.615	21.87	33.615	21.87	33.615	21.87	33.615	21.87	33.615	21.87	33.615	21.87
280	34.860	22.68	34.860	22.68	34.860	22.68	34.860	22.68	34.860	22.68	34.860	22.68	34.860	22.68	34.860	22.68
290	36.105	23.49	36.105	23.49	36.105	23.49	36.105	23.49	36.105	23.49	36.105	23.49	36.105	23.49	36.105	23.49
300	37.350	24.30	37.350	24.30	37.350	24.30	37.350	24.30	37.350	24.30	37.350	24.30	37.350	24.30	37.350	24.30

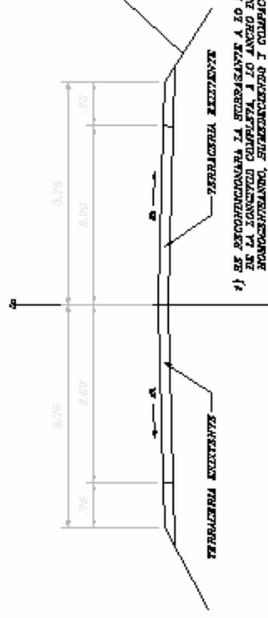
- NOTAS:
- 1.- EN EL TRAZO DE LA LÍNEA CENTRAL SE DEBEAN COLOCAR SIEMPRE CUYO VALOR DE CURVATURA SE DEBE COMO EL SIGUIENTE
 - 2.- LA LÍNEA CENTRAL DEBE SER PARALELA A LA LÍNEA CENTRAL DE LOCALIZACIÓN
 - 3.- LA LÍNEA CENTRAL DEBE SER PARALELA A LA LÍNEA CENTRAL DE LOCALIZACIÓN
 - 4.- LA LÍNEA CENTRAL DEBE SER PARALELA A LA LÍNEA CENTRAL DE LOCALIZACIÓN
 - 5.- LA LÍNEA CENTRAL DEBE SER PARALELA A LA LÍNEA CENTRAL DE LOCALIZACIÓN
 - 6.- LA LÍNEA CENTRAL DEBE SER PARALELA A LA LÍNEA CENTRAL DE LOCALIZACIÓN

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS E.D.S.

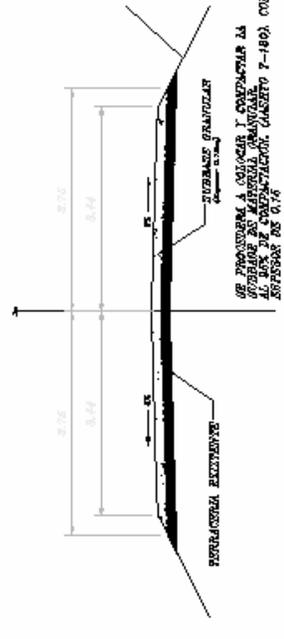
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS E.D.S.



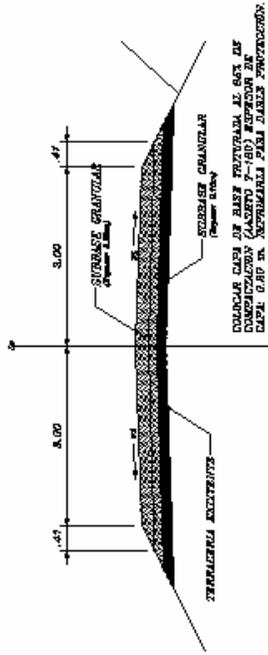
ESTADO ACTUAL



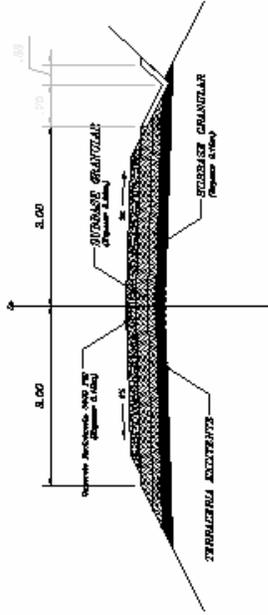
PRIMERA ETAPA



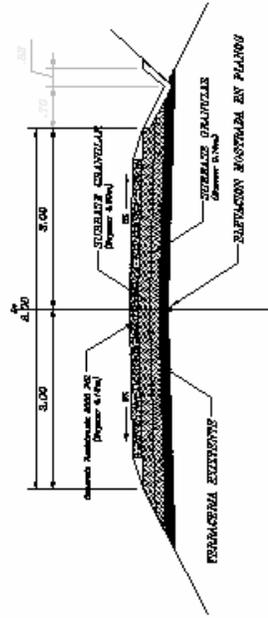
SEGUNDA ETAPA



TERCERA ETAPA



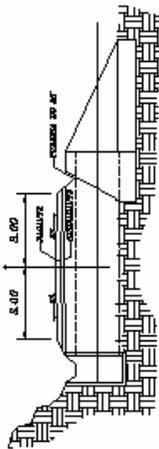
CUARTA ETAPA



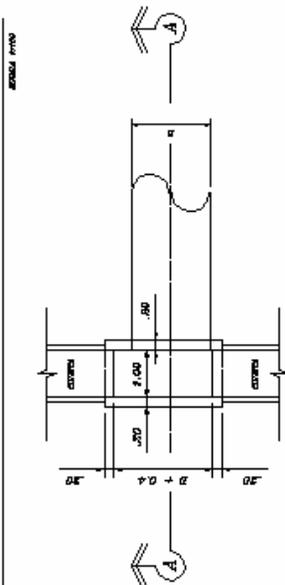
SECCION TYPICA FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
E.D.S.

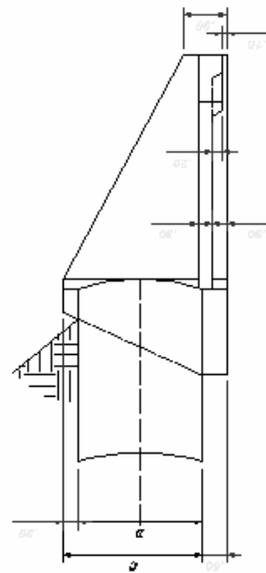
PROFESOR	ASISTENTE	ALUMNO



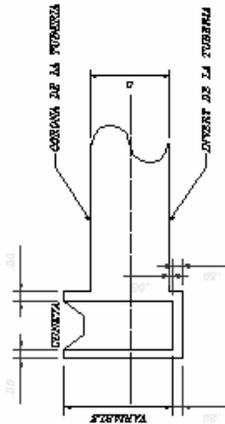
DETALLE GENERAL DE CAJA EN SECCION



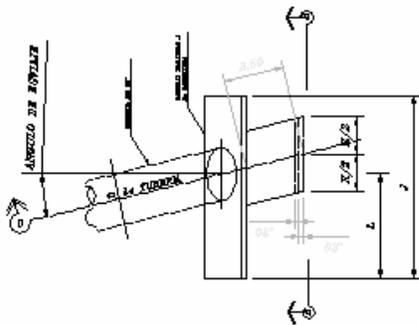
PLANTA



VARIABLE (CIMENTACION)
MINIMO 0.50



DETALLE DE CAJA
CORTE A-A



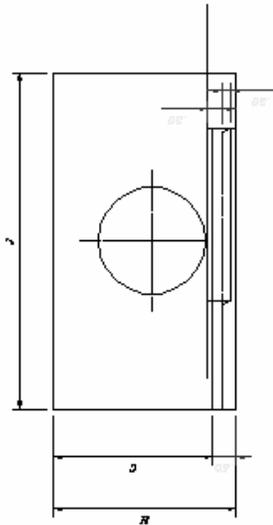
PLANTA CABEZAL PAR UN TUBO

GEOMETRIA PARA CABEZALES CON ALETO NES CON UN TUBO

DIAMETRO	DIMENSIONAMIENTO PARA CABEZALES CON ALETO NES			
	B	C	H	H
10	10	10	10	10
15	15	15	15	15
20	20	20	20	20
25	25	25	25	25
30	30	30	30	30
35	35	35	35	35
40	40	40	40	40
45	45	45	45	45
50	50	50	50	50
55	55	55	55	55
60	60	60	60	60
65	65	65	65	65
70	70	70	70	70
75	75	75	75	75
80	80	80	80	80
85	85	85	85	85
90	90	90	90	90
95	95	95	95	95
100	100	100	100	100

GEOMETRIA PARA CABEZALES RECTOS CON UN TUBO

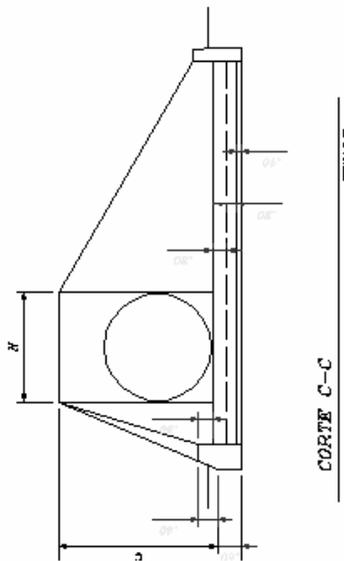
DIAMETRO	DIMENSIONES PARA CABEZAL RECTO			
	B	C	H	H
10	10	10	10	10
15	15	15	15	15
20	20	20	20	20
25	25	25	25	25
30	30	30	30	30
35	35	35	35	35
40	40	40	40	40
45	45	45	45	45
50	50	50	50	50
55	55	55	55	55
60	60	60	60	60
65	65	65	65	65
70	70	70	70	70
75	75	75	75	75
80	80	80	80	80
85	85	85	85	85
90	90	90	90	90
95	95	95	95	95
100	100	100	100	100



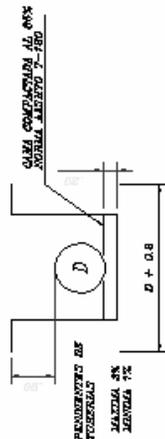
CABEZALES RECTOS
CORTE B-B

NOTAS:

- 1.- PARA LA CONSTRUCCION SE RECOMIENDA UTILIZAR LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA D.C. EDICION 1975
- 2.- SE USARA CONCRETO CLASE 2.000 (140) CONFORME SECCIONES 817 Y 814.03 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.C.
- 3.- PARA LA LOSA DE ENTRADA O SALIDA, SE USARA UN ZAMPADO DE PIEDRA, COLOCADO A MANO Y LIGADO CON MORTERO DE CEMENTO, SEGUN LO ESPECIFICADO EN LA SECCION 810.
- 4.- EL MATERIAL QUE USARA EN EL MURO SERA CONCRETO CLASE 2.000 (140), Y TENDRA LA MISMA PENDIENTE QUE ESTA.
- 5.- LOS CABEZALES DEBERAN SER PARALELOS A LA LINEA CENTRAL DE LA CARRETERA.
- 6.- EL ACABADO DEL CONCRETO, SERA CHONARRADE SUPERFICIE DE ACIERDO CON LA SECCION 811.04 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.C.
- 7.- TODAS LAS ARMAS EMPUESTAS, DEBERAN SER BILKALADE EN 2 CENTIMETROS.
- 8.- TODAS LAS DIMENSIONES LINEALES ESTAN DADAS EN METROS.
- 9.- FUENTE: PLANOS TIPOS TALLADOS CABEZALES RECTOS PARA TUBERIA, DEPARTAMENTO DE CARRETERAS D.C. (MAYO 20, 1970)



CORTE C-C



ANILLO DE BORTAZO AL 0.6% SEGUN SECCION 817.03

PENDIENTES DE FIBRILLA MAXIMA EN SENDA 1%

DIAMETRO DE LA FIBRILLA SERA DE ACUERDO CON EL TUBO



INSTITUTO DE INGENIEROS DE COLOMBIA
I.E.C.

PROYECTO	FECHA	NO. DE