



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

**DISEÑO DE TRAMO CARRETERO PARA EL ACCESO DIRECTO A LA
ALDEA EL ASTILLERO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA COLONIA EL RECUERDO, MUNICIPIO DE MASAGUA,
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.**

JACOBO CABRERA CHÁVEZ

Asesorado por Ing. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

Guatemala, enero de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE TRAMO CARRETERO PARA EL ACCESO DIRECTO A LA
ALDEA EL ASTILLERO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA COLONIA EL RECUERDO, MUNICIPIO DE MASAGUA,
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JACOBO CABRERA CHÁVEZ

ASESORADO POR: ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2006

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE TRAMO CARRETERO PARA EL ACCESO DIRECTO A LA
ALDEA EL ASTILLERO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA COLONIA EL RECUERDO, MUNICIPIO DE MASAGUA,
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 01 de septiembre de 2005.

JACOBO CABRERA CHÁVEZ

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 Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

DEDICATORIA

A:

DIOS

Por la bendición que hoy me da, en permitirme alcanzar este anhelado triunfo

MIS PADRES

Jacobo Cabrera Paz (Q.E.P.D.) y María Celestina Chávez Cardona. Con mucho cariño y agradecimiento por su colaboración y sacrificio.

ESPECIALMENTE A

Juan Bautista Chan Quin, por su apoyo incondicional

MI HERMANA

Lucía Cabrera Chávez (Q.E.P.D.).

MIS ABUELOS

Regino Chávez Altun y Adcacia López Cardona.

MI ESPOSA

Noelia Reyes Morales.

MIS HIJOS

María José Cabrera Reyes
María Alejandra Reyes Morales.

MIS TÍOS

Con cariño y aprecio.

MIS PRIMOS

Por su amistad y afecto.

MIS AMIGOS

Gracias por brindarme su amistad y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS TODO PODEROSO

Por haberme dado la vida y guiarme en el camino correcto para alcanzar una de mis metas.

ING. ÁNGEL SIC

Por el apoyo técnico y moral brindado de manera incondicional y por su valiosa asesoría al presente trabajo de graduación.

FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC

Por permitirme forjar en sus aulas uno de mis más grandes anhelos.

LA MUNICIPALIDAD DE MASAGUA

Por el apoyo proporcionado y la oportunidad de compartir mis conocimientos para realizar este trabajo.

LOS CATEDRÁTICOS

Que con sus sabias enseñanzas me han formado como profesional.

MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO

Por los momentos que recorrimos juntos en la senda de la vida, deseándoles éxitos.

ÍNDICE GENERAL

	PAGINA
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. INVESTIGACIÓN	
1.1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR	
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Límites y localización.....	1
1.1.3. División política administrativa.....	4
1.1.4. Suelo y topografía.....	4
1.1.5. Accidentes hidrográficos.....	4
1.1.6. Clima.....	5
1.2. PRINCIPALES NECESIDADES DEL LUGAR	
1.2.1. Vías de comunicación	5
1.2.2. Abastecimiento de agua potable.....	5
2. ANÁLISIS DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA.....	7
2.1. Vehículo de diseño.....	7
2.2. Los volúmenes de tránsito.....	10
2.2.1. El tránsito promedio anual (TPDA).....	10
2.3. Las velocidades.....	11
2.3.1. Velocidad de operación.....	12
2.3.2. Velocidad de diseño.....	12
2.3.3. velocidad de ruedo.....	14

2.4. Teoría sobre pavimentos.....	15
2.4.1. Generalidades.....	15
2.4.1.1. Definición de pavimento.....	15
2.4.1.2. Tipos de pavimentos	15
2.4.1.2.1. Pavimento flexible.....	16
2.4.1.2.2. Pavimento rígido.....	17
2.4.1.2.2.1. Tipos de pavimentos rígidos.....	18
2.4.2. Elementos estructurales de los pavimentos.....	18
2.4.2.1. Sub-asante.....	18
2.4.2.2. Sub-base.....	20
2.4.2.2.1. Sub-base estabilizada.....	23
2.4.2.3. Base.....	27
2.4.2.3.1. Base de grava o piedra triturada.....	27
2.4.2.3.2. Base granular.....	30
2.4.2.3.3. Base estabilizada con cemento.....	31
2.4.2.3.4. Base negra.....	31
2.4.2.4. Capa de rodadura.....	31
2.4.2.5. Capa de desgaste o sello.....	32
2.4.2.6. Superficie rasante.....	32
2.5. Determinación de las propiedades del suelo.....	33
2.5.1. Generalidades.....	33
2.5.1.1. Características físicas de los suelos.....	33
2.5.1.2. Capacidad de carga de los suelos.....	35
2.5.2. Ensayos de laboratorio de suelos.....	36
2.5.2.1. Ensayo de contenido de humedad.....	37
2.5.2.2. Análisis granulométrico.....	37
2.5.2.3. Límites de consistencia.....	38
2.5.2.3.1. Límite líquido (L.L.).....	39
2.5.2.3.2. Límite plástico (L.P.).....	39

2.5.2.3.3. Índice de plasticidad (I.P.).....	40
2.5.2.4. Ensayo del peso unitario de densidad.....	40
2.5.2.5. Ensayo de compactación ó Proctor Modificado.....	40
2.5.2.6. Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.).....	41
2.5.3. Análisis de resultado.....	43
2.6. Drenaje pluvial.....	44
2.6.1. Sistema de drenaje para una carretera.....	44
2.6.1.1. Alcantarillas.....	44
2.6.1.2. Cunetas.....	44
2.6.1.3. Contra cunetas.....	44
2.6.1.4. Bombeo.....	45
2.6.1.5. Pendiente longitudinal.....	45
2.6.2. Drenaje superficial de carreteras.....	45
2.6.2.1. Estudio hidrológico.....	46
2.6.2.1.1. Precipitación pluvial.....	46
2.6.2.1.2. Escurrimiento superficial.....	46
2.6.2.1.3. Determinación y estudio del área de drenaje.....	47
2.6.2.1.3.1. Método de Talbot.....	48
2.6.2.1.3.2. Método Racional.....	50
2.6.2.2. Estudio hidráulico.....	52
2.6.2.2.1. Fórmula de Manning.....	53
2.6.2.2.2. Fórmula de Chézy.....	54
2.6.2.2.3. Fórmula de Kutter.....	55
2.7. Diseño del proyecto.....	56
2.7.1. Generalidades.....	56
2.7.1.1. Determinación de los factores de diseño utilizados en el tramo Carretero de Masagua – aldea El Astillero	57
2.7.1.2. Diseño del tramo carretero de Masagua – aldea El Astillero.....	58

2.7.1.2.1.	Memoria e informe técnico.....	58
2.7.2.	Evaluación de impacto ambiental.....	66
2.7.2.1.	Medidas de mitigación recomendadas.....	66
2.7.2.2.	Medidas de mitigación para construcción.....	67
2.7.2.3.	Medidas de mitigación para operación y mantenimiento.....	68
2.8.	Maquinaria a utilizar.....	69
2.9.	Planos.....	71
2.10.	Presupuesto del proyecto.....	71
2.11.	Cronograma de ejecución.....	73

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA EL RECUERDO

3.1.	Descripción del proyecto.....	75
3.2.	Diseño del proyecto.....	75
3.2.1.	Altimetría.....	75
3.2.2.	Planimetría.....	75
3.2.3.	Período de diseño.....	76
3.2.4.	Estudio de población.....	76
3.2.5.	Puntos de descargas.....	77
3.2.6.	Determinación de caudal de aguas servidas.....	77
3.2.6.1.	Caudal doméstico.....	77
3.2.6.1.1.	Dotación.....	78
3.2.6.1.2.	Factor de retorno.....	78
3.2.6.1.3.	Factor de flujo instantáneo.....	78
3.2.6.2.	Caudal conexiones ilícitas.....	79
3.2.6.3.	Caudal de infiltración.....	80
3.2.7.	Factor de caudal medio.....	81
3.2.8.	Caudal medio.....	82
3.2.9.	Caudal de diseño.....	82

3.2.10.	Diseño de sección y pendientes.....	83
3.2.10.1.	Cálculo hidráulico.....	83
3.2.11.	Diámetros mínimos.....	83
3.2.12.	Velocidades máximas y mínimas.....	83
3.2.13.	Profundidad de las tuberías.....	84
3.2.14.	Pozo de visita.....	84
3.2.15.	Cotas invert.....	85
3.2.16.	Evaluación de impacto ambiental.....	86
3.2.16.1.	Medidas de mitigación para construcción	87
3.2.16.2.	Medidas de mitigación para operación Y mantenimiento.....	87
3.2.17.	Evaluación socio-económica.....	88
3.2.17.1.	Valor presente neto (V.P.N).....	88
3.2.17.2.	Tasa de interés de retorno (TIR).....	92
3.3.	Fase de docencia.....	93
3.4.	Planos	94
3.5.	Presupuesto.....	94
3.6.	Cronograma de actividades.....	98
CONCLUSIONES.....		99
RECOMENDACIONES.....		101
BIBLIOGRAFÍA.....		103
ANEXOS.....		105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Mapa de ubicación de Masagua.....	3
2. Muestra cota invert de un tubo	85
3. Diagrama de flujo	91

GRÁFICAS

I. Gráfico de análisis de tránsito.....	64
II. Determinación de espesor del pavimento	65

TABLAS

I. Dimensiones de los vehículos de diseño	9
II. Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño.....	9
III. Porcentaje por peso retenido en los tamices.....	24
IV. Graduación de la granza	25
V. Tipo, grado, especificación y temperatura para el material bituminoso A utilizar como estabilizador	26
VI. Tipos de graduación para material de capa de base de grava ó Piedras trituradas.....	28
VII. Valores mínimos de C.B.R.....	42
VIII. Coeficientes C del terreno drenado.....	50
IX. Coeficientes de rugosidad de Manning	54
X. Rangos de estimación en porcentajes de vehículos pesados y Promedios de pesos brutos que podrían emplearse	61
XI. Porcentaje total de vehículos pesados en el carril de diseño.....	62
XII. Factores de ajuste al número de transito inicial	63
XIII. Presupuesto tramo carretero Masagua-aldea El Astillero.....	72
XIV. Cronograma de actividades de ejecución carretera El Astillero.....	73
XV. Cronograma de actividades de inversión carretera El Astillero.....	73

XVI. Presupuesto drenaje sanitario colonia El Recuerdo.....95

XVII. Cronograma de actividades de ejecución drenaje sanitario colonia El
Recuerdo..... 98

XVIII. Cronograma de actividades de inversión drenaje sanitario colonia El
Recuerdo.....98

XIX. Cálculo hidráulico.....106

LISTA DE SÍMBOLOS

Rh	Radio hidráulico
mín.	Mínima
máx.	Máxima
P.V.C.	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
Est.	Estación
P.O.	Punto observado
dist.	Distancia
L/hab./día	Litros por habitante por día
hab.	Habitantes
S%	Pendiente en porcentaje
P.V.	Pozo de visita
qdis	Caudal de diseño
P.U.	Precio unitario
m³	Metros cúbicos
Cant	Cantidad
U	Unidad
r	Tasa de crecimiento de la población, expresado en %
v	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s
V	Velocidad a sección llena de la tubería expresada en m/s
D	Diámetro de la tubería expresada en m
a	Área que ocupa el tirante en la tubería expresada en m ²
A	Área de la tubería (en caso a/A) expresada en m ²
A	Área del terreno (en caso Q=CIA) expresada en Ha
q	Caudal de diseño expresado en m ³ /s
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresada en m ³ /s
v/V	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
d/D	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
a/A	Relación de área de flujo / área a sección llena

q/Q	Relación de caudal / caudal a sección llena
m/s	Metros por segundo
I	Intensidad de lluvia
C	Coefficiente de escorrentía superficial
Mm./h	Milímetros por hora
FH	Factor de Harmond
P	Población
n	Coefficiente de rugosidad
R	Radio
m	metro
m²	metro cuadrado
Ha	hectáreas
m³/s	metros cúbicos por segundo

GLOSARIO

Aguas negras	El agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones de alturas.
Banco de marca	Punto en la altimetría, cuya altura se conoce y se utilizará para determinar alturas siguientes.
Bases de diseño	Parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño; como la población, el clima, tipos de comercio, caudales.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
Candela	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce éstas mismas, al colector del sistema de drenaje.
Carril	Superficie de rodamiento, que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
Caudal Comercial	Volumen de aguas negras que se descarga de los comercios.

Caudal de Diseño	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
Caudal Doméstico	Caudal de aguas servidas que se descarga al sistema por medio de las viviendas.
Caudal industrial	Volumen de aguas servidas provenientes de industrias.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
Compactación del suelo	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad para soporte de cargas.
Conexión Domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, hasta la candela.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior interna de la tubería ya instalada.
Cuneta	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.
Curva circular simple	Es un arco de curva circular de radio constante que une a dos tangentes.

Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
Especificaciones	Normas que rigen el diseño geométrico de las carreteras.
Fórmula de Manning	Fórmula para determina la velocidad de un flujo en un canal abierto; esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Grado máximo de curvatura	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva a usarse. Éste debe llenar las condiciones de seguridad para el tránsito de la velocidad de diseño.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones horizontales de una superficie.
Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes y componentes de una carretera.
Superficie de rodadura	Área designada a la circulación de vehículos.

Talud	Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica; que delimita los volúmenes de corte o terraplén y está contenido entre la cuneta y el terreno original.
Terracería	Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.
Tramo inicial	Primer tramo a diseñar o construir en un drenaje.
Tirante	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, en la Municipalidad de Masagua, Escuintla.

Como resultado de esta investigación se determinó que deberá atender lo siguiente:

Ofrece información general del lugar donde se realizó el estudio. Donde se tratarán dos temas, el diseño de la red de alcantarillado sanitario para la colonia El Recuerdo y el diseño del tramo carretero para el acceso directo a la aldea El Astillero.

El sistema de alcantarillado sanitario es necesario, ya que, este sector de la población en estudio cuenta con el servicio de agua potable, por lo que las aguas negras están siendo drenadas en la superficie del suelo, lo que provoca deterioro de las calles y contaminación afectando la salud de los habitantes de la localidad.

El tramo carretero es necesario, donde actualmente, se encuentra en mal estado, debido a la falta de mantenimiento y de drenajes, por lo que hace difícil el acceso a la aldea, principalmente, en época de invierno esto afecta a los pobladores, debido a que no pueden transitar y transportar las diferentes mercaderías.

OBJETIVOS

General

- Diseñar el sistema de drenaje sanitario para la población de la colonia El Recuerdo, Masagua, Escuintla y, así, mejorar el nivel de vida de la comunidad con la realización del estudio.
- Realizar la planificación y diseño del tramo carretero comprendido de la cabecera municipal hasta la aldea El Astillero del Municipio de Masagua, Escuintla.

Específicos

- Desarrollar una investigación de tipo monográfica del lugar.
- Capacitar a los miembros de la comunidad acerca del buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.
- Capacitar a los líderes comunitarios, en este caso a los miembros de los comités que operan en las diferentes comunidades, de tal manera que puedan contribuir directamente en el mantenimiento de la carretera, en aspectos de la limpieza de drenajes y cunetas.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería es responsable del diseño, construcción y mantenimiento de diferentes clases de proyectos, por lo que el ingeniero debe estar consciente de su papel en este campo.

En Masagua se realizó, un diagnóstico, de las necesidades existentes, se procedió a clasificar las de mayor prioridad.

El primero es el diseño de la red de alcantarillado sanitario de la colonia El Recuerdo en la cabecera municipal; el segundo es el diseño del tramo carretero que une a la aldea El Astillero con la cabecera.

Este trabajo presenta la solución y la planificación de los proyectos mencionados, los cuales han sido asesorados por la unidad del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), que fue concebido para lograr que el estudiante tenga contacto directo con la población del país, en especial la del área rural. Se logra, de esta manera, mantener la proyección social de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1. INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

1.1.1. Antecedentes

El municipio de Masagua fue fundado en el año 1,536 por los españoles, con el nombre de San Luís Masagua. Poblado por Pipiles lo cual le dieron a su comunidad el nombre de Mazat Agui. Traducido al castellano significa, lugar de venado huyendo. Los indígenas por la necesidad de tener agua cerca de sus poblados fundaron el pueblo cerca de la corriente del río Guacalate.

Fue el sacerdote español Toribio Benavente, conocido popularmente entre los suyos como Motolinia, que a su vez quiere decir pies descalzos en lengua indígena, el que llevo acabo los trabajos de construcción de la iglesia católica, habiendo también sembrado la Ceiba Pentándra que luce imponente su fronda en el parque de la cabecera municipal.; siendo el 14 de julio de 1,536 cuando se terminó la construcción del templo, la Cruz del Perdón que aun conserva su posición como en los pueblos fundados por los españoles.

1.1.2. Límites y localización

El municipio de Masagua, se encuentra situado en la parte central del departamento de Escuintla, en la Región V o región central. Se localiza en la latitud 14°12'34" y en la longitud 90°51'34". Cuenta con una extensión territorial de 448 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 130 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es cálido.

Se encuentra a una distancia de 15 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla.

Sus colindancias son:

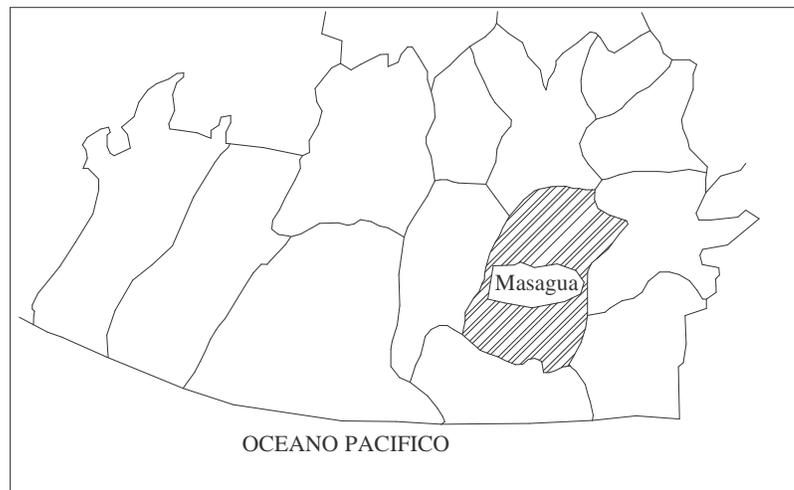
Al norte: con el departamento de Escuintla

Al sur: con el municipio de puerto San José

Al este: con los municipio de Guanagazapa é Iztapa

Al oeste: con el municipio de la Democracia

Figura 1. Mapa de ubicación de Masagua



1.1.3. División política administrativa

La municipalidad es de 3^{era}. Categoría. Cuenta con un pueblo que es la cabecera municipal, 3 aldeas y 9 caseríos.

1.1.4. Suelo y topografía

Los suelos del departamento de Escuintla han sido divididos en 32 unidades que consisten 28 series de suelo y cuatro clases de terreno misceláneo.

Los suelos han sido divididos en tres grupos amplios: I. Suelos del Declive del Pacífico, II. Suelos del Litoral del Pacífico y III. Clases Misceláneas de Terreno. El tipo de suelo del municipio de Masagua se encuentra clasificado en el grupo II. Siendo suelos mal drenados, de textura pesada, basándose en la profundidad del suelo, el drenaje y la clase de material madre.

El material madre del suelo, es probablemente un material aluvial reciente que fue depositado en partes poco profundas del mar. Para obtener su producción óptima se debería proveer regadío durante la época seca, es decir, de diciembre a mayo. Los cultivos adaptados a la región, tales como el banano, la caña de azúcar, las gramíneas de aceites esenciales, el algodón y otras fibras, al igual que el maíz, pueden producirse en grandes cantidades. Gran parte del área está cubierta de bosques.

1.1.5. Accidentes hidrográficos

Existen varios afluentes que bañan el municipio de Masagua, entre estos podemos contar con 4 lagunas; 20 ríos, entre los más importantes se pueden mencionar el Achíguate, el Guacalate, el Escalante y el Naranjo; 13 quebradas; el riachuelo Placetas; y 11 zanjones, entre los cuales están: El Pájaro, La Morita y Las Malicias.

1.1.6. Clima

Está caracterizado por dos estaciones: severamente seca y muy húmeda, de casi igual duración. La época de sequía se extiende desde noviembre hasta abril, pudiendo ser completamente seca, hay suficiente lluvia entre los meses de junio a octubre. Para las cosechas comunes en el área. Las temperaturas son moderadas, con días cálidos y noches agradables. Las variaciones diarias son mayores que las variaciones estacionales promedio, pues las variaciones diarias pueden ser de hasta 10 grados, siendo las estacionales promedio de solamente unos dos.

1.2. Principales necesidades del lugar

1.2.1. Vías de comunicación

Masagua es atravesado por la carretera departamental de Escuintla y por la autopista que va de Escuintla al Puerto Quetzal. Así mismo cuenta con caminos vecinales, veredas y roderas que lo comunican con otros municipios y poblados rurales. Otra vía de comunicación con que cuenta Masagua es la vía férrea, por medio de la cual se encuentran las estaciones del ferrocarril: Cádiz, La Maquina, Las Mercedes, Masagua, Naranja, San Juan Mixtan, Obero, Santa Luisa y Santa Maria.

1.2.2. Abastecimiento de agua potable

En el área urbana, la mayor parte de la población tiene agua en su casa. Una situación similar se da en la mayoría de las aldeas, actualmente se está trabajando en la introducción de agua potable a la aldea El Astillero, aldea San Juan Mixtan y colonia Divino Maestro. Complementando el desarrollo del municipio de Masagua.

2. ANÁLISIS DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA

2.1. Vehículo de diseño

La tipología de los vehículos automotores que circulan por las carreteras regionales admiten que, en primer término, se ubiquen en un extremo los vehículos livianos que son los mas numerosos en la corriente vehicular e incluyen los automóviles compactos y subcompactos, los jeeps, las camionetas agrícolas y los pick-ups, siendo todos ellos representados por el automóvil tipo; mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación, no admiten una sola representación sino que requieren ser desglosados para su correcta identificación como elementos condicionantes de algunos aspectos del diseño geométrico de las carreteras.

Mención aparte por sus características muy propias, merecen las combinaciones de vehículos que operan en el transporte de la caña de azúcar hacia los ingenios de temporada de zafra, operando en las carreteras dentro de áreas restringidas a su zona de influencia. Se trata de la combinación de una unidad de tracción de gran potencia, que arrastra enganchados dos pesados remolques hasta de 40 pies de longitud, provisto cada uno de cuatro ejes, o un semirremolque con un remolque. La configuración de la sección transversal de estos remolques se ensancha desde la base hacia arriba, para facilitar la operación de carga de las unidades e incrementar su capacidad de carga viva, reduciendo de paso el espacio libre de los carriles contiguos y, con su movimiento bamboleante, aportando su cuota de inseguridad a la circulación del tránsito general por dichas carreteras.

En correspondencia con la simbología que utiliza la AASHTO en su manual de diseño geométrico, cabría seleccionar cinco vehículos tipo para el diseño de las carreteras regionales. El vehículo tipo P corresponde a la categoría de vehículos livianos, que representa el automóvil. El vehículo representativo de las unidades de transporte colectivo, representado por el autobús sencillo, corresponde al tipo BUS. El camión de tres ejes no aparece en la clasificación de la AASHTO, pero puede asimilarse al camión sencillo de dos ejes identificado como SU, por ser más restrictivo que los vehículos articulados. En la categoría de vehículos articulados de carga se puede escoger para diseño, por semejanza, el vehículo tipo WB-19 (Semirremolque Interestatal), que utiliza su semirremolque de 14.6 metros de largo (48 pies) y fue adoptado como vehículo de diseño según la ley federal norteamericana de Transporte por Superficie de 1982, aunque igualmente se puede considerar el vehículo tipo WB-20 que está provisto de un semirremolque de 16.2 metros de longitud (53 pies), que en algunas esporádicas ocasiones ha hecho presencia en las carreteras de la región.

En un rango intermedio entre los dos tipos extremos de vehículos para el transporte de carga, se puede considerar el vehículo identificado como WB-15, que puede cargar contenedores de 6.1 y 9.1 metros de longitud (20 y 30 pies). Conforme la tabla I de la AASHTO, siendo oportuno destacar que los vehículos pesados, de pasajeros o de carga, tienen ya un ancho máximo de diseño de 2.6 metros, mientras el Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras de 1958, en proceso de revisión, limita el mismo a 2.5 metros.

Tabla I. Dimensiones de los vehículos de diseño (metros)

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Ancho	2.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Longitud	5.8	12.1	9.1	16.7	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9	2.1	1.2	0.9	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5	2.4	1.8	0.6	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4	7.6	6.1	6.1	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1	12.8	14.3

Tabla II. Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño (metros)

VEHÍCULO – TIPO	RADIO INTERIOR (M)	RADIO DE DISEÑO (M)
Automóvil, P	4.2	7.3
Autobús Sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión Sencillo, SU	8.5	12.8
Camión Articulado, WB-15	5.8	13.7
Camión Articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión Articulado, WB-20	0	13.7

Los radios mínimos de giro para dichos vehículos de diseño, giros que deben realizarse a velocidades menores de 15 kilómetros por hora, se muestra en la tabla II.

2.2. Los volúmenes de tránsito

El buen diseño de una carretera solamente puede lograrse si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y la utilizará hasta el término del período seleccionado de diseño, sea que se trate de una nueva carretera o de una carretera existente que se propone reconstruir o ampliar. Esta visión cuantificada del lado de la demanda del tránsito, es comparada con la oferta de capacidad que promete la solución del diseñador, para establecer su necesaria compatibilidad y consistencia.

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtienen normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras, lo mismo que mediante investigaciones de Origen y Destino (O/D) que, dependiendo de la metodología utilizada, arrojarán datos sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes. En las intersecciones, los estudios volumétricos de tránsito clasificados por dirección de los movimientos en los accesos a las mismas, durante periodos de tiempo determinados, proporcionan a su vez los datos básicos necesarios para enfrentar las particulares características de su diseño.

2.2.1. El tránsito promedio anual (TPDA)

Unos de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de una día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales. No obstante, se ha tomado el TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

2.3. Las velocidades

La velocidad de una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores, distintos a los que particularizan al conductor y su vehículo, que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales para el control del flujo vehicular.

Para el conductor, la velocidad es uno de los elementos críticos a considerar en la selección de la ruta a transitar o la escogencia de un determinado modo de transporte, ponderándose su importancia en términos de tiempos de recorrido, de costos de viaje, de la combinación de los dos factores anteriores y de la conveniencia de los usuarios.

En la práctica vial se hace referencia usualmente a tres tipos de velocidades, la de operación, la de diseño y la de ruedo.

2.3.1. Velocidad de operación

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera.

2.3.2. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando en cuenta las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad de diseño por los riesgos que acarrearía en materia de seguridad.

Para la AASHTO, una velocidad de diseño de 110 kilómetros por hora en autopistas, vías expresas y otras carreteras troncales, resulta apropiada para aplicar en la categoría superior de los sistemas de carreteras. Este es el límite superior recomendado para Centroamérica.

Se admite que en las categorías inferiores de la clasificación vial, con la debida consideración de las condiciones topográficas del terreno, se reduzcan en forma gradual las velocidades recomendadas para diseño, hasta límites prácticos y razonables. En las arterias urbanas reguladas por los conocidos dispositivos de control del tránsito, se acepta que las velocidades de ruedo sean limitadas a 30 y en determinadas circunstancias hasta 25 kilómetros por hora, con lo que las menores velocidades de diseño pueden ubicarse en los 40 kilómetros por hora.

La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura, sobre elevación y distancias de visibilidad, de los que depende la operación segura de los vehículos. Aunque otros elementos del diseño, como decir el ancho de la calzada, los hombros y las distancias a que deben estar los muros y las restricciones laterales a la vía, no dependen directamente de la velocidad de diseño, se asume que a mayores velocidades de diseño los elementos deben ser mejorados dentro de los límites prácticos y compatibles con el cambio.

En la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos.

1. Distribución de las velocidades
2. Tendencias de las velocidades
3. Tipo de área
 - a Rural
 - b Urbana
4. Condiciones del terreno
 - a Plano
 - b Ondulado
 - c Montañoso
5. Volúmenes de tránsito

6. Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias
7. Condiciones ambientales

2.3.3. Velocidad de ruedo

La velocidad de ruedo, que es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto es, sin incluir paradas, constituye una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario.

En las carreteras de bajos volúmenes de tránsito, las velocidades promedios de ruedo se aproxima a las velocidades de diseño y llegan a representar entre 90 y 95 por ciento de éstas. A medida que los volúmenes de tránsito aumentan, aumenta igualmente la fricción entre los vehículos en la corriente vehicular y se reducen sensiblemente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los volúmenes alcanzan niveles de congestamiento que, deseablemente, deben evitarse por todos los medios disponibles en un proyecto vial.

2.4. Teoría sobre pavimentos

2.4.1. Generalidades

En la actualidad se puede decir que no existe una terminología única para designar las diferentes partes que forman un pavimento. Sin embargo, comúnmente, un pavimento, en su forma más completa se construye de varias capas teniendo cada una de ella su función específica.

2.4.1.1. Definición de pavimento

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

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

2.4.1.2. Tipos de pavimentos

- Pavimento flexible o de asfalto
- Pavimento rígido o de concreto hidráulico

2.4.1.2.1. Pavimento flexible

El pavimento de asfalto o pavimento flexible, es una estructura formada por varias capas (sub-base, base y carpeta asfáltica) con el fin de satisfacer los siguientes propósitos:

1. Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. Un pavimento de asfalto debe estar constituido de tal manera que las cargas que sobre él se apliquen no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la sub-rasante sobre la cual ésta colocado, y a la vez, se impida la formación de grietas internas en la estructura del mismo y el desplazamiento de partículas ocasionadas por la acción de amasadura del tránsito. Por lo tanto un pavimento de asfalto debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.
2. Tener la impermeabilidad necesaria. El pavimento debe tener la suficiente impermeabilidad para impedir la infiltración del agua de lluvia, ya que si ésta penetra en exceso provoca la lubricación de las partículas con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte. De esto se deduce que siempre será buena práctica ingenieril el que se cuente con suficiente drenaje al proyectarse un pavimento, ya que aunado a ello la impermeabilidad necesaria del pavimento en si, redundará en una obra estable.
3. Resistir la acción destructora de los vehículos. La acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de partículas del pavimento. También el tránsito provoca cierta acción de molienda y amasado. De ahí que el pavimento deba resistir estos efectos.
4. Tener resistencia a los agentes atmosféricos. Los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocando la meteorización y alteración de los materiales que lo forman.

Es de tener en cuenta que hay materiales que resisten mejor que otros estos efectos y por lo tanto la vida económica y útil del pavimento será mayor cuando los materiales que lo formen tengan más capacidad de resistencia a los agentes físicos y químicos.

2.4.1.2.2. Pavimento rígido

Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos como también se les designa, difieren de los pavimentos de asfalto o pavimentos flexibles, primero, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, y segundo, en que son afectados grandemente por los cambios de temperatura. Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

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

En virtud de estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos ya anotados, es notorio que para que estos pavimentos cumplan en forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es necesario que su proyecto esté basado en los factores siguientes:

- a) Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.

- b) Valor relativo de soporte y características de la subrasante.
- c) Clima de la región.
- d) Resistencia y calidad del concreto a emplear.

2.4.1.2.2.1. Tipos de pavimentos rígidos

- a) Pavimentos de concreto simple, sin varillas pasa juntas.
- b) Pavimentos de concreto simple, con varillas pasa juntas.
- c) Pavimentos de concreto reforzado (refuerzo continuo).

El problema de los pavimentos de concreto, son las juntas que se tienen que diseñar y construir para controlar los cambios de volumen, inevitables, que se producen en ellos por cambios de temperatura.

2.4.2. Elementos estructurales de los pavimentos

2.4.2.1. Sub-rasante

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

Reacondicionamiento de subrasante es la operación que consiste en escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar, y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida, efectuando cortes y rellenos, no mayores de 20 centímetros de espesor; con el objeto de regularizar, mejorando mediante estas operaciones las condiciones de la sub-rasante, como cimienta de la estructura del pavimento.

- **Material inapropiado para sub-rasante**

1. Suelos clasificados como A-8 según AASHTO M 145, que son altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales, parcialmente carbonizadas o fangosos; su clasificación se basa en inspección visual y no depende de pruebas de laboratorio; se componen de materia orgánica parcialmente podrida; generalmente tienen textura fibrosa; color café oscuro o negro y olor a podredumbre; son altamente compresibles y tienen muy baja resistencia. Además basura o impurezas, que puedan ser perjudiciales para la cimentación del pavimento.
2. las rocas aisladas, mayores de 10 centímetros, que se encuentran incorporadas en los 30 centímetros superiores de la capa de suelo de sub-rasante.

- **Material apropiado para sub-rasante**

Suelos de preferencia granulares con menos de 3% de hinchamiento en ensayo AASHTO T 193, que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo o sección que se está reacondicionando y que además, no sean inadecuados para sub-rasante.

- **Compactación**

La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad, hasta lograr el 95% de compactación con respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

2.4.2.2. Sub-base

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

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de sub-base; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas, una sub-base del espesor compactado requerido, sobre la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada.

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

La capa de sub-base, debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

- **Valor soporte.** El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimos de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T 180, o bien un valor R, AASHTO T 190, mayor de 50.
- **Piedras grandes y exceso de finos.** El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 7 centímetros.

El material de sub-base no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 40 (0.425 mm.), ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.0075 mm.).

- **Plasticidad.** La porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm.), no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.
- **Equivalente de arena.** No. debe ser menor de 25, determinado por el método AASHTO T 176.
- **Impurezas.** El material de sub- base debe estar razonablemente exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.
- **Selección del material.** Seleccionar los bancos de materiales, que llenen los requisitos de calidad establecidos y acompañando los resultados de los ensayos que haya efectuado.
- **Tendido.** El material de sub-base, debe ser tendido en capas no mayores de 30 centímetros ni menores de 10 centímetros. Si el espesor de sub-base requerido, es mayor de 30 centímetros, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 10 centímetros, no perdiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material suelto de sub-base colocado, debe corresponder en cantidad, el espesor de la capa a tender el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de sub-base, medida desde el extremo anterior cubierto con la base, no debe ser mayor de 4 kilómetros.

- **Mezcla.** Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use maquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogenización, mezclando el material en todo su espesor mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con moto niveladora, escarificadora, estabilizadora, arado de discos o por otro método que produzca una mezcla homogénea.
- **Valor soporte.** Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos, y seguidamente un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos colocados.
- **Granulometría.** Se debe efectuar ensayo de granulometría, por cada 500 metros cúbicos de los primeros 3,000 metros cúbicos producidos al iniciar la explotación de cada banco, seguidamente se debe efectuar un ensayo cada 3,000 metros cúbicos colocados de material de sub-base.
- **Plasticidad y equivalente de arena.** Se debe efectuar un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos de material de sub.-base colocado.

2.4.2.2.1. Sub - base estabilizada

Es la capa de sub-base preparada y construida aplicando la técnica de estabilización de suelos, para mejorar sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores.

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada; suelos seleccionados de bancos aprobados, para utilizarse, ya sea en su estado natural, mezclando varios de ellos, o en combinación con los suelos de la sub-rasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de 5 centímetros, materiales vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la sub-base estabilizada puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

No deben utilizarse para la sub-base estabilizada, los suelos que estén comprendidos dentro de los materiales inapropiados para sub-rasante, a menos que se trate de estabilización con cal; ni los que tengan un índice de plasticidad determinado por el método AASHTO T 90, mayor de 20, ni más de 70% de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.075 mm.), según AASHTO T 11 cuando se usa cal o cemento. Estos límites se reducen a un máximo de 15 de índice de plasticidad y a no más de 50% de partículas más finas que el tamiz 200 (0.075 Mm.) cuando se usa material bituminoso. Cantidades que afecten la adecuada estabilización.

Los materiales estabilizadores pueden ser: cal, cemento port-land, materiales bituminosos y otros productos que llenen los requisitos siguiente:

- Cal hidratada. De preferencia debe utilizarse cal hidratada que llene los requisitos de AASHTO M 216, tipo I.

- Lechada de Cal. Debe llenar los requisitos siguientes.
 1. Composición química. El contenido de sólidos debe consistir de un mínimo de 70% en peso, de óxidos de calcio y magnesio.
 2. Residuo. El porcentaje por peso del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites siguientes, ver tabla III.

Tabla III. Porcentaje por peso retenido en los tamices

TAMIZ NO.	ESTÁNDAR MM	MÁXIMO RESIDUO
6	3.35	0.0%
10	2.00	1.0%
30	0.600	2.5%

- **Grado de la lechada.** Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

Grado 1. El contenido de sólidos secos no debe ser mayor de 31% del peso total de la lechada.

Grado 2. El contenido de sólidos secos no debe ser mayor de 35% del peso total de la lechada.

- **Granza de cal.** Si se usa granza de cal, que consiste en una mezcla de cal hidratada no refinada con partículas de arena y polvillo, debe llenar los requisitos siguientes: por lo menos el 50% en peso.

Debe ser cal hidratada de conformidad con AASHTO M 216 Tipo I; y la graduación de la granza determinada por el método AASHTO T 27 debe estar dentro de los límites siguientes.

**Tabla IV. Graduación de la granza
Determinado por el método AASHTO T 27**

TAMIZ NO.	STANDARD MM	PORCENTAJE POR PESO, QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA
3/8	9.5	100
No. 40	0.425	60
No. 200	0.075	45

La granza de cal debe además, estar libre de impurezas como fragmentos de madera, grumos de arcilla y sustancias que afecten su efectividad como material estabilizador.

- **Cal viva.** Si las disposiciones especiales así lo establecen expresamente y en casos especiales, puede utilizarse cal viva, debiéndose efectuar previamente la preparación correspondiente de la misma, pulverizándola e hidratándola adecuadamente. El tamaño máximo de los grumos no debe ser mayor de ¼ pulgada (6.3 mm.). El proceso de hidratación no debe durar menos de 24 horas.
- **Cemento Pórtland.** Debe utilizarse cemento Pórtland que llene los requisitos de la norma AASHTO M 85-63 para el tipo especificado. Con la aprobación previa por escrito del Ingeniero puede utilizarse otras clases de cemento o cemento a granel.

- **Materiales bituminosos.** El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación para el material bituminoso a utilizarse como estabilizador, debe ser uno de los establecidos en la tabla siguiente, a menos que lo indiquen de otra forma las disposiciones especiales.

**Tabla V. Tipo, grado, especificación y temperatura
De aplicación para el material bituminoso
A utilizarse como estabilizador**

TIPO Y GRADO DE MATERIAL BITUMINOSO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		Grados Fahrenheit	Grados Centígrados
1. Asfaltos líquidos RC 250	AASHTO M 81	80 – 150	27 – 65
MC 250, SC 250	AASHTO M 82, M 141	140 – 170	60 – 77
RC 800, MC 800 SC 800	AASHTO M 81, M 82 M 141	150 – 200	65 - 93
2. Emulsiones Asfálticas SS-1, CSS-1	AASHTO M 140, M 208	75 - 130	24 - 55
SS 1h, CSS 1h	AASHTO M 140, M 208	75 - 130	24 - 55
3. Alquitranes RT-5, RT-6	AASHTO M 52	80- 150	27 - 65
RT-7, RT-8, RT-9	AASHTO M 52	150 - 225	65 - 105

2.4.2.3. Base

Es la capa constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas subyacentes y sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

2.4.2.3.1. Base de grava o piedra triturada

El material de base debe consistir en piedra o grava de buena calidad, trituradas y mezcladas con material de relleno, de manera que el producto obtenido, corresponda a uno de los tipos de graduación aquí estipulados y llene además los requisitos siguientes:

a. Valor Soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación AASHTO T 180, o bien un valor R, AASHTO T 190 mayor de 85.

b. Abrasión. La porción de agregado, retenida en el tamiz No. 4 (4.75 mm.), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones, según AASHTO T 96.

c. Caras Fracturadas, y Partículas Planas o Alargadas. No menos de 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 (4.75 mm.) deben de tener por lo menos una cara fracturada; ni más del 20% en peso pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

d. Impurezas. El material de base de grava o piedra triturada debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base, pueden causar a criterio profesional, fallas en el pavimento.

e. Graduación. El material para capa de base de grava o piedra trituradas, debe llenar los requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 27 Y T 11, para uno de los tipos que se establecen a continuación.

**Tabla VI. Tipos de graduación para material
De capa de base de grava o piedra trituradas**

TAMIZ N.	STANDARD MM	PORCENTAJE POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA AASHTO T 27					
		TIPO "A" 2" máximo		TIPO "B" 1 ½ " máximo		TIPO "C" 1" máximo	
		A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
2	50	100	100				
1 ½	37.5			100	100		
1	25.0	65-85	70-90	70-95	70-100	100	100
¾	19.0	50-80	50-75	55-85	60-90	70-100	70-100
⅜	9.5				45-75		50-80
No.4	4.75	30-60	29-60	30-60	30-60	35-65	35-65
10	2.00				20-50		25-50
40	0.425	10-25	7-30	10.25	10-30	15-25	15-30
200	0.075	3-10	0-15	3-10	5-15	3-10	5-15

f. Plasticidad y Cohesión. El material de base de grava o piedra trituradas, en el momento de ser colocado en la carretera, debe tener en la fracción que pasa el Tamiz No. 4 (4.75 mm.), incluyendo el material de relleno, las características siguientes:

1. Plasticidad. La porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm), no debe tener un índice de plasticidad, AASHTO T 90, mayor de 3, ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos sobre nuestra preparada en húmedo,

AASHTO T 146. Cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 6.

2. Material más fino de 0.075 mm. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm), debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm).

3. Equivalente de Arena. No debe ser menor de 40, determinado según AASHTO T 176.

g. Material de Relleno. Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, este debe ser libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, limo inorgánico, polvo de roca, u otro material con alto porcentaje de partículas que pasen el tamiz No. 10 (2.00 mm).

h. Colocación y tendido. El material de base debe depositarse sobre la sub-base previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con moto niveladora; o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación, en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de la capa a tenderse no debe ser mayor de 30 centímetros ni menor de 10 centímetros. La distancia máxima a que puede ser colocado el material para capa de base, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 4 kilómetros.

i. Mezcla. El material de base que haya sido tendido, debe mezclarse adecuadamente en el espesor completo de la capa, con moto niveladora, mezcladora móvil o por otro método que produzca una mezcla uniforme. En caso de utilizarse equipo especial.

Que permita tender el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

j. Riego de agua. Previamente a la compactación de la capa de base, debe humedecerse adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo debe determinarse secando el material o por el método de carburo, AASHTO T 217. El humedecimiento del material puede efectuarse en la planta, antes de ser acarreado y tendido, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación especificada.

k. Conformación y compactación. La capa de base de grava o piedra triturada, debe conformarse ajustándose razonablemente a los alineamiento y secciones típica de pavimentación, y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. Cuando el espesor de capa a compactar exceda de 30 centímetros, el material de base debe ser tendido conformado y compactado en dos o más capas, nunca menores de 10 centímetros.

2.4.2.3.2. Base granular

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento.

2.4.2.3.3. Base estabilizada con cemento

Es la capa de base, constituida de materiales pétreos y/o suelos mezclados con cemento Pórtland y agua, aplicando la técnica de estabilización, con el objeto de mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito, a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

2.4.2.3.4. Base negra

Es la capa de base, constituida de materiales granulares pétreos, recubiertos con material bituminoso, con el objeto de mejorar sus condiciones de resistencia a la humedad y estabilidad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito, a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

2.4.2.4. Capa de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente, las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y esta formada por una mezcla bituminosa si el pavimento es flexible y por una losa de concreto de cemento si es pavimento rígido.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

2.4.2.5. Capa de desgaste o sello

Es la capa que se coloca sobre la capa de rodadura y esta formada por un riego bituminoso con arena o piedra menuda, esta capa es optativa, no se coloca si la de rodadura es resistente al desgaste.

2.4.2.6. Superficie rasante

Es la que soporta el tránsito de los vehículos automotores.

No siempre un pavimento se compone de todas la capas anteriormente indicadas. La ausencia de una o varias de ellas. Depende de la capacidad soporte de la sub-rasante de la clase de materiales a usarse, del tipo de pavimento, de la intensidad del tránsito, de la carga de diseño, etc.

2.5. Determinación de las propiedades del suelo

2.5.1. Generalidades

En la construcción de vías terrestres es indispensable la aplicación de los principios de la mecánica de suelos ya que la investigación de las propiedades de los suelos, no puede ser ajena a ninguna de las etapas de su proyecto.

En la construcción de carreteras para economizar recursos es esencial proyectar basándose en el conocimiento de las propiedades de los suelos encontrados en el lugar donde ésta se construirá.

2.5.1.1. Características físicas de los suelos

a. Tamaño de las Partículas

El tamaño de las partículas es básico para hacer una clasificación de suelos. El tamaño de las partículas lo determina la composición minera-lógica que posee un determinado suelo.

b. Peso Específico

El peso específico de un material es la relación que existe entre el peso de los sólidos del material y el peso del volumen de agua que dichos sólidos desalojan.

c. Estructura

La estructura de un suelo es determinante en su comportamiento mecánico, sobre todo cuando se trata de arcillas, ya que éstas bajo condiciones de humedad y la acción de fuerzas exteriores pueden modificar su estructura y alterar su volumen de vacíos dando como resultado una reducción de la estabilidad del suelo.

d. Distribución de las Diferentes Partículas

De la distribución de las diferentes partículas que componen un suelo, como piedra, grava, arenas, limos y arcillas, depende el mayor o menor volumen de vacíos del suelo. El procedimiento para determinar los diferentes porcentajes de material granular y fino que contiene un suelo se denomina análisis granulométrico, que se lleva a cabo por medio de tamices.

e. Contenido de Humedad

Es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra seca.

f. Porosidad y contenido de Vacíos

Además de las partículas sólidas, los suelos contienen un porcentaje de vacíos que pueden estar llenos de aire y/o agua.

g. Dureza o Porcentaje de Desgaste

Es muy importante conocer la forma como se comportan los agregados bajo la acción del tránsito, por lo que las rocas trituradas, las gravas naturales y las gravas trituradas, deben de someterse a una prueba de desgaste, la que se efectúa con el equipo denominado máquina de desgaste de Los Ángeles.

h. Permeabilidad

Es la propiedad que tiene un suelo de permitir el paso del agua por sus poros.

i. Capilaridad

Esta se basa en el principio de ascensión capilar, caracterizada porque dicha ascensión es inversamente proporcional al diámetro de los tubos formados por los vacíos de los suelos y en la construcción o mantenimiento de pavimentos.

Esta condición se debe tomar en cuenta, ya que, un gran porcentaje de suelos, están formados por arcillas o limos arcillosos.

2.5.1.2. Capacidad de carga de los suelos

Para construir una capa de sub-Rasante debe cumplirse con los requisitos siguientes.

1. Hacer un estudio de suelo para determinar las características del terreno natural y la posibilidad de utilizarlo como material de relleno.
2. Adaptar las característica geométricas de la capa de apoyo –ancho, profundidad y pendiente lateral a las característica del suelo que se va utilizar. La sección transversal debe incluir un drenaje adecuado.
3. Se deben considerar los efectos de humedad ya que una condición esencial para la estabilidad del suelo y la capa de apoyo, es que estén libre de humedad excesiva.
4. La condición gradual de humedad durante el proceso de compactación disminuye la tensión superficial entre los granos del suelo, permitiendo que las partículas se consoliden más estrechamente aumentando la densidad y la estabilidad del suelo, con mayor resistencia al corte y menos espacio para la humedad. Agregando agua después de una cantidad ideal de humedad, se llega a un punto en que las partículas se separan dando lugar a una capa menos densa y menos estable. La cantidad ideal de humedad se llama humedad óptima y el punto de máxima densidad por peso seco se llama también, densidad óptima.
5. Diseñar un buen sistema de drenaje ya que éste es sin duda el factor más importante que contribuye a la estabilidad, debido a que se requiere que el agua se mantenga lejos de la estructura de la capa de apoyo.

Es necesario entonces colocar alcantarillas, cunetas revestidas y sub-drenajes, para evacuar el agua rápidamente, evitándose estancamientos cercanos que puedan provocar saturación en la estructura de apoyo del pavimento.

2.5.2. Ensayos de laboratorio de suelos

Los ensayos de suelos están muy asociados con los proyectos de carreteras.

Un buen programa de estudio de suelos deberá abarcar:

- a. Toma de muestras de materiales representativos;
- b. Realización de los ensayos respectivos; y,
- c. Proveer los datos obtenidos para el proyecto.

Es importante identificar los suelos, porque se logrará mucho si los materiales están adecuadamente identificados desde el principio.

La persona encargada del estudio, decidirá los tipos de suelos de los que han de tomarse muestras, su número, cómo y cuando han de ser tomadas.

Los procedimientos de ensayo se hacen para la clasificación general de los suelos, para el control de la construcción y para determinar la resistencia del suelo.

Los ensayos generales, se usan para identificar suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados, adecuadamente. Estos ensayos son: ensayo del peso específico, análisis granulométrico y ensayos de consistencia.

Los ensayos para inspección o control, se usan para asegurar que los suelos se compacten, adecuadamente, durante la construcción, de modo que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto, éstos son: ensayo del contenido de humedad, determinación del peso unitario o densidad y ensayo de compactación para el contenido de humedad.

Los ensayos de resistencia se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos y son adecuados para usarlos en la construcción; el más importante es el California Bearing Ratio, C.B.R.

2.5.2.1. Ensayo de contenido de humedad

La humedad o contenido de agua de una muestra de suelo, es la relación del peso del agua contenida en la muestra, al peso de la muestra ya seca, expresada como tanto por ciento.

2.5.2.2. Análisis granulométrico

La granulometría es la propiedad que tiene los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. En la clasificación de los suelos para el uso en ingeniería se está acostumbrado utilizar algún tipo de análisis granulométrico, este ensayo constituye una parte de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

El análisis generalmente se hace en dos etapas.

- a. La primera se realiza por medio de una serie de tamices convencionales para suelos de granos grandes y medianos o suelos granulares como: piedra triturada, grava y arenas.

El análisis consiste en pasar la mezcla que se analizara por mallas de aberturas conocidas, después se pesa el material retenido en cada una de las mallas y la información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, para poder comparar el suelo y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños gruesos presentes como una masa total. Los tamaños inferiores a la malla # 200 se consideran finos.

- b. La segunda por un proceso de vía húmeda para suelos de granos finos como limos, limos-arenosos, limos-arcillosos y arcillas. Este análisis mecánico vía húmeda se basa en el comportamiento de material granular en suspensión dentro de un líquido al sedimentarse.

Para suelos excesivamente finos se deberá usar el método del hidrómetro, pero este caso no es muy aplicado a carreteras, pues los materiales finos son materiales poco recomendables para bases y sub-bases de pavimentos. Solamente en el caso de que más del 12% de la muestra pase a través del tamiz # 200.

Es necesario el procedimiento de la granulometría por hidrómetro según AASHTO T 88. Todo el análisis granulométrico deberá ser echo por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T 27.

2.5.2.3. Límites de consistencia

Sirven para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por su contenido de humedad.

2.5.2.3.1. Límite líquido (L.L)

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 casa grande, se cierre 1.27 cm. 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 ante 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 al hacerlo sobre muestra preparada en húmedo.

2.5.2.3.2. Límite plástico (L.P.)

Es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. 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 de 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 3 mm (1/8 de pulgadas) 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.

2.5.2.3.3. Índice de plasticidad (I.P.)

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

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

2.5.2.4. Ensayo del peso unitario de densidad

Peso unitario húmedo a densidad húmeda es el peso por metro cúbico o bien por centímetro cúbico del material “in situ” incluyendo el agua que contiene. Este ensayo se usa para controlar la compactación de terraplenes y capas de base.

Para controlar la compactación de suelos gravosos, en el campo, se debe obtener la densidad seca del material que pasa el tamiz $\frac{1}{4}$ ”, a fin de que se pueda comparar con la densidad hallada en la compactación de laboratorio.

2.5.2.5. Ensayo de compactación o Proctor Modificado

Compactación es todo proceso por medio del cual, se aumenta el peso volumétrico de un material.

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

2.5.2.6. Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)

El valor relativo de soporte de un suelo (C.B.R.), es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa en porcentaje de la carga requerida, para producir la misma penetración, en una muestra estándar de piedra triturada.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para 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 lb. Sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Luego se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando lecturas a cada 24 hrs, controlando la expansión del material.

Determinación de la resistencia a la penetración

Después de haber tenido la muestra en saturación durante cuatro días, se saca del agua escurriéndola durante quince minutos, se le quita la pesa, el disco perforado y el papel filtro, se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba, se coloca nuevamente sobre la muestra, el peso, el extensómetro ajustado a cero con el pistón colocado sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, y se procede a tomar las lecturas de deformación.

Ya con las lecturas tomadas, se procede a encontrar por medio de fórmula, la carga correspondiente a cada una de éstas, haciendo por último el gráfico que representa nuestro suelo.

Tabla VII. Valores mínimos de C.B.R.

C.B.R.	CLASIFICACIÓN
0 - 5	Subrasante muy mala.
5 - 10	Subrasante mala.
11 - 20	Subrasante regular o
21 - 30	Subrasante muy buena
31 - 50	Subrasante buena
51 - 80	Base buena
81 - 100	Base muy buena

2.5.3. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en el apéndice 1. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento.

Se cuenta entonces, en este caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación: S.C.U. SM P.R.A. A-1b

Descripción = Arena limosa con grava color café oscuro

Peso unitario seco máximo = 103 lb./pie³

Humedad óptima = 16 %

C.B.R. = 57.2 %

L.L. = material no plástico

I.P. = material no plástico

Como se puede observar, este material cumple con los requisitos de base buena.

2.6. Drenaje pluvial

2.6.1. Sistema de drenaje para una carretera

2.6.1.1. Alcantarillas

Son los conductos que se construyen por debajo de la sub-rasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.

2.6.1.2. Cunetas

Las cunetas son canales abiertos que sirven para interceptar el agua superficial que proviene de la plataforma y de los taludes cuando existe corte.

Las cunetas pueden ir colocadas al centro de la calzada o lateralmente a ella dependiendo de la clase de carretera.

Pueden ser de sección transversal, triangular, rectangular, trapezoidal etc.

2.6.1.3. Contra cunetas

Las contra cunetas a diferencia de las cunetas van colocadas a una cierta distancia del borde de un corte que da paso a una carretera.

Por su posición, se les conoce como cunetas de cresta. El mantenimiento de este tipo de cunetas se hace a veces muy difícil, cuando se encuentran colocadas a alturas grandes y podrán incluso dar lugar a filtraciones que dañen el talud hasta provocar el deslizamiento del mismo.

2.6.1.4. Bombeo

El bombeo es la pendiente transversal de una carretera. Dependiendo del tipo de pavimento o superficie de rodadura, se usa generalmente el 2 o 3% y en algunos casos valores mayores. Ésta pendiente transversal sirve para remover el agua que cae directamente sobre la calzada.

2.6.1.5. Pendiente longitudinal

La pendiente longitudinal al igual que el bombeo sirve para remover el agua que cae directamente sobre la plataforma de la carretera, pero en el sentido longitudinal.

Con el objeto de que una carretera tenga mayor capacidad de drenaje, es que existen especificaciones acerca de pendiente mínimas.

2.6.2. Drenaje superficial de carreteras

Para el diseño de drenajes intervienen la hidrológica y la hidráulica como rama de la ciencia, ayudadas por la topografía, la geología de la zona, razones estructurales, etc.

2.6.2.1. Estudio hidrológico

La hidrología es la ciencia que trata de la precipitación y del escurrimiento encima y debajo de la superficie de la tierra.

La secuencia de los acontecimientos que representan los varios movimientos de agua, recibe el nombre de ciclo hidrológico. Estos acontecimientos son: precipitación, infiltración, evaporación, transpiración, intercepción, escurrimiento superficial, escurrimiento subterráneo y almacenaje.

2.6.2.1.1. Precipitación pluvial

Consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable del agua de lluvia. Las fórmulas para el cálculo del gasto en este procedimiento requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, del área a drenar, de su topografía y de las clases de suelo de dicha área. Los tres últimos datos se pueden determinar en cualquier lugar en el momento en que se necesiten, más no así la precipitación pluvial la cual es necesario conocer su valor máximo en un número bastante grande de años.

2.6.2.1.2. Escurrimiento superficial

El objeto del drenaje en los caminos, es en primer término, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue al camino.

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas se estanque y reblandezca las terracerías originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua por peligro de derrumbes o deslizamientos según el tipo de material del corte, y debe evitarse además, que el agua subterránea reblandezca la subrasante con su consiguiente peligro.

Como puede observarse, el prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanente y naturalmente drenados. Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variables, permeables unos e impermeables otros, obligando ello a la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas. La experiencia en el análisis y estudio de muchos caminos en mal estado ha ensañado que el drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido el responsable del daño que ha sufrido.

2.6.2.1.3. Determinación y Estudio del área de drenaje

Para el diseño de drenajes, debemos de estimar el volumen de agua que deberá ser drenada. Éste volumen de agua recibe el nombre de descarga de diseño, y su determinación debe hacerse con la mayor precisión posible, para hacer un diseño económico.

Se han utilizado numerosos métodos para el cálculo de descarga de diseño. Todos ellos están basados en uno de los siguientes criterios.

1. Registro de corrientes individuales y observación de estructuras existentes.
2. Uso de fórmulas empíricas o semiempíricas, para determinar la máxima descarga.
3. Uso de fórmulas, empíricas o semiempíricas para determinar directamente el área de desagüe requerida.

Por su fácil aplicación, y su uso tan extendido se estudiarán la fórmula de Talbot y la fórmula Racional.

2.6.2.1.3.1. Método de Talbot

En 1887, Talbot, profesor de la Universidad de Illinois, publicó su bien conocida fórmula, para determinar directamente el área para una alcantarilla. En este trabajo se adaptará para la obtención del área de cunetas para carreteras.

Para la derivación de su fórmula, Talbot hizo uso de la Burki – Ziegler, la cual da la descarga “q”, en pies cúbicos por segundo por acre drenado, así:

$$q = CI4\sqrt{\frac{S}{A}}$$

En donde:

A: área de drenaje, en acres.

S: pendiente promedio del terreno en pies por 1,000 pies.

I: precipitación promedio, en pulgadas por hora, durante la mayor lluvia.

C: coeficiente que depende de la impermeabilidad del terreno.

La derivación de la fórmula de Talbot fue hecha de la siguiente forma: puesto que según Burki – Ziegler la descarga varía inversamente con la cuarta potencia del área drenada, La descarga total variará como $1/A$ o también como $A^{-3/4}$. Asumiendo que la velocidad del agua a través de la alcantarilla es la misma que aguas arriba en el canal, la abertura de la alcantarilla variará de la misma manera. Ésta hipótesis es verdadera cuando la pendiente de la alcantarilla sea la misma que aguas arriba en el canal y cuando la disminución del coeficiente de fricción en la alcantarilla, en relación con el del canal, sea contrarrestada por la resistencia en la entrada de la alcantarilla.

Se puede escribir entonces:

$$a = C 4\sqrt{A^3}$$

Siendo:

a: área de desagüé, en pies cuadrados

A: área de drenaje, en acres

C: coeficiente adimensional:

En unidades métricas la fórmula se escribe así:

$$a = 0.183C 4\sqrt{A^3}$$

En donde:

a: área de desagüé, en metros cuadrados

A: área de drenaje, en hectáreas

C: coeficiente adimensional.

El coeficiente C depende de la naturaleza del terreno drenado. Para diversas condiciones se recomiendan los valores siguientes, ver tabla XIII.

**Tabla VIII. Coeficiente c
Del terreno drenado**

CONDICIONES DEL TERRENO	C
Terrenos rocosos con pendientes abruptas	1
Terrenos quebrados con pendientes moderadas	0.66
Valles irregulares, muy anchos en comparación con su largo	0.50
Terrenos agrícolas ondulados, siendo el largo del valle tres o Cuatro veces el ancho	0.33
Zonas planas	0.20

Para la obtención del área contribuyente se puede hacer uso de fotografías aéreas, mapas topográficos, etc.

2.6.2.1.3.2. Método Racional

En el método racional se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria contribuye con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que él que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

El método racional esta representado por la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q = Caudal de diseño en m³/seg.

A = Área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

C = Coeficiente de escorrentía (consultar tabla VIII)

Para la intensidad de lluvia, consultar en el INSIVUMEH para la región en Estudio.

La intensidad estará dada por la siguiente fórmula:

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

Donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

a y b = Varían en cada región, datos proporcionados por INSIVUMEH.

t = Tiempo de concentración en minutos.

$$t = \left[\frac{0.86 * L^3}{H} \right]^{0.385} * 60$$

Donde:

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud de cauce principal

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal; se da en metros.

2.6.2.2. Estudio hidráulico

Un canal abierto se define como un conducto por el que circula agua con una superficie libre. Como canales abiertos, se clasifican los conductos de agua descubiertos y los cerrados cuando trabajan parcialmente llenos.

En el drenaje de carreteras, los canales son utilizados como zanjas laterales y de coronación, canales de desviación, cunetas y alcantarillas que trabajan parcialmente llenos.

Los elementos de un canal son los siguientes:

Área (A): el área de la sección transversal.

Perímetro mojado (P): es la longitud de la línea de intersección del plano de la sección transversal, con la superficie mojada del canal.

Radio hidráulico (R): Es la relación entre el área y el perímetro mojado.

Desde el punto de vista de las propiedades hidráulicas de un canal, la sección transversal de máximo rendimiento es la que con un área y pendientes dadas, tiene capacidad máxima. Esta sección es la de mínimo perímetro mojado.

Por otra parte, como la sección de máximo rendimiento para cualquier caudal dado es la de área mínima, será también la de construcción más económica.

2.6.2.2.1. Fórmula de Manning

Una de las fórmulas mas usadas actualmente para flujo en canales abiertos, es la de Robert Manning. Como resultado de muchas experiencias, Manning determinó que el valor C era directamente proporcional a $R^{1/6}$. Otros científicos encontraron que este factor de proporcionalidad era similar al valor reciproco de n (coeficiente de rugosidad en la fórmula de Kutter).

La fórmula obtenida experimentalmente por Manning es la siguiente:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Sistema métrico}$$

En donde:

V: velocidad en metros por segundo

n: coeficiente que depende del material y estado del cauce

R: radio hidráulico en metros

S: pendiente

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Sistema inglés}$$

en donde:

V: velocidad en pies por segundo

R: radio hidráulico en pies

En términos de Q podemos expresar la ecuación de la siguiente manera

$$Q = A * V$$

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

Tabla IX. Coeficientes de rugosidad de Manning

TIPO DE SUPERFICIE	N
Canales y zanjas de tierra, rectos y uniformes	0.020
En roca, lisos y uniformes	0.030
En roca, ásperos e irregulares	0.040
Canales sinuosos y de corriente lenta	0.025
Canales excavados de tierra	0.028
Canales revestidos de concreto	0.014
Canales revestidos de grama y bien mantenidos	0.050

2.6.2.2.2. Fórmula de Chézy

En 1775 Chézy propuso que la velocidad en un canal abierto era directamente proporcional a $R S$ de donde:

$$V = C\sqrt{RS}$$

Esta fórmula ha sido usada tanto para canales abiertos como para tuberías bajo presión. Para el valor de C se tiene que:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{f}}$$

Donde:

g: Gravedad en metros por segundo

f: Factor de fracción

A pesar de la simplicidad de esta fórmula se tiene que C no es un número adimensional, teniendo las dimensiones de $L^{1/2} T^{-1}$.

Para el uso de esta fórmula en el sistema inglés se debe de transformar el coeficiente c, a las dimensiones correspondientes.

2.6.2.2.3. Fórmula de Kutter

La fórmula de Kutter sirve para la determinación del coeficiente C de la fórmula de Chézy:

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(41.7 + \frac{0.00155}{S} \right)} \quad \text{Sistema métrico}$$

$$C = \frac{41.7 + \frac{0.00281}{S} + \frac{1.81}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(41.7 + \frac{0.00281}{S} \right)} \quad \text{Sistema inglés}$$

2.7. Diseño del proyecto

2.7.1. Generalidades

La mayor parte de los métodos de diseño de pavimentos tienen como base una prueba de laboratorio o un conjunto de pruebas, que se supone sirven como índice para presentar el comportamiento real de los pavimentos por medio de alguna correlación o conjunto de correlaciones más o menos razonables y seguras, que deben existir entre el comportamiento de los materiales en el laboratorio y en la estructura del proyecto.

Es de comprender que resulta difícil la tarea de establecer una correlación sencilla y manejable entre una prueba de laboratorio, que ha de ser simple, fácil de estandarizar e interpretar y el complicado y variado comportamiento real de los materiales usados en los pavimentos. Es natural esperar que los métodos de diseño que se basan en pruebas de laboratorio y en su correlación con el comportamiento estructural, presenten las limitaciones y defectos que son de imaginarse.

Por las razones anteriores, es lógico esperar que no exista un método de diseño de espesores que pueda aplicarse con confianza absoluta.

Desde este punto de vista el método de diseño que se aplique debe verse como un marco de referencia de criterio, una base cálculo, pero también como algo que debe ser complementado con experiencias y arte.

Se comprende entonces por qué la tecnología de los pavimentos está tan llena de factores ajenos a la metodología específica de un método de diseño.

2.7.1.1. Determinación de los factores de diseño utilizados en el tramo carretero de Masagua – aldea El Astillero

El propósito de analizar los factores de diseño es de proveer métodos para determinar los factores apropiados para la introducción del tránsito en el diseño estructural de pavimentos. Los primeros a considerar son, el número (TPDA) y carga sobre eje que se espera aplicar al pavimento durante un período de tiempo dado.

Investigaciones realizadas han mostrado que los efectos en la conformación del pavimento de un eje de carga de cualquier masa puede ser representado por un número equivalente a la aplicación de 18 KIP (18,000 lbs.) por eje simple de carga. (ESAL)

Estimar la carga y el volumen del tránsito inicial y futuro para el diseño estructural de pavimentos, requiere de un análisis y estudio sustancial. La información y definiciones presentadas a continuación, pueden ser usadas para tal propósito.

- a) Se determinan por medio de análisis de estimaciones obtenidas del número de vehículos de diferentes tipos como: autobuses, camiones sencillos y camiones múltiples de varias clases, que espera usen la nueva carretera.
- b) Es el período de tiempo seleccionado, en años para el cual el pavimento diseñado podrá soportar los efectos acumulativos del tránsito. Al final del período de diseño se puede esperar que el pavimento requiera una rehabilitación para mantener el alto nivel de servicialidad. Sin embargo, el período de diseño no debe confundirse con la vida útil del pavimento ni con el período de análisis.

La vida del pavimento puede extenderse indefinidamente a través de medidas de rehabilitación, hasta que la carretera se convierta en obsoleta debido a cambios en orden, posibilidades u otros factores.

1. El tránsito promedio diario anual (TPDA) fue calculado por medio de un conteo semanal, dándonos como resultado el tránsito inicial promedio anual 500 vehículos.
2. El ensayo C.B.R. nos dio un porcentaje de 57.2%, lo cual nos funciona como base buena.
3. El período de diseño utilizado es de 20 años, durante el cual se aplicará únicamente políticas de mantenimiento.
4. El tipo de carretera se escogió basado sobre el TPDA, lo cual es tipo “E”

2.7.1.2. Diseño del tramo carretero de Masagua–aldea El Astillero por el procedimiento del instituto del asfalto

2.7.1.2.1. Memoria e informe técnico

Se supondrá un camino tipo normal, de dos carriles o línea de tránsito, que se espera tenga un tránsito promedio diario anual (TPDA) de 500 vehículos, inicialmente, con un crecimiento del 4% anual. La carga límite legal por eje sencillo es de 18,000 lb. (8,181.81 Kg.) Y siendo una carretera rural el promedio del peso bruto del tránsito pesado esperado es de 15,000 a 25,000 lb., por lo que se supondrá un valor intermedio de de 20,000 lb. (Ver tabla X).

Los vehículos pesados, en el flujo vehicular se espera sea del 11% del volumen total del tránsito inicial en la vía (500) y el tránsito pesado en el carril de diseño se estima sea del 50% del total del tránsito pesado (ver tabla XI) por lo tanto se tiene:

1. El tránsito inicial promedio diario anual (TPDA) = 500 vehículos.
2. Porcentaje de vehículos en ambas direcciones = 11%.
3. Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño = 50%, (ver tabla XI)
4. El número de vehículos pesados en el carril de diseño será.

Fórmula:

$$\text{TPDA} * \frac{(\% \text{ de vehículos en ambas direcciones})}{(100)} * \frac{(\% \text{ vehículos pesados en el carril de diseño})}{(100)}$$

$$500 * \frac{(11)}{(100)} * \frac{(50)}{(100)} = 27.50 \text{ número de vehículos pesados en el diseño.}$$

a. Este valor se marcará en la línea “C” del nomograma de “Análisis de Tránsito” (ver gráfico I)

b. Como el promedio de pesos brutos de vehículos pesados es de 20, se marcará éste valor en el eje “D” del nomograma de “Análisis de Tránsito”.

5. Unir los puntos marcados en “C” y en “D” con una recta y prolongarla hasta encontrar a la línea auxiliar “B”.

6. Marcar sobre la línea “E” del nomograma “Análisis de Tránsito” el valor de la carga legal por eje sencillo (18,000 lb. = 8,181.818 Kg.).

7. Unir con una recta los puntos marcados sobre las líneas “B” y “E” y prolongarla hasta la línea “A”.

8. Leer en la línea “A” el Número de Tránsito Inicial (NTI) de 5 (tránsito pesado según gráfico I).

9. Como el período de diseño es de 20 años y la razón de crecimiento del tránsito es del 4%, (ver tabla XII), se obtiene un factor de ajuste inicial de 1.49, por que el Número de Tránsito Diario (NTD) para 20 años será:

$$\text{NTD} = 5 * 1.49 = 7.45$$

10. Si el valor de C.B.R. de las terracerías es de 10% , empleando el nomograma para diseño de espesores (ver gráfico III) ó se coloca el C.B.R. de nuestro ensayo realizado en el tramo a diseñar, se obtiene, para “Tránsito pesado” un espesor de 4.90 pulgadas o sean $4.90 * (2.54) = 12.45$ cm.

11. Si se usa un espesor de carpeta asfáltica de seis (6) centímetros.

12. Cálculo de espesor de base sería:

Base = espesor total – carpeta asfáltica

$$\text{Base} = 12.45 - 6 = 6.45 * 1.25 = 8.06 \text{ cm.}$$

Donde:

1.25 factor para materiales triturados

1.50 factor para materiales sin triturar.

13. Cálculo de espesor de sub-base será:

Sub-base = espesor total – base

$$\text{Sub-base} = 12.45 - 8.06 = 4.39 \text{ cm.}$$

Nota: cuando la sub-base resulte de menos de cinco centímetros, nada más se pone base empleando todo el espesor.

$$\text{Sub-base} = 12.45 * 1.25 = 15.56 \text{ cm.} \cong 16 \text{ cm.}$$

Donde:

1.25 factor para materiales triturados

1.50 factor para materiales sin triturar.

14. el pavimento flexible empleando materiales triturados podría ser:

-.	Carpeta asfáltica =	6 cm.
-.	Base grava =	8 cm.
-.	Sub-base granular =	<u>16 cm.</u>
	Total	30 cm.

Tabla X. Rangos estimados en porcentajes de vehículos pesados y promedios de pesos brutos que podrían emplearse

DESCRIPCIÓN DE LA CALLE O CARRETERA	PORCENTAJE DE TRÁNSITO PESADO	PROMEDIO DE PESOS BRUTOS (1000 LBS.)
Calles de ciudades	5 ó menos	15 - 25
Carreteras urbanas		
Área metropolitana	5-15	20-30
Inter-estatales	5-10	35-45
Caminos rurales locales	10-15	15-25
Carreteras interurbanas		
Estatales	5-20	30-40
Federales	10-25	35-45

Tabla XI. Porcentaje del total de vehículos pesados en el carril de diseño

NÚMERO DE CARRILES TOTALES	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (35-48)*
6 ó más	40 (25-48)*

Tabla XII. Factores de ajuste al número de tránsito inicial (NTI)

PERÍODO DE DISEÑO EN AÑOS (N)	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO ANUAL (R)				
	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22

Gráfico I. Análisis de tránsito

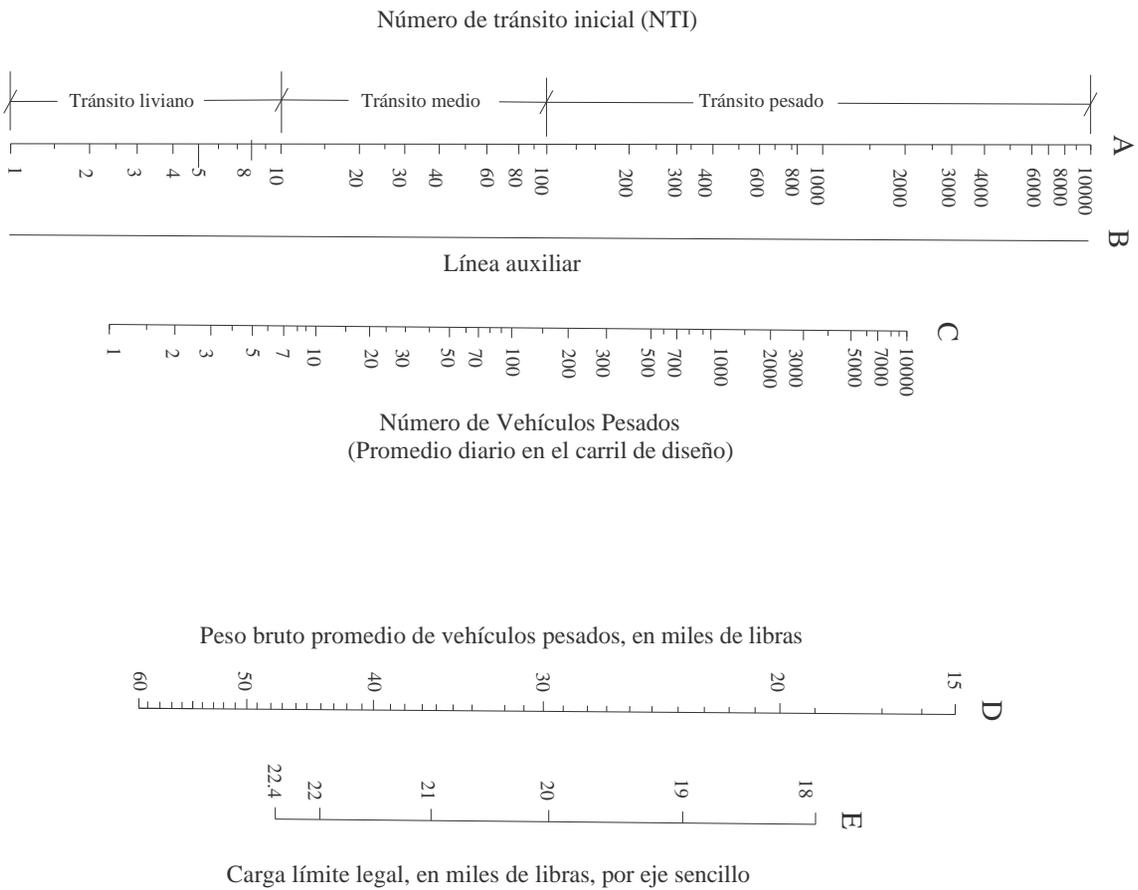
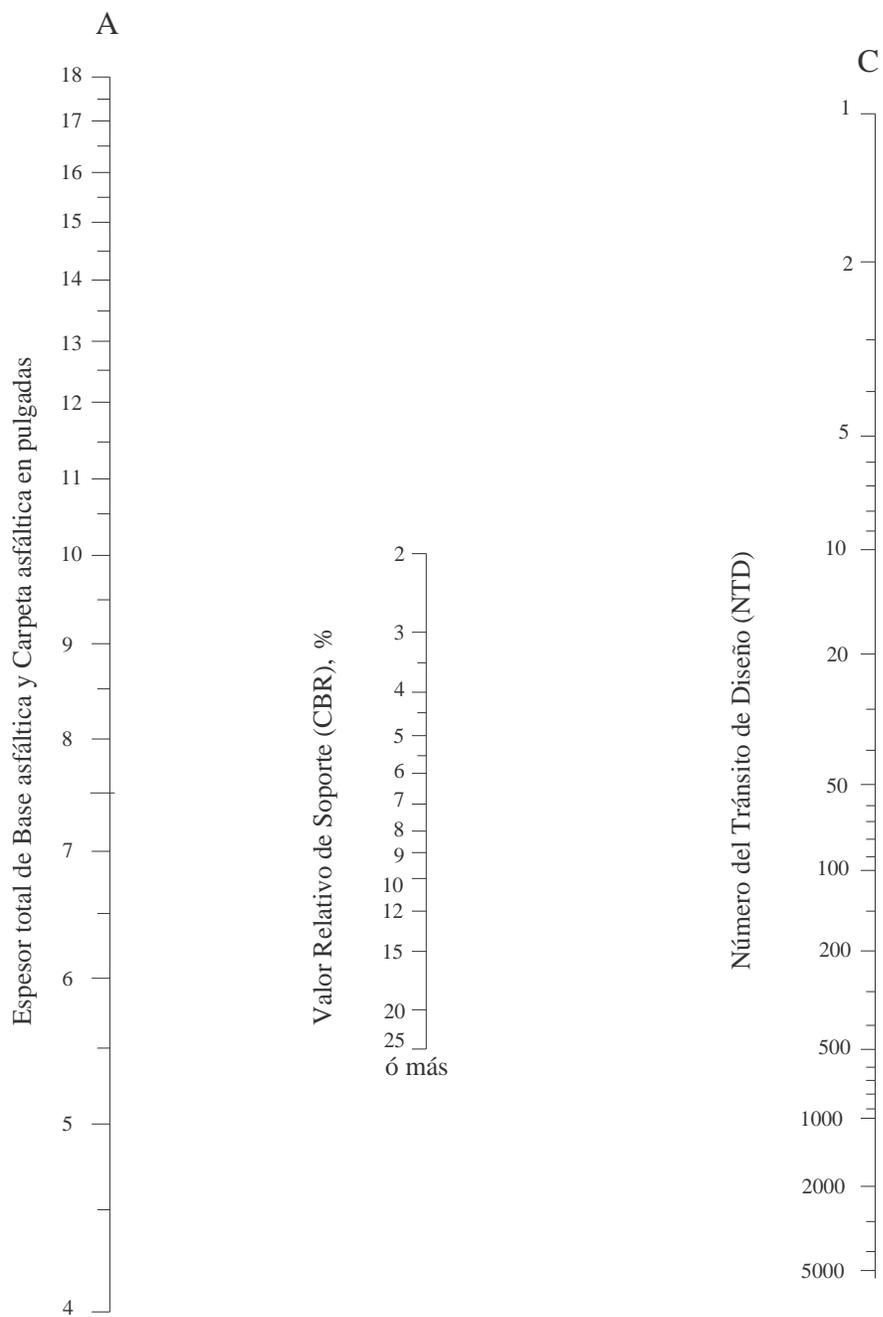


Gráfico II. Determinación de espesor del pavimento
(Nomograma de un período de diseño de 20 años)



2.7.2. Evaluación de impacto ambiental

En los proyectos existen diferentes fases de ejecución, donde cada uno tiene sus respectivos impactos ambientales adversos, entonces deberá considerarse el establecimiento de políticas o estrategias ambientales, la aplicación adicional de equipo, si el caso así lo amerita; sistemas, acciones y cualquier otro tipo de medidas encaminadas a contrarrestar o minimizar los impactos adversos propios de la opción del proyecto, dando prioridad a aquellos particularmente significativos.

Para un proyecto de carreteras, se pueden utilizar diversas medidas de mitigación, que van desde obras de infraestructura, hasta barreras vivas y barreras muertas, u otras sencillas construidas con materiales propios del lugar.

2.7.2.1. Medidas de mitigación recomendadas

No realizar la quema de material vegetal por ningún motivo, por efectos de combustión sobre la atmósfera, sobre el suelo que pierde humedad y la flora, fauna, microflora y micro fauna que se ven afectadas en la alteración de su ciclo biológico, destrucción de su hábitat, contaminación de suelos y ríos, por partículas que lleva el agua o viento.

La remoción del material vegetal debe seleccionarse, para no perjudicar especies decorativas de la región o escasez relativa de la misma.

2.7.2.2. Medidas de mitigación para Construcción:

Todo el material de corte del terreno, se deberá depositar en sitios ubicados a más de 100 mts. de un cuerpo de agua superficial, en caso que se deposite en sitios donde este expuesto nuevamente a erosión, se recomienda la construcción de obras complementarias como taludes, y/o gaviones de piedra sostenidos con malla de alambre para que desempeñen la función de muro de retención, y que establezcan especies vegetales locales o gramíneas sobre el suelo depositado.

La manipulación del suelo y agregados pétreos, deberá ser con los contenidos adecuados de humedad, a fin de no contaminar la atmósfera con partículas sólidas que podría causar problemas de salud a la población asentada en el área, usuarios de la carretera durante su construcción, y los propios trabajadores del proyecto.

La construcción de estructuras de drenajes transversales es importante, debido a que el tipo de terreno, o parte de la sub-cuenca, drena el agua de lluvia hacia la carretera, dando lugar al arrastre de material fino hacia la superficie de rodadura.

La tubería de drenaje transversal, será de diámetro adecuado y a intervalos convenientes, con un mínimo de 3 por km.

Se deben hacer pozos de absorción en la entrada de la tubería, para ayudar a contener el material que arrastre el agua. En la salida de la tubería, se recomienda construir disipadores y/o zampeados de piedra ligados con mortero de cemento o disipadores con gramíneas, muros de piedra, bambú, o cualquier material propio del lugar, ayudando con esto a la protección de la tubería, y evitar la formación de cárcavas si la pendiente del terreno es fuerte.

2.7.2.3. Medidas de mitigación para operación y mantenimiento.

Debe de considerarse la habilitación de sitios para parqueo, destinados a la reparación de vehículos durante su recorrido, o para el descanso de los automovilistas.

El proceso de erosión, es fácil de controlar mediante la conservación de la cubierta vegetal existente, estableciendo nuevas plantas o vegetación, en lugares escasos o desprovistos de los mismos.

Es necesario, que la proporción de corte de los taludes sea el adecuado de acuerdo a su altura, no excediéndose en el mismo. Cuando el suelo tenga problemas de estabilidad, o presenta dificultad en lograr el ángulo de corte indicado, se puede conseguir mediante el establecimiento de plantas y la aplicación de cemento inyectado. Se recomienda, cuando los taludes sean mayores de 4 metros, se hagan terrazas provistas de cubierta vegetal.

2.8. Maquinaria a utilizar

Tractores

Los tractores son las máquinas más compactas y fuertes que, para mover tierras, se han fabricado hasta la fecha. Sin embargo, presentan la desventaja de moverse a poca velocidad. Estas máquinas son de origen americano quienes las clasifican por su forma de rodamiento, en tractores sobre orugas y en tractores sobre neumáticos.

Los americanos a los tractores sobre orugas los llaman bulldozer o simplemente dozer.

Retroexcavadora

Máquina autopropulsada, se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Ésta máquina, se encuentra montada sobre ruedas con bastidor especialmente diseñado que porta a la vez, un equipo de carga frontal y otro de retroexcavación trasero, de forma que pueden ser utilizados para trabajos de excavación y carga de material.

CARACTERÍSTICAS

- Tiene gran alcance tanto horizontal como verticalmente, al interior de la trinchera, con la pluma, el brazo excavador y el cucharón extendido.
- El alcance del cucharón, varía de 4.50 metros a 13.5 metros, para los diferentes tamaños de retroexcavadoras.
- El giro de la retroexcavadora, varía desde 360° para la unidad montada en equipo de autopropulsión, hasta 90° para la unidad montada en tractor

OPERACIONES QUE REALIZA

- Excavación de trincheras.
- Cargar material hacia el camión transportador.

Maquinaria para acarreo de materiales de construcción

CARACTERÍSTICAS

Capacidad entre 18,000 y 32,000 libras en camión de doble eje.

Capacidad máxima 15 toneladas, para tránsito sobre carretera.

OPERACIONES QUE REALIZA

Acarreo de materiales.

Moto niveladora

Máquina muy versátil usada para mover tierra u otro material suelto. Su función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que trabaja. Se considera como una máquina de terminación superficial. Su versatilidad está dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener.

Puede imitar todo los tipos de tractores, pero su diferencia radica en que la moto niveladora es más frágil, ya que no es capaz de aplicar la potencia de movimiento ni la de corte del tractor. Debido a esto es más utilizada en tareas de acabado o trabajos de precisión.

La moto niveladora puede ser arrastrada o automotriz, siendo esta última la más utilizada y se denomina moto niveladora (motograder).

2.9. PLANOS

Para este proyecto, se elaboraron planos que contienen la planta y perfil de la carretera, plano de sección típica, en los planos de planta – perfil se colocaron todos los datos necesarios.

2.10. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Para la elaboración del presupuesto, primero se encontraron los renglones de trabajo y las cuantificaciones de cada renglón del proyecto de carretera, luego se calcularon los costos directos. Con estos resultados, se establecieron las relaciones que deben existir entre ellos para el éxito de la ejecución del proyecto, teniendo en cuenta los rendimientos de la maquinaria. Los precios de los materiales, son precios de venta en el municipio Masagua, departamento de Escuintla, los precios de arrendamiento de maquinaria incluyen operador y combustible.

Tabla XIII. Presupuesto tramo carretero Masagua – aldea El Astillero

TRAMO CARRETERO, MASAGUA - ALDEA EL ASTILLERO
MASAGUA ESCUINTLA

longitud: 2,050.00 metros
ancho: 5,5 metros
area: 11,275.00 metros²

No.	ACTIVIDAD	cantidad	unidad	costo unitario	TOTAL	unitario x renglón
1	CONFORMACIÓN DEL TERRENO	3,677.00	metros³			
1.1	Patrol 120H	12	horas	Q500.00	Q6,000.00	
1.2	Tractor	77	horas	Q475.00	Q36,575.00	
1.3	Camiones	3,677.00	metros ³	Q20.00	Q73,540.00	
1.4	Topografía	15	día	Q800.00	Q12,000.00	
1.5	Mano de Obra (peones)	15	15 peón/día	Q75.00	Q16,875.00	
					Q144,990.00	Q39.43
2	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE	8,124.00	metros³			
2.1	patrol 120H	22	horas	Q500.00	Q11,000.00	
2.2	Tractor	112	horas	Q475.00	Q53,200.00	
2.3	regadora	11	día	Q1,200.00	Q13,200.00	
2.4	Camiones	8,124.00	metros ³	Q20.00	Q162,480.00	
2.5	vibro compactador	22	horas	Q350.00	Q7,700.00	
2.6	material grava clasificada t = 0.35	8011	metros ³	Q50.00	Q400,550.00	
2.7	Mano de Obra (peones)	21	15 peón/día	Q75.00	Q23,625.00	
					Q671,755.00	Q82.69
3	BASE	1,787.00	metros³			
3.1	patrol 120H	12	horas	Q500.00	Q61,600.00	
3.2	Tractor	25	horas	Q475.00	Q11,875.00	
3.3	regadora	3	día	Q1,200.00	Q3,600.00	
3.4	vibro compactador	12	horas	Q600.00	Q7,200.00	
3.5	material t=0.10	1,787.00	metros ³	Q50.00	Q89,350.00	
3.6	Camiones	1,787.00	metros ³	Q20.00	Q35,740.00	
3.7	tela geotextil	38.00	rollos	Q3,009.60	Q114,364.80	
3.8	Mano de Obra (peones)	22	15 peón/día	Q75.00	Q24,750.00	
					Q348,479.80	Q195.01
4	CARPETA ASFÁLTICA	1,894.00	ton			
4.1	Riego de imprimación con emulsión (sin secante)	11,275.00	GLS.	Q6.00	Q67,650.00	
4.2	carpeta asfáltica de 6 cms. Compactados	1,894.00	ton	Q475.00	Q899,650.00	
4.3	Material bituminoso para concreto asfáltico	30,304.00	Gls	Q9.65	Q292,433.60	
4.4	Riego de liga	2,252.00	Gls.	Q15.36	Q34,590.72	
4.5	señalización	2.05	km	Q25,000.00	Q51,250.00	
					Q1,345,574.32	Q656.38
5	DRENAJES TRANSVERSALES	8	Unidades			
5.1	Alcantarillado de Ø 36"	37	Unidades	Q300.00	Q11,100.00	
5.2	concreto ciclopeo	11	metros ³	Q650.00	Q7,150.00	
5.3	Materiales	1	Global	Q1,000.00	Q1,000.00	
5.4	Mano de Obra	16	Unidades	Q650.00	Q10,400.00	
					Q29,650.00	Q3,706.25

No.	ACTIVIDAD	SUB-TOTAL
1	CONFORMACIÓN DEL TERRENO	Q144,990.00
2	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE	Q671,755.00
3	BASE	Q348,479.80
4	CARPETA ASFÁLTICA 0.06 CM	Q1,345,574.32
5	DRENAJES TRANSVERSALES	Q29,650.00
		Q2,540,449.12
	SUPERVISIÓN (8%)	Q203,235.93
	IMPREVISTOS (7%)	Q177,831.44
	GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)	Q127,022.46
	UTILIDAD (10%)	Q254,044.91
		Q762,134.74
	COSTO TOTAL	Q3,302,583.86
	COSTO POR M2	Q292.91

2.11. Cronograma de ejecución & inversión.

En los cronogramas se consideraron días hábiles de trabajo, trabajando 8 horas diarias.

Tabla XIV. Cronograma de actividades de ejecución carretera el astillero



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE TRAMO CARRETERO MASAGUA-ALDEA EL ASTILLERO
ALDEA EL ASTILLERO, MASAGUA, ESCUINTLA.**

CRONOGRAMA												
No.	REGLÓN	MES 1			MES 2			MES 3				
1	COFORMACIÓN DEL TERRENO	■	■	■								
2	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES TRANSVERSALES		■	■	■							
3	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE			■	■	■						
4	CONF. Y PREP. BASE					■	■	■				
5	CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA							■	■	■		
6	SEÑALIZACIÓN									■	■	

Tabla XV. Cronograma de actividades de inversión carretera el astillero.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE TRAMO CARRETERO MASAGUA - ALDEA EL ASTILLERO
ALDEA EL ASTILLERO, MASAGUA, ESCUINTLA.**

CRONOGRAMA EJECUCIÓN E INVERSIÓN							
No.	REGLÓN	MES 1		MES 2		MES 3	TOTAL REGLÓN
1	CONFORMACIÓN DEL TERRENO	■	■				Q207,759.50
2	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES TRANSVERSALES	■	■				Q310,366.33
3	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE	■	■	■			Q291,093.83
4	CONF. Y PREP. BASE			■	■		Q291,093.83
5	CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA					■	Q453,023.74
6	SEÑALIZACIÓN					■	Q1,682,621.62
	INVERSIÓN POR MES	■	■	■	■	■	Q66,625.01
	INVERSIÓN ACUMULADA	■	■	■	■	■	Q518,125.83
		■	■	■	■	■	Q744,117.57
		■	■	■	■	■	Q1,749,246.63
		■	■	■	■	■	Q3,011,490.03
		■	■	■	■	■	Q3,302,583.86

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL RECUERDO

3.1. Descripción del proyecto

La colonia el recuerdo se ubica a una distancia de 500 mts. De la cabecera municipal, cuenta con los siguientes servicios; agua potable por bombeo, energía eléctrica, área de recreación, una escuela de primaria. Esta compuesta por 846 habitantes comprendiendo entre hombres, mujeres y niños.

3.2. Diseño del proyecto

3.2.1. Altimetría

El levantamiento que se realizo en este caso, fue de primer orden por tratarse de un proyecto de drenajes, en que la precisión de los datos es muy importante. Para el trabajo se utilizo un nivel de precisión marca Wild modelo N24, un estadal así como cinta métrica.

Teniendo los datos de altimetría se procedió al trazo de las curvas de nivel para así poder tener una representación gráfica de las elevaciones y pendientes que existen en el lugar.

3.2.2. Planimetría

El levantamiento planimétrico, sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y en general; ubicar todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento planimétrico, se utilizan diferentes métodos, el utilizado para este trabajo fue el de conservación del azimut. El equipo utilizado fue un Teodolito marca Wild-T-1, un estadal, plomada y una cinta métrica.

3.2.3. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función, durante un período de 30 a 40 años, a partir de la fecha de su construcción.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado, o cualquier obra de ingeniería, se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras y del equipo componente, tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño; así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

El período de diseño, para la red de alcantarillado sanitario es de 40 años. Se adopto este período tomando en cuenta los siguientes aspectos: los recursos económicos con los que cuentan la municipalidad, y las normas del Instituto de Fomento Municipal.

3.2.4. Estudio de población

Para estimar la población de diseño, se utilizo el método geométrico, involucrando de forma directa a la población actual que tributara al sistema de drenaje y la tasa de crecimiento del lugar.

Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 846 habitantes, y una población futura de 3,350 habitantes, en un período de 40 años.

La tasa de crecimiento utilizado será de 3.5% asignado por la jefatura departamental de salud y el Instituto Nacional de Estadística para el municipio de Masagua.

$$F = P(1+r)^n$$

Donde:

F = Población futura

P = Población del último censo

r = Tasa de crecimiento

n = Diferencia de tiempo entre F - P

3.2.5. Puntos de descargas

Como punto de descarga se escogió el lugar más bajo del terreno, espacio para colocar la planta de tratamiento y alejado de la colonia para evitar contaminación y malos olores a los habitantes.

3.2.6. Determinación de caudal de aguas servidas

También llamada caudal sanitario lo cual se compone de la siguiente manera:

$$Q_{san.} = Q_{dom.} + Q_{c.ilic.} + Q_{inf.} + Q_{ind.} + Q_{com.}$$

3.2.6.1. Caudal doméstico

El caudal domiciliario, no es más que la cantidad de agua que evacua hacia el drenaje, luego de ser utilizada en el hogar. Es función directa del canon de agua, para este caso el canon de agua es de 100 litros por habitante por día.

Ejemplo:

$$\begin{aligned} Q_{\text{dom}} &= \frac{\text{Hab.} \cdot \text{dot.} \cdot \text{F.R.}}{86,400} \quad (\text{l/s}) \\ &= \frac{3,350 \text{ hab.} \cdot 100 \text{ l/hab./día} \cdot 0.85}{86,400} \\ &= 3.30 \text{ l/s} \end{aligned}$$

3.2.6.1.1. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitantes por día (l/hab./día).

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

Se trabajo con una dotación de 100 l/hab./día, la cual es asignada por la municipalidad.

3.2.6.1.2. Factor de retorno

El factor de retorno, es el porcentaje de agua que después de ser usada, vuelve al drenaje, en este caso se considera un ochenta y cinco por ciento de factor de retorno.

3.2.6.1.3. Factor de flujo instantáneo

El factor de Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad, que involucra a toda la población a servir. Es un factor de seguridad que actúa sobre todo; en las horas pico o de mayor utilización del drenaje.

La formula del factor de Harmond es adimensional y viene dada por:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

Donde:

FH: factor de Harmond, se encuentre entre los valores de 1.5 a 4.5 según sea el tamaño de la población a servir.

P: población, se expresa en miles de habitantes.

Ejemplo de cálculo de Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{3,350}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{3,350}{1000}}}$$

$$FH = 3.40$$

3.2.6.2. Caudal conexiones ilícitas

Es la cantidad de agua de lluvia que se ingiere al drenaje, proviene principalmente porque algunos usuarios, conectan las bajadas de aguas pluviales al sistema. Esté caudal daña el sistema, debe de evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. El caudal de conexiones ilícitas se calcula según la fórmula:

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

Donde:

Q = el caudal de conexiones ilícitas

C = coeficiente de escorrentía que depende de la superficie

I = la intensidad de lluvia en el área en mm/hora.

A = el área en hectáreas

Claro está que para un área con un diferente factor de escorrentía, habrá un diferente caudal, el caudal de conexiones ilícitas puede ser calculado de otras formas, tales como estimando un porcentaje del caudal doméstico, como un porcentaje de la precipitación, etc.

En este caso se tomó como base el método dado por el Instituto de Fomento Municipal INFOM, el cual especifica que se tomará el 10% del caudal domiciliar, sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial se podrá utilizar un valor más alto. El valor utilizado para el diseño fue 20%.

Ejemplo:

$$\begin{aligned} Q_{c.ilic.} &= 0.20 * Q_{dom.} \\ &= 0.20 * 3.30 \text{ l/s} \\ &= 0.66 \text{ l/s} \end{aligned}$$

3.2.6.3. Caudal de infiltración

En nuestro caso no se cálculo caudal de infiltración, ya que la tubería que se utilizo para el diseño es de P.V.C. y queda sobre el nivel freático siendo insignificante.

3.2.7. Factor de caudal medio

Es caudal sanitario dividido por la suma de habitantes a servir, el factor de caudal medio debe ser mayor que 0.002 y menor que 0.005, expresado de la siguiente manera;

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

Si no está dentro de los límites, se debe tomar el valor de 0.003 como factor de caudal medio el cual es un dato regulado por el Instituto de Fomento Municipal INFOM.

Se expresa en litros por segundo por habitante.

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{sanitario}}}{\text{No.habitantes}}$$

$$Q_{\text{san}} = Q_{\text{dom.}} + Q_{\text{c.ilic.}}$$

$$= 3.30 \text{ l/s} + 0.66 \text{ l/s}$$

$$= 3.96 \text{ l/s}$$

$$f_{qm} = \frac{3.96 \text{ l/s}}{3,350 \text{ hab.}}$$

$$= 0.0012$$

NOTA: El resultado no está dentro de los límites, utilizamos 0.003 el cual es un dato regulado por el Instituto de Fomento Municipal INFOM.

3.2.8. Caudal medio

El caudal medio se calcula de la siguiente manera;

$$\begin{aligned} Q \text{ med.} &= \text{No. Hab.} * f \text{ qm.} \\ &= 3,350 * 0.003 \\ &= 10.05 \text{ l/s} \end{aligned}$$

3.2.9. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema, cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante.

El caudal con que se diseñara cada tramo del sistema sanitario será la suma de:

- a. caudal máximo de origen doméstico
- b. caudal de infiltración
- c. caudal de conexiones ilícitas
- d. aguas de origen industrial y comercial, según las condiciones particulares de estos establecimiento

El caudal de diseño de cada tramo, se calcula de la siguiente manera;

$$\begin{aligned} Q \text{ dis.} &= \text{No. Hab.} * f \text{ qm.} * F.H \\ &= 3,350 \text{ Hab.} * 0.003 * 3.40 \\ &= 34.17 \text{ l/s} \end{aligned}$$

3.2.10. Diseño de sección y pendientes

3.2.10.1. Cálculo hidráulico

La pendiente a utilizar en el diseño, deberá ser de preferencia, la misma que tiene el terreno para evitar un sobre-costos por excavación excesiva, sin embargo: en todos los casos se deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y restricciones de velocidad. Dentro de las viviendas, se recomienda utilizar una pendiente mínima del 2 por ciento, lo cual asegura el arrastre de las excretas. En todo el proyecto se maneja la pendiente mínima de 0.50%.

3.2.11. Diámetros mínimos

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto ó de 6" para tubos de P.V.C.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro será de 6" en concreto y de 4" en P.V.C. usando en este último caso un reductor de 4" * 3" como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliar, la cual será un diámetro mínimo de 12".

3.2.12. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo dentro de la alcantarilla, deberá estar dentro del rango de;

0.60 m/s a 3.00 m/s para tubería de concreto (T.C)

0.40 m/s a 4.00 m/s para tubería de P.V.C.

3.2.13. Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.00 metro.

Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal resulte a una profundidad mayor de 3.00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñara una tubería auxiliar, sobre la principal para las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

3.2.14. Pozo de visita

Son empleados como medio de inspección y limpieza, las normas para construcción de red de alcantarillado recomiendan colocar pozos en los siguientes casos:

- En los cambios de diámetro
- En distancias no mayores de 100 a 120 metros
- En todo cambio de dirección o pendiente
- Al comienzo de todo colector
- En toda intersección de colectores

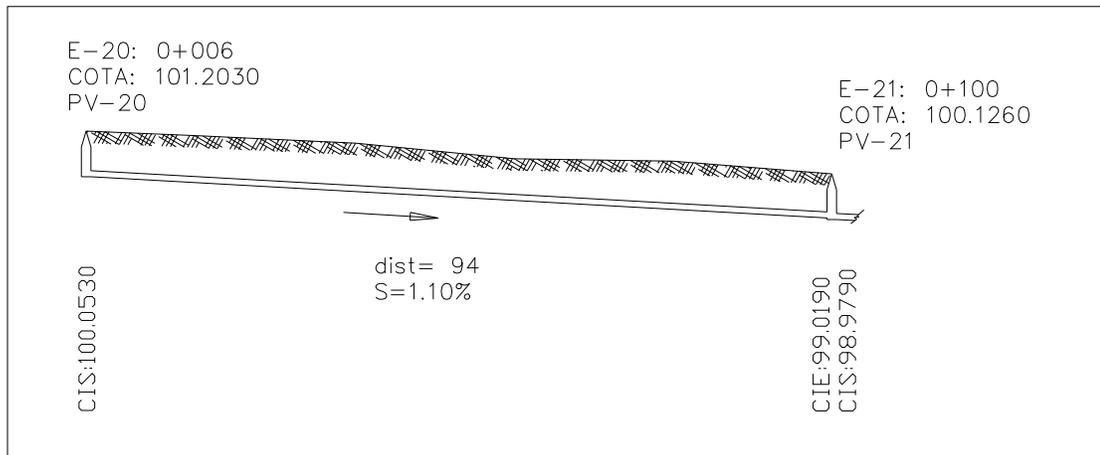
Los pozos generalmente tienen dimensiones en la parte superior un marco y una tapadera, con una apertura neta de 0.50 a 0.60 metros, el marco descansa sobre las paredes que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro de 1.20 a 1.50 metros.

En los pozos demasiados profundos se tendrán que disponer de escalones para poder bajar y hacer las limpiezas.

3.2.15. Cotas invert

Es la operación que nos da las alturas de los pozos de visita, habiendo cota invert de entrada y cota invert de salida se recomienda darle 3 cm. de diferencia, se calcula de la siguiente manera.

Figura 2. Muestra la cota invert de un tubo



$$S\% = [(cota\ inicial - cota\ final)/(dist.)] * 100$$

$$S\% = [(101.2030 - 100.1260)/(94)] * 100 = 1.14\%$$

Como la pendiente del terreno no cumple con las alturas de los pozos, entonces se asume un pendiente del 1.10%. Lo cual es la que utilizamos en la fórmula siguiente.

$$CIS = cota\ inicial - altura\ de\ pozo\ inicial$$

$$CIS = 101.2030 - 1.15 = 100.0530$$

$$CIE = CIS - DIST (S\%/100)$$

$$CIE = 100.0530 - 94(1.10/100) = 99.0190$$

$$CIS = CIE - 3\ cm$$

$$CIS = 99.0190 - 3\ cm = 98.9790$$

3.2.16. Evaluación de impacto ambiental

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Éstos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe.

Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, esto es lo que se identifica como "ambiente".

Podría definirse el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Ésta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

3.2.16.1. Medidas de mitigación para Construcción

Los impactos negativos del proyecto se dan solo en las etapas de construcción y operación del proyecto y la mayoría se da en la fase de construcción los elementos más impactado negativamente son:

- el suelo
- el agua
- las partículas en suspensión.
- Para evitar las polvaredas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo las que deberán llenarse en el tiempo más corto posible, compactándose, adecuadamente, las mismas para evitar; el arrastre de partículas por el viento.
- Deberá de capacitarse al o a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.
- Capacitar a las amas de casa, sobre el adecuado uso del sistema para evitar que los mismos sean depositarios de basura producidas en el hogar.

3.2.16.2. Medidas de mitigación para operación y mantenimiento.

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, asolvamiento en la comunidad beneficiada y además deben velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar al (o a los) trabajadores que se encargara de darle mantenimiento al sistema especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Se debe velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Para la disposición de desechos generados por las familias se debe contar con depósitos, distribuidos en lugares estratégicos.
- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evita la creación de basureros clandestinos.

3.2.17. Evaluación de socio-económica

3.2.17.1. Valor presente neto (V.P.N)

El objetivo de cualquier empresa es encontrar una ganancia real que supere los costos a los que tiene que recurrir para llevar a cabo un proyecto. Antes que la empresa tome la decisión de llevarlo a la realidad, se debe evaluar si realmente genera ganancias para la misma.

El criterio del cálculo del valor presente neto (VPN) es solamente uno entre varios que llevan a decisiones de inversión, es importante saber que muchos de estos no llevan a la mejor decisión de inversión en comparación con este que también es llamada valor actual neto.

El VPN es el mejor criterio para hacer una evaluación financiera porque este reconoce que un quetzal de hoy vale más que un quetzal de mañana, cualquiera que no tome en cuenta lo anterior no puede evaluar correctamente un proyecto. Por otro lado el VPN depende nada más de los flujos procedentes del proyecto y del costo de oportunidad del capital, si se toman en cuenta cuestiones externas se conducirá a malas decisiones.

El valor presente neto de una inversión se puede determinar cuando todos los ingresos y egresos a lo largo de un período analizado se trasladan a la actualidad o a un punto en común.

El análisis correspondiente se realizará de diversas formas para poder tener mayor certeza de que la inversión a realizar es la más adecuada y será realizada de la mejor forma.

La Herramienta a utilizar para este análisis será la fórmula matemática de valor presente neto la cual es la siguiente:

$$F = P*(1 + i)^N$$

Donde:

F = Valor futuro de la inversión a realizarse en la actualidad

P = Valor Presente de la inversión a realizarse en la actualidad

i = Taza de interés ponderado

N = Número de períodos a evaluar el proyecto

Esta fórmula para poder ser aplicada directamente a nuestro análisis se deben de realizar algunos despejes en la misma por lo que la fórmula ya despejada nos dará como resultado el siguiente:

$$P = \frac{F}{(1+i)^N}$$

Con respecto a la tasa de interés que será utilizada en este análisis se considero que como en nuestro país esta tasa es un poco variable se realizará una ponderación de la misma por lo que se utilizará la siguiente tasa de interés.

Cálculo de costo y mantenimiento:

Fontanero = Q. 1,200.00 * 12 meses = Q. 14,400

Combustible = Q. 25.00 diesel * 12 horas de funcionamiento*0.5 rendimiento/hora*
12 meses = Q. 47,520 anual

Accesorios = Q. 400.00 * 12 meses = Q. 4,800.00

Teniendo un total de = Q. 14,400 + Q. 47,520 anual + Q. 4,800.00 = Q. 66,720. anual

Donde el total = Q. 66,720.00 quetzales anuales para el funcionamiento del proyecto.

Tomando en cuenta que en la actualidad existen 203 vivienda + 1 escuela = 204 viviendas en la colonia El Recuerdo, se divide este costo dentro de este número de vivienda.

Q. 66,720.00/204 vivienda = 327.06 anual y

Q 327.06/12 meses = 27.25 mensual/vivienda

Por lo que la tarifa a pagar en la colonia El Recuerdo por el funcionamiento del proyecto es de Q. 327.06 anual.

Cálculo del V.P.N.

Para analizar el proyecto se propone una tasa de 5% anual, lo cual el proyecto es de tipo social y no lucrativo.

La cantidad del costo del proyecto es de Q. 862,183.52

Como todo proyecto de desarrollo debe contar con cierto aporte por parte de los beneficiados, en este caso se propone que la municipalidad cobre una cuota simbólica a los pobladores por motivo de conexión domiciliar la cual se propone que sea el 50 % del costo total del proyecto.

$$Q. 862,183.52/2 = Q. 431,091.76/204 \text{ viviendas} = Q. 2,113.19 \text{ c/vivienda}$$

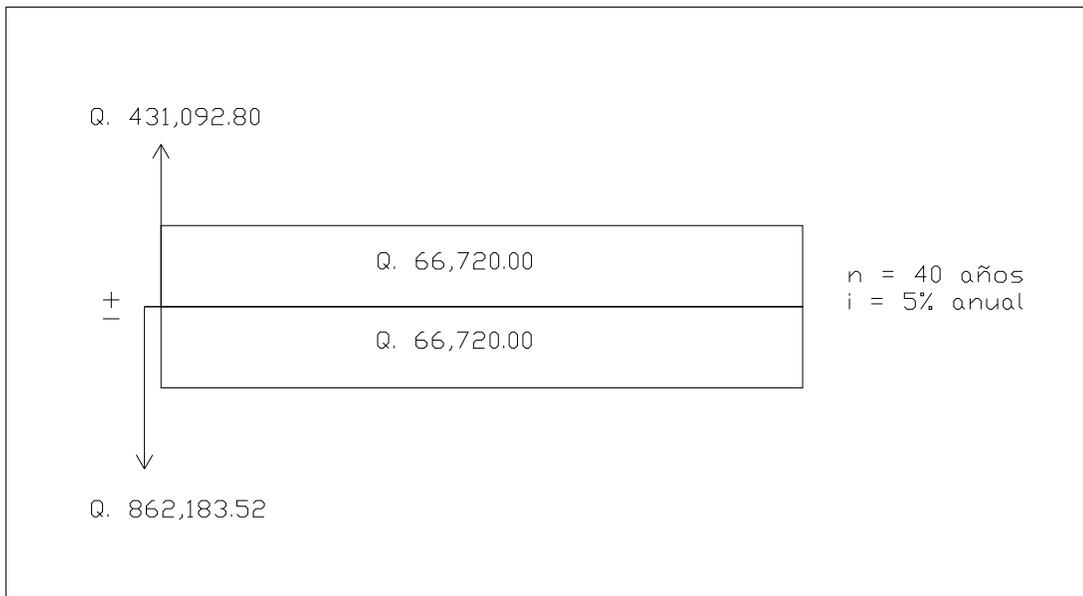
Pagados a un año

$$Q. 2,113.19/12 \text{ meses} = Q. 176.10 \text{ mensuales}$$

$$Q. 176.10 * 12 \text{ meses} = Q. 2,113.20 \text{ anual.}$$

$$Q. 2,113.20 * 204 \text{ viviendas} = Q. 431,092.80 \text{ anual por todo el proyecto.}$$

Figura 3. Diagrama de flujo.



Presenta dado un futuro $P = F [(1)/(1+i)^n]$

$$P = \frac{431092.80}{(1+0.05)^t} = 410,564.57$$

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$P = 66,720 \left[\frac{(1+0.05)^{40} - 1}{0.05(1+0.05)^{40}} \right] = 1145,160.92$$

Este valor presente es el mismo para los ingresos como para los egresos por lo cual al realizar la sumatoria algebraica se elimina mutuamente.

$$V.P.N. = -862,183.52 + 410,564.57 = -451,618.95$$

El V.P.N. es negativo lo cual nos indica que el proyecto no es rentable.

3.2.17.2. Tasa de interés de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto sea cero, es decir que es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. El valor presente neto se puede expresar en términos de tasa interna de retorno debido a la relación que tienen entre sí.

Tenemos un V.P.N. = -451,618.95 necesitamos otro V.P.N. positivo lo cual se obtiene de la siguiente manera.

Usamos una tasa de -60%

$$P = \frac{431,092.80}{(1-0.60)^1} = 1077,732$$

$$V.P.N. = -862,183.52 + 1077,732 = 215.548.50$$

Ya encontrado los dos V.P.N. positivo y negativo procedemos a encontrar la TIR de la siguiente manera.

$$5\% \quad VPN = -451,618.95$$

$$TIR \quad VPN = 0$$

$$-60\% \quad VPN = 215,548.50$$

$$TIR = \left[\frac{(5 - (-60))(0 - (215,548.50))}{(-451,618.95 - (215,548.50))} \right] + (-60) = -39\%$$

La tasa de interna de retorna del proyecto es 39% lo cual nos indica no es rentable debido a que la tasa es negativa.

3.3. Fase de docencia

- Objetivo principal: brindar capacitación al personal de La Oficina Municipal de Planificación (O.M.P.) y Comités Comunitarios de Desarrollo (COCODES), para mejorar el desarrollo de los trabajos de carretera, drenaje sanitario y de construcción en general, además de transmitir a los vecinos los conocimientos necesarios para identificar sus necesidades y las vías para lograr su debida atención.

- Acciones y medios:
 1. Formular folletos para mejorar la capacitación
 2. Invitar a otros miembros de otras comunidades
- Resultados: darle solución al problema de eliminación de desechos sólidos en la colonia El Recuerdo y mejorar el acceso de la aldea El Astillero, con el personal capacitado logrando resultados positivos.

3.4. Planos

Para este proyecto, se elaboraron planos que contienen la planta y perfil de pozos de visita a pozos de visita así como un plano de detalles de pozos de visita como también de conexiones domiciliarias. En los planos de planta-perfil se colocaron todos los datos necesarios como cota de terreno, cota invert de entrada y salida de tubería, diámetro de tubería, pendiente de la tubería, y distancia entre cada pozo de visita.

3.5. Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario se tomaron precios de materiales cotizados en la región y otros como el tubo PVC. 6"x 6" Norma ASTM F-949 NOVAFORT se cotizó en la ciudad de Guatemala; los salarios de mano de obra fueron proporcionados por la Municipalidad de Masagua y de la realización de una investigación de campo.

Tabla XVI. Presupuesto drenaje sanitario colonia El Recuerdo

Proyecto: drenaje sanitario colonia el recuerdo.
 Municipio: Masagua.
 Departamento : Escuintla.

PRESUPUESTO

No.	RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
1	COLECTOR P.V.C.				Q187,037.12
1.1	tuberia p.v.c.				
1.1.1	Materiales				Q149,249.37
1.1.1.1	tubo p.v.c. de 6"	unidad	185	Q520.75	Q96,338.75
1.1.1.2	tubo p.v.c. de 8"	unidad	40	Q694.93	Q27,797.20
1.1.1.3	tubo p.v.c. de 10"	unidad	18	Q1,395.19	Q25,113.42
1.1.2	Mano de obra				Q37,787.75
1.1.2.1	excavación linea central	ml	1955	Q10.00	Q19,550.00
1.1.2.2	colocación de tuberia de 6"	unidad	335	Q3.00	Q1,005.00
1.1.2.3	relleno y compactación al 85% del proctor modificado,	m3	587	Q10.00	Q5,870.00
1.1.2.4	implementtos	global	1	Q792.75	Q792.75
1.1.2.5	prestaciones	global	1	Q10,570.00	Q10,570.00
2	POZOS DE VISITAS				Q72,101.20
2.1	Material				Q50,101.20
2.1.1	ladrillo tayuyo	unidad	16870	Q2.00	Q33,740.00
2.1.2	cemento	qq	245	Q40.00	Q9,800.00
2.1.3	arena	m3	19.3	Q80.00	Q1,544.00
2.1.4	piedrin	m3	9	Q120.00	Q1,080.00
2.1.5	acero AG 40 No. 4	varillas	94	Q32.25	Q3,031.50
2.1.6	acero AG 40 No. 3	varillas	23	Q21.90	Q503.70
2.1.7	acero AG 40 No. 2	varillas	22	Q9.75	Q214.50
2.1.8	alambre de amarre	lb	50	Q3.75	Q187.50
2.2	mano de obra				Q20,000.00
2.2.1	construcción de pozos	unidad	25	Q800.00	Q20,000.00
2.3	costos indirectos				Q2,000.00
2.3.1	fletes	global	1	Q2,000.00	Q2,000.00

3	CONEXIONES DOMICILIARES				Q111,701.77
3.1	materiales				Q76,501.77
3.1.1	tubo de cemento de 12"	unidad	200	Q60.00	Q12,000.00
3.1.2	tubo p.v.c. de 4" para conexión dom,	unidad	134	Q193.51	Q25,930.34
3.1.3	codos de 90 de 4"	unidad	200	Q37.37	Q7,474.00
3.1.4	silletas de p.v.c. de 6"x4"	unidad	200	Q132.58	Q26,516.00
3.1.5	empaquete para silleta de 6"x4"	unidad	200	Q2.50	Q500.00
3.1.6	adhesivo novafor de 300 ml	unidad	50	Q55.00	Q2,750.00
3.1.7	pegamento para p.v.c. tangit	galón	3	Q443.81	Q1,331.43
3.2	mano de obra				Q35,200.00
3.2.1	excavación conexión domiciliar	ml	Q800.00	Q10.00	Q8,000.00
3.2.2	colocación de tubo de cemento 12"	unidad	Q200.00	Q36.00	Q7,200.00
3.2.3	conexión domiciliar	unidad	Q200.00	Q25.00	Q5,000.00
3.2.4	brocal + tapadera	unidad	Q200.00	Q75.00	Q15,000.00
4	PLANTA DE TRATAMIENTO	unidad	1		Q284,475.50
4.1	TANQUE IMHOFF				
4.1.1	tanque imhoff global	unidad	1		Q275,000.00
4.2	bomba				
4.2.1	bomba de 1/2 caballo de fuerza de 115 voltios, descarga de 2".	unidad	1	Q6,000.00	Q6,000.00
4.3	CAJA DE SUCCION 12 M ³				
4.3.1	materiales				Q1,975.50
4.3.1.1	block	unidad	415	Q1.55	Q643.25
4.3.1.2	acero No. 3	varilla	40	Q21.90	Q876.00
4.3.1.3	alambre de amarre	lb	15	Q3.75	Q56.25
4.3.1.4	cemento	qq	10	Q40.00	Q400.00
4.4	mano de obra				
4.4.1	construcción de caja	unidad	1	Q1,500.00	Q1,500.00

5	CABEZAL Y DESCARGA	unidad	1		Q7,902.50
5.1	materiales				Q5,908.00
5.1.1	pedrín	m3	3.5	Q150.00	Q525.00
5.1.2	cemento	sacos	53	Q38.00	Q2,014.00
5.1.3	arena de río	m3	2.5	Q70.00	Q175.00
5.1.4	piedra bola	m3	2	Q120.00	Q240.00
5.2	mano de obra				Q994.50
5.2.1	excavación	m3	3.50	Q20.00	Q70.00
5.2.3	retiro de sobrante	m3	3.50	Q17.00	Q59.50
5.2.4	fundición de cabezal de descarga	m3	3.50	Q110.00	Q385.00
5.2.5	hechura de concreto ciclopeo	m3	6.00	Q80.00	Q480.00
5.3	costos indirectos				Q1,000.00
5.3.3	fletes	global	1.00	Q500.00	Q1,000.00
TOTAL					Q663,218.09

No.	ACTIVIDAD	SUB-TOTAL
1	COLECTOR P.V.C.	Q187,037.12
2	POZOS VISITAS	Q72,101.20
3	CONEXIONES DOMICILIARES	Q111,701.77
4	PLANTA DE TRATAMIENTO	Q284,475.50
5	CABEZAL Y DESCARGA	Q7,902.50
		Q663,218.09
	SUPERVISIÓN (8%)	Q53,057.45
	IMPREVISTOS (7%)	Q46,425.27
	GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)	Q33,160.90
	UTILIDAD (10%)	Q66,321.81
		Q198,965.43
COSTO TOTAL		Q862,183.52
COSTO POR ML		Q582.56

3.6. Cronograma de actividades

**Tabla XVII. Cronograma de actividades de ejecución
De drenaje sanitario colonia El Recuerdo**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DRENAJE SANITARIO COLONIA EL RECUERDO
MUNICIPIO DE MASAGUA, ESCUINTLA**

CRONOGRAMA												
No.	REGLÓN	MES 1			MES 2			MES 3				
1	POZOS DE VISITA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	COLOCACIÓN DE TUBERIA PRINCIPAL	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3	CONEXIONES DOMICILIARES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4	PLANTA DE TRATAMIENTO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
5	CABEZALES Y DESCARGA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

**Tabla XVIII. Cronograma de actividades de inversión
De drenaje sanitario colonia el recuerdo**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DRENAJE SANITARIO COLONIA EL RECUERDO
MUNICIPIO DE MASAGUA, ESCUINTLA.**

CRONOGRAMA EJECUCIÓN E INVERSIÓN							
No.	REGLÓN	MES 1		MES 2		MES 3	TOTAL REGLÓN
1	POZOS DE VISITA	Q53,560.89	Q40,170.66				Q93,731.55
2	COLOCACIÓN DE TUBERIA PRINCIPAL	Q97,259.32	Q145,888.95				Q243,148.27
3	CONEXIONES DOMICILIARES		Q145,212.30				Q145,212.30
4	PLANTA DE TRATAMIENTO					Q369,818.15	Q369,818.15
5	CABEZALES Y DESCARGA					Q10,273.25	Q10,273.25
	INVERSIÓN POR MES	Q150,820.21	Q145,212.30	Q380,091.40			
	INVERSIÓN ACUMULADA	Q150,820.21	Q296,032.51	Q676,123.91			Q862,183.52

CONCLUSIONES

- Con el diseño del sistema de alcantarillado y tramo carretero, se pretende llevar salud a los habitantes, mejorando el nivel de vida de la familia.
- El buen funcionamiento del proyecto de alcantarillado sanitario, dependerá del cumplimiento de las especificaciones e información contenida en los planos, complementado a una buena supervisión técnica, efectuada por profesionales en el ramo.
- Para evaluar si el suelo encontrado en el lugar del proyecto, era o no apto para formar parte constituyente del pavimento por diseñar, fue necesario realizarle una serie de estudios, para valorar el material de una forma adecuada y predecir el comportamiento del mismo bajo carga.
- El control de calidad de los materiales, la elaboración de la mezcla y plasmar en el campo las especificaciones de los planos, son básicos para el eficiente servicio que proporciona el pavimento durante el periodo para el que fue diseñado

RECOMENDACIONES

- Hacer con frecuencia inspecciones a los elementos de los sistemas de alcantarillado sanitario, drenajes transversales, cunetas y reportarlas y hacer las reparaciones lo más pronto posible, a efecto de que no surjan problemas de mucho costo.
- Al comité de vecinos de la colonia El Recuerdo que los desechos provenientes de cocinas sean previamente pasados por una caja trampa grasas, para luego descargarlos en el sistema de drenajes.
- Para obtener buenos resultados en la ejecución del proyecto de pavimentación del tramo carretero, es conveniente contratar los servicios de un laboratorio de suelos para garantizar una buena conformación y compactación de la sub-rasante y la base.
- Para una buena construcción de cualquier proyecto, se debe contar con una estricta y profesional supervisión que verifique que se cumplan las especificaciones y la obra se ejecute conforme a los planos.
- El concreto que se utilice en la construcción del proyecto deberá de llenar los requisitos estipulados en el diseño del mismo y en las especificaciones que se ubican en los planos.

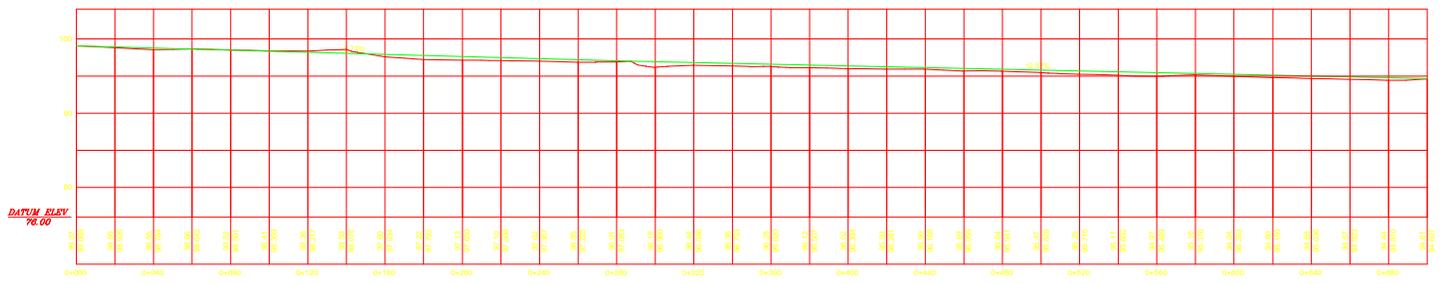
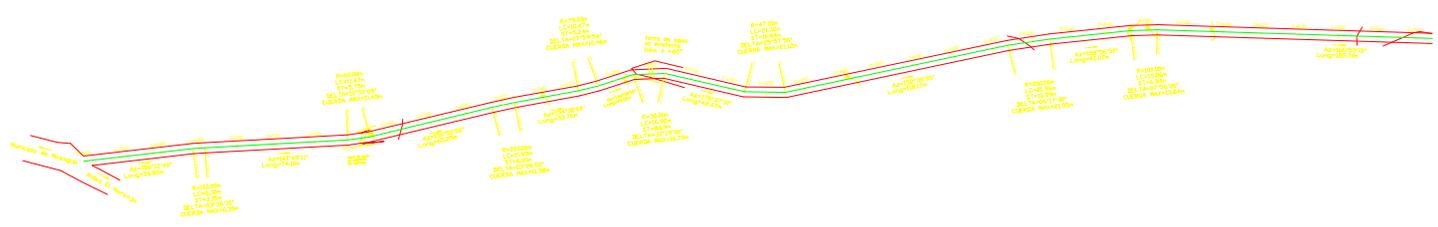
BIBLIOGRAFÍA

1. Alejandro Valladares, Jorge Félix. **Guía teórica-práctica para el curso de Vías Terrestres** Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
2. Chacón Valdez, Henry Ernesto. **Diseño de pavimento rígido de la calzada principal de acceso al municipio de El Progreso y ampliación del sistema de agua potable de la aldea El Ovejero** del municipio de El Progreso. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1,995. 63 PP.
3. Crespo Villalaz, Carlos. **Vías de comunicación**. Tercera edición.
4. Juárez Isem, Henry Otoniel. **Diseño de la carretera hacia la comunidad de San Sebastián El Refugio y sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Vista Hermosa, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2004. 78 pp.
5. Leclair, Raúl. **Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales**, Secretaria de Integración Económica Centroamericana. SIECA. 2,001.

ANEXOS

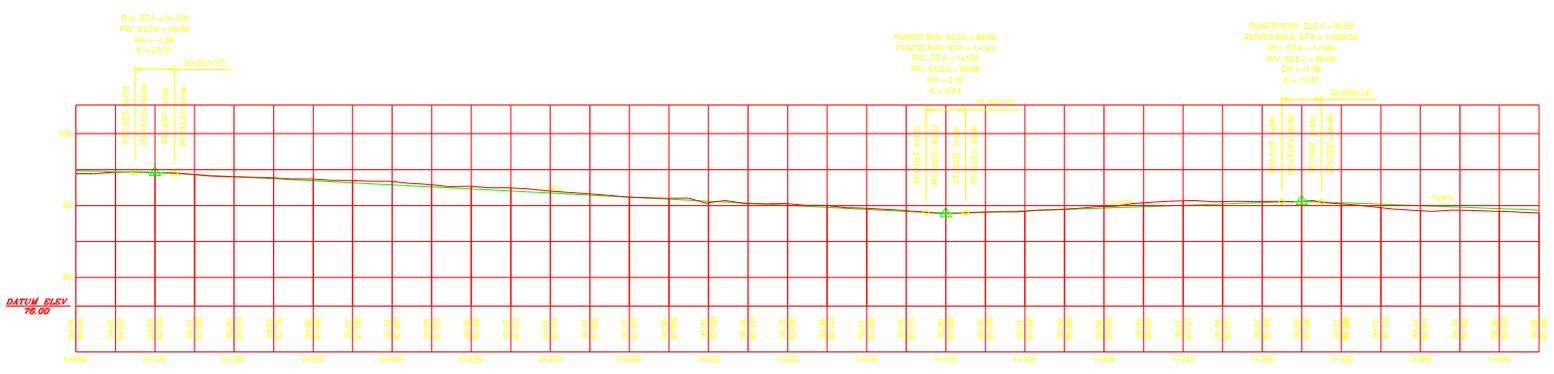
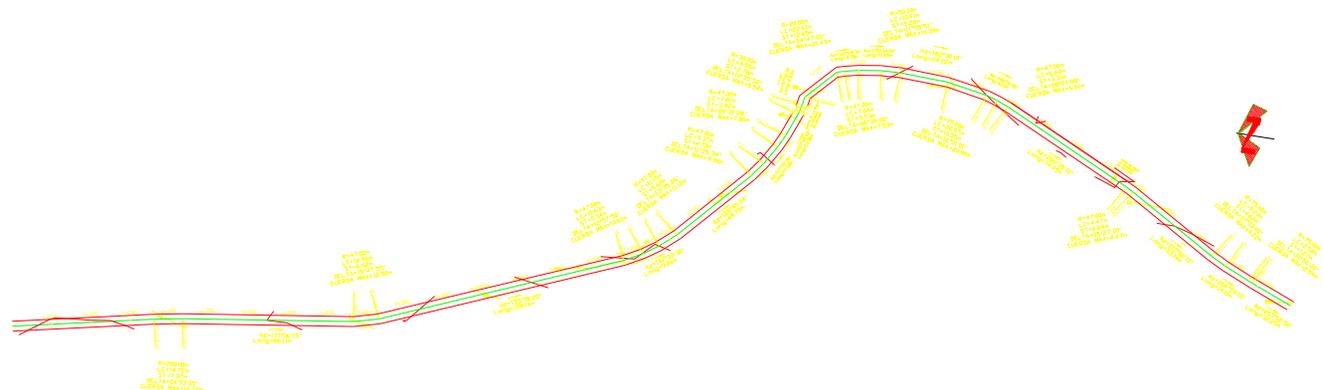
Tabla XIX. Cálculo hidráulico.

PV	PV	COTA DEL TERRENO		No.	No HAB	No HAB	FH	FH	Q diseño	Q diseño	TERRENO	TUBERIA	VELOCIDAD	COEFICIENTE		DIAMETRO	TIRANTE	RELACION	COTA INVERT		POZO DE VISITA		
inicio	final	DH	INICIAL	FINAL	vivi/actual	actual	futuro	actual	futuro	actual L/S	futuro L/S	S %	S %	M/S	n	plg	mm	d mm	D/d	inicial	final	inicial	final
1	2	84.85	98.834	97.293	9	45	178	4.324	4.166	0.58	2.23	1.82	1.90	0.93	0.010	6	152.4	29.718	0.195	97.744	96.1319	1.15	1.16
2	3	38.9	97	97.293	0	0	0	0.000	0.000	0.58	2.23	-0.75	0.50	0.58	0.010	6	152.4	41.148	0.27	96.1019	95.9324	1.19	1.86
3	4	56.14	98.566	97	0	0	0	0.000	0.000	0.58	2.23	2.79	0.50	0.58	0.010	6	152.4	41.148	0.27	95.9024	95.5969	1.89	2.97
16	15	86.5	103.095	103.047	15	75	297	4.276	4.080	0.96	3.63	0.06	0.50	0.67	0.010	6	152.4	53.34	0.35	101.9459	101.7134	1.15	1.17
15	14	100	103.047	102.794	21	105	416	4.238	4.014	1.33	5.01	0.25	0.50	0.84	0.010	6	152.4	86.868	0.57	101.6834	101.1834	1.2	1.93
14	13	80	102.794	102.224	14	70	277	4.283	4.093	0.90	3.40	0.71	0.80	1.07	0.010	6	152.4	91.44	0.6	101.1534	100.3534	1.96	2.08
13	12	80	102.224	100.961	14	70	277	4.283	4.093	0.90	3.40	1.58	1.00	1.24	0.010	6	152.4	100.584	0.66	100.3234	99.3234	2.11	1.54
12	11	47.15	100.961	98.676	0	0	0	4.280	4.090	4.10	15.43	4.85	4.00	2.09	0.010	6	152.4	65.532	0.43	99.2934	97.4074	1.57	1.27
11	10	18.9	98.676	99.392	0	0	0	4.280	4.090	4.10	15.43	-3.79	0.50	0.97	0.010	8	203.2	101.6	0.5	97.3774	97.2827	1.3	2.11
10	9	23.4	99.392	99.272	0	0	0	4.280	4.090	4.10	15.43	0.51	0.50	0.97	0.010	8	203.2	101.6	0.5	97.2527	97.1357	2.14	2.14
9	8	8.67	99.272	100.048	0	0	0	4.280	4.090	4.10	15.43	-8.95	0.50	0.97	0.010	8	203.2	101.6	0.5	97.1057	97.0624	2.17	2.99
8	7	28.3	100.048	98.104	0	0	0	4.290	4.110	7.17	27.00	6.87	0.80	1.33	0.010	8	203.2	123.952	0.61	97.0324	96.806	3.02	1.3
7	6	22	98.104	97.696	0	0	0	4.290	4.110	7.17	27.00	1.85	1.10	1.44	0.010	8	203.2	111.76	0.55	96.776	96.534	1.33	1.16
6	5	46.48	97.696	98.428	0	0	0	4.350	4.220	7.17	27.00	-1.57	0.80	1.34	0.010	8	203.2	128.016	0.63	96.504	96.1322	1.19	2.3
5	4	91.06	98.428	98.566	0	0	0	4.350	4.220	10.42	39.19	-0.15	0.50	1.21	0.010	10	254	157.48	0.62	96.1022	95.6467	2.33	2.92
17	18	94	102.155	101.831	14	70	277	4.283	4.093	0.90	3.40	0.34	0.50	0.66	0.010	6	152.4	51.816	0.34	100.9934	100.5284	1.15	1.3
18	19	100	101.831	101.295	21	105	416	4.238	4.014	1.33	5.01	0.54	0.50	1.25	0.010	6	152.4	62.484	0.41	100.4984	99.9984	1.33	1.3
18	8	13	101.295	100.048	13	65	257	4.290	4.106	0.84	3.17	9.59	1.50	1.36	0.010	6	152.4	74.676	0.49	99.9684	98.8464	1.33	1.2
20	21	95	101.211	100.126	22	110	436	4.232	4.004	1.40	5.23	1.14	1.10	0.99	0.010	6	152.4	62.484	0.41	100.053	99.019	1.15	1.11
21	22	80	100.126	99.421	23	115	455	4.226	3.995	1.46	5.46	0.88	1.00	1.15	0.010	6	152.4	80.772	0.53	98.979	98.279	1.15	1.14
22	5	60.27	99.421	98.428	6	30	119	4.355	4.222	0.39	1.50	1.65	1.40	1.35	0.010	6	152.4	79.248	0.52	98.249	97.2746	1.17	1.15
23	24	94	100.0385	98.927	20	100	396	4.244	4.024	1.27	4.78	1.18	1.20	0.99	0.010	6	152.4	48.768	0.32	98.873	97.757	1.15	1.17
24	4	70.6	98.927	98.566	11	55	218	4.306	4.134	0.71	2.70	0.51	0.50	0.80	0.010	6	152.4	79.248	0.52	97.727	97.374	1.2	1.19

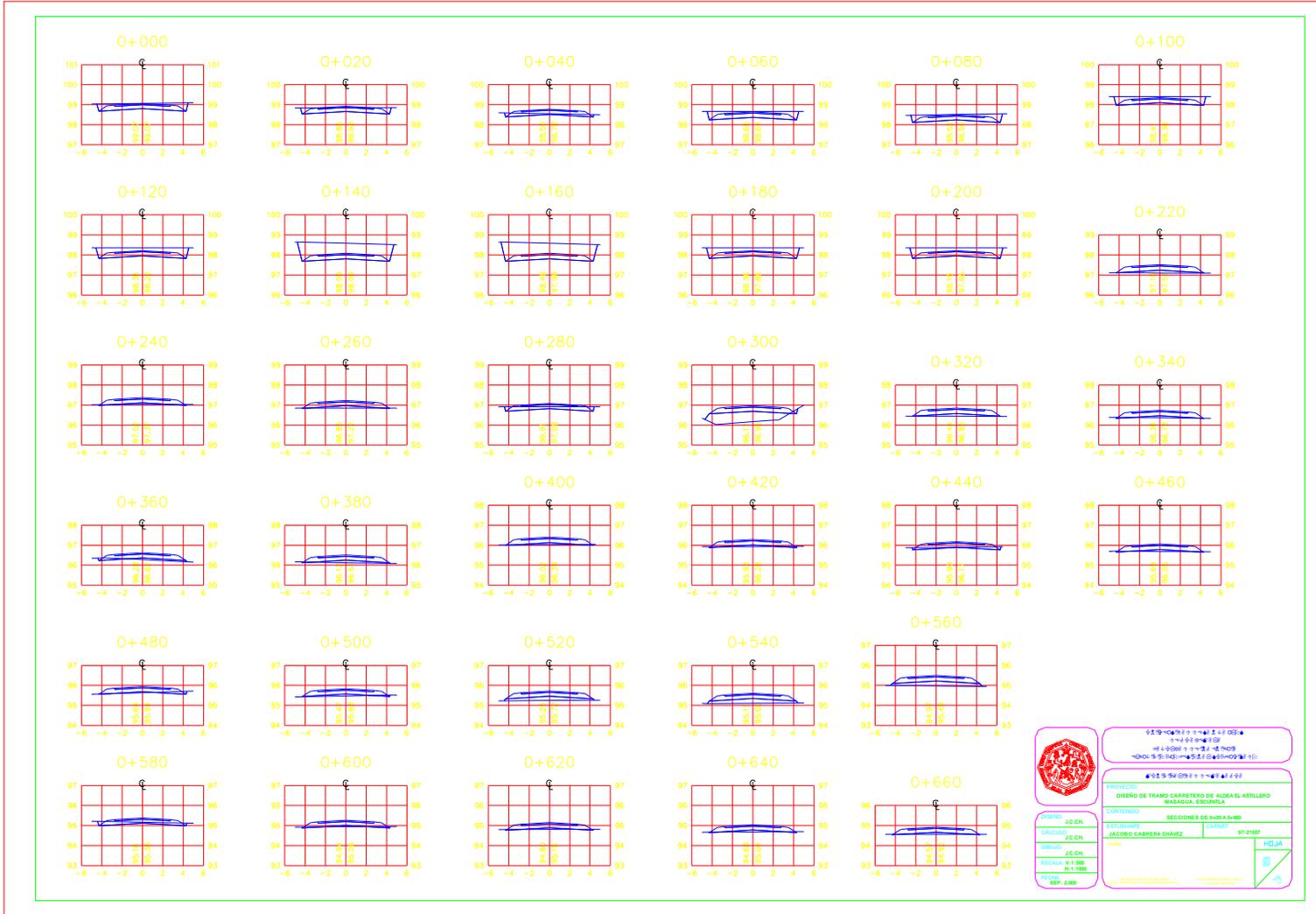


DATUM BLSV
76.00

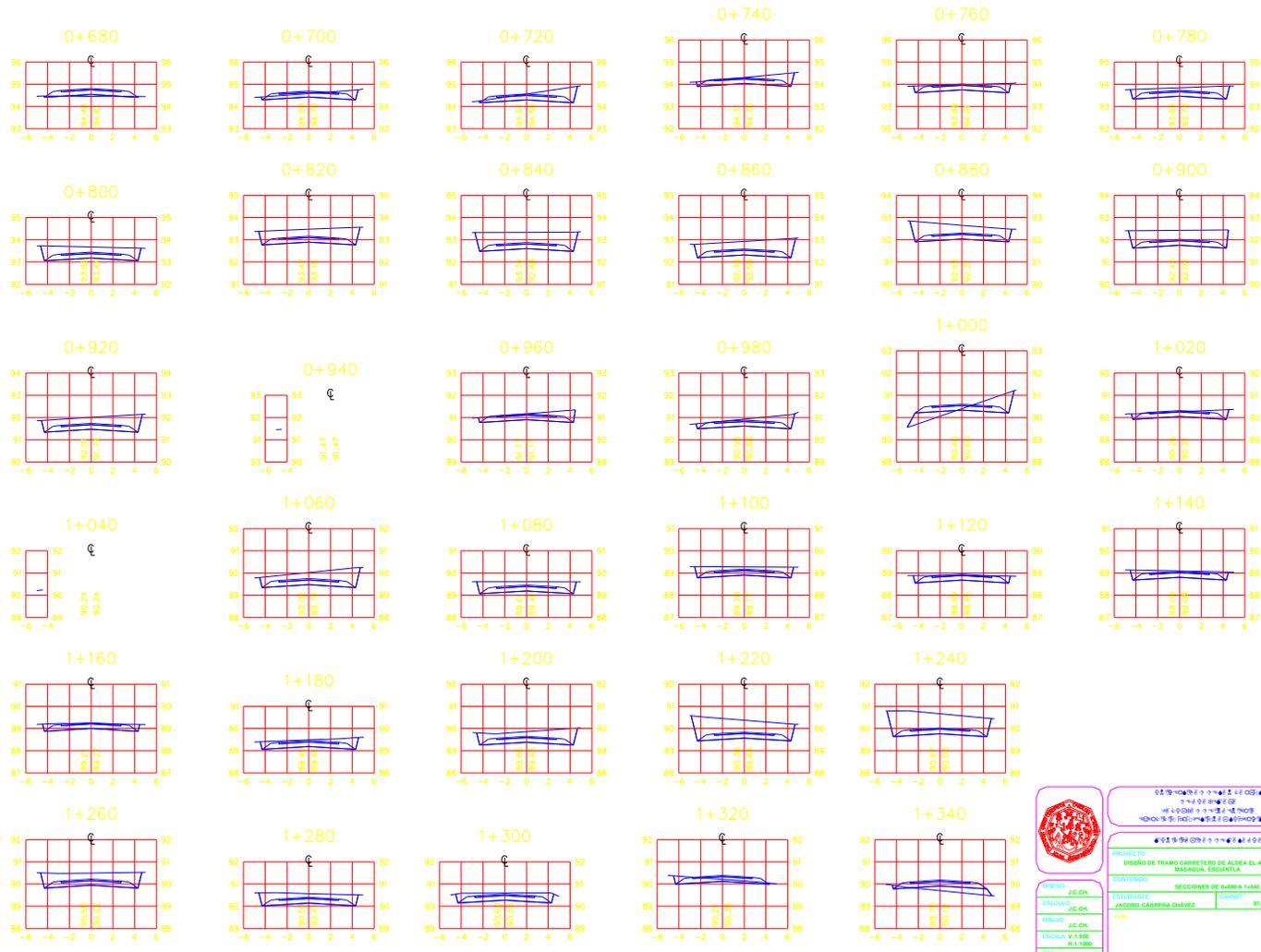
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AGUILAR GUERRERO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AGUILAR GUERRERO	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AGUILAR GUERRERO	
DISEÑO: J.C.C.H. CALIDAD: J.C.C.H. DIBUJO: J.C.C.H. ESCALA: V:1:500 H:1:1000 FECHA: SEP. 2005	PROYECTO: DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA ELASTILLERO MASAJUAL, ESCUINTLA	CONTENIDO: PLANTA + PERFIL DE 0+00 A 0+700
	EJECUTIVO: JACOBO CABRERA CHÁVEZ	CARNET: 97-21607
		HOJA



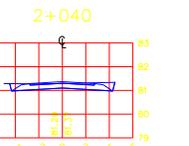
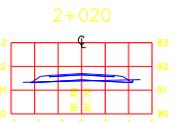
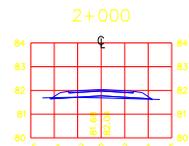
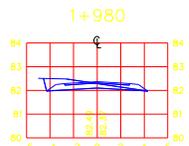
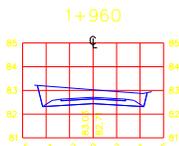
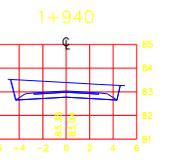
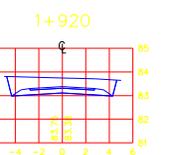
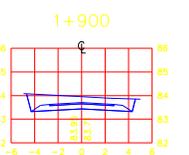
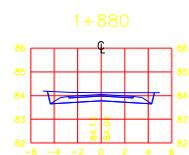
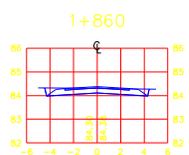
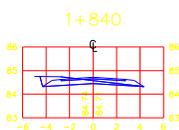
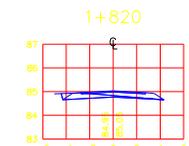
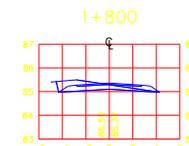
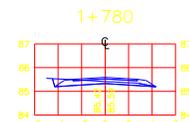
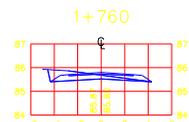
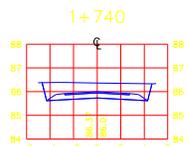
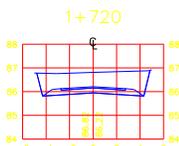
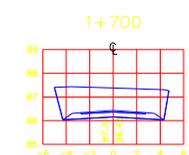
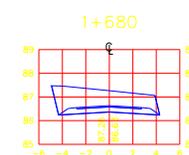
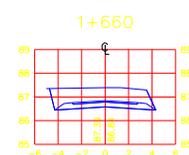
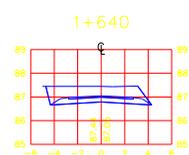
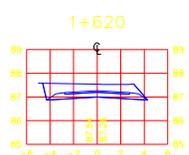
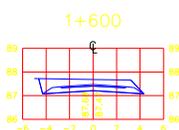
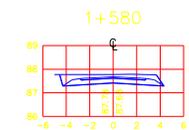
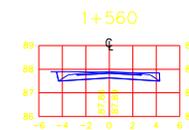
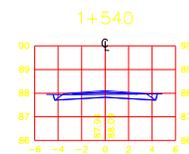
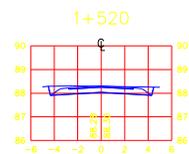
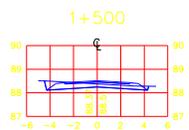
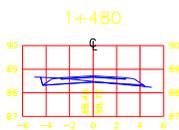
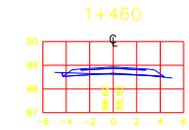
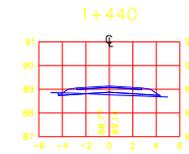
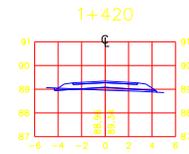
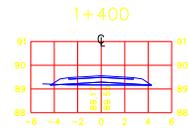
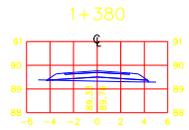
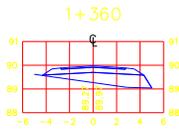
		PROYECTO: DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA EL ASTILLERO MASAGUA, ESCUINTLA	
		CONTENIDO: PLANTA + PERFIL, DE 0+700 A 1+400	
DISEÑO: J.C.CH.		DIBUJO: J.C.CH.	
CÁLCULO: J.C.CH.		ESTUDIANTE: JACOBO CABRERA CHÁVEZ	
ESCALA: V:1:25 H:1:1000		CORNET: 97-21607	
FECHA: SEP. 2.005		HOJA: 1	



		INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
		INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
PROYECTO: DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA EL ASTILLERO MARIQUAL, ESCUENLA			
CONTENIDO: SECCIONES DE 6+00 A 6+66		CARPET: 97-21807	
DISEÑO: J.C. CH.	ESTUDIOS: J.C. CH.	HOJA	
CÁLCULO: J.C. CH.	ELABORADO: JACOBO CABRERA CHAVEZ		
DIBUJO: J.C. CH.	ESCALA: V=1:500 H=1:1000		
FECHA: 2008	SEP. 2.008		



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA	
PROYECTO: DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA EL ASTILLERO BASAGUA, ESCUENTA.	
CONTENIDO: SECCIONES DE 0+680 A 1+340	ESCALA: V:1:500 H:1:1000
DISEÑO: J.C.C.H. CÁLCULO: J.C.C.H. DIBUJO: J.C.C.H. FECHA: SEP. 2005	ELABORADO POR: JACOBO CABRERA CHÁVEZ DISEÑO: JF-21687 H.C.J.A.

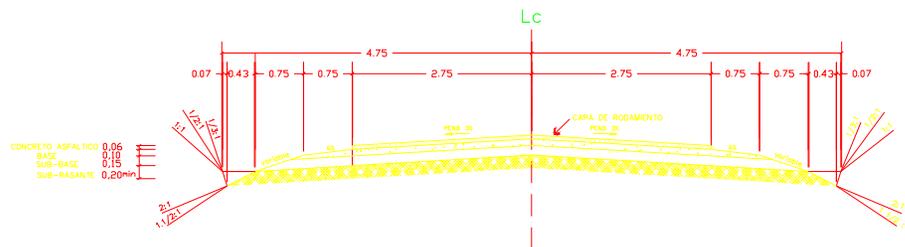



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANTÓN
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE VÍAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE VÍAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE VÍAS

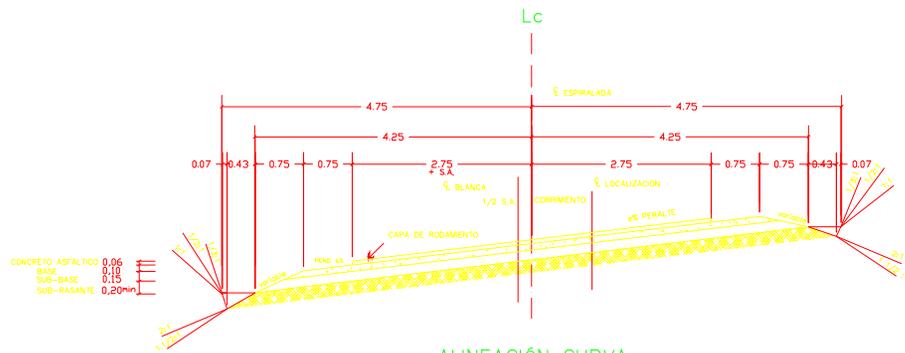
PROYECTO: DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA EL ASTILLERO MASAJUA, ESCUELA

CONTENIDO: SECCIONES DE 1+360 A 2+040

DISEÑO: J.C.CH. CALCOMA: J.C.CH. DIBUJO: J.C.CH. ESCALA: V=1:500 FECHA: 14/10/2020 SEP-2020	ESTUDIANTE: JACOBO CABREÑA CHÁVEZ TURNO: 8721697	HOJA: 12 DE: 12
--	---	--------------------



ALINEACIÓN RECTA



ALINEACIÓN CURVA

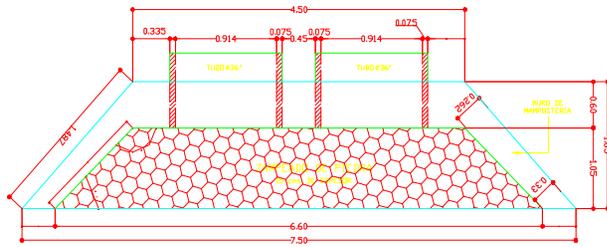
SECCIÓN TÍPICA

- CONCRETO ASFÁLTICO
- BASE NEGRA
- RECUPERACIÓN + MATERIAL DE APORTE

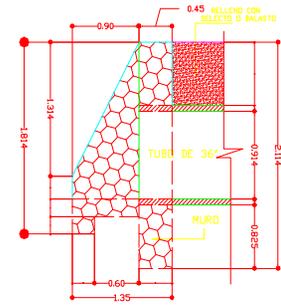
CARRETERA TIPO "E"

ANCHO DE CALZADA	5.50 m.
ANCHO DE TERRACERIA CORTE	9.50 m.
RELLENO	8.50 m.
ANCHO DE DERECHO DE VÍA	25.00 m.

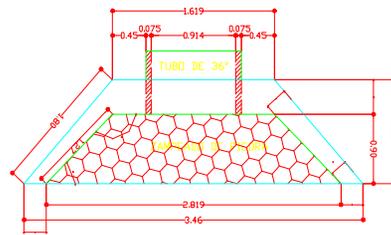
	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSALIZACIÓN INSTITUCIÓN NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSALIZACIÓN INSTITUCIÓN NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSALIZACIÓN	
	PROYECTO DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA EL ASTILLERO MASAGUA, ESCUENTLA	
CONTENIDO		
SECCIÓN TÍPICA		HOJA
DISEÑO J.C.CH. CÁLCULO J.C.CH. DIBUJO J.C.CH. ESCALA INDICADA FECHA: SEP. 2005	ESTUDIANTE: JACOBO CARRERA CHUVEZ	CARRER: 07-21007
INSTITUCIÓN NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSALIZACIÓN		



PLANTA CABEZAL
TUBERIA DE DOBLE DE 36" SIN ESCALA

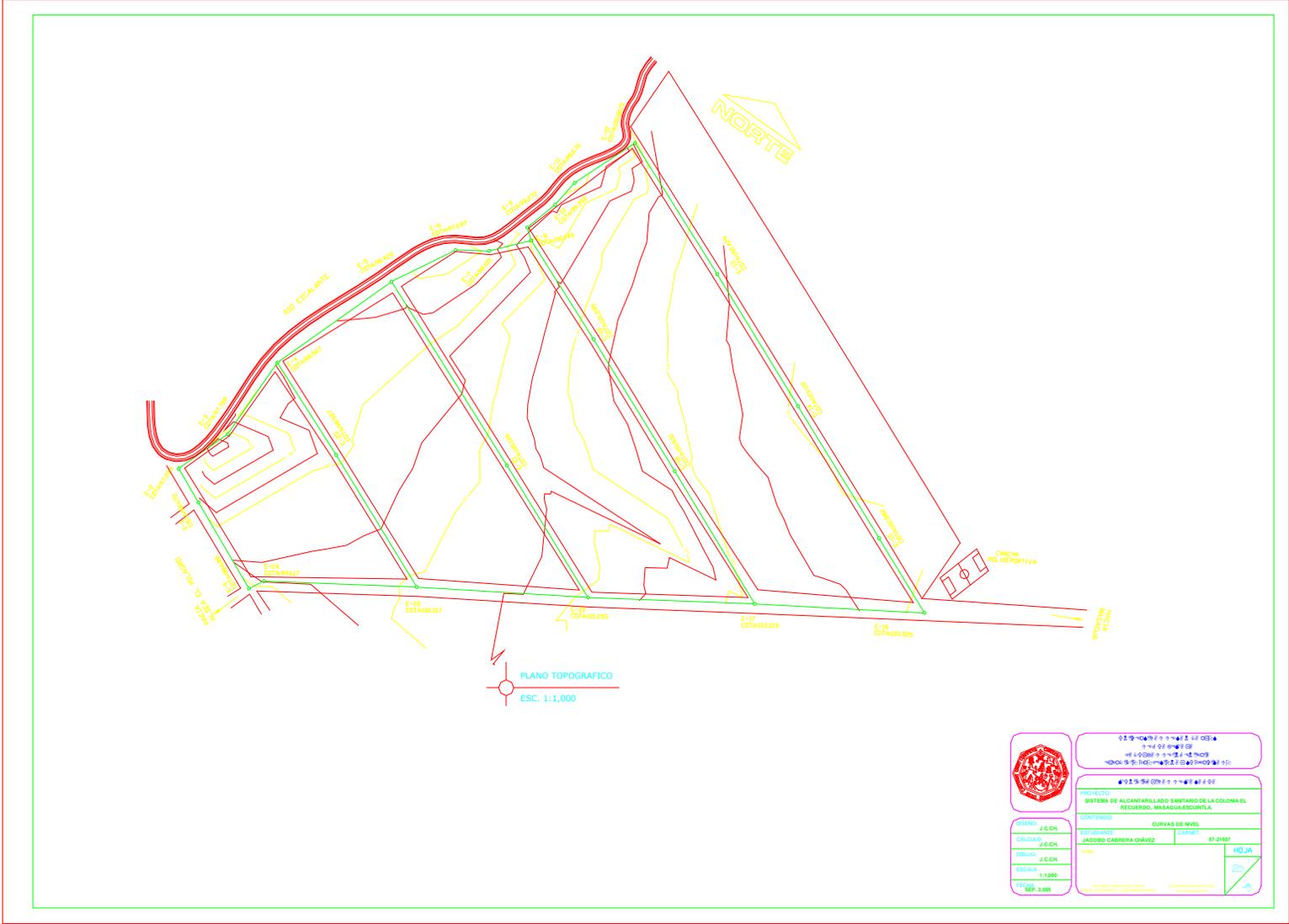


CORTE CABEZAL TUBERIA DE 36" SIN ESCALA

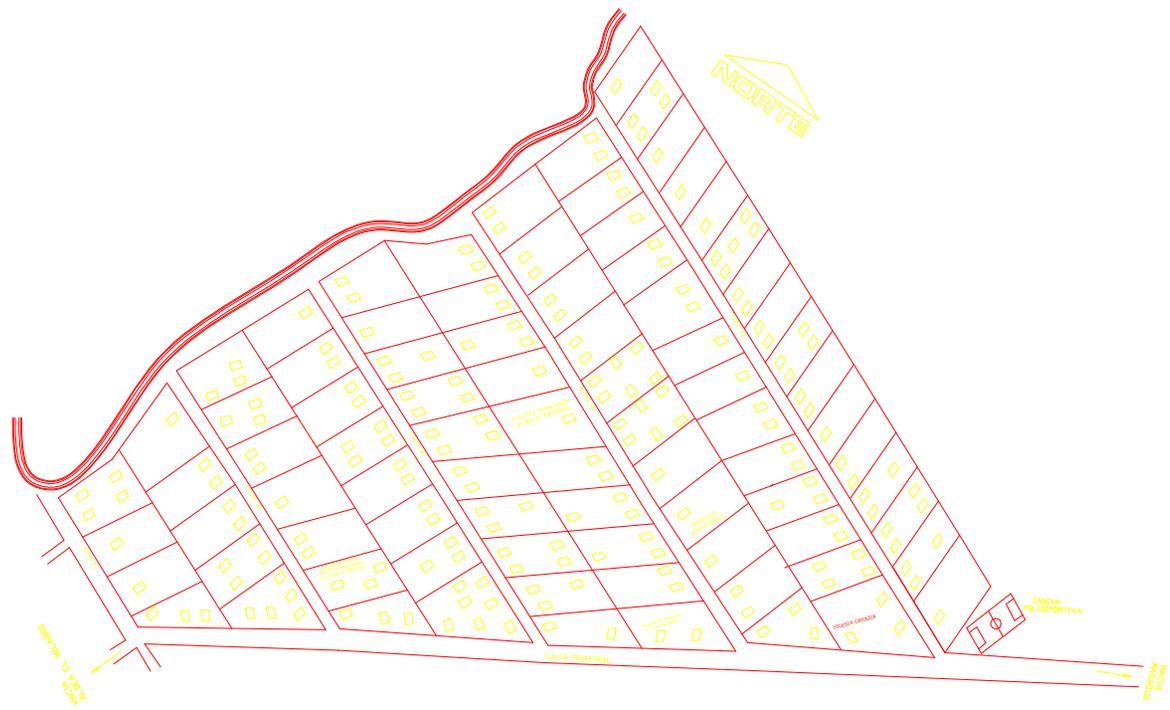


PLANTA CABEZAL
TUBERIA DE 36" SIN ESCALA

	INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS VENEZUELA INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
	PROYECTO: DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE ALDEA EL ASTILLERO MASAGUA, ESCUAYTA.	
CONTENIDO: DETALLE DE CABEZALES		HOJA
DISEÑO: J.C.C.H. CÁLCULO: J.C.C.H. DIBUJO: J.C.C.H. REVISOR: FECHA: SEP-2005	ESTUDIANTE: JACOBDO CABRERA CHÁVEZ	CORNET: 97-211607

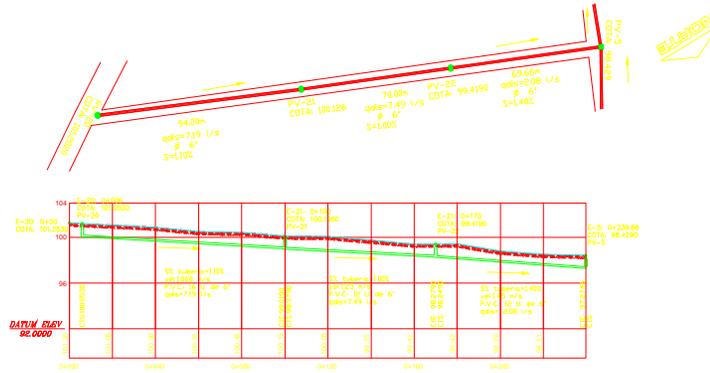


	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLOMA EL RECUERDO, MASAGUALSCUNTLA	
	CONTENIDO: CURVAS DE NIVEL	
DISEÑO: J.C.C.H.	ELABORADO: J.C.C.H.	LUGAR: 97-21807
DIBUJO: J.C.C.H.	ESCALA: 1:1,000	HOJA:
FECHA: SEP. 2, 005	HOJA:	

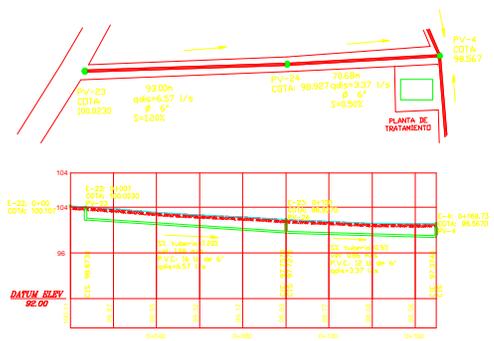


PLANO DENSIDAD DE VIVIENDA
 ESC. 1:1,000

		MUNICIPALIDAD DE MASAGUA ESCUINTLA DIRECCIÓN GENERAL DE URBANISMO Y OBRAS PÚBLICAS	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA EL RECUERDO, MASAGUA, ESCUINTLA			
EJECUTIVO: JACOBO CABRERA CHÁVEZ		CARNET: 97-21607	
HOJA: 1		DE: 1	
ESCALA: 1:1,000		FECHA:	
DEP. 2,085		HOJA:	

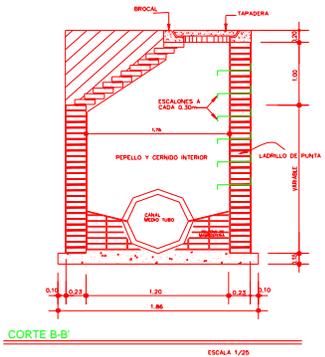


PLANTA + PERFIL
3era. CALLE
H 1:500
V 1:100



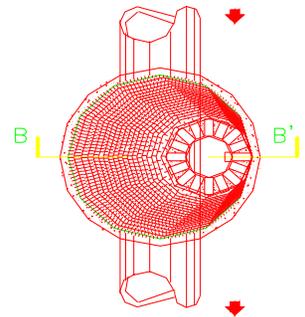
PLANTA + PERFIL
2da. CALLE
H 1:500
V 1:100

	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLUMNA EL RECUERDO, MASAGAJA, SUCUMBA.	
	PLANTA + PERFIL	
DISEÑO: J.C. CH.	CÁLCULO: J.C. CH.	FECHA: 07/2007
DISEÑO: J.C. CH.	ESCALA: INDICADA	HOJA: 1/1
FECHA: SEP. 2005	ELABORADO POR: JACOBO CABRERA CHAVEZ	

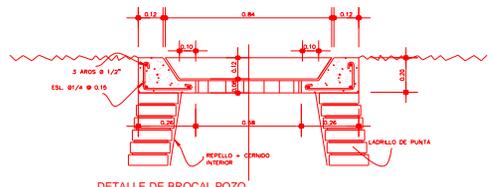


CORTE B-B'
ESCALA 1/20

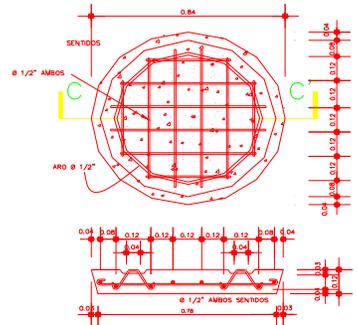
POZO DE VISITA TÍPICO



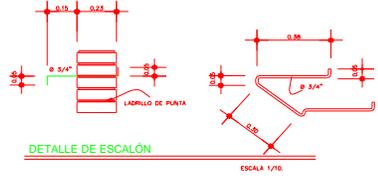
PLANTA
ESCALA 1/20



DETALLE DE BROCAL POZO
ESCALA 1/10



TAPADERA POZO, PLANTA + SECCION C-C'
ESCALA 1/10

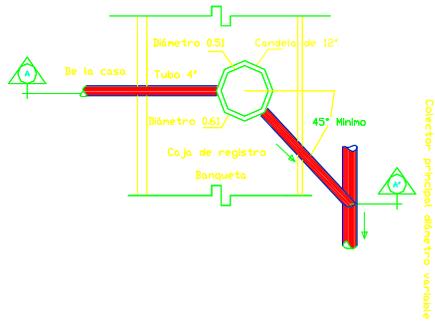


DETALLE DE ESCALÓN
ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES

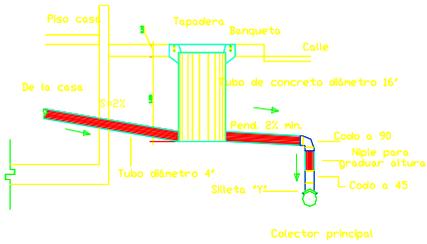
1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERA TENER UN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ PROPORCION 1:2:3.5.
3. EL MORTERO DEBERA SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCION 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA EL REQUERIDO, MANAGUA, GUATEMALA.	
	CONTENIDO: DETALLE TÍPICO DE POZO DE VISITA.	
DISEÑO: J.C.CH.	ESTUDIANTE: JACOBO CARRERA CHÁVEZ	CARRNET: 97-21987
CÁLCULO: J.C.CH.	HDJA	
DIBUJO: J.C.CH.	ESCALA: 1:10	
FECHA: SEP. 2.005	INSTITUCIÓN: INSTITUTO VECINAL DE MANAGUA	

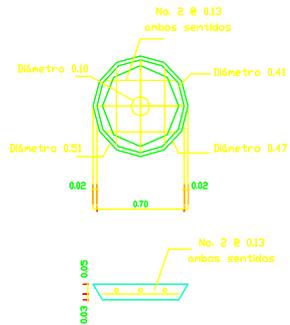


PLANTA ESCALA 1:20

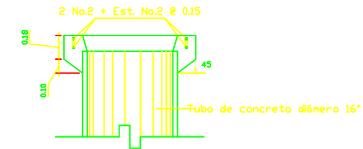
- ### ESPECIFICACIONES
1. LA TUBERIA PARA LA CONEXION DOMICILIAR DEBE SER DE 4" PVC PARA ALCANTARILLADO SANITARIO SEGUN NORMA 3034-00.
 2. EL CONCRETO PARA LA TAPADERA Y BASE DEBERA TENER UN $F_c' = 217 \text{ Kg/cm}^2$ CON UNA PROPORCION 1:2:2.
 3. LA CAJA DE REGISTRO SERA UN TUBO DE CONCRETO DE 16" DE DIAMETRO CON SU RESPECTIVA BASE, BROCAL Y TAPADERA, LA CUAL DEBE TENER UNA PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.90 m.
 5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.



SECCIÓN A-A' ESCALA 1:20



DETALLE TAPADERA ESCALA 1:05



CAJA DE REGISTRO ESCALA 1:05

		SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA EL REQUERIDO, MASAGUA, ESCUINTLA.	
		PROYECTO:	
CONTENIDO:		DETALLE TÍPICO CONEXION DOMICILIAR	
DISEÑO: J.C.CH.		CÁRNET:	
CÁLCULO: J.C.CH.		ESTADISTICO: JACOBIO CABRERA CHAVEZ	
DIBUJO: J.C.CH.		VALOR:	
ESCALA:		97-21607	
FECHA: SEP. 2005		HOJA	