



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
TRAMO CARRETERO PARA EL MUNICIPIO DE SAN
CRISTÓBAL ACASAGUASTLÀN, EL PROGRESO**

MANUEL EDUARDO GARNICA LÒPEZ
Asesorado por Ing. Ángel Roberto Sic García

GUATEMALA, AGOSTO DEL 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
TRAMO CARRETERO PARA EL MUNICIPIO DE SAN
CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

POR

MANUEL EDUARDO GARNICA LÓPEZ

Asesorado por Ing. Ángel Roberto Sic García

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DEL 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRAMO CARRETERO PARA EL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÀN, EL PROGRESO

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 10 marzo de 2005.

Manuel Eduardo Garnica López

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, quien me dio la sabiduría, fuerza e inteligencia para alcanzar un triunfo más en mi vida.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente a la Facultad de Ingeniería, por haberme abierto sus puertas para darme una formación académica.

Ing. Ángel Roberto Sic García, por su valiosa asesoría en el presente trabajo de graduación.

Las autoridades de la municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, del departamento de El Progreso.

La familia Valdez, por su cariño y apoyo incondicional.

Eduardo Gómez Ayala, por su valiosa asesoría en la realización de mis proyectos.

DEDICATORIA

A:

Mis padres

Luís Alberto Garnica Cordón

Gelma Estela López de Garnica

Por guiarme siempre en el camino correcto, por su amor, confianza y apoyo incondicional. Que este triunfo sea una de las recompensas a todos sus esfuerzos.

Especialmente a

Silvia Alejandra Valdez Aldana, por su amor y apoyo incondicional.

Mis hermanos

Luis Fernando Garnica López, Emy Rosamalia Garnica López, por el amor, apoyo y respeto que nos une.

A mis primas

Astrid López, Rosa Leonor Madrid, por su apoyo y sincera amistad.

Mi familia en general

Con cariño y afecto.

Mi patria Guatemala

Por permitirme nacer en esta tierra.

ÍNDICE GENERAL

	Página
INDICE DE ILUSTRACIONES	V
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	X
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Datos generales	1
1.2 Localización geográfica	3
1.3 Vías de comunicación	5
1.4 Algunos servicios	5
1.5 Consideraciones preliminares para el diseño	7
1.5.1 Red de alcantarillado sanitario	7
1.5.2 Tramo carretero	8

2. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1 Cálculo para la demanda	9
2.1.1 Población actual	9
2.1.2 Período de diseño	9
2.1.3 Población de diseño	10
2.1.4 Método de incremento geométrico	11
2.2 Cálculo de los consumos	11
2.2.1 Caudal domiciliar	12
2.2.2 Caudal de conexiones ilícitas.....	13
2.2.3 Caudal comercial	13

2.2.4	Caudal Industrial	13
2.2.5	Caudal de infiltración	14
2.2.6	Caudal de diseño	14
2.3	Criterios de diseño	15
2.4	Levantamiento topográfico	16
2.5	Factores de diseño	19
2.6	Línea de alcantarillado	19
2.6.1	Bases de diseño	20
2.6.2	Diámetro y clase de la tubería.....	21
2.7	Factores de comprobación	22
2.8	Elementos del alcantarillado	22
2.8.1	Pozos de visita	23
2.8.2	Candela domiciliar	24
2.8.3	Unión de candela y línea de alcantarillado	24
2.9	Desfogue	24
2.10	Tratamiento	25
2.11	Administración del mantenimiento preventivo del sistema	28
2.11.1	Operación del sistema	28
2.11.2	Mantenimiento del sistema	28
2.12	Presupuesto	29
2.12.1	Precios unitarios	30

3 DISEÑO DE LA CARRETERA QUE COMUNICA A LAS ALDEAS CON LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLÀN, EL PROGRESO.

3.1	Estudio preliminar de campo	33
3.1.1	Planimetría	33
3.1.2	Altimetría	34
3.2	Estudio de suelos	35
3.2.1	Ensayos para la clasificación del suelo	36
3.2.1.1	Análisis granulométrico	36
3.2.1.2	Límites de consistencia	37
3.2.1.2.1	Límite líquido	37
3.2.1.2.2	Límite plástico	38
3.2.1.2.3	Índice plástico	39
3.2.2	Ensayos para el control de la construcción	39
3.2.2.1	Determinación del contenido de humedad	40
3.2.2.2	Densidad máxima y humedad óptima	41
3.2.3	Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo....	42
3.2.3.1	Ensayo de valor soporte del suelo (CBR).....	42
3.2.4	Análisis de resultados	43
3.3	Diseño geométrico de carreteras	44
3.3.1	Elementos geométricos del alineamiento transversal	44
3.3.2	Alineamiento horizontal y vertical	46
3.3.2.1	Alineamiento horizontal.....	47
3.3.2.1.1	Diseño de curvas horizontales.....	48
3.3.2.2	Alineamiento vertical	49
3.3.2.2.1	Diseño de curvas verticales	49
3.3.3	Diseño de localización	50
3.3.4	Corrimiento lineal	50

3.3.5	Diseño de la sub-rasante	51
3.4	Pavimentos rígidos	53
3.4.1	Generalidades	53
3.4.2	Definición de pavimento	54
3.4.2.1	Capas de pavimento	54
3.4.2.1.1	Sub-rasante	54
3.4.2.1.2	Sub-base	55
3.4.2.1.3	Base	57
3.4.2.1.4	Capa de rodadura	60
3.4.3	Factores de diseño	61
3.4.3.1	Módulo de ruptura del concreto (MR)	61
3.4.3.2	Módulo de reacción del suelo (k)	62
3.4.3.3	Tráfico y cargas de diseño	63
3.4.3.4	Tipos de juntas	64
3.4.4	Diseño del pavimento rígido	67
3.4.5	Consideraciones para el diseño del pavimento rígido	74
3.4.6	Maquinaria a utilizar	76
3.4.7	Presupuesto del pavimento rígido	78
3.4.7.1	Precios Unitarios	79
3.5	Vulnerabilidad	80
3.5.1	Vulnerabilidad del proyecto	80
3.5.2	Riesgos	81
3.5.3	Medidas de contingencia	82
3.6	Estudio de impacto ambiental	83
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA	88
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa de localización de San Cristóbal Acasaguastlán	4
2	Mapa de ubicación de San Cristóbal Acasaguastlán	7
3	Sección típica de una carretera	45
4	Planta de una curva horizontal	48
5	Sección de una curva vertical	49
6	Tipos de juntas para pavimentos	66
7	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores soportes	71
8	Planta de curvas de nivel	93
9	Planta conjunto	94
10	Perfil del terreno y tuberías de drenaje	95
11	Planta perfil del tramo carretero	96
11	Secciones transversales del tramo carretero	97
12	Detalle de drenajes transversales y gabarito del tramo carretero	98

TABLAS

I	Ubicación de centros de salud	6
II	Libreta topográfica del proyecto de drenajes	17
III	Cálculos hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario	26
IV	Presupuesto de alcantarillado sanitario	30
V	Tipos de graduación para material de sub-base y base granular	59
VI	Categoría de carga por eje	70
VII	Tipos de suelo de sub-rasante y valores aproximados de k	72
VIII	Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)	72
IX	Presupuesto del tramo carretero	78

ABREVIATURA Y SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
INFOM	Instituto de fomento municipal
INAB	Instituto Nacional de Bosques
MINEDUC	Ministerio de Educación
DEORSA	Dirección de Electrificación de Oriente Sociedad Anónima
SEGEPLAN	Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia.
INE	Instituto Nacional de Estadística
BM	Banco de marca
PVC	Cloruro de polivinilo
Pf	Población futura
Pa	Población actual
R	Tasa de crecimiento
N	Período de diseño
Q dom	Caudal domiciliar
Q ci	Caudal de conexiones ilícitas (lt/seg)
C	Coefficiente de escorrentía
I	Intensidad de lluvia (mm/hr)
A	Área
Q inf.	Caudal de infiltración
FH	Factor de Hardmond
Fqm	Factor de caudal medio
M/s	Metros por segundo
Q	Caudal (l/s)

P	Perímetro mojado (m)
Rh	Radio hidráulico (m)
V	Velocidad (m/s)
S	Pendiente (%)
N	Coeficiente de rugosidad
Ci	Cota Invert (m)
H min.	Profundidad mínima de la tubería (m)
Et	Espesor de la tubería
Lt / Hab/ Dia	Litros por habitante por día
P.C	Principio de curva horizontal
P.T	Principio de tangente horizontal
R	Radio
G	Grado de curva horizontal
△	Deflexión
L. C	Longitud de curva horizontal
S. T	Sub-tangente
CMx	Cuerda máxima
EXT	External
O. M	Ordenada Máxima
EL.TER	Elevación de terracería
EL.RAS	Elevación de rasante
Mts	Metros
L.C.V	Longitud de curva vertical
P	Pendiente
S	Peralte
Ø	Diámetro
P.I.V.	Punto de intersección vertical
D. A.	Diferencia aritmética
K	Coeficiente de curva vertical

P.C.V.	Principio de curva vertical
P.T.V.	Principio de tangente vertical
P.B.C.V.	Punto bajo de curva vertical
P.A.C.V.	Punto alto de curva vertical
EL.	Elevación
EST.	Estación
HOR.	Horizontal
VERT.	Vertical

GLOSARIO

Acueducto	Conducto artificial para agua, que tiene por objeto surtir una o varias poblaciones.
Aguas negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin; puede ser doméstica o industrial.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
Banco de marca	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación toma de referencia para determinar la altura de otros puntos.
Banqueta	Faja destinada a la circulación de peatones, ubicada generalmente a un nivel superior al de la calzada.
Bombeo	Pendiente transversal descendente de la corona o sub-corona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.
Bordillo	Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.

Cota invert	Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalada.
Calzada	Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
Contra cuneta	Canal que se ubica arriba de la línea del talud de cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.
Corona	Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.
Cuneta	Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, continuo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona o el talud.
Curva vertical	Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.
Derecho de vía	Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la Dirección General de Caminos, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación o de sus servicios auxiliares.

Grado de curvatura	Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte metros de longitud.
Sección transversal	Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.
Pérdida de carga	Es la diferencia entre la línea del gradiente hidráulico y el nivel estático.
Pendiente	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Rasante	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de la tubería.
Talud	Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
Tangente horizontal	Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.
Tangente vertical	Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, en la Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso.

Ofrece información general del lugar donde se realizó el estudio. Se tratarán dos temas, el diseño de la red de alcantarillado sanitario y el diseño del tramo carretero.

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

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

OBJETIVOS

Generales

- Diseñar el sistema de drenaje sanitario para la población del Barrio el Cementerio, San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso y así mejorar el nivel de vida de la comunidad con la realización del estudio.
- Realizar la planificación y diseño del tramo carretero comprendido desde el Barrio el Cementerio hasta el Caserío Palos Verdes del Municipio de San Cristóbal Acasaguastlán.

Específicos

- Desarrollar una investigación monográfica del lugar.
- Capacitar a los miembros de la comunidad sobre el 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 San Cristóbal Acasaguastlán se realizó, un diagnóstico de las necesidades existentes, y se procedió a clasificar las de mayor prioridad. El primero es el diseño de la red de alcantarillado sanitario de el barrio el cementerio en la cabecera municipal; el segundo es el diseño del tramo carretero que une a las aldeas 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.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Datos generales

El Barrio el Cementerio del Municipio de San Cristóbal Ac, del departamento de El Progreso, en la actualidad presenta calles sin pavimento y de aquí parte el tramo carretero el cual conecta a las aldeas con el municipio.

Clima

La cabecera manifiesta una temperatura que oscila entre los 22 grados centígrados la mínima y 40 grados centígrados la máxima, principalmente entre los meses de enero y agosto. Lo que permite que la aldea sea una región climática cálida.

La precipitación pluvial para la aldea es de 32 y 35 mm dado que regularmente llueve un aproximado de 35 a 69 días en el año. La cabecera tiene una precipitación pluvial de 582.80 milímetros anuales, aproximadamente.

Suelo

Los suelos en el departamento de El Progreso han sido dividido en tres grupos amplios:

- I. Suelos desarrollados sobre materiales volcanicos,
- II. Suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios y metamorficos
- III. Clases Miscelaneas de terreno.

El suelo de San Cristóbal Acasagustlan esta compuesto por el grupo II, y este se divide a su vez en:

- A. Suelos profundos

- B. Suelos poco profundos sobre esquisto
- C. Suelo poco profundos sobre caliza y esquisto arcilloso.

La tasa de crecimiento a nivel departamental es de 4.72 % esto según la jefatura departamental de salud y el Instituto Nacional de Estadística en el caso específico para la cabecera se tiene un estimado de 4.00 % tasa que es influenciada por factores como morbilidad y mortalidad.

La actividad agrícola es la que absorbe el mayor porcentaje de la población, también es de mencionarse que los suelos del municipio se prestan para desarrollar tal actividad.

En cuanto a la actividad pecuaria en especial la producción de ganado vacuno, equinos, bovinos, cabrinos, no esta muy desarrollada en el municipio.

Así mismo, con respecto a la producción de aves de corral se ha desarrollado con énfasis en el consumo familiar y en algunos casos para la venta local, es importante notar que las mujeres y los infantes participan en el desempeño de estas actividades.

En la actividad forestal, por las condiciones que presenta el municipio se ha desarrollado la extracción de maderas del tipo coníferas, en especial el pino. Es por ello que el paisaje del municipio con el transcurrir de los años se ha visto afectado.

Las instituciones de gobierno en especial el INAB ha desarrollado una serie de actividades que apoyan la actividad forestal con el único objetivo de cuidado, manejo y protección del ecosistema.

1.2 Localización Geográfica

El municipio de San Cristóbal Acasaguastlán, está ubicado al oeste de la cabecera departamental, en el margen norte del río Grande o Motagua, su extensión territorial es de 124 Km. cuadrados.

Colinda al Norte y al Oeste con el municipio de San Agustín Acasaguastlán, al sur con el municipio de El Júcaro, ambos del departamento de El Progreso y al este con el municipio de Usumatlán, del departamento de Zacapa. Su cabecera municipal se encuentra ubicada en: 14°55'08" latitud norte y a 89°52'20" longitud oeste del meridiano de Greenwich. A una latitud de 250 msn.

Cuenta con la carretera asfaltada inter-oceánica CA-9 que lo atraviesa de este a oeste, así mismo, cuenta con caminos vecinales de terracería y veredas, que comunican al municipio y sus aldeas. Se encuentra a una distancia de la ciudad capital de 101 Kilómetros por carretera asfaltada. La cabecera se caracteriza por poseer todas sus calles internas empedradas, típicas de las ciudades fundadas por los españoles, la distancia de la cabecera municipal hacia la departamental es de 32 Kilómetros.

Figura 1.

Mapa de localización geográfica de San Cristóbal Acasaguastlan



Fuente: Instituto Geografico Nacional (IGN)

1.3 Vías de comunicación

Por carretera CA-9 ruta al atlántico km 101, hacia el norte se encontró una carretera de terracería que conduce hacia las aldeas San Luis, Piedras Blancas y Cruz del Valle.

1.4 Algunos servicios

Cuenta con servicio de energía eléctrica proporcionada por la red de tendido eléctrico DEORSA.

Hospitales

El municipio no cuenta con hospital, haciendo uso de este servicio en la cabecera departamental de Guastatoya, aunque la mayoría lo realiza en la cabecera departamental de Zacapa.

Centros de salud

Se cuenta con un centro de salud tipo “B” el cual brinda atención de lunes a viernes de 8:00 a 17:00 horas con personal médico, enfermeras y personal paramédico.

Puestos de salud

En el municipio se cuenta con un puesto de salud, ubicado en la Aldea Estancia de la Virgen, el cual da cobertura a comunidades como Cruz del Valle, Piedra Blancas, San Luis Buena Vista y otras comunidades aledañas.

Clínicas

Con respecto a las clínicas médicas, el municipio no cuenta con este servicio.

Sanatorio

En el municipio no se cuenta con este servicio.

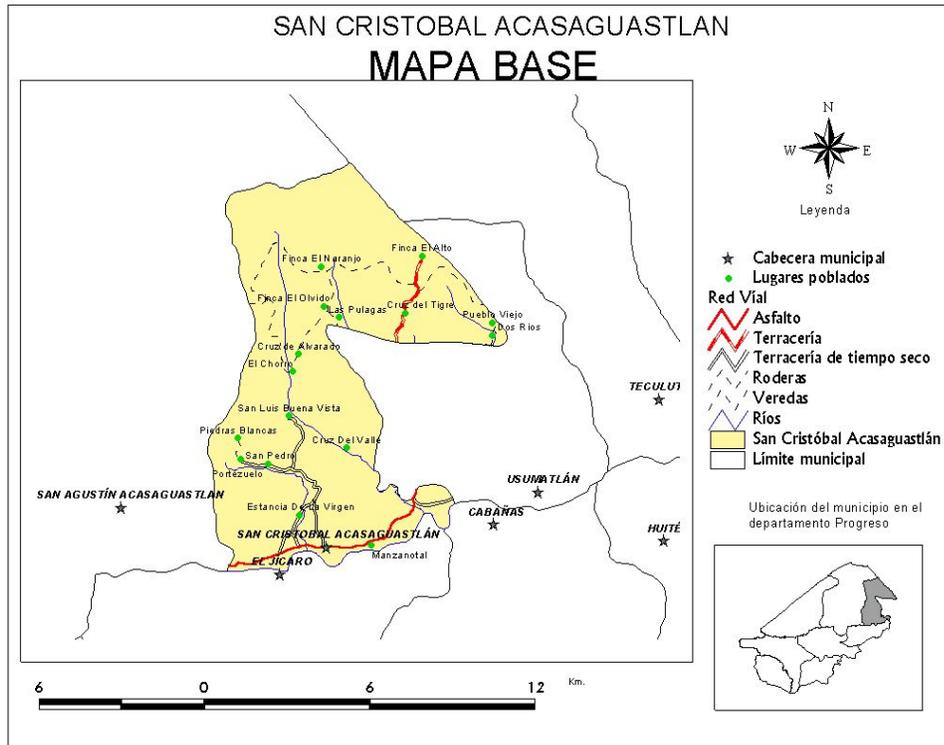
ESTABLECIMIENTOS DE SALUD POR SECTOR SEGÚN LUGAR POBLADO

LUGARES POBLADOS	MINISTERIO DE SALUD Y ASISTENCIA SOCIAL					
	HOSPITAL	CENTRO DE SALUD "A"	CENTRO DE SALUD "B"	PUESTO DE SALUD	CAMAS	
					HOSPITAL	CENTRO "A"
Cabecera Municipal			x			
Aldea Estancia de la Virgen				X		

Fuente: Jefatura Departamental del Área de Salud.

Mapa de ubicación de San Cristóbal Acasaguastlan

FIG. 2 SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLAN



1.5 Consideraciones preliminares para el diseño

1.5.1 Red de alcantarillado

Las calles de este sector de San Cristóbal Ac, tienen una topografía semi-quebrada en unas partes y muy quebradas en otras, aprovechamos las pendientes para evacuar las aguas negras en casi todos los tramos, esto para no hacer grandes movimientos de tierra ya que se incrementaría el costo del proyecto.

El suelo era variado en algunos tramos es rocoso y en otros es una capa vegetal luego un suelo gravo arcilloso, en las partes rocosas se opto por poner la tubería con un recubrimiento de concreto ya que es muy costoso y difícil estar rompiendo la piedra para hacer zanjas para la tubería.

El drenaje va a desembocar hacia un pozo de visita existente y este dirige las aguas negras hacia una fosa séptica la cual cumple con la demanda.

1.5.2 Tramo carretero

En el tramo carretero cuando se hizo la topografía se tuvo mucho cuidado en marcar los pasos de quebradas ya que aquí se tiene que poner tubería transversal, para que esta agua no vaya a estar causando molestias ni destrucción en estos tramos, también se trato de ubicar la carretera en el camino ya existente ya que tenemos propiedad privada en los lados de la carretera, conservar pendientes menores que la máxima por el tipo de carretera que se escogió.

CAPITULO 2

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1 Cálculos para la demanda de la administración del alcantarillado

2.1.1 Población actual

La población a beneficiar en el proyecto del sistema de alcantarillado es la del barrio el cementerio que cuenta con 246 habitantes.

2.1.2 Periodo de diseño

Se tomará como tal el tiempo en el cual la obra funcionara satisfactoriamente, por lo tanto hay que tener en cuenta:

- Vida útil de las estructuras, tomando en cuenta la antigüedad, desgaste y daño.
- Crecimiento poblacional
- Desarrollo de la obra en sus primeros años

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

Recomendaciones

Colector principal	30 - 40 años
Planta de tratamiento	20 - 30 años
Línea de descarga	10 –15 años
Equipo electro-mecánico	8 – 10 años

2.1.3 Población de diseño

Para el cálculo de la población se debe tomar el periodo de diseño correspondiente. Es recomendable utilizar cualquier método apropiado para la estimación de crecimiento poblacional.

Se recopilara toda la información necesaria para tener datos más reales, como en los registros municipales y de sanidad, censos escolares, Instituto Nacional de Estadística (INE). En todo caso el diseñador debe verificar la información obtenida.

Hay que tomar en cuenta el tamaño de la comunidad a estudiar. Para el calculo de la población futura existen varios métodos y los más comunes son: el método de incremento aritmético o el método del incremento geométrico, con la tasa de crecimiento nacional, municipal o calculándola por medio de formulas, el método de proyección grafica a ojo y el método de saturación.

Para este proyecto se utilizara el método geométrico, ya que se poseen los datos para poder completar lo necesario para calcular la población futura.

2.1.4 Método de incremento geométrico

Para poder utilizar este método se debe utilizar la siguiente fórmula

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura n = Periodo de diseño

Pa = Población actual r = Tasa de incremento

La tasa de incremento utilizado será de 4% asignado por la jefatura departamental de salud y el Instituto Nacional de Estadística para el municipio de San Cristóbal Acasaguastlan.

2.2 Cálculo de los consumos

Es el cálculo de los diferentes caudales que componen un flujo de aguas negras, se efectúa mediante la aplicación de varios factores en los cuales se puede mencionar:

- Dotación de agua potable
- Utilización del agua en las viviendas
- Intensidad de lluvia
- Estimación de conexiones ilícitas

El caudal que se transporta esta determinado por la pendiente y la velocidad, por norma se tiene que el drenaje funciona como un canal abierto y no a presión. El tirante máximo se obtiene de la relación d/D donde d es la

altura del flujo, esta relación debe de ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.75 para que funcione como canal abierto.

La velocidad del flujo esta determinada por la pendiente del terreno, el tipo y diámetro de la tubería, la velocidad se determina por la formula de Manning y las relaciones hidráulicas v/V donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena, v por norma debe ser mayor a 0.40 m/s para que no exista taponamiento en la tubería y no debe puede ser mayor a 4 m/s para que no exista erosión.

2.2.1 Caudal domiciliar

El agua que ha sido utilizada en el hogar para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida en la red de alcantarillado, este caudal esta relacionado con la dotación y suministro de agua, en el calculo del caudal domiciliar hay que tomar en cuenta un factor de retorno que un porcentaje de agua, que después de ser usada vuelve al drenaje el cual varia entre 0.70 a 0.90, en este proyecto se tomara 0.80.

Calculo del PV-9 al PV-10

$Q_{dom} = (\text{Dotación} \times \text{numero de habitantes} \times \text{factor de retorno}) / 86400 \text{ seg.}$

$Q_{dom} = (\text{dotacion} * \text{numerodehabitantes} * \text{factorderenorno})$

$$Q_{dom} = \frac{(95 \text{ lt / hab / dia} \times 246 \text{ hab} \times 0.80)}{86,400} = 0.216 \text{ lts / seg.}$$

2.2.2 Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sin ninguna autorización, se estimó el 10% del caudal domiciliar.

$$Q_{ci} = Q_{dom} * 10\% = 0.216 \times 10\% = 0.0216 \text{ lts / seg.}$$

2.2.3 Caudal comercial

Este caudal es el proveniente de centros comerciales, instituciones públicas, mataderos, comercios en general el caudal varía de 1,200 - 1,600 lts/hab/día y de 250 –400 lts/animal/día.

Para este proyecto solo se estimaron 2 comercios, y se estimaron.

$$Q_{com} = \frac{(2 \text{ comedores} \times 1,500 \text{ lts / comedor / día})}{86,400} = 0.0347 \text{ lts / seg.}$$

2.2.4 Caudal Industrial

Este caudal es el proveniente de grandes plantas industriales que consumen agua tales como: Azucareras, Maquilas, Farmacéuticas Embotelladoras.

Para este proyecto no se tomó en cuenta estos caudales debido a que este es un barrio que se está empezando a poblar.

2.2.5 Caudal de infiltración

Este depende de la profundidad del nivel freático del agua, ya que se infiltra caudal al alcantarillado por la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra y de la supervisión.

La dotación de infiltración = 12,000 a 18,000 litros/Km/día.

$$Q_{\text{inf}} = \frac{\left(\text{Dotación} \times \frac{(\text{mts de tubo} + \text{No. de casas} \times 6 \text{ mts})}{1000} \right)}{86,400} = \text{lt/s} / \text{seg.}$$

En nuestro caso tomando en cuenta la profundidad del nivel del agua subterránea, con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en las tuberías, el tipo de tuberías, y la calidad de la mano de obra. Para el proyecto de alcantarillado sanitario del barrio el cementerio se despreció el caudal de infiltración.

2.2.6 Caudal de diseño

Para tener una estimación de la cantidad de agua negra que se transportara en el alcantarillado en los diferentes puntos, se tendrá que sumar todo incluyendo el resultado de la formula siguiente:

$$Q_{\text{dis}} = \text{numero de habitantes} \times \text{FH} \times \text{Fqm}$$

FH = factor de Hardmond: es el valor estadístico que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso del servicio.

Fqm = factor de caudal medio: este debe estar entre el rango de 0.002 a 0.005

$$FH = \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{pf}{1000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{pf}{1000}}\right)} \approx \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{246}{1000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{246}{1000}}\right)} = 4.11$$

$$Fqm = \frac{\text{Caudal medio}}{\text{Numero de habitantes}}$$

$$\text{Caudal medio} = Q_{dom} + Q_{ci} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{ind}$$

$$\text{Caudal medio} = 0.216 + 0.0216 + 0.0347 + 0 + 0 = 0.2723 \text{ lts/seg.}$$

$$Fqm = \frac{0.2723}{246} = 0.0011$$

Como el valor del Fqm sali3 fuera del rango tomar el m3s pr3ximo que es 0.002.

$$Q_{dise\tilde{n}o} = \text{No. habitantes} \times Fqm \times FH = \text{lts/seg.}$$

$$Q_{dise\tilde{n}o} = \text{No. habitantes} \times Fqm \times F.H = \text{lts/seg.}$$

$$Q_{dise\tilde{n}o} = 246 \text{ hab} \times 0.002 \times 4.11 = 2.024 \text{ lts/seg.}$$

2.3 Criterios de dise1o

Es posible realizar el sistema de alcantarillado ya que la aldea posee un sistema de agua potable. La topograf3a del lugar permite que se realice el alcantarillado, la tuber3a tuvo que pasar por el drenaje transversal de la carretera CA-9, ya que al otro lado de la ruta es donde se encuentra la fosa s3ptica.

El caudal de dise1o debe ser menor que el caudal de secci3n llena.

2.4 Levantamiento topográfico

En todo diseño de un alcantarillado es necesario realizar un levantamiento topográfico, el cual será de utilidad para poder conocer como esta ubicado el proyecto en planta, como elevación.

El levantamiento topográfico debe ser de gran precisión ya que en este tipo de proyectos se invierte gran cantidad de dinero y los beneficiados demandan un buen servicio, el levantamiento debe ser de primer orden pero en este proyecto se utilizó de segundo orden debido a la falta de equipo:

Levantamiento planimetrico

Se referirá al meridiano magnético y será efectuado con teodolito de precisión y cinta metálica de precisión.

Levantamiento altimétrico

Se realizara por nivelación trigonometrica con teodolito, con doble lectura adelante y atrás referenciado a un BM convencional bien identificado y de preferencia a un BM geodésico, en este proyecto se hizo de la forma taquimetrica haciendo lectura de hilos del ángulo vertical.

A continuación se presenta la libreta de campo.

LIBRETA TOPOGRAFICA DE CAMPO

Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado
 Localización: SAN CRISTOBAL ACASAGUATLAN
 Descripción: Libreta de campo poligonal abierta

Topografía: Epesista Manuel Eduardo Garnica López
 Calculó: Manuel Eduardo Garnica López
 Fecha : Diciembre del 2004

EST.	PO	AZMUT	< VERT	HS	HM	HI	COTA	DIST.	H.L
	BM						500.00		
BM	0	156 ° 32 ' 20 "	94.8	0.91	0.86	0.80	501.77	10.92	
0	0.1	6 ° 20 ' 40 "	85 °	1.19	1.07	0.95	504.22	23.82	1.43
0	2.00	2 ° 21 ' 20 "	85.6 °	1.12	0.96	0.79	504.77	32.81	1.43
2	2.10	43 ° 13 ' 40 "	86.0 °	1.25	1.13	1.00	506.82	24.88	1.43
2	2.2	45 ° 16 ' 20 "	84.7 °	1.54	1.28	1.01	509.80	52.55	1.43
2	2.3	46 ° 34 ' 20 "	84.6 °	1.55	1.12	0.69	513.14	85.24	1.43
2	3	44 ° 0 ' 0 "	84.2 °	1.30	1.08	0.85	509.65	44.54	1.43
3	3.1	292 ° 45 ' 20 "	98.5 °	0.77	0.71	0.65	508.60	11.74	1.41
3	3.2	293 ° 21 ' 40 "	98.0 °	0.90	0.75	0.60	506.18	29.42	1.41
0	0.2	213 ° 1 ' 20 "	94.0 °	1.90	1.53	1.15	496.46	74.64	1.43
0	0.3	213 ° 4 ' 30 "	94.7 °	1.35	0.84	0.33	494.03	101.32	1.43
0	1	213 ° 33 ' 15 "	95.0 °	1.60	0.98	0.36	491.46	123.06	1.43
0	4	215 ° 22 ' 25 "	95.0 °	1.70	1.33	0.95	495.37	74.43	1.43
4	4.1	304 ° 33 ' 35 "	90.2 °	0.61	0.46	0.30	496.31	31.00	1.51
4	5	307 ° 12 ' 40 "	88.5 °	1.06	0.84	0.61	497.22	44.97	1.51
5	5.1	38 ° 45 ' 45 "	79.0 °	0.61	0.53	0.45	501.15	15.42	1.47
5	5.2	37 ° 7 ' 20 "	80.0 °	0.75	0.59	0.43	503.57	31.04	1.47
5	5.3	318 ° 3 ' 30 "	96.0 °	0.60	0.43	0.26	494.72	33.63	1.47
5	6	319 ° 20 ' 45 "	95.0 °	2.67	2.43	2.18	492.01	48.63	1.47
6	6.1	231 ° 20 ' 40 "	101.0 °	1.45	1.39	1.32	489.74	12.53	1.55
6	6.2	231 ° 46 ' 20 "	98.0 °	1.51	1.40	1.28	488.99	22.55	1.55
6	7	233 ° 29 ' 40 "	98.7 °	1.46	1.25	1.04	486.03	41.04	1.55
6	14	331 ° 3 ' 5 "	96.0 °	0.73	0.57	0.40	489.56	32.64	1.55
14	15	333 ° 51 ' 40 "	103.0 °	1.06	0.93	0.80	484.33	24.68	1.40
15	15.1	67 ° 0 ' 0 "	77.0 °	1.71	1.51	1.30	493.05	38.93	1.23
15	15.2	63 ° 52 ' 25 "	76.0 °	1.44	1.33	1.22	489.40	20.71	1.23
15	16	331 ° 9 ' 15 "	111.0 °	0.38	0.24	0.09	475.63	25.28	1.23

16	16.1	243 ° 54 ' 55 "	91.6 °	0.900	0.795	0.690	475.596	20.98	1.35
16.1	16.2	283 ° 39 ' 5 "	92.0 °	0.790	0.735	0.680	475.807	10.99	1.33
16.2	17	326 ° 25 ' 50 "	96.2 °	0.610	0.530	0.450	475.059	15.81	1.50
17	18	340 ° 12 ' 50 "	96.0 °	1.500	1.430	1.360	473.494	13.85	1.32
17	19	326 ° 24 ' 40 "	98.0 °	2.160	2.070	1.980	471.828	17.65	1.32
19	20	248 ° 0 ' 0 "	98.3 °	0.960	0.920	0.880	471.116	7.83	1.35
19	21	245 ° 10 ' 10 "	101.6 °	0.710	0.655	0.600	470.357	10.56	1.35
6	7	233 29 20	98.7	1.460	1.250	1.040	486.029	41.04	1.55
7	7.3	143 51 20	85.0	0.610	0.555	0.500	487.689	10.92	1.26
7	8	142 ° 0 ' 40 "	86.0 °	0.500	0.355	0.210	488.952	28.86	1.26
8	8a	136 5 40	85.6	2.130	2.000	1.870	490.286	25.85	1.35
8	8.1	136 ° 5 ' 40 "	88.3 °	1.270	1.035	0.800	490.660	46.96	1.35
8a	8b	30 ° 14 ' 24 0	81.6	2.204	2.000	1.800	495.506	39.85	1.30
8	9	136 ° 29 ' 30 "	88.2 °	0.530	0.265	0.000	491.701	52.95	1.35
9	1	129 ° 18 ' 20 "	89.0 °	0.790	0.645	0.500	492.892	28.99	1.33
7	7.1	326 ° 52 ' 20 "	94 °	1.560	1.430	1.300	484.049	25.87	1.26
7	7.2	325 ° 34 ' 40 "	94.5 °	1.960	1.780	1.600	482.693	35.78	1.26
7	10	328 ° 49 ' 30 "	94 °	1.900	1.560	1.220	480.997	67.67	1.26
10	10.1	317 ° 54 ' 20 "	96 °	1.200	1.100	1.000	479.198	19.78	1.38
10	12	316 ° 56 ' 40 "	96 °	0.550	0.390	0.230	478.660	31.65	1.38
12	12.1	331 ° 38 ' 20 "	94 °	0.940	0.835	0.730	477.694	20.90	1.33
12.1	13	11 ° 46 ' 18 "	89.25 °	2.050	2.015	1.980	477.039	7.03	1.36
13	21	11 ° 52 ' 45 "	127 °	2.250	2.210	2.170	470.211	7.96	1.40
21	22	241 ° 10 ' 20 "	93.0 °	0.500	0.330	0.160	469.350	33.91	1.10
22	23	262 ° 10 ' 20 "	91.0 °	1.410	1.300	1.190	468.766	21.99	1.10

2.5 Factores de diseño

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

Los proyectos de alcantarillado se deben diseñar para que proporcione una pendiente que de la velocidad mínima de 0.40 m/s. Las velocidades mínimas fijadas no permiten la decantación de los sólidos, pero también las velocidades producen efectos dañinos debido que los sólidos en suspensión hacen efecto abrasivo a la tubería, por tal razón se recomienda que la velocidad máxima sea de 4 m/s.

Los coeficientes de rugosidad para la tubería de PVC son de $n = 0.009$

Los factores de retorno oscilan entre 0.70 – 0.90.

El diámetro mínimo para alcantarillado con tubería de PVC es de 6”.

Las profundidades mínimas de tubería (Hmin) serán:

Trafico normal (menor 200 quintales) 1.00 metro.

Trafico pesado (mayor 200 quintales) 1.20 metros.

2.6 Línea de alcantarillado

Los alcantarillados conducen agua proveniente de los hogares, hay una mezcla de sólidos y líquidos, los sólidos pesados son arrastrados en los fondos del alcantarillado. Cuando las velocidades disminuyen los sólidos pesados son dejados atrás, mientras que los materiales ligeros se acumulan en el borde. Cuando las velocidades suben nuevamente, cada una de estas funciones son consecuencia de la fuerza tractiva del agua que las arrastra.

2.6.1 Bases de diseño

- Periodo de diseño 20 años
- FQM 0.0002
- Población actual 246 habitantes
- Número de casas actuales 47 viviendas
- Población futura 489 habitantes

Fórmulas que se utilizarán para el cálculo de la velocidad a sección llena y el caudal a sección llena:

De continuidad $Q = V \times A$ $Rh = \frac{A}{P}$

Formulas de Chezy $V = C \times (Rh \times S)^{0.5}$ $Q = C \times A \times (Rh \times S)^{0.5}$

Formula de Manning $C = \left(\frac{1}{N}\right) \times (Rh)^{1/6}$

Realizando sustituciones entre estas formulas se llegara a tener la formula

$$V = \left(\frac{0.03429}{N}\right) \times D^{2/3} \times S^{0.5}$$

Q = Caudal (m³/S)

A = Area hidraulica (m²)

P = Perímetro mojado (m)

Rh = Radio hidráulico (m)

V = Velocidad (m/s)

S = Pendiente (m/m)

N = Coeficiente de rugosidad

La fórmula para encontrar la cota invert de la tubería es

C_i = Cota invert

H_{\min} = Profundidad mínima de la tubería

2.6.2 Diámetro y clase de la tubería

El diámetro mínimo de la tubería que se utiliza para el diseño de alcantarillado con PVC es de 6" según normas del INFOM, con ese diámetro se empieza el diseño mientras lo requiera. La velocidad y el caudal irán aumentando el diámetro, siempre y cuando se comprueben las relaciones d/D .

El tipo de tubería que se utilizará es corrugada de doble pared, fabricada mediante un proceso de extrusión, que permite tener una pared lisa que garantiza alto desempeño hidráulico, el sistema de unión entre tramos de tubería, evita la infiltración y exfiltración. Este tipo de tubería es de menor peso lo que facilita su manejo, transporte y almacenamiento.

Las características del material y la lisura de sus paredes internas evita el desgaste de los sólidos que se transportan en el tubo.

2.7 Factores de comprobación

Los factores de comprobación son los que después de elegir la pendiente del terreno y otra que convenga mejor, se elige el diámetro, luego se verificará la velocidad y el caudal a sección llena, la velocidad deberá estar entre los rangos de 0.40 a 4.00 m/s.

Mientras que el caudal a sección llena sea mayor que el caudal de diseño, luego se puede encontrar las relaciones q/Q y d/D , q/Q que nos servirán para poder calcular el tirante real del flujo que se tiene, mientras que d/D tiene que estar entre los rangos de 0.10 a 0.75. Estos serian los chequeos más importantes que se tienen que realizar al estar terminado el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.

2.8 Elementos del alcantarillado

El alcantarillado sanitario es donde se evacuan aguas negras solamente, los elementos que lo forman se describen a continuación.

Conexión domiciliar: es la que transporta aguas negras provenientes de las viviendas las cuales se evacuan al alcantarillado secundario o a las tuberías principales, excepto a otra conexión domiciliar, normalmente se construyen en el exterior de la vivienda.

Líneas secundarias: constituyen el elemento que transporta agua residual de una o más viviendas a la línea central, se constituye el primer elemento de la red de alcantarillado.

Línea central: es la que transporta agua residual proveniente de las líneas secundarias a los pozos de visita.

Pozos de visita: se utilizan para interceptar y recoger el agua residual procedente de uno o varios brazos de las líneas centrales.

2.8.1 Pozos 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 tendrá que disponer de escalones para poder bajar y hacer las limpiezas.

2.8.2 Candela domiciliar

La conexión se realiza por medio de un tubo de concreto no menor a 12” de diámetro, colocado verticalmente y debe quedar impermeable por dentro y tener una tapadera para inspecciones.

El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado, la altura de las candelas será de un metro.

2.8.3 Unión de candela y línea de alcantarillado

Con tubería de PVC existen dos tipos de instalaciones dependiendo de la altura que se encuentre la tubería del alcantarillado principal y estas son.

Profundidad de 0.00 a 2.00 metros: se harán con una silleta y complementando con un codo a 45 grados.

Profundidad de 2.00 o más metros: se harán con una silleta y complementado con un codo de a 90 grados.

2.9 Desfogue

El desfogue se llevará a una fosa séptica existente que fue construida previendo la conexión de este barrio, con lo que se percató que si está en la capacidad de procesar las aguas negras de este barrio.

2.10 Tratamiento

El tratamiento que se le dará a las aguas negras es un tratamiento primario ya que básicamente constituye en la sedimentación, que es la forma de eliminar o separar los sólidos suspendidos en las aguas residuales.

El propósito de este proceso es el disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentar los sólidos. La eficiencia de una fosa séptica depende del tamaño de la partícula, la gravedad específica de la materia de sedimentación y de otros factores: concentración de la materia en suspensión, temperatura, área de la superficie del líquido, periodo de retención, viento, profundidad y forma de cámara.

A continuación se presenta la tabla del chequeo de velocidades y caudales del sistema de drenaje

De PV	A PV	COTA TERR.		DH (mts)	S % TERR.	HAB. SERVIR		F. H		q dis (lts/s)		DIAM. plg.	S % TUBO	SECC. LLENA	
		INICIO	FINAL			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			V (m/s)	Q (lts/s)
1	2	513.14	509.63	40.69	8.63	11	22	4.41	4.37	0.097	0.19249	6	11.99	3.88	68.8
3	2	506.16	509.63	29.42	-11.79	11	22	4.41	4.37	0.097	0.19249	6	1.70	1.46	25.8
2	4	509.63	504.77	44.54	10.91	28	56	4.36	4.30	0.244	0.4821	6	1.93	1.54	27.3
4	5	504.77	496.46	107.45	7.73	50	99	4.31	4.24	0.431	0.84046	6	7.71	3.17	56.2
12.1	12	503.67	497.32	31.03	20.46	11	22	4.41	4.37	0.097	0.19249	6	20.46	5.121389	93.421886
12	5	497.32	496.46	48.14	1.79	28	56	4.36	4.30	0.244	0.4821	6	1.79	1.5	26.6
5	6	496.46	491.48	46.36	10.74	89	177	4.26	4.17	0.758	1.47509	6	10.61	3.688015	67.274969
6.2	6.1	495.61	490.39	39.85	13.10	6	12	4.43	4.41	0.053	0.10576	6	13.10	4.097988	74.753488
6	6.1	491.48	490.39	56.5	1.93	128	255	4.21	4.11	1.078	2.09491	6	1.88	1.54	27.3
6.1	7	490.39	486.13	54.6	7.80	134	267	4.21	4.10	1.127	2.18918	6	7.75	3.151997	57.497196
12	13	497.32	492.11	48.66	10.71	6	12	4.43	4.41	0.053	0.10576	6	10.77	3.715719	67.780328
13	7	492.11	486.13	41.04	14.57	17	34	4.39	4.35	0.149	0.29551	6	14.50	4.311407	78.646576
7	8	486.13	481.1	67.67	7.43	184	366	4.16	4.04	1.531	2.95742	6	7.39	3.080001	56.183873
8	9	481.1	477.79	52.54	6.30	190	378	4.16	4.03	1.579	3.04948	6	6.24	2.828312	51.592683
9	10	477.79	470.31	14.99	49.90	190	378	4.16	4.03	2.369	3.04948	6	43.03	7.42701	135.4799
13	14	492.11	484.28	57.32	13.66	33	66	4.35	4.29	0.287	0.56612	6	13.66	4.184662	76.334553
14.1	14	493	484.28	38.93	22.40	17	34	4.39	4.35	0.149	0.29551	6	22.40	5.358694	97.750689
14	15	484.28	475.58	25.28	34.41	50	99	4.31	4.24	0.431	0.84046	6	34.30	6.630648	120.95305
15	16	475.58	475.76	31.97	-0.56	56	111	4.30	4.23	0.482	0.93926	6	0.91	1.06	18.8
16	10	475.76	470.31	45.28	12.04	56	111	4.30	4.23	0.482	0.93926	6	8.66	3.331385	60.769497
10	11	470.31	468.72	55.9	2.84	246	489	4.11	3.98	2.024	3.89163	6	2.84	1.87	33.1

q/Q		d/D		v/V		TIRANTE		V dis. (m/s)		COTAS INVERT		ALTURA POZO	
Actual	Fut	Actual	Fut	Actual	Fut	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
0.0014	0.0028	0.028	0.039	0.176	0.218	0.168	0.234	0.682	0.847	510.04	505.16	3.3	4.67
0.003761	0.0075	0.045	0.062	0.239	0.292	0.27	0.372	0.349	0.427	505.16	504.66	1.2	5.17
0.008942	0.0177	0.067	0.092	0.310	0.380	0.402	0.552	0.477	0.586	504.63	503.77	5.2	1.2
0.007677	0.015	0.062	0.086	0.295	0.364	0.372	0.516	0.936	1.154	503.74	495.46	1.23	1.2
0.001039	0.0021	0.025	0.034	0.163	0.200	0.15	0.204	0.835	1.022	502.67	496.32	1.2	1
0.009178	0.0181	0.068	0.095	0.313	0.388	0.408	0.57	0.470	0.582	496.29	495.43	1.03	1.23
0.011264	0.0219	0.074	0.101	0.331	0.404	0.444	0.606	1.221	1.488	495.4	490.48	1.26	1.2
0.000712	0.0014	0.021	0.029	0.145	0.180	0.126	0.174	0.596	0.737	494.61	489.39	1.2	1.2
0.039503	0.0767	0.136	0.187	0.486	0.591	0.816	1.122	0.749	0.910	490.45	489.39	1.23	1.2
0.019607	0.0381	0.097	0.134	0.393	0.482	0.582	0.804	1.239	1.519	489.36	485.13	1.23	1.2
0.000785	0.0016	0.022	0.030	0.150	0.184	0.132	0.18	0.557	0.683	496.35	491.11	1.17	1.2
0.001898	0.0038	0.033	0.045	0.196	0.240	0.198	0.27	0.844	1.034	491.08	485.13	1.23	1.2
0.027254	0.0526	0.114	0.156	0.438	0.529	0.684	0.936	1.348	1.630	485.1	480.1	1.23	1.2
0.030611	0.0591	0.119	0.165	0.448	0.548	0.714	0.99	1.266	1.549	480.07	476.79	1.23	1.2
0.017486	0.0225	0.092	0.104	0.380	0.411	0.552	0.624	2.826	3.054	476.76	470.31	1.23	0
0.003759	0.0074	0.044	0.062	0.236	0.295	0.264	0.372	0.989	1.236	491.11	483.28	1.2	1.2
0.001527	0.003	0.030	0.041	0.184	0.226	0.18	0.246	0.985	1.209	492	483.28	1.2	1.2
0.003567	0.0069	0.044	0.060	0.236	0.289	0.264	0.36	1.567	1.917	483.25	474.58	1.23	1.2
0.025644	0.05	0.110	0.153	0.426	0.523	0.66	0.918	0.452	0.554	474.55	474.26	1.23	1.7
0.007933	0.0155	0.063	0.086	0.298	0.364	0.378	0.516	0.994	1.214	474.23	470.31	1.73	0
0.061149	0.1176	0.168	0.231	0.554	0.669	1.008	1.386	1.036	1.252	470.31	468.72	0	1.2

2.11 Administración del mantenimiento preventivo del sistema

La responsabilidad de mantenimiento estará a cargo del comité pro-mejoramiento de la comunidad, este comité tendrá una unidad operativa, conformada de preferencia por personas que hayan participado en la construcción del alcantarillado.

Estos a su vez tendrán que promover y coordinar todo tipo de actividad con la comunidad que se relacione con la conservación y/o mejoramiento del medio ambiente, así como supervisar el uso y dar mantenimiento preventivo, correctivo al sistema de alcantarillado sanitario.

2.11.1 Operación del sistema

Es el conjunto de acciones externas que se realizan a todos los elementos del sistema para que estén en perfecta operación y estos elementos son:

- Línea central y/o secundaria
- Pozos de visita
- Conexiones domiciliarias

2.11.2 Mantenimiento del sistema

Es el conjunto de acciones internas en las cuales se realizan mantenimiento para prevenir daños y reparaciones en el sistema. A continuación se enumeran los posibles problemas y acciones a tomar.

Elemento	Línea central y/o secundaria
Inspección	En pozos de visita
Posible problema	Taponamiento parcial o total
Acciones a seguir	Prueba de corrimiento de flujo

Elemento	Pozos de visita
Inspección	En tapadera y en el interior
Posibles problemas	Estado de escalones, acumulación de residuos
Acciones a seguir	Cambio de tapadera y limpieza de pozos

Elemento	Conexiones domiciliarias
Inspección	General de la unidad
Posibles problemas	Estado físico y taponamientos
Acciones a seguir	Cambio de candelas domiciliarias y quitar tapones.

2.12 Presupuesto

2.12.1 Precios unitarios

PRESUPUESTO DE MATERIALES
 PROYECTO : ALCANTARILLADO SANITARIO
 LUGAR: BARRIO EL CEMENTERIO
 LOS PRECIOS SON DE FERRETERIAS DE LA LOCALIDAD

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 FACULTAD DE INGENIERIA U.S.A.C.
 CALCULO: MANUEL EDUARDO GARNICA LOPEZ

COLECTOR GENERAL

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Tubo P.V.C 6" x 6M SDR ASTM 3034	Tubo	168	583	Q 97,944.00
Cemento Solvente	Galon	4.5	304.6	Q 1,370.70
Concreto	m3	9	500	Q 4,500.00
sub-total				Q 103,814.70

CONEXIONES DOMICILIARES

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Tubo P.V.C 4" x 6M SDR ASTM 3034	Tubo	32	261.7	Q 8,374.40
Tee GXGXG 6x4	U	47	220.55	Q 10,365.85
Cemento Solvente	Gal	2.5	500	Q 1,250.00
Tubo de Cemento de 12"	U	47	58	Q 2,726.00
Cemento	saco	6	39	Q 234.00
Arena de rio	M^3	1	71	Q 71.00
Piedrin	M^3	1	120	Q 120.00
Hierro de 3/8"	Varias	3	19.7	Q 59.10
Hierro de 1/4"	Varias	47	7.95	Q 373.65
Alambre de Amarre	Lbs.	5	5.5	Q 27.50
Formaleta	Pie-Tab	25	4	Q 100.00
Clavos	Lbs.	10	5.5	Q 55.00
Sub-total				Q 23,756.50

POZOS DE VISITA

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Ladrillo tayuyo (23x22x6,6cms)	U	14,793	2.2	Q 32,544.60
Cemento	saco	229	39	Q 8,931.00
Arena de rio	M^3	19	71	Q 1,349.00
Piedrin	M^3	13	120	Q 1,560.00
Hierro de 1/4"	Varias	60	7.95	Q 477.00
Hierro de 3/8"	Varias	370	19.7	Q 7,289.00
Hierro de 1/2"	Varias	40	35	Q 1,400.00
Alambre de Amarre	Lbs.	114	5.5	Q 627.00
Formaleta	Pie-Tab.	600	4	Q 2,400.00
Clavos de 2 1/2"	Lbs.	100	5.5	Q 550.00
sub-total				Q 57,127.60

PRESUPUESTO DE HERRAMIENTAS
 PROYECTO : ALCANTARILLADO SANITARIO
 LUGAR: BARRIO EL CEMENTERIO
 SAN CRISTOBAL AC., EL PROGRESO

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 FACULTAD DE INGENIERIA U.S.A.C.
 CALCULO: MANUEL EDUARDO GARNICA LOPEZ

PRESUPUESTO FINAL DE MATERIALES

No.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO
1	Colector general con tubo de 6"	Q 103,814.70
2	Pozos de visita	Q 57,127.60
3	Conexiones domiciliare	Q 23,756.50
	sub-total	Q 184,698.80

PRESUPUESTO DE HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB-TOTAL
Palas redondas con cabo	U	20	35	Q 700.00
Piochas con cabo	U	20	50	Q 1,000.00
Carretilla de mano	U	5	225	Q 1,125.00
Martillos	U	2	50	Q 100.00
Barreta de 6'	U	4	150	Q 600.00
Tenaza	U	4	25	Q 100.00
Manguera de 1/2" de 100' transparente	U	2	100	Q 200.00
Cedazo 1/16"	YARDA	3	25	Q 75.00
Cedazo 1/4"	YARDA	3	30	Q 90.00
Cinzel de 1"x10"	U	5	30	Q 150.00
Cinta metrica de 5 mts	U	2	35	Q 70.00
SERRUCHO	U	2	125	Q 250.00
Cuchara de albañil No. 6	U	3	40	Q 120.00
Lapiz de carpintero	U	6	2	Q 12.00
Nivel de mano	U	1	200	Q 200.00
Grifas de 1/4"	U	1	40	Q 40.00
Grifas de 3/8"	U	1	55	Q 55.00
Grifas de 1/2"	U	1	60	Q 60.00
Tonel	U	2	150	Q 300.00
Rollo de pita de albañil de 100 yardas	U	3	25	Q 75.00
			sub-total	Q 5,322.00

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA
 PROYECTO : ALCANTARILLADO SANITARIO
 LUGAR: BARRIO EL CEMENTERIO
 SAN CRISTOBAL AC., EL PROGRESO

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 FACULTAD DE INGENIERIA U.S.A.C.
 CALCULO: MANUEL EDUARDO GARNICA LOPEZ

Presupuesto de Mano de Obra

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO/U	COSTO
	Trazo de linea de drenaje	ML	980	3.3	Q 3,234.00
	Excavacion de la linea de drenaje	M3	1252	30	Q 37,560.00
	Colocado de la tuberia y uniones de drenaje	UNIDAD	200	15	Q 3,000.00
	Relleno y compactacion de la linea de drenaje	M3	1252	30	Q 37,560.00
	Excavacion y relleno de la candela domiciliar	M3	10	60	Q 600.00
	Elaboracion de las candelas	UNIDAD	47	75	Q 3,525.00
	Excavacion de los pozos de visita	M3	230	60	Q 13,820.63
	Hechura de armado y fundicion de fondo	UNIDAD	20	35	Q 700.00
	Levantado, repello y alisado	M2	146	75	Q 10,950.00
	Hechura de armado y fundicion de brocal	UNIDAD	20	35	Q 700.00
	Hechura de armado y fundicion de tapadera	UNIDAD	20	35	Q 700.00
				sub-total	Q 112,349.63

PRESUPUESTO FINAL

No.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO
	1 MATERIALES	Q 184,698.80
	2 MANO DE OBRA	Q 112,349.63
	3 HERRAMIENTAS	Q 5,322.00
	4 TRANSPORTE	Q 15,118.52
	IMPREVISTOS 7%	Q 22,224.23
	SUPERVISION 8%	Q 25,399.12
	ADMINISTRACION 5%	Q 15,874.45
	UTILIDAD 10%	Q 31,748.89
	TOTAL	Q 412,735.63

CAPITULO 3

TRAMO CARRETERA

3.1 Estudio preliminar de campo

Una de las bases fundamentales en un proyecto vial es la topografía. La aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar de ejecución de un proyecto determinado.

3.1.1 Planimetría

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

La medida de polígonos por el método de ángulos de deflexión o desviación, es el método más utilizado, especialmente en poligonales abiertas, en que solo hay que tomar algunos detalles al recorrer el itinerario. Desde luego, es el procedimiento casi exclusivamente aplicado en los levantamientos de carreteras, vías férreas, canales y tuberías de conducción de líquidos.

Los ángulos de deflexión o deflexiones, se miden ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda a partir de la prolongación de la línea de atrás y hacia la estación de adelante. Los ángulos de deflexiones o desviación son siempre menores de 180° , y debe especificarse en las notas el sentido de giro en que se miden.

Se recomienda el uso del método de simples deflexiones, utilizando como método de orientación de estación a estación el de 180° . Así el aparato indicara directamente el valor de la deflexión, anotando si esta es derecha o si es izquierda.

Para un levantamiento topográfico de carreteras, el levantamiento debe ser considerado de primer orden lo cual hace necesario tener que contar con teodolitos con una aproximación de diez segundos como lo adecuado.

3.1.2 Altimetria

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

La nivelación puede ser simple o compuesta. La nivelación compuesta es aquella que entre cada punto de vuelta para la nivelación existen puntos intermedios a los que se les desea conocer sus cotas, presentándose esta situación cuando previamente se ha trazado una poligonal a la cual se le desea conocer su perfil. Este tipo de nivelación además permite conocer pendientes de la sub-rasante y poder así diseñarla. La nivelación simple es aquella que consta únicamente de puntos de vuelta y cuyo objetivo es determinar la diferencia de nivel y cotas del punto inicial y final.

El aparato usado para este procedimiento se llama nivel, el cual es un aparato que determina diferencias de nivel (distancias verticales) entre puntos, y consta únicamente con movimiento horizontal.

Para la referencia de cualquier nivelación será necesaria la altura de un punto que haya sido previamente nivelado o por medio de altímetros, pero lo más usual en Guatemala es tener bancos de marca (BM) colocados por la Dirección General de Caminos o en su lugar por el Instituto Geográfico Militar de haber un BM cercano puede hacerse una nivelación simple para determinar la cota de referencia. La cota del BM servirá de referencia para la nivelación por realizar.

3.2 Estudio de suelos

El tipo de suelo existente en el sitio determinara en gran medida la estructura del pavimento por construir. Así, en la gran mayoría de los casos, por condiciones de trazo geométrico, topografía y calidad de los suelos naturales de apoyo, es necesario colocar una capa de transición sobre la cual se construyan las losas de concreto.

Los ensayos de suelos deben llevarse a cabo de acuerdo con la división siguiente:

1. Para la clasificación de suelo
2. Para el control de la construcción
3. Para determinar la resistencia del suelo

3.2.1 Ensayos para la clasificación del suelo

Estos ensayos se usan para identificar suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son el análisis granulométrico y los límites de consistencia.

3.2.1.1 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 acostumbra 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.

3.2.1.2 Límites de consistencias

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.

3.2.1.2.1 Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de 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.

3.2.1.2.2 Límite plástico

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 esta 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.

3.2.1.2.3 Índice plástico

El índice de plasticidad es el más importante y el mas usado, y es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el 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 es de baja plasticidad; cuando el índice plástico esta 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.

3.2.2 Ensayos para el control de la construcción

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

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

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

3.2.2.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en tanto por ciento. En otras palabras no es nada mas que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: el ensayo de compactación Proctor, el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia, y las densidades de campo.

3.2.2.2 Densidad máxima humedad optima (ensayo proctor)

La masa de los suelos, esta formada por partículas sólidas y vacíos, estos vacíos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tienen mayor número de vacíos, los que, conforme se someta a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, que es cuando la masa del suelo, alcanza su menor volumen y su mayor peso, esto se conoce como DENSIDAD MÁXIMA. Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como HUMEDAD ÓPTIMA.

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

- a. Se reduce el volumen de vacíos y la capacidad de absorber humedad.
- b. Aumenta la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz No. 4, añadirle agua y compactarlo en un molde

cilíndrico en tres capas con veinticinco golpes por capa con un martillo de compactación. Luego de compactada la muestra, esta es removida del molde y desbaratada nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo. Se añade mas agua a la muestra, tendiendo a obtener una muestra más húmeda y homogénea y se procede a hacer nuevamente el proceso de compactación. Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca contra contenido de humedad.

Para carreteras en Guatemala es obligatorio el uso del ensayo Proctor modificado. El proceso analítico debe hacerse según lo descrito en la norma AASHTO T 180. Para este ensayo se utiliza un martillo de compactación de caída controlada, cuyo peso sea de 10 libras y se aumenta el número de capas a cinco.

El Proctor modificado, tiene ventajas sobre el estándar en lo siguiente:

- a. Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.
- b. Al tener una humedad óptima mas baja, las operaciones de riego son más económicas, lo que facilita la compactación.

3.2.3 Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo

3.2.3.1 Ensayos de valor soporte del suelo (CBR)

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR), 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 AASATO 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. Es importante tener en cuenta, que el peso de 10 a 13 lb, colocado sobre el disco perforado con vástago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una los de concreto. El objeto de sumergir la muestra, durante cuatro días en agua, es para someter a los materiales usados en la construcción, a las peores condiciones que puedan estar sujetos en el pavimento.

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.

3.2.4 Análisis de resultados

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

Descripción del suelo: Arena limo-arcillosa color café claro con partículas de grava.

Clasificación: C.S.U.: ML P.R.A.: A-7-5

Límite líquido: 49.8%

Índice plástico: 11.5%

Densidad seca máxima = 108.3 lb/pie³

Humedad óptima Hopo 15.4 %

CBR al 95% de compactación es de 7% aprox.

Como puede verse, este material cumple con los requisitos de subrasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50%, el 95% de compactación requerida se alcanzara con la humedad óptima según el ensayo de Proctor modificado y el CBR es mayor que el 5%.

3.3 Diseño geométrico de carreteras

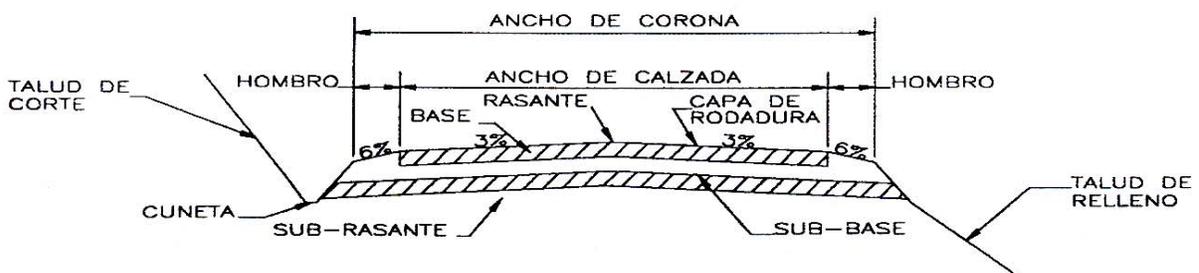
Un diseño geométrico de carreteras, óptimo, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo; sin embargo, la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico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

3.3.1 Elementos geométricos del alineamiento transversal

Los elementos geométricos del alineamiento transversal son aquellos que definen el perfil del terreno en dirección normal al eje del alineamiento horizontal. Sobre la sección transversal es posible definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección.

Figura 3

Figura 2. Sección típica de una carretera



Ancho corona. Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Los elementos que definen el ancho de corona son: la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

Rasante. Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento. Este elemento es fundamental para el diseño ya que señala el nivel final de la carretera.

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

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

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

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

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

- b. Pendiente por peralte. Es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.
- c. Pendiente por transición. Es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo.

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

3.3.2 Alineamiento horizontal y vertical

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

3.3.2.1 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal son los siguientes.

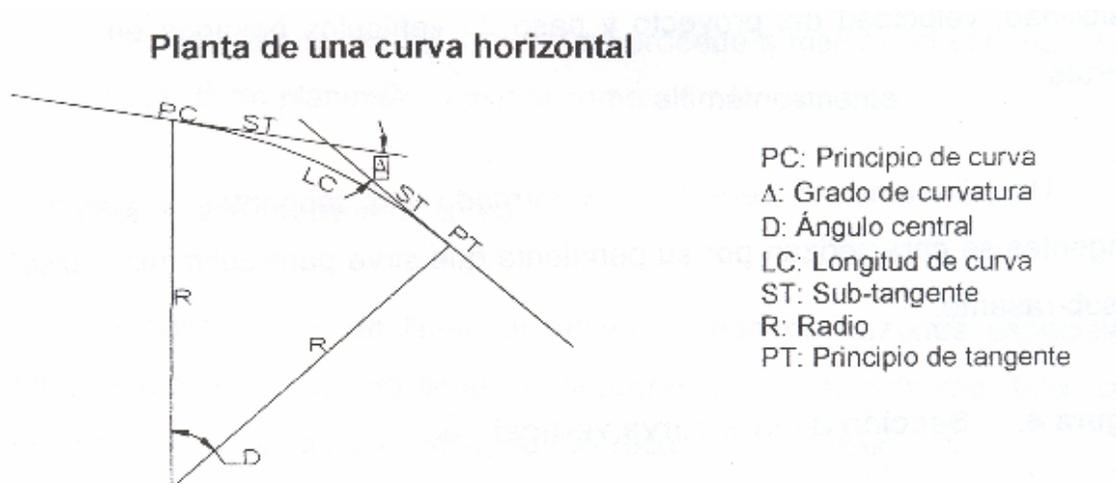
- a. Tangentes. Son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- b. Curvas circulares. Son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular esta determinada desde el

principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.

- c. Curvas de transición. Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

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

Figura 4



3.3.2.1.1 Diseño de curvas horizontales

Las curvas horizontales se diseñan en las vías de comunicación cuando hay cambio de dirección dentro de las proyecciones horizontales, son utilizadas para unir dos tangentes consecutivas.

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

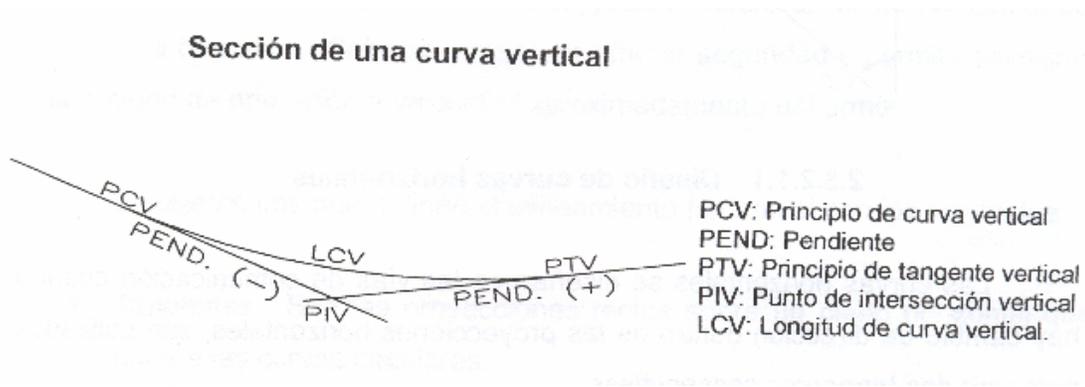
El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan salvarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

3.3.2.2 Alineamiento vertical

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

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

Figura 5



3.3.2.2.1 Diseño de curvas verticales

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

3.3.3 Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización en planta, la cual será la definitiva para el proyecto que se trate. Deberá contener todos los datos necesarios para la cuadrilla de topografía proceda a marcar en el campo la ruta seleccionada, tanto planimetricamente como altimetricamente.

3.3.4 Corrimiento de línea

Los corrimientos de línea se hacen cuando por razones especiales el caminamiento preliminar no llene los requerimientos del proyecto, tales como: especificaciones, pasos obligados, suelos rocosos, barrancos, etc.

Existen tres tipos de corrimientos de línea, el primero que cambia totalmente en azimut y distancia de dos rectas de la poligonal de la preliminar, el segundo que cambia únicamente en distancia dos rectas, conservando los mismos ángulos, y el tercer caso consiste en obviar una o más estaciones del levantamiento preliminar, para formar una sola recta entre dos puntos.

Primer caso: es un cálculo hecho por tanteos (mediante coordenadas), los puntos que contengan las rectas que se quieren modificar, a una escala fácil de leer. Todo corrimiento de línea tiene como base dos puntos fijos un tercer punto que es el que se quiere modificar y para lo cual se deberán suponer las coordenadas del tercer punto en cada tanteo y revisar si las nuevas rectas calculadas pasan por donde se desea, si esto fuese así únicamente queda calcular el azimut y la distancia de cada recta.

Segundo caso: es un cálculo hecho en los casos en que una de las rectas del levantamiento de la preliminar es muy corta y no da cabida a la curva o que se desee calcular una sola curva en lugar de dos.

Tercer caso: este corrimiento de línea se calcula cuando existe una parte del levantamiento de la preliminar, que puede evitarse o acortarse sin causar que el diseño de localización sufra cambios técnicamente inaceptables, por lo que únicamente se tendrá que calcular la distancia y el azimut de la recta que unirá a dos puntos del levantamiento preliminar obviando por lo menos un punto del mencionado levantamiento.

3.3.5 Diseño de la sub-rasante

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

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

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

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

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

- a. Terrenos llanos: son aquellos cuyo perfil tiene pendientes longitudinales pequeñas y uniformes a la par de pendientes transversales escasas. En este tipo de terreno la sub-rasante se debe diseñar en relleno, con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cavidad a las estructuras del drenaje transversal.
- b. Terrenos ondulados: son aquellos que poseen pendientes oscilantes entre el 5% al 12%. La sub-rasante en estos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores de 500 metros.

También se debe tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.

- c. Terrenos montañosos: su perfil obliga a grandes movimientos de tierras, las pendientes generalmente son las máximas permitidas por las especificaciones.

3.3.6 Consideraciones para el diseño geométrico

Por las mismas características geométricas del terreno y las del pavimento rígido, se usaran drenajes transversales y estas son las tuberías que se colocan para aliviar el agua que viene en las cunetas o de quebradas que se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias pues en tramos en corte, sirven para conducir el agua al otro lado de la carretera.

Se utilizaran cunetas para dirigir el agua hacia los drenajes transversales.

3.4 Pavimento rígidos

3.4.1 Generalidades

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

Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- a. Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos-

- b. Esfuerzos directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- c. Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- d. Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

3.4.2 Definición de pavimento

Pavimento es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o su-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.

3.4.2.1 Capas de un pavimento

3.4.2.1.1 Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada.

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

Requisitos para el material de sub-rasante

- a. Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo del 5%, efectuado sobre muestras saturadas a 95% de compactación, AASHTO T 180, y deberá tener una expansión máxima del 5%.
- b. Graduación. El tamaño de las partículas que contenga el material de sub-rasante, no debe exceder de 7.5 centímetros.
- c. Plasticidad. El limite liquido, AASHTO T 89, no debe ser mayor del 50%, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146, cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente.

3.4.2.1.2 Sub-base

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

Normalmente es necesaria y casi siempre las condiciones de la sub-rasante la exigen, sus funciones son:

- a. Eliminar la acción de bombeo.
- b. Aumentar el valor soporte
- c. Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub-rasante

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

Requisitos para el material de sub-base común

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

- a. Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestras saturadas a 95% de compactación, AASHTO T 180.
- b. Piedras grandes y exceso de finos. El tamaño de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de sub-base no debe tener mas del 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz # 40 (0.425 mm), ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz # 200 (0.075 mm).
- c. Plasticidad y cohesión. El material de sub-base debe tener las características siguientes:

Equivalente de arena. No debe ser menor de 25%, determinado por el método AASHTO T 176.

Plasticidad. La porción que pasa el tamiz # 40 (0.425 mm), no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90, mayor de 6 y un limite liquido, 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 mas alto, pero en ningún caso mayor de 8.

- d. Impurezas. El material de sub-base debe estar exento de materias vegetales, basuras, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa sub-base puedan causar fallas en el pavimento.

3.4.2.1.3 Base

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

Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo-cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros. Las funciones de la base en los pavimentos de concreto en su orden de prioridad son como sigue:

- a. Para prevenir el bombeo.
- b. Controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles a sufrir este tipo de cambios.
- c. Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas.
- d. Aumentar la capacidad estructural del pavimento.
- e. Prevenir la desindicación que ocurre en las bases granulares bajo el tráfico.

Requisitos para el material de base granular

- a. Valor soporte. Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193 mínimo de 70% efectuado sobre una muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASTHO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASTHO T 193.
- b. Abrasión. La porción de agregado retenida en el tamiz #4 (4.75mm), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASTHO T 96, mayor del 50 a 500 revoluciones.
- c. Partículas planas o alargadas. No mas del 25% en peso del material retenido en el tamiz #4 (4.75mm), puede ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- d. Impurezas. El material de base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base o base granular pueden causar fallas en el pavimento.
- e. Plasticidad y cohesión. El material de la capa base granular en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz #40 (0.425mm), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la base, determinado por el método AASHTO T 90, ni un limite liquido mayor de 25 tanto para la base, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.
- f. Graduación. El material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las disposiciones especiales, de los que se estipulan en la tabal I.

Tabla I. Tipos de graduación para material de sub-base o base granular

Tamiz Núm.	Estándar Mm	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)					
		TIPO A (Sub- base) 50mm (2") máximo	TIPO A (Base) 50mm (2") máximo		TIPO B (Sub-base y Base) 38.1mm (1½") máximo		TIPO B (Sub-base y Base) 25mm (1") máximo
		A - 1	A - 1	A - 2	B - 1	B - 2	C - 1
2"	50.0	100	100	100			
1½"	37.5				100	100	
1"	25.0	60 - 90	65 - 90	60 - 85			100
¾"	19.0				60 - 90		
⅜"	9.5						50 - 85
#4	4.75	20 - 60	25 - 60	20 - 50	30 - 60	20 - 50	35 - 65
#10	2.0						25 - 50
#40	0.425						12 - 30
#200	0.075	3 - 12	3 - 12	3 - 10	5 - 15	3 - 10	5 - 15

Fuente: Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. **Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.** Pág. 304-2

- g. Equivalente de arena. El equivalente de arena no debe ser menor de 30 para base, según AASHTO T 176.

3.4.2.1.4 Capa de rodadura

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

Es necesario que tengan otros elementos, no estructurales, para proteger tanto esta capa como las inferiores, como juntas de dilatación rellenas con material elastometrico (para su impermeabilización), bordillos, cunetas o bien un sistema de alcantarillado pluvial, para el drenaje correcto del agua que pueda acumular en su superficie.

Esta debe tener las siguientes funciones:

- a. Proveer un valor soporte elevado, para que resista muy bien las cargas concentradas que provienen de ruedas pesadas, trabajando a flexión y lo distribuye bien al material existente debajo.
- b. Textura superficial poco resbaladiza aun cuando se encuentre húmeda, salvo que este cubierta con lodo, aceite y otro material deslizante.
- c. Proteger la superficie sobre la cual esta construido el pavimento de los efectos destructivos del transito.
- d. Prevenir a la superficie de la penetración del agua.
- e. Buena visibilidad, por su color claro de una mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos.
- f. Gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

3.4.3 Factores de diseño

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

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

3.4.3.1 Módulo de ruptura del concreto (MR)

Las consideraciones sobre la resistencia a la flexión del concreto son aplicables en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga (para controlar agrietamiento) y erosión (para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de juntas).

La flexión de un pavimento de concreto bajo cargas de eje, produce tanto esfuerzo de flexión como de compresión. Sin embargo, la relación de esfuerzos compresivos a resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influencias el diseño del espesor de la losa. En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos.

La fuerza de flexión esta determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual esta definido con el esfuerzo máximo de tensión en la

fibra extrema de una viga de concreto. La resistencia a la tensión del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tensión será dentro del 11 a 23% del esfuerzo de compresión. En concretos de 3000 a 4000 PSI la relación es del orden del 15%.

El proceso para determinar el módulo de ruptura, será llevado a cabo según la norma ASTM C-78. El resultado del ensayo a los veintiocho días, es comúnmente usado para el diseño de espesores de autopistas y calles, por lo que es recomendado utilizar las porciones superiores de las tablas de diseño, con resistencias a la flexión en el rango de 600 y 650 PSI.

3.4.3.2 Módulo de reacción del suelo (k)

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

Módulo de reacción (k), es una prueba que indica la característica de resistencia que implica elasticidad del suelo. Se dice que es igual al coeficiente del esfuerzo aplicado por una placa entre la deformación correspondiente, producida por este esfuerzo. Esta propiedad del suelo es muy importante en el diseño de pavimentos, pero dado que la prueba de carga de plato es tardada y cara, el valor de k, es usualmente estimado por correlación a una prueba simple, tal como la relación de soporte de california (CBR), o una prueba del valor R.

El resultado es válido dado que no se requiere una determinación exacta del valor k ; las variaciones normales de un valor estimado no afectan apreciablemente los requerimientos del espesor del pavimento.

Cuando no cuente con información geotécnica del sitio, la tabla III proporciona órdenes de magnitud en los módulos de reacción de las capas de apoyo.

3.4.3.3 Trafico y cargas de diseño

El factor más importante en el diseño de espesores de pavimento es el número y peso de las cargas por eje. Este es derivado de las estimaciones de TPD y de TPDC en ambas direcciones. En este punto se tendría que recurrir al análisis del tránsito promedio diario anual al final como al inicio del periodo de diseño, sin embargo este análisis solamente es posible si se tienen datos sobre el volumen y categoría de tránsito clasificado para la vía.

La Dirección General de Caminos, por medio del Departamento de Estadísticas es la encargada de hacer los recuentos de tránsito clasificado en las carreteras de todo el país sin embargo las estaciones de conteo se ubican en carreteras de interés nacional.

3.4.3.4 Tipos de juntas

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

La mayoría de las grietas en el concreto son debidas a tres efectos.

- a. Cambios de volumen por encogimiento por secado.
- b. Esfuerzos directos por cargas aplicadas.
- c. Esfuerzos de flexión por pandeo.

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

Juntas longitudinales

Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales, pueden ser en forma mecánica, unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12.5 pies (3.81 m), es la que determina el ancho del carril.

Juntas transversales

Controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se construyen perpendicularmente al tráfico. También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto. La separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57 m). La colocación de las barras de transferencia depende

de las características de la sub-rasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

Juntas de expansión

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

Juntas de construcción

Se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir lleva barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

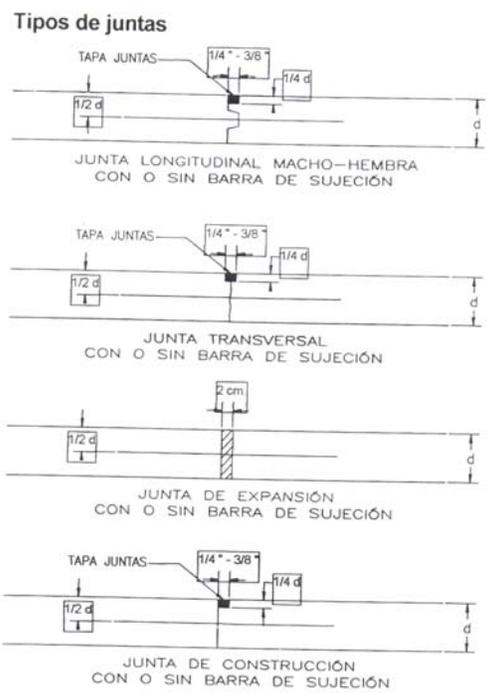
Existen dos dispositivos de transferencia de cargas entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasa juntas.

Las barras de sujeción, se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas continuas. Se deben utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, colocadas a la mitad del espesor con el espaciamiento especificado y son hechas solamente para garantizar la continuidad del pavimento. La junta de trabe por agregados o barras de sujeción se construyen insertando una barra de acero para hacer la interconexión entre dos losas separadas. Este tipo

de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

La junta tipo dovela se logra haciendo un detalle macho-hembra en el concreto en el sentido longitudinal. Este detalle requiere mas trabajo, pero garantiza una disminución en el espesor de la losa.

Figura 6



Fuente: Chacón Valdez, Henry Ernesto. **Diseño de Pavimento Rígido de la Calzada principal al Municipio de El Progreso.** Pág. 38

Las tablas de diseño de la PCA incluyen dos tipos de juntas debido a su transferencia de carga, del tipo dovela o pasa junta y del tipo de trabe por agregado.

El tipo de trabe por agregado, se utiliza en las juntas longitudinales para ligar los de carriles o franjas continuas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiera de espesores más altos de la losa de concreto.

El tipo dovela o pasa junta, se utiliza normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión y fueron diseñadas para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente.

3.4.4 Diseño del pavimento rígido

Para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido la Portland Cement Association (PCA) ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, el método de capacidad y el método simplificado.

1. Método de capacidad. Es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.
2. Método simplificado. Este es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles (ver tabla II). Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

Este método sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método asume que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1.3 según el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los camiones.

La secuencia de cálculo para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido es la siguiente:

Determinar la categoría de la vía según los criterios de la tabla II.

Establecer el tipo de junta por utilizar (tipo dovela o de trabe por agregado).

Decidir incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño.

Determinar el módulo de ruptura del concreto. Se recomienda utilizar un modulo de ruptura de 600 PSI o bien de 650 PSI.

Determinar el modulo de reacción k de la sub-rasante. Se puede encontrar un valor aproximado a través del porcentaje de CBR, en la figura 6. El valor aproximado de k , cuando se utiliza una base, se puede obtener de las tablas IV y V, bases granulares y bases de suelo-cemento, respectivamente.

Determinar el volumen de tránsito promedio diario de camiones o su porcentaje del tránsito promedio diario de vehículos, según la tabla II.

Determinar el espesor de losa según las tablas VI de diseño, determinado con los parámetros anteriores.

El método simplificado, incluye en el análisis solamente al tráfico promedio diario de camiones (TPDC), el cual incluye solo camiones de seis llantas y unidad simples de tres ejes, excluyendo pick-ups, paneles y otros tipos livianos. Solo se utiliza el número de ejes simples o tandem esperado para la vida útil del proyecto.

Además el método simplificado de la PCA permite el uso o no, de hombros o bordillos. El uso de hombros o bordillo de concreto es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de losa en algunos casos de una pulgada o más. La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto.

Tabla II. Categorías de carga por eje

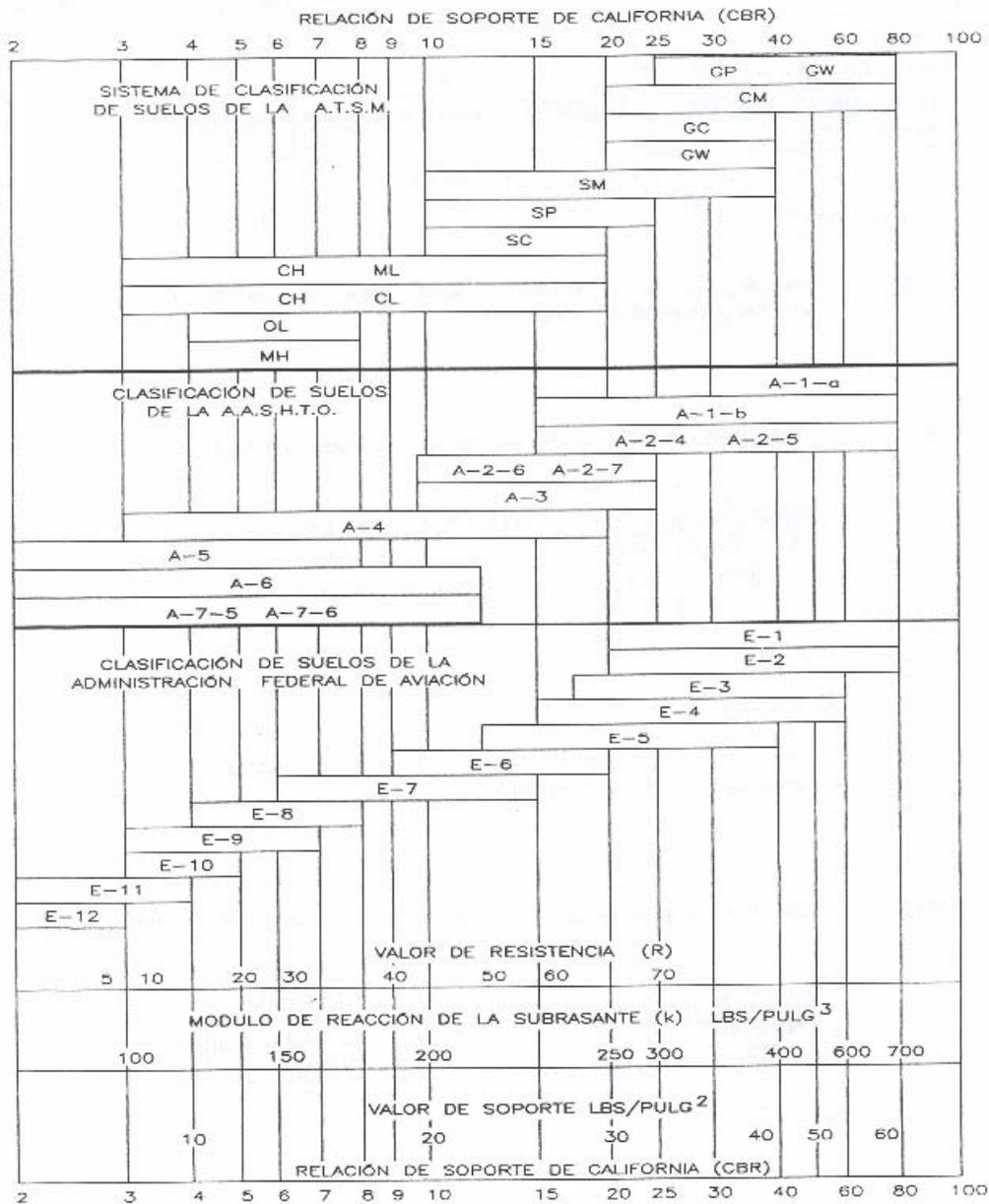
CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE						
CATEGORÍA POR EJE	Descripción	TPDA	TPPD		CARGA MÁXIMA POR EJE	
			%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y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

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

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

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 148

Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte



Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 5

Figura 7

Tabla III. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k

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

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 149

Tabla IV. Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)

Sub-rasante Valor de k (PCI)	Valores de k sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. **Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos.** Pág. 68

Tabla V. Valores de k para diseño sobre bases de suelo-cemento (PCA)

Sub-rasante Valor de k (PCI)	Valores de k sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	----

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. **Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos,** Pág. 68

Tabla VI. TPDC permisible, carga por eje categoría 1
Pavimentos con juntas con agregados de trabe (no necesita
dovelas)

	Sin hombros de concreto o bordillo			Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO
MR = 650PSI	4.5			0.1	4		0.2	0.9
	5	0.1	0.8	3	4.5	2	8	25
	5.5	3	15	45	5	30	130	330
	6	40	160	430	5.5	320		
	6.5	330						
MR = 600PSI	5		0.1	0.4	4			0.1
	5.5	0.5	3	9	4.5	0.2	1	5
	6	8	36	98	5	6	27	75
	6.5	76	300	760	5.5	73	290	730
	7	520			6	610		
MR = 550PSI	5.5	0.1	0.3	1	4.5		0.2	0.6
	6	1	6	18	5	0.8	4	13
	6.5	13	60	160	5.5	13	57	150
	7	110	400		6	130	480	
	7.5	620						

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga

NOTA: Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y *pick-ups*, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0.3X7 días indica dos camiones pesados por semana)

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 149

3.4.5 Consideraciones para el diseño del pavimento rígido

1. Sub-rasante.

Por el estudio de suelos efectuado, se sabe que el material existente en el lugar del proyecto, sirve para una sub-rasante, que esta capa se utilizará como soporte del pavimento, por lo que será necesario reacondicionarla.

Reacondicionamiento de la sub-rasante existente

Este trabajo consiste en la eliminación de toda la vegetación y materia orgánica o cualquier otro material existente, así como escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, efectuado cortes y rellenos con un espesor no mayor de 20 cm, con el objeto de regularizar y mejorar, mediante estas operaciones, las condiciones de la sub-rasante como cimiento de la estructura del pavimento.

La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de $\pm 3\%$ de la humedad óptima, hasta lograr el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima AASHTO T 180.

Al lograr el 95% de compactación respecto a la densidad máxima, se logra una relación de soporte califonia del 7% y con esto se alcanza un modulo de reacción de la sub-rasante de 160 lbs/pulg³.

2. Base

Para el diseño de pavimento rígido se ha establecido la utilización de una base tipo granular con un espesor de 6 pulg, lo aproximamos a 15 cm. La capa de base deberá conformarse, ajustándose a los alineamientos y secciones típicas 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 a compactar exceda de 30 cm, el material debe ser colocado, tendido y compactado en dos o mas capas, nunca menores de 10 cm. Se establece una tolerancia en menos del 3% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa base.

3. Carpeta de rodadura

Para el dimensionamiento de la losa de concreto hidráulico, se ha establecido un módulo de ruptura del concreto de 550 PSI, y la resistencia nominal a la compresión de 3500 PSI a los veintiocho días.

Se ha definido la categoría de la carretera (tabla II), como categoría 1, ya que es una carretera rural. El modulo de reacción (k), de la sub-rasante en combinación con la base, tiene un soporte alto y se ha decidido por las características geométricas de pavimentos la utilización de bordillos y las juntas longitudinales serán tipo dovela, tipo macho hembra, se estimó este tipo de juntas ya que es la que mejor transmite los esfuerzos de un carril al otro, las juntas transversales serán de tipo aserrada en la losa endurecida, esta debe de tener una profundidad equivalente a $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa.

Para determinar el espesor del pavimento se considera una calle de categoría 1 y con bordillo incorporado se busca al lado derecho de la tabla VI, el

soporte de la sub-rasante y la sub-base, luego en el sector correspondiente a un modulo de ruptura de 550 psi, el espesor estimado que más nos conviene es el de 5.5 pulgadas aproximadamente de 13.97, por lo que por factor de seguridad y por facilidad en la construcción se dejara el espesor de losa en 15 centímetros.

3.4.6 Maquinaria a utilizar

Tractores

Son máquinas que convierten la energía de tracción. Su principal objeto es el jalar o empujar cargas, aunque a veces, pueden utilizarse para otros fines. Son máquinas útiles, eficaces y generalmente indispensables en todos los trabajos de construcción de grandes obras.

Retroexcavadora

Maquina autopropulsada, se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Esta 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 para 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 para 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 esta 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).

3.4.7 Presupuesto

3.4.7.1 Precios Unitarios

**ESTIMACION DE COSTOS DE PAVIMENTACION
TRAMO CARRETERO, BARRIO EL CEMENTERIO A PALOS VERDES
SAN CRISTOBAL ACASAGUSTLAN EL PROGRESO**

longitud: 2,514.0 metros
ancho: 7.0 metros
area: 17,598.0 metros²

No.	ACTIVIDAD	cantidad	unidad	costo unitario	TOTAL	unitario x renglón
1	CONFORMACION DEL TERRENO	24,755.84	metros³		651,597.00	26.32
1.1	tractor D-6	496.00	horas	350.00	173,600.00	
1.2	Cargadora frontal	496.00	horas	300.00	148,800.00	
1.3	Camiones	24,756.00	metros ³	12.00	297,072.00	
1.4	Topografía	62.00	dia	500.00	31,000.00	
1.5	Mano de Obra (peones)	15.00	peón	75.00	1,125.00	
2	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE	17,598.00	metros²		150,725.00	8.56
2.1	patrol	176.00	horas	350.00	61,600.00	
2.2	regadora	22.00	dia	1,200.00	26,400.00	
2.3	vibro compactador	176.00	horas	350.00	61,600.00	
2.4	Mano de Obra (peones)	15.00	peón	75.00	1,125.00	
3	BASE	17,598.00	metros²		335,129.00	19.04
3.1	patrol	176.00	horas	350.00	61,600.00	
3.2	regadora	22.00	dia	1,200.00	26,400.00	
3.3	vibro compactador	176.00	horas	350.00	61,600.00	
3.4	material selecto	0.15	3,695.58	metros ³	50.00	184,779.00
3.5	Mano de Obra (peones)	10.00	peón	75.00	750.00	
4	PAVIMENTO RIGIDO	17,598.00	metros²		2,577,648.16	146.47
4.1	Concreto pavimento	2,564.28	metros ³	775.00	1,987,317.00	
4.2	Concreto de bordillos	201.12	metros ³	775.00	155,868.00	
4.3	Curado del concreto	220.00	Cubetas	250.00	55,000.00	
4.4	Sello de juntas	3,016.80	Lbs	4.95	14,933.16	
4.5	Formaleta	2,514.00	ml	5.00	12,570.00	
4.6	Mano de obra	17,598.00	metros ²	20.00	351,960.00	

5	DRENAJES TRANVERSALES	8.00	Unidades		29,650.00	3,706.25
6.1	Alcantarillado de Ø 30"	37.00	Unidades	300.00	11,100.00	
6.2	concreto ciclopeo	11.00	metros ³	650.00	7,150.00	
6.3	Materiales	1.00	Global	1,000.00	1,000.00	
6.5	Mano de Obra	16.00	Unidades	650.00	10,400.00	

No.	ACTIVIDAD	SUB-TOTAL	
1	CONFORMACION DEL TERRENO	Q.	651,597.00
2	CONF. Y PREP. SUB-RASANTE	Q.	150,725.00
3	BASE	Q.	335,129.00
4	PAVIMENTO RIGIDO	Q.	2,577,648.16
5	DRENAJES TRANVERSALES	Q.	29,650.00
		Q.	3,744,749.16
	SUPERVICION (8%)	Q.	299,579.93
	IMPREVISTOS (7%)	Q.	262,132.44
	GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)	Q.	187,237.46
	UTILIDAD (10%)	Q.	374,474.92
	COSTO TOTAL	Q.	4,868,173.91
	COSTO POR M2	Q.	276.63

3.5 Vulnerabilidad

3.5.1 Vulnerabilidad del proyecto

Vulnerabilidad es el grado de daños susceptibles de experimentar por las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas cuando están expuestos a la ocurrencia de un fenómeno natural.

Guatemala, por su ubicación geográfica y características geológicas es un país que esta sujeto a amenazas naturales de tipo geológico, tales como terremotos, erupciones volcánicas, derrumbes y deslizamientos de tierras, y las de tipo climático tales como huracanes que producen inundaciones, derrumbes y deslaves, así como, también en una pequeña parte de Guatemala se sufre de sequías.

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres –CONRED- clasifica las amenazas naturales que afectan Guatemala de la forma siguiente:

1. Sismos
2. Vulcanismo
3. Colapso de suelos
 - 3.1 Deslizamientos
 - 3.2 Derrumbes
- 4 Hundimientos
- 5 Maremotos
- 6 Flujo de lodos
- 7 Hidrometeorológico
 - 7.1 Huracanes
 - 7.2 Inundaciones
 - 7.3 Sequías
8. Incendios

3.5.2 Riesgos

A continuación, se describen los riesgos y daños que pudieran ocasionar a los proyectos de drenajes y tramo carretero los diferentes fenómenos naturales.

Terremotos

- Destrucción parcial o total de las conexiones domiciliarias, pozos de visita, tuberías y unidades de tratamiento, como también a la capa de rodadura del pavimento rígido.
- Obstrucción de paso debido a árboles caídos, destrucción del pavimento, deslaves de tierra.
- Rotura de tubería por hundimientos de terrenos.
- Contaminación del agua subterránea o del sistema de agua por fugas.
- Daños a la propiedad privada y pública por fugas.

Actividad volcánica

- Rotura de tubería, fisuras en pozos de visita y unidades de tratamiento.
- Riesgos de visibilidad al transcurrir sobre el tramo carretero.
- Obstrucción parcial o total de la calle pavimentada como de unidades del sistema de drenaje por la ceniza.

Deslizamientos hundimientos

- Rotura de tubería, fisuras en pozos de visita, conexiones domiciliarias y unidades de tratamiento.

- Riesgo de fracturas de los pozos de visita, fosa séptica, cambios de pendiente en las tuberías.
- Pérdidas de sistemas de infiltración de aguas negras.

Huracanes e inundaciones

- Destrucción parcial de la red de alcantarillado.
- Inundaciones de calles, avenidas y propiedad privada.
- Destrucción parcial total de las unidades de tratamiento.
- Perdidas de sistemas de infiltración de aguas negras.

Sequías

- Abandono del sistema por falta de agua.
- Generación de malos olores en la red por sedimentación de materia orgánica.

3.5.3 Medidas de contingencia

Ante estas amenazas, sino se cuenta con un plan para atender las emergencias que las fuerzas de la naturaleza puedan provocar, la mayoría de ellas se transforman en desastres regionales o nacionales que no solo afectan a las personas que viven en las áreas vulnerables sino que también afecta a toda la infraestructura social existente, sobresaliendo entre ellos el tramo carretero y el alcantarillado.

En Guatemala, no existe un plan unificado para atender a los sistemas de saneamiento básico que permita reducir los daños a dichos sistemas en caso de desastre y, las instituciones nacionales se ven en la necesidad de crear un plan de emergencia durante o inmediatamente después de ocurrido el

fenómeno, lo que conduce a pérdida de recursos, duplicación de esfuerzos y amenaza de epidemias si los sistemas de saneamiento no son restablecidos lo antes posible.

Es necesario evaluar el 100% de los sistemas de saneamiento con que se cuenta, así como hacer una descripción de los mismos, sus componentes, población atendida, año de ejecución y otros datos importantes así como un croquis de los mismos.

Capacitar a los habitantes en la inspección y mantenimiento de los sistemas de saneamiento y realizar dichas tareas para detectar posibles obstrucciones dentro de las tuberías.

3.6 Estudio de Impacto Ambiental

¿Qué es ambiente?

En sentido estricto, la ecología ha definido el ambiente como un conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos 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".

Impacto ambiental

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un

programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales. Se dice también que es la alteración favorable o desfavorable que experimenta un elemento del ambiente como resultado de efectos positivos o negativos derivados de la actividad humana o de la naturaleza en sí.

El impacto ambiental puede ser positivo o negativo; alto, medio o bajo; puntual, parcial, total o de ubicación crítica; latente, inmediato o de momento crítico; temporal o permanente; irrecuperable, irreversible, reversible, mitigable, recuperable o fugaz; directo o indirecto; simple, acumulativo o sinérgico; continuo, discontinuo, periódico o de aparición irregular; moderado, severo o crítico; etc.

Impacto negativo

Es el impacto ambiental cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o contaminación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.

Impacto positivo

Es el impacto ambiental admitido como positivo tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación contemplada.

¿Que es una evaluación de impacto ambiental?

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

Los objetivos generales de la EIA son dos:

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

Aspecto ambiental del proyecto

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

El proyecto de infraestructura para el sector drenaje no presentarán impactos ambientales adversos de gran magnitud, que pudieran poner en riesgo la salud de las personas o el medioambiente, sino por el contrario, se espera que tenga un efecto positivo en salud, y en contaminación.

El proyecto del tramo carretero no presentara grandes cambios del medio ambiente, ya que la brecha existe solo que en muy mal estado, solo sé esta rediseñando para que se pueda transitar de una forma mejor sobre esta y el movimiento de tierra se hará con mucho cuidado para no alterar el entorno de la carretera.

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 período para el que fue diseñado.

RECOMENDACIONES

- Hacer con frecuencia inspecciones a los elementos de los sistemas de alcantarillado sanitario, drenajes transversales, cunetas, reportarlas, y hacer las reparaciones lo más pronto posible, a efecto de que no surjan problemas de mucho costo.
- Al comité de vecinos del municipio de San Cristóbal Acasaguastlán, 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 llenar los requisitos estipulados en el diseño del mismo, y en las especificaciones que se ubican en los planos.

BIBLIOGRAFÍA

Alejandro Valladares, Jorge Félix. Guía teórica-práctica para el curso de Vías Terrestres I. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.

Barrios León, René Alejandro. Diseño del tramo carretero nuevo Xetinamit hacia el caserío Pacamán. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2003.

Cabrera Rieple, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1989. 135 pp.

Leiva Morán, Cesar Fernando. Mejoramiento de la Red de Alcantarillado Sanitario para la Estancia de la Virgen. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.

ANEXOS



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



INFORME No. 014 S.S.

O.T. No.

18,294

Interesado: Estudiante Manuel Eduardo Garnica López (Carné: 2001-13339)

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27

Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)

Procedencia: San Cristóbal Acasaguastán, El Progreso.

Fecha: 03 de febrero de 2005

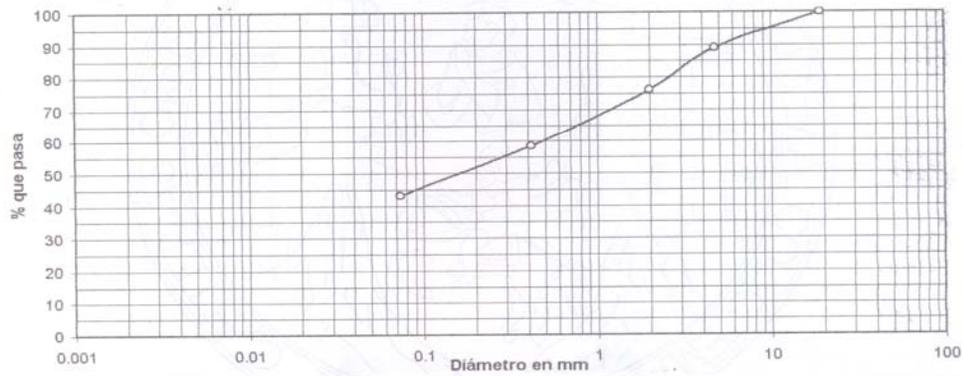
Muestra No. 1

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
4	4.76	88.99
10	2.00	76.18
40	0.42	58.43
200	0.074	43.15

% de Grava: 11.0
% de Arena: 45.8
% de Finos: 43.2

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm.	% que pasa

Gs:



Descripción del suelo: Arena limo-arcillosa color café claro con partículas de grava.

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-7-5

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñones de La Cruz
DIRECTOR CI/USAC.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 015 S.S. O.T. No. 18294

Interesado: Estudiante Manuel Eduardo Garnica López (Carné: 2001-13339)
Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: San Cristóbal Acasaguastán, El Progreso.

FECHA: 03 de febrero de 2005

RESULTADOS:

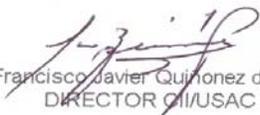
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	49.8	11.5	ML	Limo arcilloso color café claro.

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.


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



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





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



INFORME No.: 012 S.S.

O.T. No.: 18294

Interesado: Estudiante Manuel Edurado Garnica López (Carné: 2001-13339)

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: () Norma:

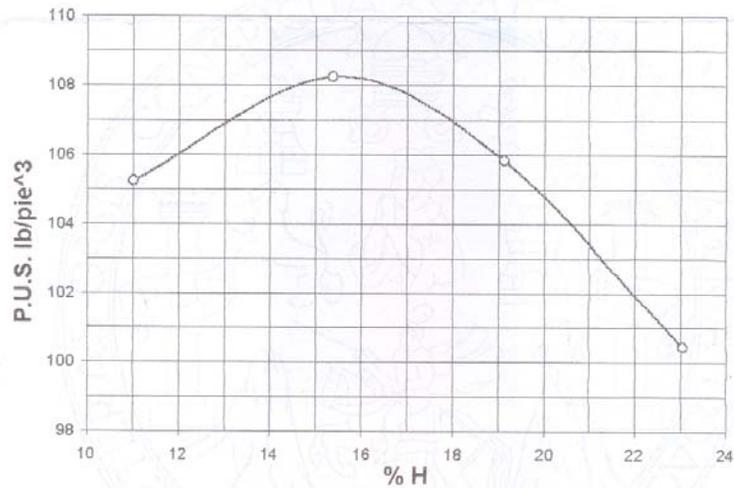
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)

Ubicación: San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso.

Fecha: 03 de febrero de 2005

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Arena limo-arcillosa color café claro con partículas de grava.
 Densidad seca máxima γ_d : 1.735 t/m³ 108.3 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 15.4 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

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



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



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

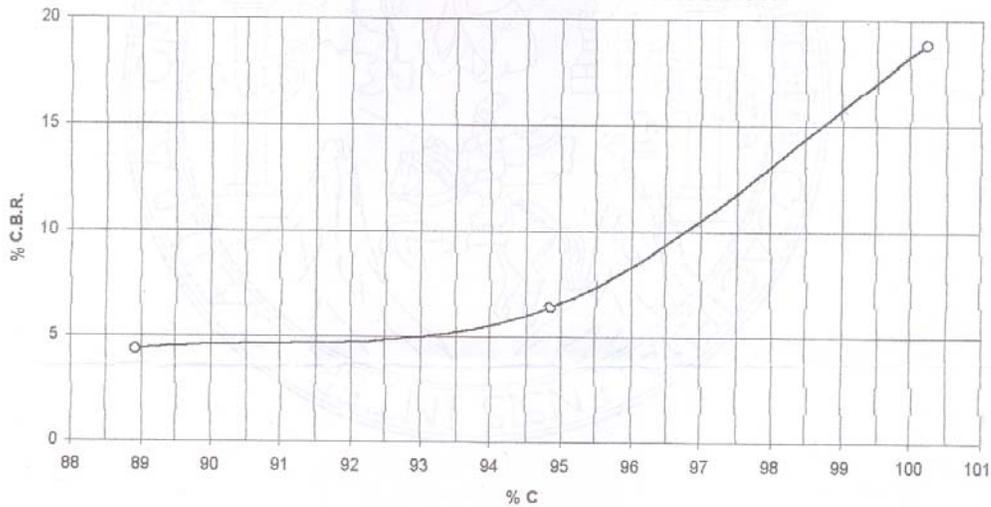


INFORME No.: 013 S.S. O.T. No.: 18294
 Interesado: Estudiante Manuel Eduardo Garnica López (Carné: 2001-13339)
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: E.P.S. (Pavimento Rígido)

Ubicación: San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso.
 Descripción del suelo: Arena limo-arcillosa color café claro con partículas de grava.
 Muestra No.: 1
 Fecha: 03 de febrero de 2005

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d kg/m ³			
1	10	15.9	1542.7	88.92	2.5	4.4
2	30	15.9	1645.8	94.86	2.4	6.4
3	65	15.9	1739.1	100.24	2.2	18.8

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



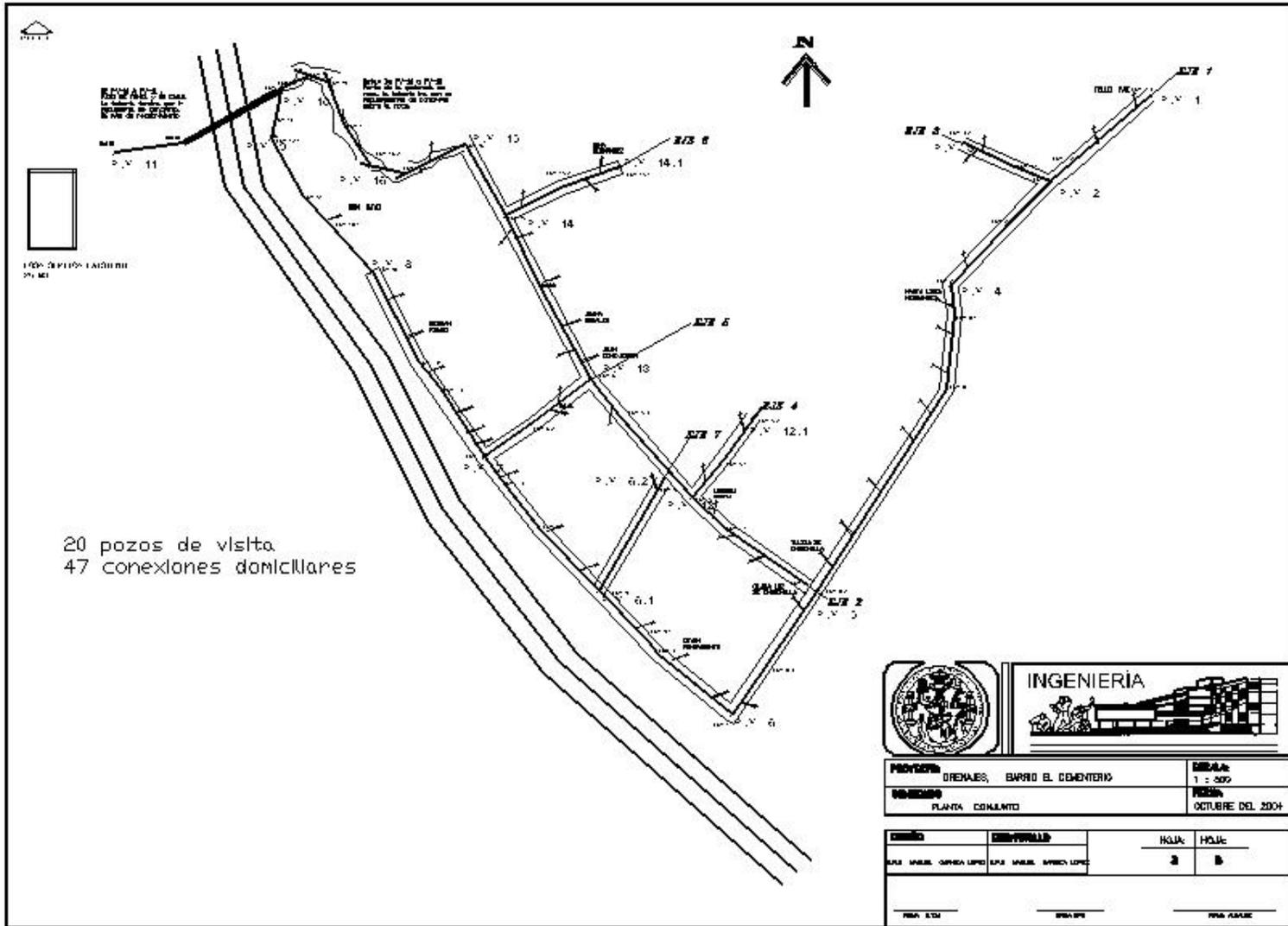
Atentamente,

Vo. Bo.:

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

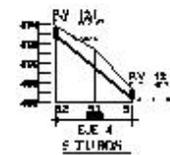
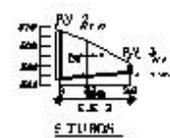
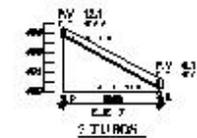
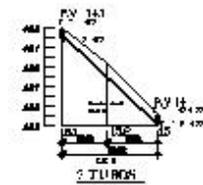
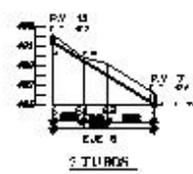
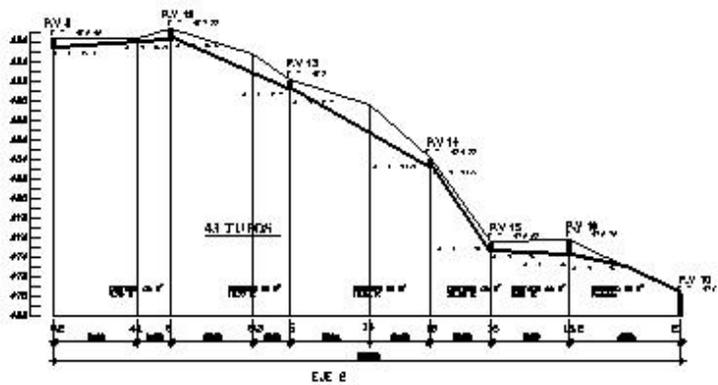
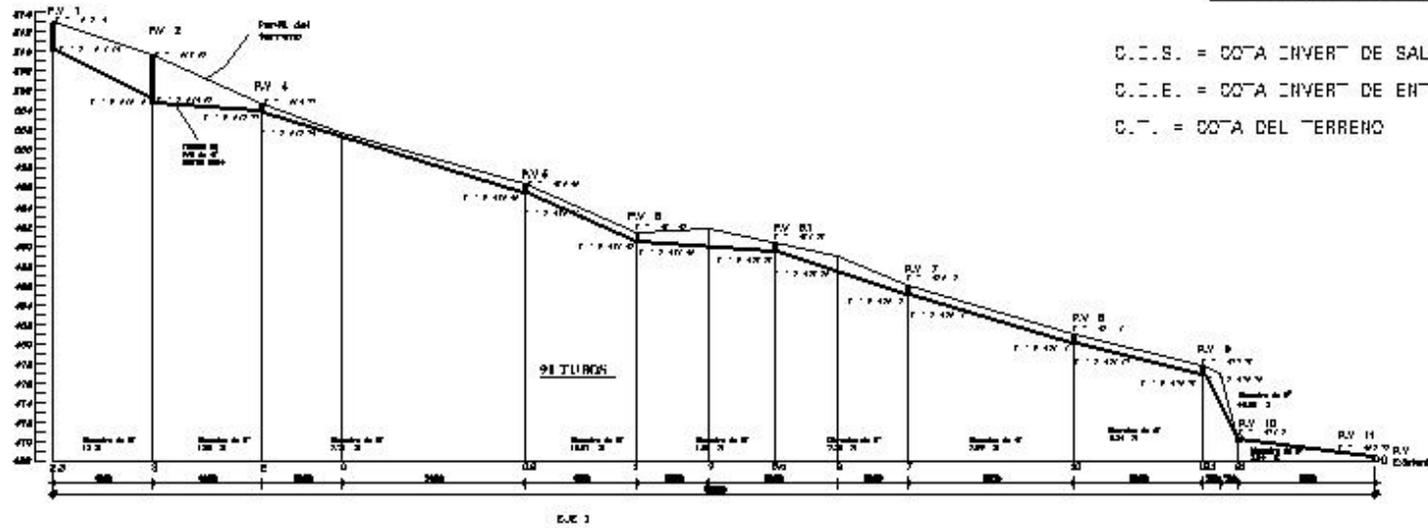


Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

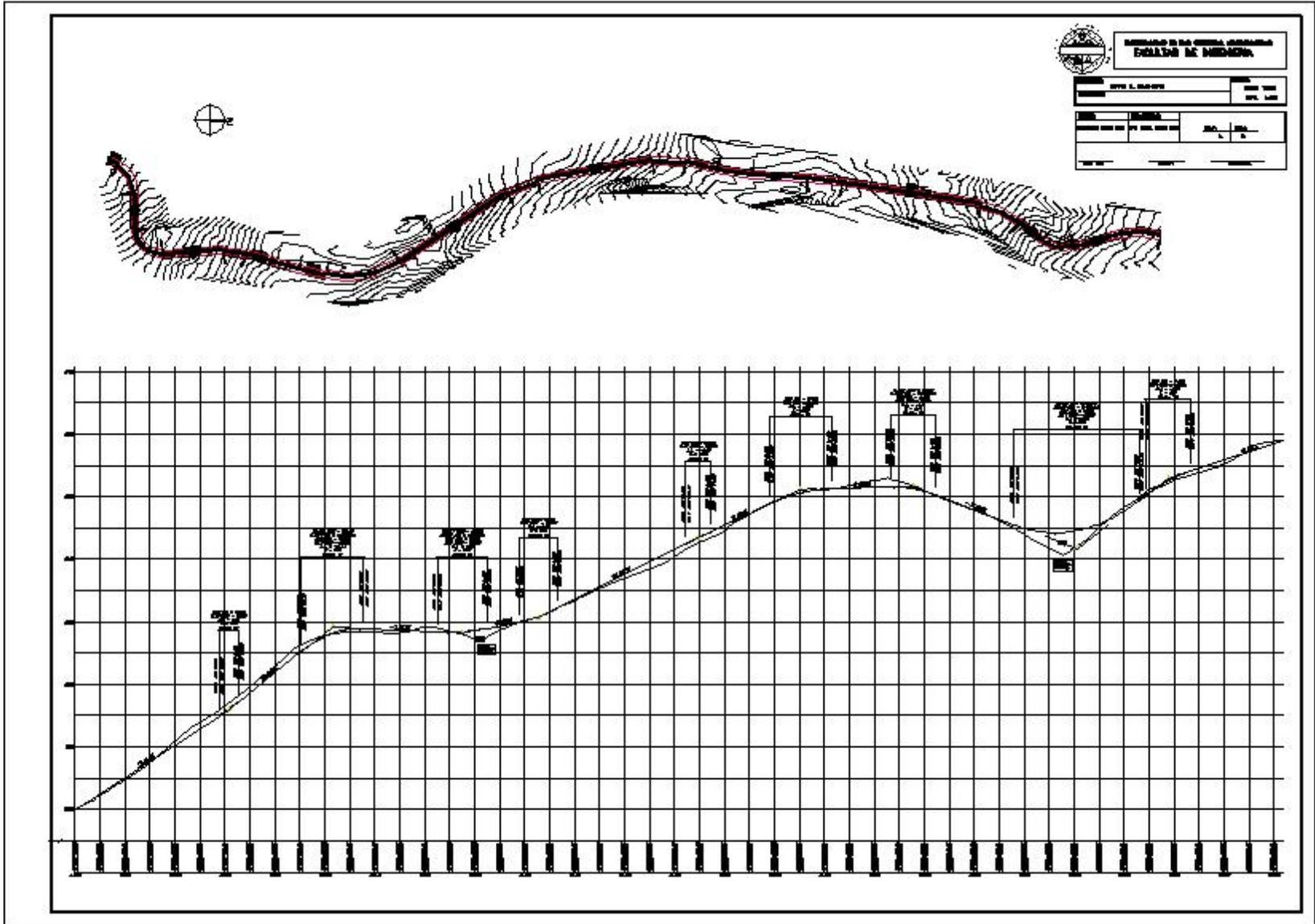


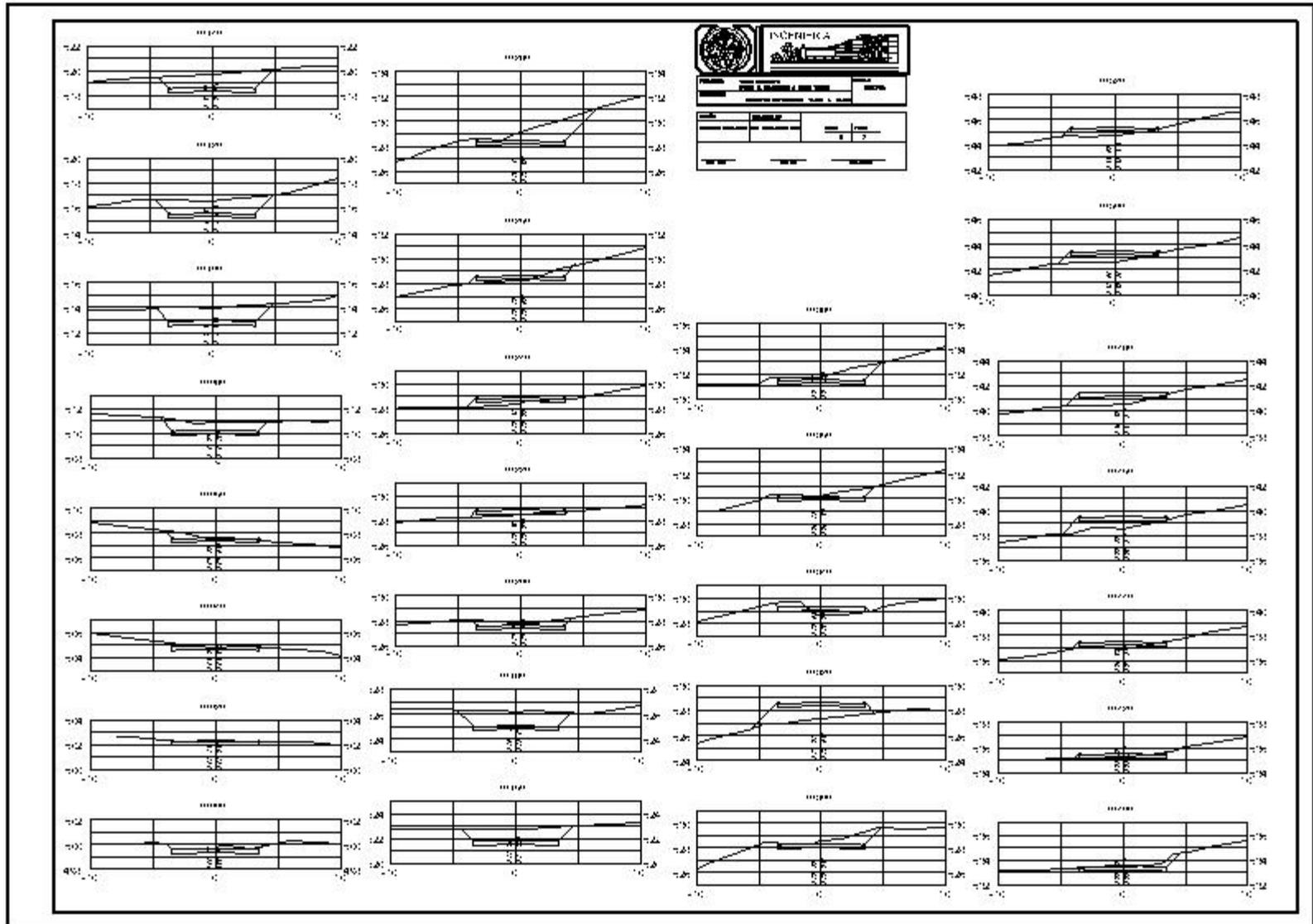
NOMENCLATURA

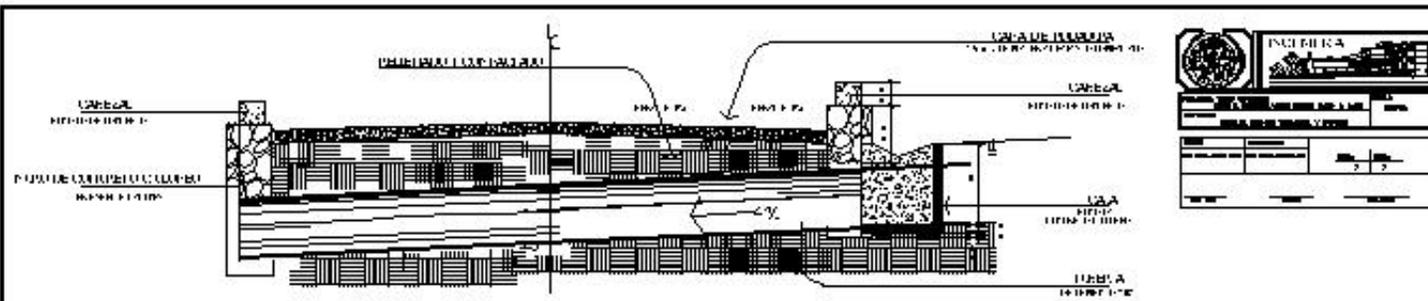
C.O.S. = COTA INVERT DE SALIDA
 C.O.E. = COTA INVERT DE ENTRADA
 C.T. = COTA DEL TERRENO



		INGENIERIA	
PROYECTO:	OBRAS DE MEJORA DEL SERVICIO	ESCALA:	HORAS: 1.600
ESTACION:	POBLES DEL NOROCCIDENTE Y TURISMO	NOYTI:	1.800
DISEÑO:	CONSEJO	HOJA:	HOJA:
REV. 01/08/2010	REV. 01/08/2010	4	5





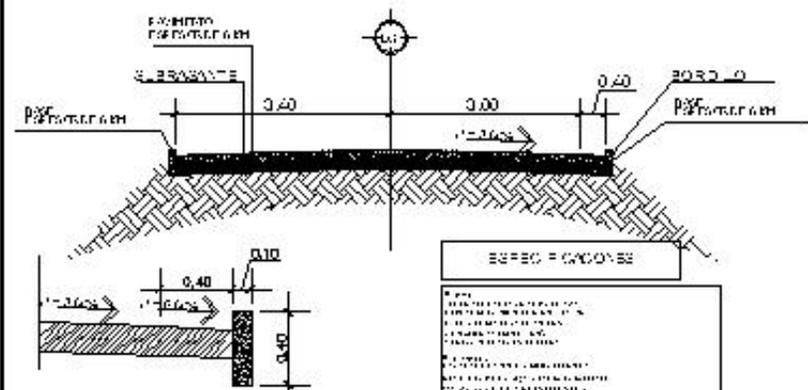


Logo of the institution and a table with technical specifications.

NO. DE PROYECTO	FECHA
NO. DE HOJA	ESCALA
NO. DE TUBERIA	NO. DE TUBERIA

SECCION

DRENAJE TRANSVERSAL

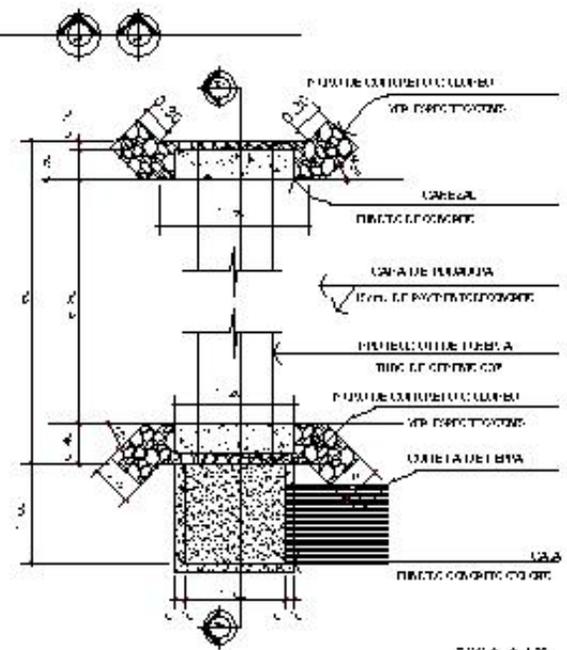


DETALLE DE BORDILLO

ESPECIFICACIONES

1. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
2. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
3. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
4. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
5. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
6. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
7. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
8. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
9. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.
10. EL DRENAJE TRANSVERSAL DEBE SER DE TIPO PERFORADO Y DESENGRASADO.

VISTA
 VOLUMEN DE CONCRETO TUBA = 16.41132 Y3
 VOLUMEN DE TUBERIA TUBA = 8.6482 Y3



DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA 1:20