



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

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA COLONIA
LA LIBERTAD ALDEA LA COMUNIDAD ZONA 10 DE MIXCO.**

Manuel Monge Arana

Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA
COLONIA LA LIBERTAD ALDEA LA COMUNIDAD ZONA 10 DE
MIXCO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL MONGE ARANA

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II: Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III: Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V: Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR: Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR: Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIO: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA COLONIA LA LIBERTAD ALDEA LA COMUNIDAD ZONA 10 DE MIXCO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 15 de octubre de 2003.

Manuel Monge Arana

ACTO QUE DEDICO A

- DIOS Fuente inagotable de sabiduría y amor por permitirme alcanzar esta meta.
- MIS PADRES: **Gerardo Monge Donis**
Como un homenaje a su memoria.
Ana María Arana Argüeta
Por su amor y consejos.
- MIS ABUELITOS **Marcos Manuel Monge Dávila**
Que aunque no esté presente físicamente siempre he recibido todas sus bendiciones.
Isabel Donis Vda. de Monge
En especial por toda su dedicación, cariño, por ser ejemplo de valor y esfuerzo, este triunfo también es suyo.
Clemente Arana Zamora.
María Argueta. Con cariño a su memoria.
- MIS TÍOS **Jorge Mario Monzón Chávez**
Por sus sabios consejos en los momentos difíciles.
Aurora Elizabeth Monge de Monzón
Por su apoyo incondicional y cariño que en todos estos años, han sido un estímulo para que esta meta se culmine.
- MIS HERMANOS **Jorge Mario, Violeta, Marianella y Jairo Luis**
Espero que permanezcamos unidos cosechando logros, con cariño.
- MI FAMILIA Con amor y respeto.
- MIS AMIGOS Por compartir alegrías y tristezas, gracias por acompañarme en este logro.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su valiosa colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo de graduación.

A mis padrinos Lic. Jorge Mario Monzón., Arq. Alejandra Castañeda, Ing. César Armando Estrada Abril, Lic. César Augusto Medina Herrera.

A la Municipalidad de Mixco, por su colaboración al permitirme desarrollar mi trabajo de graduación en su localidad.

A la Facultad de Ingeniería, por haber participado durante toda mi formación académica.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SIMBOLOS	VIII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIII

1. MONOGRAFÍA DE MIXCO

Aspectos y situación geográfica.....	1
1.1.1. Aspectos climáticos.....	2
Marco social.....	3
1.2.1. Servicios.....	4
1.2.2. Agua.....	6
1.2.3. Vías de comunicación.....	8
1.2.4. Medios de comunicación.....	9
1.2.5. Saneamiento.....	10
1.2.6. Desechos líquidos.....	11
1.2.7. Desechos sólidos.....	11
Marco económico.....	12
1.3.1. Producción.....	12
1.3.2. Industria.....	12

2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO.....	15
--	-----------

2.1.	Concepto de topografía.....	15
2.2.	Mecánica de suelos.....	16
2.2.1.	Tipos de suelos.....	16
2.2.2.	Tipos de ensayos para el diseño de un pavimento...	17
2.2.2.1.	Ensayo de granulometría.....	17
2.2.2.2.	Límites de Atterberg.....	18
2.2.2.3.	Proctor.....	20
2.2.2.4.	C.B.R (razón soporte California).....	20
2.2.3.	Valores de compactación y capacidad soporte recomendados para bases y subbases.....	21
2.3.	Definición y objetivos del pavimento.....	22
2.3.1.	Definición.....	22
2.3.2.	Objetivos.....	23
2.4.	Capas que componen un pavimento.....	25
2.4.1.	Terreno de fundación.....	25
2.4.2.	SubRasante.....	26
2.4.2.1.	Requisitos para los materiales de la subrasante.....	27
2.4.3.	Sub base.....	27
2.4.3.1.	Requisitos de la subbase.....	28
2.4.3.2.	Subbase estabilizada	29
2.4.4.	Base.....	30
2.4.4.1.	Requisitos para los materiales con base de grava o piedra triturada.....	30
2.4.4.2.	Requisitos para los materiales de base granular.....	32
2.4.4.3.	Requisitos para los materiales de base estabilizadora con cemento Pórtland.....	33
2.4.4.4.	Requisitos para los materiales de base negra.....	34
2.5.	Análisis y determinación del volumen de tránsito.....	37
2.5.1.	Volumen del tránsito.....	37

2.5.1.1.	Conteos manuales.....	38
2.5.1.2.	Conteos mecánicos.....	38
2.5.2.	Especificaciones para los ejes de camiones.....	41
2.5.3.	La carga máxima utilizada en Guatemala.....	41
2.5.4.	Conteo de tránsito.....	42
2.5.4.1.	Tránsito liviano.....	42
2.5.4.2.	Tránsito mediano o medio.....	42
2.5.4.3.	Tránsito pesado.....	43
2.6.	Pavimento rígido.....	44
2.6.1.	El cemento Pórtland.....	45
2.6.2.	Pavimento de concreto de cemento Pórtland.....	45
2.6.2.1.	Requisitos para los materiales del concreto.....	45
2.6.3.	Calidad del concreto.....	48
2.6.4.	Diseño de mezclas de concreto.....	49
2.6.4.1.	Diseño de mezclas con base en la experiencia de campo.....	49
2.6.4.2.	Diseño de mezclas con base en las pruebas de tanteo en el laboratorio.....	50
2.6.4.3.	Diseño de mezcla cuando no se cuenta con experiencia de campo.....	50
2.6.4.4.	Clases de mezclas.....	51
2.6.5.	Control en el campo de la relación agua-cemento.....	54
2.6.6.	Método y procedimiento de diseño simplificado para pavimentos rígidos P.C.A.....	54
2.6.6.1.	Método de capacidad.....	54
2.6.6.2.	Método simplificado.....	54
2.6.6.2.1.	Tránsito.....	56
2.6.6.2.2.	Etapas del método simplificado.....	56
3.	DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA COLONIA LA LIBERTAD ALDEA LA COMUNIDAD.....	69

3.1. Datos preliminares.....	69
3.2. Aspecto estructural.....	81
3.2.1. Estudio de mecánica de los suelos.....	81
3.2.2. Análisis estructural.....	84
3.2.3. Diseño estructural.....	86
3.2.3.1. Estructura final del pavimento.....	86
3.3. Especificaciones técnicas.....	86
3.4. Integración de costos.....	94
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Población total según parentesco y/o relación con el jefe(a) del hogar	3
2	Población económicamente activa de 7 años y más de edad	4
3	Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad	5
4	Tipo de servicio de agua disponible actualmente	7
5	Disponibilidad de alumbrado eléctrico y de servicio de agua por chorro (tubería)	7
6	Tipo de alumbrado disponible regularmente	8
7	Tipo de servicio sanitario disponible actualmente	10
8	Forma en que se elimina regularmente la basura	11
9	Análisis granulométrico	81
10	Ensayo de compactación (proctor)	82
11	Ensayo de razón soporte californiana (C.B.R.)	83
12	Plano general colonia la Libertad	107
13	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 0 a estación 22)	108
14	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 5 a estación 5E)	109
15	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 7 a estación 7A)	110
16	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 10, estación 11B)	111
17	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 12, estación 13C)	112

18	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 13B, estación 16)	113
19	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 4, estación 6)	114
20	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 9 a estación 9G)	115
21	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 9C, 9E, 9B)	116
22	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 9G a estación 9N)	117
23	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 9H, estación 9J)	118
24	Plano planta y perfil de la colonia la Libertad (estación 9K, estación 9M)	119

TABLAS

I.	Graduación de agregados para concreto con cemento Pórtland	46
II.	Graduación del agregado grueso	47
III.	Proporciones de las diferentes clases de mezclas	53
IV.	Categorías de carga por eje	58
V.	Tipos de suelos de la subrasante y valores aproximados de “k”	59
VI.	Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)	59
VII.	Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento (PCA)	60
VIII.	Porcentaje anual de crecimiento de tráfico y factores de proyección correspondientes	60
IX.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas de trabe por agregado (no necesita dovelas)	61

X.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2. Pavimentos con juntas dovelas	62
XI.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2. Pavimentos con juntas con agregado de trabe	63
XII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 3. Pavimentos con juntas doveladas	64
XIII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 3. Pavimentos con juntas con agregado de trabe	65
XIV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 4. Pavimentos con juntas doveladas	66
XV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 4. Pavimentos con juntas con agregado de trabe	67
XVI.	Levantamiento topográfico de la colonia la Libertad	69
XVII.	Cálculo altimétrico	72
XVIII.	Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos	93
XIX.	Presupuesto de la colonia La Libertad	95

LISTA DE SIMBOLOS

INE	Instituto Nacional de Estadística
PEA	Población Económicamente Activa
m³ / seg.	Metros cúbicos por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm.	Milímetros
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation</i>
‘	Minutos
“	Segundos
TPDC	Tránsito Promedio Diario de Camiones
PCA	Asociación del Cemento Pórtland
TPD	Tránsito Promedio Diario
Lb/plg	Libras por pulgada
Po.	Punto observado
Dist H.	Distancia Horizontal
Az.	Azimut
I.P.	Índice de Plasticidad
L.L.	Límite Líquido
L/hab/día	Litros por habitante por día

GLOSARIO

Aguas domiciliarias	Son las aguas utilizadas en domicilio, es decir las que ya han pasado por un proceso de contaminación.
Arcilla	Tipo de suelo impermeable y plástico
Casco urbano	Se refiere a la cabecera municipal del lugar.
COGUANOR	Normas guatemaltecas para la construcción.
Hidrografía	Parte de la geografía física que estudia la hidrósfera o corrientes de agua.
Infraestructura	Conjunto de medios fundamentales de una población.
Latitud	Distancia de un lugar al Ecuador determinada por el arco de meridiano que va de dicho lugar al Ecuador.
Limo	Lodo.
Longitud	Distancia de un lugar al primer meridiano, generalmente el de Greenwich, determinada por el arco del Ecuador comprendido entre el primer meridiano y el del lugar dado.

Revenimiento	Hundimiento.
Señalización	Colocación y utilización de señales en las calles y avenidas de una población.
Tándem	Tipo vehículo que transporta un contenedor.
Topografía	Conjunto de particularidades que tiene un terreno en su relieve.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se refiere al estudio y diseño de la pavimentación de la colonia La Libertad aldea La Comunidad, el cual es un proyecto prioritario para la misma.

El proyecto tratado en el presente trabajo de graduación se refiere a una pavimentación de 4,000 metros de longitud con un ancho promedio de 5 metros y para el efecto se realizaron estudios de suelos, levantamiento topográfico y conteo de tránsito. De lo cual se obtuvieron resultados como por ejemplo: el tipo de suelo es arcilloso, y por lo tanto el tipo de pavimento más adecuado es un pavimento de concreto, dado que presenta poca o ninguna deflexión, provocada por el paso de vehículos sobre éste.

En la realización de estos estudios, se estuvo en contacto directo con las personas de la comunidad, de tal manera que el diseño, se enfoca directamente en el objetivo para el cual el proyecto fue concebido.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un estudio que permita diseñar un pavimento para la colonia La Libertad aldea La Comunidad Mixco, Guatemala.

- **Específicos**

1. Sentar las bases para la ejecución de una obra que contribuya al desarrollo integral de la comunidad identificada.
2. Mejorar las vías de comunicación y evitar la propagación de enfermedades respiratorias.
3. Aumentar la calidad de vida de las personas que viven en el sector y mejorar el acceso al lugar mencionado.

INTRODUCCIÓN

La Colonia La Libertad está constituida por lotes que fueron vendidos sin una proyección urbanística, esta comunidad actualmente no cuenta con una adecuada vía de acceso.

Debido a que es una población en vías de desarrollo, la pavimentación del acceso beneficiará a todo el sector, ya que las calles se encuentran en un estado precario y este problema se agudiza con la llegada del invierno, por lo que en el presente trabajo se desarrolla la planificación de dicho proyecto.

Con el siguiente trabajo se busca, colateralmente, disminuir enfermedades respiratorias provocadas por el polvo, y también enfermedades provocadas por vectores tales como el zancudo, el cual se reproduce al empozarse el agua en la que se crían éstos, y, mejorar la calidad de vida de las personas del lugar, así como organizar y contribuir al desarrollo urbanístico del Municipio de Mixco y de esta colonia en particular.

1. MONOGRAFÍA DE MIXCO

1.1. Aspectos y situación geográfica

Mixco es un municipio del departamento de Guatemala ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital y asentado en la cordillera principal de la zona de influencia urbana de la ciudad capital.

Límites

Norte: San Pedro Sacatepéquez

Este: Chinautla y Guatemala

Sur: Villa Nueva

Oeste: San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez

Coordenadas cartesianas

Latitud 14°37'46" Norte.

Longitud 90°36'24" Oeste del meridiano de Greenwich.

Extensión territorial

Su extensión territorial es de 90 km² de los cuales 45.6 km² que equivalen al 45.7%, se encuentra dentro del área de la cuenca del lago de Amatitlán.

Accidentes orográficos

La villa de Mixco posee una sierra y 12 cerros, casi todos cultivables. Desde estas alturas pueden contemplarse sus pintorescos alrededores, para formar un esplendoroso conjunto entre el ámbito urbano y el natural.

Sierra: de Mixco.

Cerros: Alux, de Dávila, Del Aguacate, El Campanero, El Cuco, El Naranjo, El Pizote, La Comunidad, Lo de Fuentes, San Miguel, San Rafael y Yumar.

Barranco: El Arenal.

Aspectos hidrográficos: de las Limas, El Zapote, Guacamaya, La Brigada, Mansilla, Mariscal, Molino, Naranjito, Pansalic, Salaya, Seco, Tzalja, Yumar y Zapote.

Riachuelo: Tempiscal.

Zanjón: el Arenal de Campanero y los Gavilanes.

Quebradas: del Aguacate, el Arenal, Pansiguir y Suncin.

Aspectos topográficos: Mixco muestra una topografía quebrada en un 75% de su extensión. El terreno plano que lo constituye un 25% se ubica en el Este del municipio. La Cabecera municipal está asentada en un terreno sinuoso, que inicia en la bifurcación de la ruta asfaltada CA-1 y termina con un nivel demasiado pronunciado en las faldas del Cerro Alux.

1.1.1. Aspectos climáticos

Elevación y precipitación pluvial: la cabecera municipal se encuentra a 1730 msnm. Y tiene precipitación pluvial anual de 1000 mm.

Temperatura y humedad: La temperatura es de 20° centígrados (promedio anual) y un porcentaje de humedad del 55%.

Clima: Templado.

1.2. Marco social

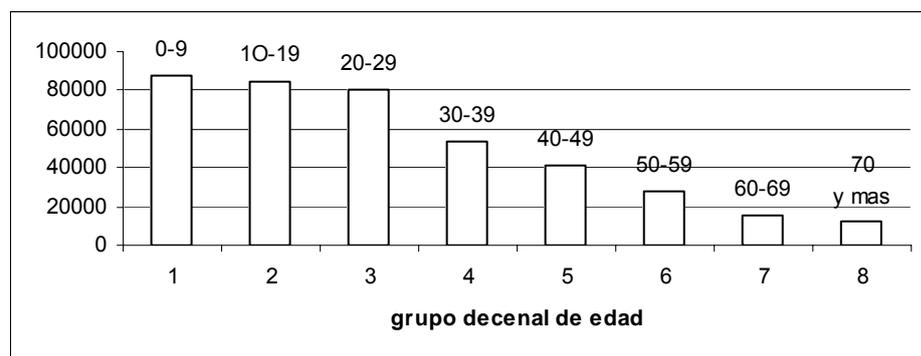
a. Población

De acuerdo a datos proporcionados por el INE la población asciende a 403,172 personas, de los cuales el 75% vive en la cuenca.

b. Densidad de la población

La densidad de población del municipio de Mixco es de 4,073 habitantes por km² es el municipio con mayor concentración de población después de la ciudad capital.

Figura 1. Población total según el parentesco y/o relación con el jefe(a) del hogar

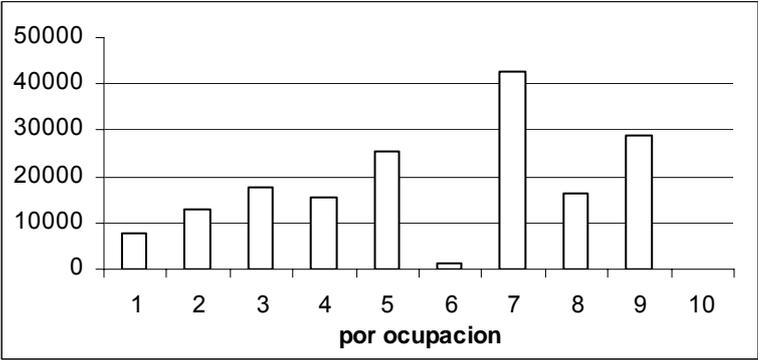


Fuente: INE censo de población 2002

Población económicamente activa

La población a partir de los 7 años de edad se considera económicamente activa -PEA- y se divide entre ocupada y desocupada

Figura 2. Población económicamente activa de 7 años y más de edad



Fuente: INE censo de población 2002

1.2.1. Servicios

De acuerdo a la cantidad de servicios que posea un municipio, éstos inciden en la calidad de vida y bienestar familiar de sus habitantes. Sobre esta base se determina su relación con el medio ambiente y su responsabilidad en el deterioro del mismo.

a. Correos y telégrafos

La primera oficina de telégrafos fue creada mediante acuerdo gubernativo del 23 de Abril de 1901. El 23 de diciembre de 1916 se crea la oficina de correo y es hasta el 23 de junio de 1949 cuando se abre la oficina de correos y telégrafos que actualmente labora en una oficina de tercera categoría.

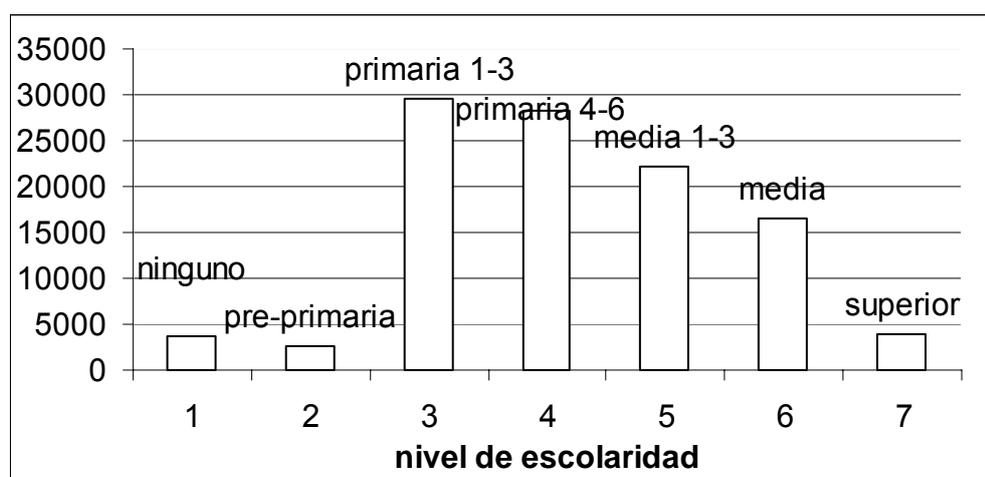
b. Salud

Población discapacitada

Física	1526
Sensorial	635
Mental	42
Total discapacitados	2203
Total poblacional	403,172

c. Educación

Figura 3. Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad



Fuente INE censo de población 2002

La figura 3 muestra el grado de escolaridad de la población, en la cual se identifica fácilmente que un alto número de pobladores, cuenta con educación primaria, seguida de la educación media y superior con profesionales en distintas ramas.

De la gráfica anterior se puede apreciar que un alto porcentaje de la población escolar se encuentra en el nivel primario, reduciéndose el porcentaje en el nivel medio y mucho más en el nivel superior. Esto se debe a la necesidad que tienen los jóvenes de contribuir al ingreso económico de sus familias, olvidando sus estudios y dedicándose a la agricultura o a la fabricación de alguna artesanía.

Es urgente que la educación motive de manera curricular y extracurricular, la creatividad y curiosidad por conocer nuestro medio para alcanzar una meta común: proteger los recursos naturales, fomentando el respeto a la naturaleza; valor que puede ser inculcado en la población mediante actividades vivenciales y utilizando metodología adecuada.

1.2.2. Agua

El agua que surte a la población proviene de tres acueductos: El Manzanillo, San Miguel y San Jerónimo, además de 63 pozos de extracción de agua subterránea.

En la cuenca el 17.7% de los hogares no cuentan con el servicio de agua potable. Mixco tiene un déficit del vital líquido del 14.9% en los hogares. La dotación de agua potable sin tratamiento es de 0.287 m³ / seg. Estimando 150 lts/hab/día. Con un déficit de 0.12 m³/seg.

En la cuenca el 98% de agua se distribuye por medio de pozos con un volumen 1.0878 m³/seg. Extrayéndose al año para abastecer los domicilios 50,441,832 m³/seg. De los cuales 34,304,860, m³ /seg. Equivalentes al 68% se consumen en la cuenca y el resto en la ciudad capital.

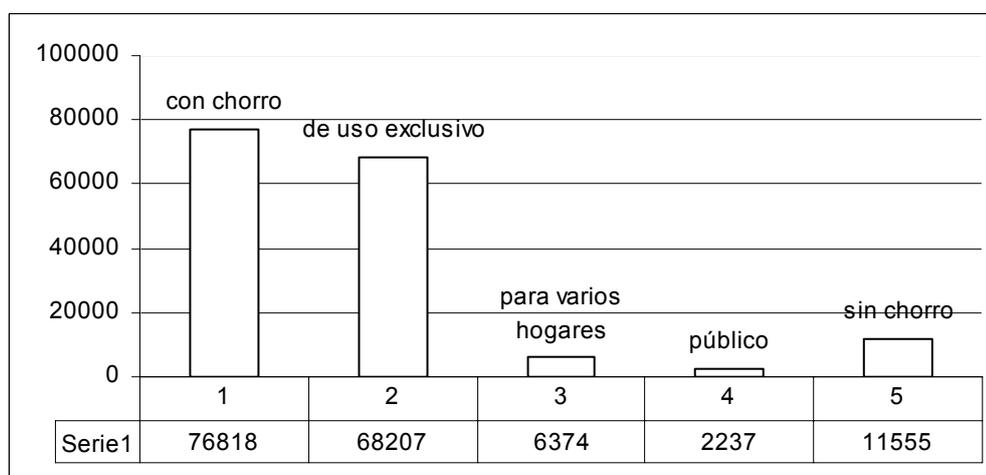
En 1976 se estimaba que la disponibilidad de agua subterránea en el área era de 111 millones de m³, con una recarga estimada en 57,500,00 m³/año. Actualmente ésta se ha visto reducida a 24 millones de m³ año, debido al proceso acelerado de urbanización no planificada y al proceso de deforestación.

Figura 4. Tipo de servicio de agua disponible actualmente



Fuente INE censo de población 2002

Figura 5. Disponibilidad de alumbrado eléctrico y de servicio de agua por chorro (tubería)

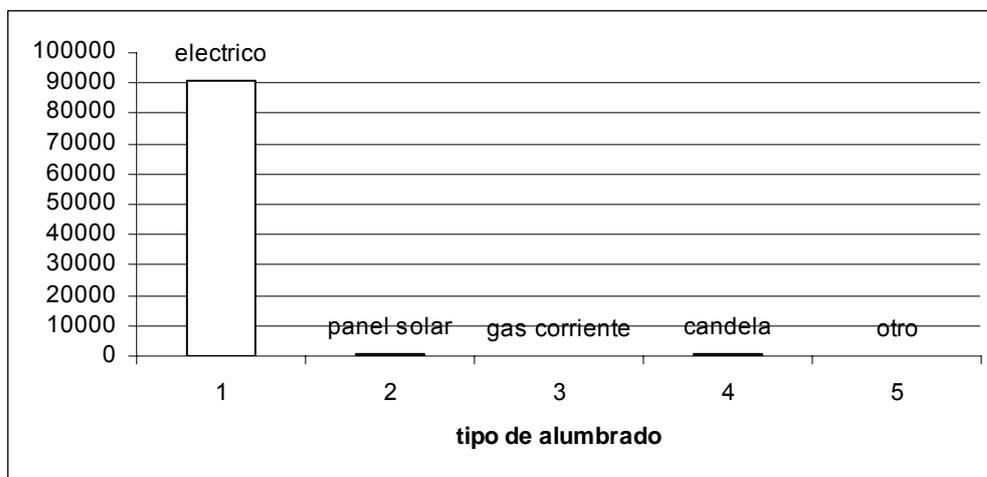


Fuente INE censo de población 2002

Energéticos

En relación a los servicios con que cuenta el municipio de Mixco, de acuerdo con la información proporcionada por el último censo de población, se obtuvieron los siguientes datos.

Figura 6. Tipo de alumbrado disponible regularmente



Fuente INE censo de población 2002

Telecomunicaciones

El 24 de julio de 1972 se inauguró y puso en servicio la planta telefónica enlazada al sistema telefónico automático. En 1973 se inauguró una central telefónica así como un conmutador manual.

1.2.3. Vías de comunicación

La Cabecera municipal está adoquinada y asfaltada. En las aldeas, las calles son de terracería y muchas colonias están asfaltadas, haciendo un promedio del 50% de sus vías con algún tipo de pavimento. El acceso a la población desde la ciudad está totalmente asfaltado y transitable.

Unidad de bomberos: posee una estación a cargo de los Bomberos Voluntarios, que cuenta con 15 elementos para atender las emergencias de la población.

Existe una estación de la Policía Nacional Civil ubicada en la cabecera municipal, y alrededor de 15 estaciones distribuidas en las distintas comunidades que conforman el municipio.

Transporte: el servicio de transporte es extraurbano y urbano. Cuenta con una corporación de buses llamada La Morena, que presta el servicio a la población con unidades de buses y microbuses para todas las colonias vecinas y la ciudad capital.

1.2.4. Medios de comunicación

Escrita: llegan a la cabecera municipal cinco diarios capitalinos y circulan dos diarios locales.

Hablada: cuenta con cuatro estaciones de radio con emisoras locales. Además, se recibe la señal de todas las estaciones de la ciudad capital.

Canales de televisión: se recibe la señal de la red de canales de televisión capitalinos y una variedad de canales distribuidos por la red de cable local.

Mercados municipales: Mixco cuenta con cuatro mercados debidamente instalados.

Bancos del sistema: en el centro de la cabecera municipal se encuentran 10 agencias bancarias, encontrándose 30 agencias más distribuidas en las 11 zonas que conforman el municipio.

Cementerios: Posee seis cementerios, siendo ellos Cementerios Las Flores, del Hermano Pedro, el de la cabecera Municipal, de las Aldeas Sacoj Grande y Chiquito, El Cementerio Particular Cefas.

1.2.5. Saneamiento

Los hogares sin servicio sanitario implican un factor negativo dentro del bienestar de la familia, al mismo tiempo que definen un alto nivel en la contaminación del medio ambiente. La información relativa a este municipio indica lo siguiente

Figura 7. Tipo de servicio sanitario disponible actualmente



Fuente INE censo de población 2002

Una gran cantidad de nuevas urbanizaciones están autorizadas para disponer de sus aguas sanitarias o domésticas en fosas sépticas y pozos de absorción. Además, existen tres plantas de tratamiento biológicas primarias de las cuales dos están en funcionamiento (Peronia y Hamburgo) pero en forma deficiente y una abandonada en Balcones de San Cristóbal.

1.2.6. Desechos líquidos

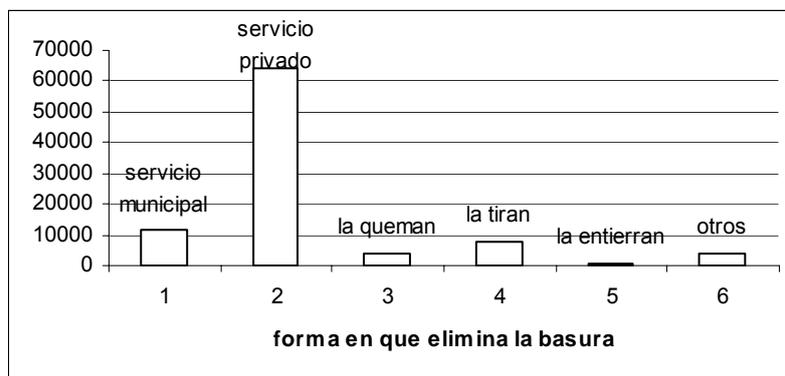
Dentro de la información obtenida se ha establecido que este municipio dispone de la red de drenajes como un servicio a la población, pero no todos los hogares tienen conectados sus drenajes internos a la red municipal. Es de señalar sin embargo, que aunque los drenajes son una necesidad para los habitantes, tanto en el seno de su hogar como en su vecindario, ya que se evitan los desagües a flor de tierra, los malos olores y la crianza de vectores causantes de enfermedades, para la cuenca del lago de Amatitlán y sus afluentes, resulta ser igualmente dañina la existencia o no de drenajes, ya que éstos desembocan en los ríos tributarios al lago.

1.2.7. Desechos sólidos

No todos los municipios que conforman la cuenca del lago de Amatitlán cuentan con un servicio de recolección de basura.

En Mixco, según el último censo, se muestran los siguientes datos.

Figura 8. Forma en que se elimina regularmente la basura



Fuente INE censo de población 2002

1.3. Marco económico

1.3.1. Producción

La venta de vasos, cántaros tinajas, platonos y trastos de cerámica pintada y barnizada constituye la base del comercio mixqueño, así como la fabricación de jabón, licor y pieles.

1.3.2. Industria

Mixco cuenta con un total de 41 industrias de diferentes tipos de producción, entre las que figuran 6 de textiles, 4 de plásticos, 2 de yeso, 6 de alimentos, 2 de metálica y 21 químicas entre otras.

Estas actividades proporcionan bienestar desde el punto de vista de ubicación, independencia e integración familiar.

Dentro de las variables de mayor impacto en el bienestar de la familia, se tienen las fuentes de contaminación ambiental y las fuentes de trabajo, que generan una situación de confrontación, ya que por un lado, los ingresos provenientes del trabajo en la industria generalmente son más elevados que en otros sectores, lo que incrementa el nivel de satisfacción de las necesidades. Mientras que, por el otro, el grado de participación en el mejoramiento del sistema ecológico se da sólo en sectores organizados, con una posición económico-social aceptable y preocupados por la conservación de éste.

Tal situación sólo puede medirse en términos de mayor beneficio, en este caso es, ¿cuántos habitantes se benefician con las fuentes de trabajo? y ¿cuántos habitantes resultan afectados por la contaminación del ambiente?

Las fuentes de trabajo (industria y comercio) tienen un gran valor dentro del modelo de bienestar de las familias, cuando éstas no provocan daños a la salud entre los habitantes que viven alrededor de las mismas.

2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO

2.1. Concepto de topografía

La topografía es la ciencia o arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de puntos situados arriba, en o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer estos puntos. El trabajo del topógrafo, que en su mayor parte consiste en efectuar tales mediciones, puede dividirse en tres partes

Trabajo de campo: que consiste en tomar y registrar medidas en el campo.

Trabajo de gabinete: que consiste en hacer los cálculos necesarios para determinar posiciones, áreas y volúmenes.

Dibujo: que consiste en dibujar a escala las medidas y dibujar planos.

Planimetría

Son los levantamientos para determinar los vértices y lados de las propiedades. Son generalmente poligonales cerradas (polígonos que comienzan y terminan en el mismo vértice).

Altimetría

Es el proceso para determinar las elevaciones o diferencias de elevación de dos puntos

2.2. Mecánica de suelos

2.2.1. Tipos de Suelos

Gravas

Consiste de cualquier material rocoso con un diámetro de partículas mayores de 0.5 cms. Las partículas más grandes se denominan piedras y las individuales mayores de 25 cms., rocas.

Arenas

Es roca o material mineral granular que tiene más de la mitad de las partículas gruesas menores de 0.5 cms. Las arenas pueden ser finas o gruesas y tener o no resistencia en ambos estados.

Limos

Consiste de partículas de suelo muy finas, presentando una apariencia no granular, a la vista y al tacto. Tiene cualidades de compactación muy pobres, resistencia en estado húmedo y es permeable al agua.

Arcillas

Es un material de suelo extremadamente fino, muy cohesivo, con alta resistencia en estado seco, buenas cualidades de trabajabilidad y compactación.

Materia orgánica

Consiste de la descomposición parcial de vegetales y otras materias vivas. Generalmente se presenta como limo orgánico, turba, o arcilla orgánica.

2.2.2. Tipos de ensayos para el diseño de un pavimento

2.2.2.1. Ensayo de granulometría

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen.

A partir de la distribución de los granos en un suelo, es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo.

Según su composición, la granulometría puede determinarse por medio de mallas, por el método del hidrómetro, o bien combinando ambos.

El análisis mecánico húmedo se basa en el comportamiento del material granular en suspensión, dentro de un líquido al sedimentarse. Los métodos de análisis húmedo consisten esencialmente en una serie de mediciones en la suspensión del suelo, hechas durante el proceso de sedimentación.

El análisis mecánico se concreta a segregar el suelo por medio de una serie de mallas, que definen el tamaño de la partícula.

El análisis por tamices se hace con la muestra íntegra, usando en una sola operación todos los tamices con una fracción de la muestra total, dependiendo de las características del material fino de ella. Cuando los suelos finos consisten esencialmente en arcillas, el análisis de tamices se hace con material al cual se le quitan las partículas finas (arcillas o limos) por medio del lavado. Con los tamices se hace la separación de partículas desde 0.074 mm. de diámetro (malla num. 200) hasta los granos mayores de 2" (5 cms.). Al preparar la muestra, se separa y se pesa la fracción mayor que la malla num. 4; el ensayo de esta fracción se hará como va descrito a continuación para el material que pasa por la malla num. 4, con la diferencia de que los tamices usados serán, 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½" y 3/8".

La cantidad de suelo requerido para el ensayo de la fracción que pasa por la malla num. 4 (granulometría fina), depende de la cantidad de suelos finos (arcillas o limos) que contenga.

Suelos arcillosos y limosos	_____	200 a 500 gr.
Suelos arenosos	_____	500 a 1000 gr.

2.2.2.2. Límites de consistencia o de Atterberg

Las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos pueden ser estudiados aproximadamente por medio de pruebas simples, las más usuales se denominan límites de consistencia o de Atterberg.

Un suelo arcilloso, con un alto contenido de agua, se comporta como un líquido. Al perder agua, va aumentando de resistencia hasta llegar a tener un estado plástico, fácilmente moldeable; al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido. Al continuar la pérdida de agua, pasa al estado sólido.

Los cambios de estado se producen gradualmente y los límites fijados arbitrariamente entre ellos se denominan:

Límite líquido

Lo fija el contenido de agua (expresado en por ciento del peso seco), que debe tener un suelo moldeado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo.

Límite plástico

Lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3.2 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, no absorbente que puede ser una placa de vidrio.

Límite de contracción

Es el contenido de agua que saturaría a un suelo contraído por secamiento de evaporación.

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se llama índice de plasticidad y es una medida de la plasticidad del suelo. Se define el índice de contracción por la diferencia entre los límites plástico y de contracción.

En mecánica de suelos, y en particular en los estudios de materiales para la construcción del terraplén de una cortina, los límites de consistencia constituyen una gran ayuda para clasificar la fracción fina de un suelo, y el manejo de la explotación de préstamos, cuando estos están formado materiales esencialmente arcillosos o limosos.

2.2.2.3. Compactación (Proctor)

La compactación consiste esencialmente en compactar una muestra de suelo húmedo en un molde cilíndrico de un volumen específico y con una energía de compactación especificada. Por lo general se utilizan diferentes ensayos, tres de los cuales se basan en las normas británicas y dos en las normas de ensayos y sus referencias. Los primeros cuatro están basados en la compactación dinámica creada por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde una altura determinada; el suelo se compacta en un determinado número de capas iguales, cada capa recibe un número especificado de golpes. La compactación en el quinto ensayo se basa en una combinación de presión estática y de vibración; el suelo se compacta en tres capas iguales presionando fuertemente hacia abajo el compactador vibratorio durante 60 segundo en cada capa.

Después de preparar la muestra compactada, se miden su densidad de vibración aparente y su contenido de humedad.

Luego de obtener los resultados de las diferentes iteraciones se realiza una gráfica de densidad seca vrs. contenido de humedad. En la gráfica como se verá después, el pico define el contenido de humedad óptima a la cual el suelo llega a la densidad máxima. Estos datos posteriormente son utilizados para medir la capacidad soporte del suelo C.B.R.

2.2.2.4. C.B.R. (razón soporte California)

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia del suelo bajo condiciones de compactación y humedad controladas.

El objetivo de este ensayo con una muestra saturada cumple dos propósitos: obtener información sobre el hinchamiento o expansión del suelo.

Obtener la pérdida de resistencia debido a la saturación en el campo.

2.2.3. Valores de compactación y capacidad soporte recomendados para bases y subbases

Conformación y compactación

La capa de sub-base o base triturada se debe conformar 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, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas.

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 5,000 metros cúbicos de material de sub-base o base trituradas o cuando haya evidencia que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de sub-base o bases trituradas con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado.

Cuando el espesor de la capa a compactar, exceda de 300 milímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 milímetros.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la sub-base o base triturada, en forma continua, el contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicando las secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el delegado residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos valores, o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el delegado residente, la determinación de la densidad máxima, puede efectuarse por cada 10,000 metros cúbicos de material de sub-base o base triturada, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

2.3. Definición y objetivos del pavimento

2.3.1. Definición

Generalmente se denomina así a la estructura multicapa que se coloca sobre la sub rasante de una carretera, integrada principalmente por la sub-base, la base y la carpeta de rodadura; y que provee un servicio al usuario con la debida seguridad, confort y durabilidad.

Los pavimentos pueden ser según la carpeta de rodadura: flexibles, rígidos y semirígidos. Los pavimentos de losas de concreto son pavimentos rígidos, mientras que los pavimentos de asfalto son pavimentos flexibles, los pavimentos con carpeta de rodadura de adoquín se consideran con semirígidos o semiflexibles.

El pavimento rígido, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande, en este tipo de pavimento la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto. En el pavimento flexible, la carpeta produce una mínima distribución de cargas, distribuyéndose éstas por el contacto de partículas en todo el espesor del pavimento.

Los pavimentos con adoquín son semiflexibles o semirígidos, ya que aunque cada adoquín es un bloque de concreto rígido, es a la vez una unidad independiente de los que los rodean, al recibir un adoquín una carga concentrada, ésta se distribuye por contacto de partícula a partícula como en un pavimento flexible. En el presente trabajo se presenta como semirígido al pavimento con adoquín, quedando el pavimento con empedrado fuera del mismo.

2.3.2. Objetivos

Soporte adecuado de las cargas por el tránsito

Naturalmente, un camino ha de ser capaz de soportar las cargas que el tráfico vehicular ocasiona, sin que se produzcan desplazamientos en la superficie, base o sub-base. Corrientemente se llama a esto estabilidad, otras veces resistencia mecánica, refiriéndose no sólo a la resistencia al peso directo de la rueda de tantos kilogramos por centímetro cuadrado, sino también a la capacidad de impedir la presencia de roturas internas y movimiento de partículas ocasionadas por la acción de amasadura del tráfico.

Protección de la terracería contra el agua

El agua es uno de los elementos que más contribuye a la destrucción de una carretera, un exceso de agua produce lubricación entre las partículas. Es necesario tener un control de las aguas superficiales, como de las que se filtran en el subsuelo.

Desgaste de los materiales por rodamiento

El desgaste en la superficie de rodamiento producido por el paso de vehículos origina desgaste por abrasión hasta la formación de nubes de polvo, el arrancado y pérdida de elementos de mayor tamaño.

Contextura superficial adecuada

Se hace indispensable que la capa de la rodadura sea suficientemente lisa para proporcionar seguridad y comodidad al usuario, pero debe tener alguna rugosidad para no ser peligrosa.

Flexibilidad para adaptarse a las fallas de la subbase

Rara vez permite el tiempo y el dinero de que se dispone, una preparación total de la subbase y terraplenes, antes de construir la capa de rodadura. Es por tanto, conveniente que esta capa de rodadura sea capaz de adaptarse a pequeños hundimientos, sin que sean necesarias costosas reparaciones.

Resistencia a la meteorización

El sol, la lluvia, el viento, las heladas, el calor y el frío actúan continuamente sobre los materiales de la superficie. Algunos materiales o combinaciones de ellos, resisten estas fuerzas destructoras mejor que otros, prolongando así la vida de la superficie.

2.4. Capas que componen el pavimento

2.4.1. Terreno de fundación

Es aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes indicadas en los planos de diseño.

De la capacidad soporte depende en gran parte el espesor de la estructura del pavimento, por ejemplo:

Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone siempre que sea posible y sustituirse por un suelo de mejor calidad.

Si el terreno de fundación es malo, habría que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.

Si el terreno de fundación es regular, podría prescindirse de la subbase.

Si es excelente, podría prescindirse de la sub-base y base.

2.4.2. Sub rasante

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

Los pavimentos de calles de los sistemas de tránsito general que soportarán un tráfico frecuente de camiones pesados, se asentarán sobre una sub-base con el fin de prevenir el bombeo de los suelos finos de la sub rasante ante el fenómeno llamado bombeo de lodo que ocurre cuando la sub rasante es de suelos arcillosos y limos arcillosos y el agua de lluvia se infiltra a la sub rasante, especialmente a través de las juntas mal selladas y de las grietas en las losas, saturándolas y disminuyendo su capacidad-soporte y, en consecuencia, permitiendo que se aumenten las deformaciones. Estudios realizados acerca de este fenómeno muestran que esto no ocurre cuando la sub rasante o la base granular tiene un porcentaje de finos (para tamiz num. 200) menor de 45% y un índice de plasticidad menor de 6.

El soporte que la sub rasante presta al pavimento se expresa con el valor del módulo de reacción "k" de la sub rasante y puede ser determinado mediante ensayos en el terreno o por correlación con valores soportes establecidos mediante otros ensayos. Cuando el tiempo y el equipo de laboratorio no permiten obtener el valor de K por medio del ensayo del plato, para efectos de diseño, puede considerarse la relación aproximada entre K y el C.B.R. a través de tablas.

2.4.2.1 Requisitos para los materiales de la subrasante

Dentro del material apropiado para la subrasante se encuentran los suelos granulares, con menos de 3% de hinchamiento en ensayo *AASHTO* T-193, que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo o sección que se está reacondicionando y que además, no sean inadecuados para la subrasante.

Son materiales inapropiados para subrasante los siguientes: suelos clasificados como A-8, que son altamente orgánicos, constituidos por materiales vegetales, parcialmente carbonizados o fangosos. Su clasificación se basa en inspección visual y no dependen de pruebas de laboratorio; se compone de materia orgánica parcialmente podrida; generalmente tiene textura fibrosa; un color café oscuro o negro y olor a podredumbre; son altamente compresibles y tienen muy baja resistencia. Además, basura o impurezas, que puedan ser perjudiciales para la cimentación del pavimento.

Las rocas aisladas, mayores de 10 centímetros, que se encuentren incorporadas en los 30 centímetros superiores de la capa de suelo de subrasante.

2.4.3. Sub-base

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Las principales funciones de la sub-base son Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.

Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.

Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

2.4.3.1. Requisitos de la sub-base

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

Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T-180, o bien un valor AASHTO T-90, mayor de 50.

Piedras grandes y exceso de suelos finos (arcillas y limos): el tamaño máximo de las piedras que contengan material de sub-base, no debe exceder de 7 centímetros, el material de sub-base no debe tener más de 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz num. 200 (0.075 mm.).

Plasticidad y cohesión: debe tener las características siguientes.

Plasticidad: la porción que pasa el tamiz num. 40 (0.425 mm.), no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T-90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T-89 mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo AASHTO T-146.

Cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser mas alto, pero en ningún caso mayor de 8.

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

Impurezas. El material de la sub-base debe estar razonablemente exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de la sub-base puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

2.4.3.2. Sub-base estabilizada

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

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la sub rasante previamente preparada y reacondicionada, suelos seleccionados de bancos de material, ya sea en su estado natural, mezclando varios de ellos, o en combinación con los suelos de la sub rasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de 5 centímetros, materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la sub-base estabilizada pueden perjudicar la estructura del pavimento.

Dentro de los materiales estabilizadores se puede encontrar: la cal hidratada, la lechada, lechada de cal, granza de cal, cal viva, cemento Pórtland, y materiales bituminosos, aunque pueden establecerse disposiciones especiales con otros productos estabilizadores como: el cloruro de calcio, cloruro de sodio, etc.

2.4.4. Base

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o sub rasante, cuyo espesor debe ser no mayor de 35 cm. ni menor de 10 cm. Dentro de sus principales características están las siguientes:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- b) Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.
- c) Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia las cunetas.
- d) Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

2.4.4.1. Requisitos para los materiales de base de grava o piedra triturada

El material de base debe consistirse en piedra o grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno, llenando además los requisitos siguientes:

Valor soporte: el material debe tener un C.B.R AASHTO T-193, mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de comparación AASHTO T-180.

Abrasión: la porción retenida en el tamiz num. 4 (4.75mm) no debe de tener un desgaste mayor de 50 a 500 revoluciones en la prueba de la AASHTO T-96.

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

Impurezas: estar libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla.

Graduación del material: cumplir con AASHTO T-27 Y T-11.

Plasticidad y cohesión

Plasticidad: la porción del tamiz num. 40 (0.425 mm.) no debe tener un índice de plasticidad mayor de 3% ni un límite líquido mayor de 25%.

Material más fino de 0.075 mm: el porcentaje que pasa el tamiz num. 00(0.075 mm.), debe ser menos que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz Núm. 40 (0.425 mm.).

Equivalente de arena: no debe ser menor de 40, determinado según AASHTO T-176.

Material de relleno: debe ser constituido por material arenoso, limo orgánico, polvo de roca con alto porcentaje de partículas que pasan el tamiz num. 10 (2.00 mm.).

2.4.4.2. Requisitos para los materiales de base granular

Base granular: es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Para constituir una base integrante de un pavimento debe cumplir con los siguientes requisitos:

Valor soporte: debe de tener un C.B.R. determinado por el método de AASHTO T-193, mínimo de 70 %, efectuado sobre muestra saturada, a 95 % de compactación AASHTO T-180, con un hinchamiento máximo de 0.5 % según el ensayo de AASHTO T-193.

La porción de agregado retenida en el tamiz num. 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión, determinado por el método AASHTO T-96, mayor de 50, a 500 revoluciones.

Partículas planas o alargadas: no más del 25% en peso del material retenido en el tamiz num. 4, pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

Impurezas: el material de base granular debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura o terrones de arcillas.

Graduación: el material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación determinados por los métodos de AASHTO T-27 y AASHTO T-11.

Plasticidad y cohesión: la fracción de material que pasa el tamiz num. 4, incluyendo el material de relleno, no debe tener en la porción que pasa el tamiz num. 40, un índice de plasticidad mayor de 6, determinado por el método AASHTO Y-90, ni un límite líquido mayor de 25, según AASHTO T-89, determinadas ambas muestras preparadas en humedad, según AASHTO T-146, el equivalente de arena no debe ser menor de 30, según AASHTO T-176.

Material de relleno: cuando se necesite agregar material de relleno al que se encuentra naturalmente en el material, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, polvo de roca, limo inorgánico y otro material con alto porcentaje de partículas que pasa el tamiz Núm. 10.

2.4.4.3. Requisitos para los materiales de base estabilizadora con cemento Pórtland

Base estabilizada con cemento Pórtland: es la capa de base, constituida de materiales pétreos y/o suelos mezclados con cemento Pórtland y agua, aplicando la técnica de estabilización, con el objeto de mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, además debe cumplir con los siguientes requisitos.

Abrasión: La porción de material retenida en el tamiz num. 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones, salvo casos especiales en donde no debe ser mayor de 60 a 500 revoluciones.

Caras fracturadas y partículas planas o alargadas. Cuando se requiera piedra o grava triturada, no menos del 50 % en peso de las partículas retenidas en el tamiz num. 4, deben de tener por lo menos, una cara fracturada. En todo caso, no más del 20 % en peso, pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

Impurezas. El material a estabilizar debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura o terrones de arcilla.

Graduación: debe de cumplir con los requisitos determinados en los métodos de graduación de la AASHTO T-27 y T-11.

Peso: el material a estabilizar debe ser razonablemente uniforme en calidad y densidad y su peso unitario, determinado según AASHTO T-19, no debe ser menor de 60 libras / pie cúbico.

Material de relleno: cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra en forma natural, para proporcionarle características adecuadas de granulometría, éste debe estar libre de impurezas.

2.4.4.4. Requisitos para los materiales de base negra

Base negra es la capa de base constituida de materiales granulares pétreos, recubiertos con material bituminoso, con el objeto de mejorar sus condiciones de resistencia a la humedad y estabilidad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito a las capas adyacentes de la estructura del pavimento. Dentro de los requisitos más importantes para los materiales se encuentran los siguientes.

Requisitos para el material pétreo. Debe consistir en piedra o grava de buena calidad, solamente clasificada o triturada total o parcialmente; combinadas con arena, polvo de roca, naturales o de trituración y material de relleno para formar un material pétreo que llene los requisitos siguientes:

Abrasión: la porción de material retenido en el tamiz num. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión, determinado por el método AASHTO Y-96, mayor de 50 a 500 revoluciones.

Desintegración al sulfato de sodio: no debe tener una pérdida de peso mayor del 15 % al ser sometidas a cinco ciclos en el ensayo AASHTO T-104.

Caras fracturadas y partículas planas o alargadas: cuando se requiera trituración, no menos del 50 % en peso de las partículas retenidas en el tamiz Núm. 4, deben tener por lo menos una cara fracturada. En todo caso, no más del 20 % en peso pueden ser partículas delgadas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

Impurezas: el material no debe contener materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base negra, puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

Graduación: el material debe cumplir con los requisitos de graduación determinados según AASHTO T-27 y T- 11.

Plasticidad: la porción de material que pasa el tamiz num. 4, incluyendo el material de relleno, debe tener un índice de plasticidad no mayor de 4, determinado por el método AASHTO T-90, y un límite líquido no mayor de 25, determinado por el método AASHTO T-89, determinado ambos sobre muestra preparada en húmedo, de conformidad con AASHTO T-146.

El equivalente de arena no debe ser menor de 25, según AASHTO T-176.

Peso: el material debe ser razonablemente uniforme en calidad y densidad y su peso unitario, según AASHTO T-19, no debe ser menor de 80 libras / pie cúbico.

Resistencia al desvenimiento: las partículas de material deben ser de tal naturaleza, que al recubrirlas completamente con material bituminoso del tipo y grado a usarse en la capa de base negra, no presenten evidencia de desvestimiento, permaneciendo más del 70 % de las partículas perfectamente cubiertas con material bituminoso al efectuar el ensayo de inmersión en agua a 60 grados centígrados (ensayo de la Dirección General de Caminos). El uso de aditivos como agentes antidesvenimiento, está condicionado a los resultados positivos del ensayo anteriormente indicado, usando los productos propuestos en las proporciones mínimas que satisfacen el mismo.

Requisitos para el material de relleno: cuando se haga necesario agregar material de relleno al que se encuentre en estado natural, éste debe estar libre de impurezas y consistir en polvo de roca, limo inorgánico, cal hidratada, cemento Pórtland u otro material mineral inerte con alto porcentaje de partículas que pasan el tamiz num. 30.

Requisitos para el material bituminoso: la temperatura de aplicación y la especificación que debe cumplir el material bituminoso, dependerá del tipo y grado de asfalto, por ejemplo, para las emulsiones asfálticas deben cumplir la especificación de AASHTO M-140, y M-208, con una temperatura de aplicación entre 24 a 55 grados centígrados.

Requisitos para la mezcla: la mezcla de material pétreo y material bituminoso, debe de llenar los requisitos ya establecidos, dependiendo cuál método de diseño de mezclas se utilice.

2.5. Análisis y determinación del volumen del tránsito

2.5.1. Volumen del tránsito

Se entiende por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transita por un camino en determinado tiempo. Las unidades más comúnmente usadas en los volúmenes de tránsito, son vehículos por día o vehículos por hora.

Existen diferentes volúmenes de tránsito, naturalmente, esto depende del camino o del tramo de camino. Hay rutas de tipo turístico, el tipo agrícola, el tipo comercial. En fin, la variación de los volúmenes depende del tipo de la ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, en zonas agrícolas las variaciones horarias dentro de la época de cosecha son extraordinarias; puede ser que en ciertas horas de la noche no haya absolutamente ningún vehículo y sin embargo, a ciertas horas del día hay tal cantidad de vehículos que saturan la carretera de dos carriles, en cambio en una ruta turística el tráfico se da en aquellas épocas de vacaciones, por mencionar algunas Semana Santa, las fiestas de fin de año, etc.

En las ciudades se tiene una variación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos, el cual empieza a aumentar gradualmente hasta alcanzar cifras máximas entre las 8 y las 10 horas, de las 10 a las 13 horas, vuelve a bajar y empieza a ascender para llegar a otro máximo entre las 14 y las 16 horas, vuelve una vez más a disminuir entre las 14 y las 18 horas, en que asciende otra vez para alcanzar un tercer valor máximo entre las 18 y las 20 horas. De esa hora tiende a bajar al mínimo en la madrugada.

Se han estudiado cuáles son los días de la semana que llevan los volúmenes normales de tránsito. Los máximos generalmente se registran, en caminos de tipo turístico, los sábados y domingos. En el camino de tipo comercial o agrícola, entre semana. En las calles de la ciudad, entre semana, mas o menos distribuidos en los días laborales, etc.

Dentro de la variación anual hay meses que llevan mayores volúmenes que otros, estos meses coinciden con los de vacaciones.

Los recuentos de volúmenes de tránsito pueden realizarse de diversas formas y existen dos métodos de conteo de tránsito, los cuales son: conteos manuales y mecánicos.

2.5.1.1. Conteos manuales

Para realizarlos se debe de contar con personas debidamente entrenadas, a estos conteos también se les llama conteos visuales, ya que se basan en la habilidad de las personas de ver y a la vez de anotar lo visto.

2.5.1.2. Conteos mecánicos

Estos ponen a disposición una serie de aparatos diseñados para el registro automático de volúmenes de tránsito. Al observar un contador mecánico se nota que consta de dos unidades básicas que son: detector vehicular y el aparato registrador. Principalmente son aparatos eléctricos, que mediante detectores registran el paso de cada vehículo en un punto dado de un camino o calle. En algunos casos, el registro es realizado en un cinta donde se imprime un número acumulativo de vehículos, o en un cinta perforada, para su utilización posterior en una computadora. También hay registros gráficos de diversos tipos. Entre los detectores se tienen los siguientes:

Detector neumático: consiste en una manguera de caucho cerrada en un extremo, la cual se coloca normalmente a la dirección de la carretera y por lo tanto del tránsito, para registrar el número de vehículos. También se observa en él una membrana que es la encargada de accionar el contacto eléctrico del aparato registrador, el cual anota una unidad vehicular por dos ejes. Los contadores o detectores neumáticos cuentan pares de ejes, por lo tanto hay que hacer ajustes para fines comparativos.

Detectores eléctricos: este tipo de detector es utilizado en estaciones permanentes, los cuales consisten en una placa de acero cubierta por una capa de hule vulcanizado y moldeado, que contiene una tira de acero flexible. El espacio formado entre los contactos es llenado con un gas inerte y seco, durante el montaje del pedal y sellado como una unidad durante el proceso de vulcanización. Al pasar cada eje de un vehículo sobre este dispositivo se cierra un circuito eléctrico. Con este tipo de detector es posible realizar recuentos de vehículos por carril, un dispositivo tipo provisional consiste de un contacto metálico separado por aire y un espaciador de goma resinosa.

De radar: un fenómeno natural que ocasiona que una señal de radio al ser reflejada por un objeto en movimiento cambie su frecuencia en relación a la señal de radio incidente, es lo que hace posible la detección de vehículos por medio del radar. Este fenómeno es conocido como el efecto doppler. El equipo electrónico que utiliza el radar compara continuamente la frecuencia de la señal recibida. Siempre que exista una diferencia de frecuencia será detectado un vehículo. Los dispositivos de radar no están sujetos a deterioro por la acción del tránsito. Los datos obtenidos son precisos y dignos de confianza.

Otros: recientemente, se han desarrollado detectores bajo el principio de los rayos infrarrojos y de ultrasonido, cuya aplicación seguramente requiere pasar por cierta etapa de prueba.

Los estudios se pueden realizar por periodos cortos o bien en forma permanente. Por lo general, se realizan ambos tipos de estudios obteniendo la correlación entre ellos. Para conocer el movimiento de vehículos de y hacia cierta zona urbana se lleva a cabo el estudio denominado “Recuento en cordón” equivale a rodear la zona con estaciones de recuento, donde se registran las entradas y salidas de vehículos.

Otro método de estudio es el del “Automóvil en movimiento”. Consiste en conducir un automóvil dentro de la corriente de tránsito, registrando los vehículos. En este último caso se deben anotar los vehículos que lo rebasan y los que son rebasados. El tramo en estudio debe ser recorrido varias veces, recomendándose que la duración del estudio sea de 20 minutos por cada kilómetro, en calles principales y de 6 minutos por cada kilómetro en calles secundarias.

El vehículo debe circular a una velocidad media con respecto a los demás vehículos en la corriente del tránsito. En la hoja de campo debe anotarse por separado el número de vehículos rebasados, el número que rebasan y el número en sentido contrario. Se determina el volumen horario de tránsito con la siguiente fórmula:

$$V_h = (60 * M_e + (R - A) * m_s) / (T_c + T_{m_s})$$

Donde:

V_h = volumen horario de tránsito en un sentido contrario.

M_e = número de vehículos encontrado en el tramo.

$(R - A) * m_s$ = número de vehículos que rebasan, menos el número de vehículos rebasados, en el mismo sentido en que se viaja.

T_c = tiempo del viaje en minutos, circulando en el sentido del flujo en estudio.

T_{ms} = tiempo del viaje en minutos, circulando en el sentido del flujo en estudio.

60 = constante (min. / hora).

2.5.2. Especificaciones para los ejes de camiones

Un eje sencillo

Está compuesto, normalmente, de dos llantas en automóviles livianos y en camiones pesados por cuatro llantas.

Un eje en tandem

Está compuesto por dos ejes sencillos, cada eje sencillo tiene cuatro llantas, por lo cual el eje en tandem tiene ocho llantas.

2.5.3. Carga máxima utilizada en Guatemala

El eje simple de carga equivalente de 18,000 libras podría ser definido como el eje simple con esa carga cuya repeticiones causarían en la reacción del pavimento el mismo efecto que causaría la repetición de cualquier combinación de ejes con carga de diferente magnitud.

El manual serie 1 (MS-) – 1970, del Instituto de Asfalto Norteamericano para el diseño de pavimentos flexibles, establece un método para obtener el número de ejes simples con carga equivalente a 18,000 libras, que sería el número de diseño de tránsito que se utiliza en el método de diseño de la AASHO.

También en el método de diseño de pavimentos rígidos de la Asociación del Cemento Pórtland, se utiliza un censo estandarizado o promedio de tránsito llevado en el formulario W – 4, es así como se puede establecer el número de ejes simples con rueda dupla, con carga equivalente de 18,000 libras, que se utiliza en el método de AASHO.

Se hace notar que en las calles y carreteras es recomendable limitar las cargas de las ruedas, por ejes simples y tandem de los vehículos, de manera que estas cargas no excedan las utilizadas en el diseño.

2.5.4. Censo del tránsito

A continuación se enumera una de las clasificaciones con las cuales el diseñador puede auxiliarse para tomar en cuenta todos los vehículos que transitan por las carreteras y calles de la República de Guatemala.

2.5.4.1. Tránsito liviano

En esta clasificación están incluidos aquellos vehículos livianos, automóviles, pick-Ups, paneles, incluyendo algún otro camión de dos ejes sencillos, con dos llantas en cada eje, haciendo un total de 4 llantas.

La carga por eje sencillo de estos vehículos varía según el rango de 2 a 5 toneladas; por consiguiente, la carga y repeticiones de los vehículos livianos no tiene efecto alguno para el diseño de un pavimento.

2.5.4.2. Tránsito mediano o medio

Incluye los camiones de reparto, buses y camiones, camiones medianos y pequeños de carga de 6 llantas y un eje sencillo atrás de 4 llantas, cuyo rango de carga por eje varía de 5 a 8 toneladas.

2.5.4.3. Tránsito pesado

Está constituido, principalmente por vehículos comerciales pesados, normalmente vehículos de dos ejes y 6 llantas o más, o combinaciones de tres ejes o más. Así, los valores permisibles de tránsito promedio diario de camiones (TPDC), incluyen solamente camiones de 6 llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. La carga por eje sencillo de dos y cuatro llantas para tránsito pesado, generalmente se encuentran en el intervalo de 8 a 18 toneladas y para ejes en tándem de 8 llantas, en el intervalo de 14 a 30 toneladas de peso. Para el tránsito pesado no se incluyen camiones de dos ejes con dos llantas en cada eje. A continuación se enuncian los camiones pesados de mayor uso en la República de Guatemala.

a. Tipo 2

Este incluye dos ejes sencillos, el eje de la parte delantera está integrado por dos llantas y el eje de la parte posterior con cuatro llantas, haciendo un total de seis llantas.

b. Tipo 3

El número 3 indica que contiene tres ejes sencillos, caracterizándose en tener un eje sencillo adelante y un eje en tándem atrás; cada eje en tándem tiene dos ejes sencillos o sea dos llantas adelante y ocho llantas atrás, con cuatro llantas en cada eje sencillo pertenecientes al eje en tándem; con un total de 10 llantas. Es uno de los tipos más utilizados por fábricas de concreto de cemento Pórtland y por los buses de transporte interurbano.

c. Tipo 2-s-1

Camión con semi remolque de dos ejes sencillos en el tractor camión; el eje de adelante está compuesto por dos llantas y el eje de atrás por cuatro llantas.

El semi remolque esta compuesto por un eje sencillo de cuatro llantas, haciendo un total de diez llantas.

d. Tipo 2-s, 1-t

Camión con semi remolque, dos ejes sencillos en el tractor-camión; el eje sencillo de adelante está compuesto por dos llantas y el eje sencillo de atrás por cuatro. El eje en tándem de ocho llantas en el semi-remolque, compuesto por dos ejes sencillos con cuatro llantas en el semi-remolque, formado por dos ejes sencillos, con cuatro llantas en cada eje sencillo; haciendo un total de catorce llantas.

e. Tipo 1-1, t-s-1

Camión con semi remolque un eje sencillo y un eje en tándem en el tractor-camión; el eje sencillo compuesto por dos llantas y el eje en tándem por ocho llantas. En el semi remolque existe un solo eje en tandem con ocho llantas; haciendo un total de 18 llantas.

2.6. Pavimento rígido

Es aquel en el cual la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Pórtland, con o sin armadura metálica. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa; pero en el presente trabajo sólo se tendrán en cuenta aquellos pavimentos formados por concreto de cemento Pórtland.

2.6.1. El cemento Pórtland

El concreto hidráulico es la mezcla de cemento Pórtland, arena, agregado mineral grueso (piedra triturada o grava) y agua. Los fabricantes de cemento Pórtland en nuestro medio elaboran producto de primera calidad, el cemento es generalmente distribuido en sacos de 94 libras (42.5 kilogramos), y 0.28m^3 (un pie cúbico de volumen).

2.6.2. Pavimento de concreto de cemento Pórtland

Es un pavimento rígido constituido de losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado.

Los pavimentos de concreto varían en espesor, desde los relativamente delgados de 5 ó 6 pulgadas. (13 ó 15 cm.) para tráfico de carga ligera, para estacionamientos y algunas calles residenciales; hasta losas más gruesas para calles y carreteras principales, losas para pavimentos interestatales diseñadas para llevar tráfico vehicular de carga pesada, de gran intensidad y velocidad; finalmente , losas para pavimentos de aeropuertos las cuales pueden ser de hasta 24 pulgadas (61 cm.), con cargas tan grandes de hasta 750.000 libras (340 toneladas). Cada uno de estos tipos puede carecer de refuerzo, tener únicamente acero distribuido, ser relativamente reforzado, por ejemplo, pavimento de concreto con refuerzo continuo, e inclusive, ser preesforzado.

2.6.2.1. Requisitos para los materiales del concreto

Cemento Pórtland.

Debe ser tipo I o tipos II y III.

Agregado fino

La graduación del agregado debe estar dentro de lo indicado en la tabla I

Tabla I. Graduación de agregados para el concreto con cemento Pórtland

TAMICES AASHTO M 92	PORCENTAJE QUE PASA	
03-Ago	100	100
Num. 4	95-100	95-100
Num. 8	----	75-95
Num 16	45-80	50-85
Num. 30	----	25-60
Num. 50	May-30	May-30
Num. 100	May-30	May-30
Num. 200	00-04	00-04

El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1, ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones de concreto.

El módulo de finura de un agregado se determina de la suma de los porcentajes por peso acumulado retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada, divide entre 100

3", 1.5", ¾", 3/8", Núm. 4, Núm. 8, Núm. 16, Núm. 30, Núm. 50, Núm. 100.

Agregado grueso

El porcentaje de partículas planas o alargadas (longitud mayor de 5 veces el espesor promedio), no debe sobrepasar de 15 % en peso.

El porcentaje de partículas finas no debe de exceder de 5 % en peso, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en peso.

La graduación del agregado grueso debe satisfacer una de las graduaciones indicadas en la tabla II.

Tabla II. Graduación del agregado grueso

		Porcentaje en peso que pasa								
num. tamiz		3"	2.5"	2"	1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Núm. 4
1	0.5"	Núm. 4 *					100	90-100	40-70	0-15
2	3/4"	Núm. 4 *				100	95-100		20-55	0-10
3	1"	Núm. 4 *			100	95-100		25-60		0-10
4	1.5"	Núm. 4		100	95-100		35-70		Oct-30	0-10
5	2"	Núm. 4	100	95-100		35-70		Oct-30		0-05
6	2.5"	Núm. 4	100	95-100		35-70	Oct-30			0-05

* No más del 5 % debe pasar el tamiz num. 8

El agua para mezclado, curado del concreto y lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero.

Requisitos para el refuerzo en las losas: cuando las disposiciones especiales lo requieran expresamente, se usarán losas reforzadas. El refuerzo debe consistir en malla de alambre de acero de refuerzo soldado, o emparrillado de barras de acero.

2.6.3. Calidad del concreto

Generalidades. El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio lo suficiente alta, para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas por debajo del valor de resistencia a la compresión especificada en los planos. Los planos deben mostrar claramente la resistencia a la compresión del concreto, para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura. Los requisitos para comprobar la resistencia del concreto, deben basarse en cilindros fabricados y probados de acuerdo con los métodos AASHTO o ASTM.

Criterios de variación de las pruebas de resistencia. Las proporciones del concreto pueden establecerse con base en la experiencia de campo, con materiales semejantes a los que se emplearán en la obra propuesta, o sobre la base de pruebas de tanteo en el laboratorio.

Criterio 1: que haya una probabilidad menor de 1 en 10, de que una prueba individual de resistencia tomada al azar, sea más baja que la resistencia especificada, en cuyo caso la resistencia promedio requerida se calcula por medio de la fórmula:

$$F'_{cr} = f'_c + 1.282 * S$$

Criterio 2: que haya una probabilidad de 1 en 100, de que el promedio de 3 pruebas consecutivas de resistencia, sea mas bajo que la resistencia especificada, en cuyo caso la resistencia promedio requerida se calcula por la fórmula:

$$F'_{cr} = f'_c + 1.343 * S$$

Que haya una probabilidad de 1 en 100, de que una prueba individual de resistencia sea 500 libras / pulgada cuadrada (35kg./cm²) más baja que la resistencia especificada, en cuyo caso la resistencia promedio requerida, se obtiene por las fórmulas :

$$F'_{cr} = f'_c - 500 + 2.326 * S \quad (\text{ en libras / pulgada cuadrada })$$

$$F'_{cr} = f'_c - 35 + 2.326 * S \quad (\text{ en kg. / centímetro cuadrado })$$

En donde:

F'_{cr} = Resistencia promedio requerida para la selección de proporciones de la mezcla de concreto.

f'_c = Resistencia del concreto especificada en los planos, a los 28 días.

S = desviación estándar de las pruebas individuales de resistencia.

2.6.4. Diseño de mezclas de concreto

2.6.4.1. Diseño de mezclas con base en la experiencia de campo

Cuando se trate de plantas de concreto, con un registro y control adecuado de su producción, con base por lo menos de 30 pruebas consecutivas de resistencia requerida como base para la selección de proporciones, puede calcularse de acuerdo a los criterios de variación num. 1 y 2 del inciso anterior, siempre que la desviación estándar de las pruebas consideradas no exceda de 600 libras / pulgada cuadrada (42 kg. / cm²).

2.6.4.2. Diseño de mezclas con base en pruebas de tanteo en el laboratorio

Cuando se utilicen bachadas de tanteo en el laboratorio, como base de la selección de las proporciones de una mezcla de concreto, las muestras para los ensayos de resistencia deben prepararse y curarse de acuerdo a AASHTO T-126 y ensayarse de acuerdo a AASHTO T-22. Debe establecerse una curva que muestre la variación de la relación agua / cemento y la resistencia promedio a compresión a los 28 días. La curva debe basarse por lo menos en tres puntos y preferiblemente en cinco, que representen bachadas que produzcan resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de por lo menos tres especímenes probados a 28 días. La máxima relación agua / cemento permisible para el concreto que va a emplearse en la estructura, será la curva, que produzca la resistencia promedio requerida que exceda la resistencia especificada, de acuerdo con la aplicación de los criterios de variación ya señalados.

2.6.4.3. Diseño de mezclas cuando no se cuenta con experiencia de campo o datos adecuados de bachadas de tanteo en el laboratorio.

Cuando se trate de estructuras pequeñas o de poca importancia, y si no se cuenta con experiencia de campo o con datos adecuados de bachadas de tanteo en el laboratorio, pueden basarse las proporciones del concreto en los límites de la relación agua / cemento indicadas en la tabla I, II o III, y no será aplicable a concreto que tenga agregados livianos o aditivos que no sean inclusores de aire. La aplicación de este método para estimar las proporciones, no elimina el requisito de cumplir con los criterios de aceptación de las pruebas de resistencia a la compresión.

2.6.4.4. Clases de mezclas

Las principales clases de concreto hidráulico utilizadas en carreteras son las siguientes:

a. Concreto clase “A”

Debe tener un mínimo de resistencia a la compresión de 3,000 libras por pulgada cuadrada, (210.9 kg. por centímetro cuadrado), a los 28 días; un contenido mínimo de 8 sacos de cemento de 94 libras (42.7 kg.) por metro cúbico y 6 galones (22.7 litros) de agua por saco de cemento Pórtland. Normalmente se emplea en construcciones masivas, altamente reforzado (vease tabla III).

b. Concreto clase “B”

Debe tener un mínimo de resistencia a la compresión de 2,500 libras por pulgada cuadrada (175.8 kg. / cm^2), a los 28 días; un contenido mínimo de 7.25 sacos de cemento de 94 libras (42.7 kg.), por metro cúbico y 7 galones (26.5 litros) de agua por saco de cemento. Al igual que el concreto clase “A” se utiliza en construcciones masivas; pero ligeramente reforzado (vease tabla III).

c. Concreto clase “C”

Debe tener un mínimo de resistencia a la compresión de 2,000 libras por pulgada cuadrada (140.6 kg. / cm^2), a los 28 días; un contenido mínimo de 6 sacos de cemento de 94 libras (42.7 kg.), por metro cúbico y 8 galones (30.0 litros) de agua por saco de cemento. Utilizado sin refuerzo alguno (vease tabla III).

d. Concreto clase “D”

Se deberá utilizar en concretos hidráulicos pretensados (vease tabla III).

e. Concreto clase “X”

Se emplea en secciones masivas, ligeramente reforzadas y cuando se desea obtener un concreto de mejor calidad que la clase “B” (vease tabla III).

f. Concreto clase “Y”

Puede emplearse en secciones delgadas y reforzadas (vease tabla III).

g. Concreto clase “S”

Generalmente utilizado para trabajos bajo el agua (vease tabla III).

Tabla III. Proporciones de las diferentes clases de mezclas

1	Método de fabricación	2	Tamaño de agregados		3	4	Peso en kg. de los agregados			
			Normal	Alternativa			Piedra triturada			
							Grava		Grueso	
Finos	Gruesos	Finos	Grueso							
A	Vibrado	8.5	1.5"-Núm. 4	1" - núm.4	5.5	1-3	185	430	200	400
A	No vibrado	8.5	1.5"-Núm. 4	1" - núm.4	5.5	2-4	210	400	230	365
AA	Vibrado	8	1" - Núm.4	3/4"-núm.4	6	1-3	230	440	250	390
AA	No vibrado	8	1" - Núm.4	3/4"-núm.4	6	2-4	260	405	280	360
B	Vibrado	7.3	2" - Núm.4	1.5"-núm. 4	7	1-2	275	680	310	620
B	No vibrado	7.3	2" - Núm.4	1.5"-núm. 4	7	2-3	320	635	355	275
C	Vibrado	6	2.5" -Núm.4	2" - núm.4	8.5	1-2	345	910	390	835
C	No vibrado	6	2.5" -Núm.4	2" - núm.4	8.5	2-3	410	835	455	770
D	Vibrado	9.8	1" - Núm.4	3/4"- núm.4	4.5	1-3	170	340	175	325
X	Vibrado	7	2" - Núm.4	1.5"-núm. 4	6	1-2	200	560	230	510
X	No vibrado	7	2" - Núm.4	1.5"-núm. 4	6	2-3	240	525	270	470
Y	Vibrado	9	1/2"-Núm.4	3/4"- núm.4	5.5	1-3	235	285	240	270
Y	No vibrado	9	1/2" - Núm.4	3/4"- Núm.4	5.7	2-4	260	260	270	240
S	No vibrado	9	1" - Núm.4	3/4" -núm.4	6	4.8	195	355	220	305

- 1 Clase de concreto
- 2 Bolsas de cemento de 94 libras por metro de cemento
- 3 Relación neta máxima agua / cemento en galones por bolsa de cemento
- 4 Revenimiento o *slump test*, en pulgadas

2.6.5. Control en el campo de la relación agua – cemento

La prueba de revenimiento o *slump test* se debe de efectuar cuando se haga necesario, puesto que proporciona una idea clara de la trabajabilidad de la masa de concreto, así como de la relación agua-cemento. En la tabla III se recomienda el revenimiento para cada clase de concreto. Esta prueba no debe efectuarse cuando el agregado grueso tenga alto porcentaje de material retenido en el tamiz 2.

2.6.6. Método y procedimiento de diseño simplificado para pavimentos rígidos (pca)

La PCA (Asociación del Cemento Pórtland) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar la carga de tránsito de calles y carreteras.

2.6.6.1. Método de capacidad

Procedimiento de diseño con posibilidad de obtener datos de carga. Este asume datos detallados de carga-eje que tienen que ser obtenidos de estaciones representativas. Este método no se describirá en el presente trabajo de graduación.

2.6.6.2. Método simplificado

Procedimiento sencillo que determina el espesor de losa necesario, según tablas de distribución, compuestas de carga de eje, que representan diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

El método simplificado, como se mencionó, utiliza los datos de la tabla para los cuatro categorías de tránsito (vease tabla IV). Éstas están diseñadas para un periodo de diseño de 20 años. Han sido elaboradas contemplando el factor de seguridad de carga este factor incrementa el valor de carga estática por eje, ya que los esfuerzos producidos por movimiento son más que los ocasionados cuando el mismo eje está detenido, para que el esfuerzo producido por un eje estático alcance su máximo valor. Los factores de seguridad por los cuales deben multiplicarse las cargas nominales de ejes son 1.0, 1.1, 1.2, y 1.3, respectivamente, para las cuatro categorías de eje de carga 1, 2, 3, y 4.

Para la determinación del espesor de la losa de concreto se hace necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y sub-base, (véase tabla V), ya que mejoran la estructura de un pavimento. Una comparación importante de bases, de suelo-cemento en relación con las bases granulares, es que existe mayor grado de resistencia estructural en las primeras que las segundas.

El valor aproximado de k_s (modulo de reacción), cuando se usan bases granulares y bases de suelo cemento, respectivamente, se muestran en las tablas VI y VII.

En ausencia de los valores de los ensayos de laboratorio, puede usarse la relación aproximada entre k_s y CBR o valor soporte de California para diferentes tipos de suelo.

2.6.6.2.1. Tránsito

En el diseño al utilizar este método se hace necesario conocer el TPDC, el cual puede ser expresado como un porcentaje de TPD. El tránsito futuro tiene considerable influencia en el diseño, por lo que la razón de crecimiento es afectada por factores como el tránsito desarrollado. Todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6 %, que corresponden a factores de proyección de tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8 (vease tabla VIII).

El uso de razones altas de crecimiento para calles residenciales no es aplicable, ya que las calles llevan poco tránsito, generalmente el originado en las mismas es ocasionado por vehículos de reparto, por lo que las tasas de crecimiento podrían estar debajo del 2 % por año (factores de proyección de 1.1 a 1.3). Las tablas están diseñadas para un periodo de 20 años, para otros periodos de diseño, las estimaciones de tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado para obtener un valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, si se decide utilizar un periodo de diseño de 40 años en lugar de 20 años, la estimación del valor del TPDC permisible es multiplicado por 40/20.

2.6.6.2.2. Etapas del método simplificado

Estimar el tránsito promedio diarios de camiones (TPDC) en ambas direcciones, no incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.

Seleccionar categoría de carga por eje, según la tabla IV.

Encontrar el espesor de la losa requerida en la tabla apropiada.

El TPDC incluye solamente camiones de seis llantas o mas, unidades simples o combinadas de tres ejes o mas. No se incluyen paneles, pick ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas. El número permisible de camiones pesados por día de todo tipo, tiene que ser mayor que el TPDC arbitrario, por lo menos en el doble para autopistas y el triple para calles y carreteras secundarias.

Para el uso correcto de la tabla III, los valores de TPD y TPDC no deben ser usados como un criterio primario para seleccionar la categoría de carga de eje, los datos son mostrados únicamente para ilustrar valores típicos. En lugar de ello, lo correcto es confiar más en la descripción de una categoría con base en los valores esperados de máxima carga de eje. El valor de diseño del TPDC será obtenido por una clasificación de conteo de los camiones esperados.

Las tablas de diseño VIII y IX, incluyen el diseño para pavimento con bordillo integrado y sin bordillo de concreto con cemento Pórtland. El bordillo integrado ofrece ventajas sobre el bordillo-cuneta separados. El bordillo integrado provee un espaciamiento del borde del pavimento que disminuye sus flexiones y tensiones, y mejora su capacidad estructural, con lo cual se reduce el espesor de la losa de un pavimento determinado entre 1 a ½ pulgadas.

La transmisión de carga de tránsito de una losa a otra adyacente, a través de las juntas puede llevarse a cabo por medio del sistema de dovelas (barras de acero liso), no siendo éstas necesarias para volúmenes de tránsito de camiones bajos y por juntas aserradas (interacción de agregados), A continuación se presentan las tablas correspondientes para el diseño de pavimentos rígidos.

Tabla IV. Categorías de carga por eje

CARGA POR EJE CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	TRÁFICO			CARGA MÁXIMA	
		ÁREA DE TRÁNSITO	ADDT		POR EJE	KIPS
			Porcentaje	POR DÍA		
1	Calles residenciales carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1-3	Arriba De 2.5	22	36
2	Calles colectoras calles rurales y secundarias (altas) carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5,000	5-18	De 40 a 1,000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Súper carreteras Interestatales urbanas Y rurales (bajo y medio)	3,000 - 12,000 2 carriles 3,000 - 50,000 4 carriles o mas	8-30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, súper carreteras (altas), interestatales urbana y rural (medio a alto)	3,000 - 20,000 2 carriles	8-30	De 1,500 A 8,000	34	60

Tabla V. Tipos de suelos de la subrasante y valores aproximados de “k”

TIPOS DE SUELO	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K PCI
Suelos de grano fino en que 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 suelos finos	Alto	180 - 220
Sub-base tratada con cemento	Muy alto	250 - 400

Tabla VI. Valores de k para diseño sobre bases granulares (de pca)

VALOR DE K DE LA SUBRASANTE LBS / PULG ³	VALOR DE K SOBRE LA BASE LBS / PULG ³			
	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor
	4 pulg	6 pulg	9 pulg	12 pulg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

**Tabla VII. Valores de k para diseño sobre bases de suelo-cemento
(de pca)**

VALOR DE LA SUBRASANTE LBS / PULG ³	VALOR DE K SOBRE LA BASE LBS / PULG ³			
	Esesor	Esesor	Esesor	Esesor
	4 pulg	6 pulg	9 pulg	12 pulg
50	170	230	310	390
100	280	500	520	640
200	470	640	830	

**Tabla VIII. Porcentaje anual de crecimiento del tráfico y factores de
proyección correspondientes**

PORCENTAJE ANUAL DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO	FACTOR DE PROYECCIÓN 20 AÑOS	FACTOR DE PROYECCIÓN 40 AÑOS
1	1.1	4.2
1 1/2	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 1/2	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 1/2	1.4	2
4	1.5	2.2
4 1/2	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Tabla IX. TPDC permisible, carga por eje categoría 1 pavimento con juntas de trave por agregado (no necesita dovelas)

SIN HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO				CON HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO				
ESPESOR DE LA LOSA PULG	ESPESOR DE LA LOSA PULG	SUB			ESPESOR DE LOSA PULG	SUB		
		SOPORTE BAJO	RASANTE MEDIO	SUB-BASE ALTO		SOPORTE BAJO	RASANTE MEDIO	SUB-BASE ALTO
MR ⁽¹⁾ DE 650 PSI ⁽²⁾	4.5			0.1	4		0.02	0.9
	5			3	4.5	2	8	25
	5.5	0.1	0.8	45	5	30	130	330
	6	40	160	430	5.5	320		
MR DE 650 PSI	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	76	290	730
PSI	7	520			6	610		
	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
650 PSI	7	110	400		6	130	480	
	7.5	620						

⁽¹⁾ Momento Resistente

⁽²⁾ Medida de fuerza (libras fuerza/ pulgada cuadrada)

Tabla X. TPDC permisible, carga por eje categoría 2. Pavimentos con juntas dovelas

CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLO				CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLO					
ESPESOR DE LOSA PULG	Soporte	Sub rasante		Sub-base	espesor de la losa PULG	soporte	sub- rasante		Sub-base
		BAJO	MEDIO	ALTO			MUY ALTO	BAJO	MEDIO
MR ⁽¹⁾ DE 650	5.5			5	5		3	9	42
	6		4	12	59	9	45	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	370
	7	80	320	840	3100	6.5	710	2600	
	7.5	490	1800			7	4200		
PSI ⁽²⁾	8	2500							
MR DE 650	6			11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23
	7	15	70	190	750	6	19	84	220
	7.5	110	440	1100		6.5	160	620	1500
	8	590	2300			7	1000	3600	
PSI	8.5	2700							
MR DE 650	6.5		4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320
	8	120	470	1200		7	210	770	1900
	8.5	560	2200			7.5	1100	4000	
PSI	9	2400							

⁽¹⁾ Momento Resistente

⁽²⁾ Medida de fuerza (libras fuerza/ pulgada cuadrada)

Tabla XI. TPDC permisible, carga por eje categoría 2. Pavimentos con juntas con agregado de trave

CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLO						CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLO				
Espesor de la losa PULG	Espesor de la losa PULG	Soporte	Sub- rasante		Sub- base	Espesor de losa PULG	Soporte	Sub- rasante		Sub- base
			BAJO	MEDIO	ALTO			MUY ALTO	BAJO	MEDIO
MR ⁽¹⁾ DE 650	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	45	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	540	1200	6.5	650	1000	1400	2100
PSI ⁽²⁾	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
MR ⁽¹⁾ DE 650	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
PSI ⁽²⁾	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
MR ⁽¹⁾ DE 650	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
PSI ⁽²⁾	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								

⁽¹⁾ Momento Resistente

⁽²⁾ Medida de fuerza (libras fuerza/ pulgada cuadrada)

Tabla XII. TPDC permisible, carga por eje categoría 3. Pavimentos con juntas doveladas

CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLOS				CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLO						
ESPESOR DE LA LOSA EN PULGADAS	SOPORTE	SUB- RASANTE		SUB- BASE	ESPESOR DE LA LOSA EN PULGADAS	SOPORTE	SUB- RASANTE		SUB- BASE	
		BAJO	MEDIO	ALTO			MUY ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
MR DE 650 PSI	7.5			250	6.5			83	320	
	8		130	350	1300	7	52	220	550	1900
	8.5	160	640	1600	6200	7.5	320	1200	2900	9800
	9	700	2700	700	11500	8	1600	5700	13800	
	9.5	2700	1080	1500		8.5	6900	23700		
	10	3300	1900							
MR DE 650 PSI	8			73	310	6.5			67	
	8.5		140	380	1500	7		120	440	
	9	160	640	1700	6200	7.5		270	680	2300
	9.5	630	2500	6500		8	370	1300	3200	1080
	10	2300	9300			8.5	1600	5800	14100	
	10.5	7700			9	6600				
MR DE 650 PSI	8.5			70	300	7			82	
	9		120	340	1300	7.5		130	480	
	9.5	120	520	1300	5100	8	67	270	670	2300
	10	460	1900	4900	19100	8.5	330	1200	2900	9700
	10.5	1600	6500	17400		9	1400	4900	11700	
	11	4900			9.5	5100	18600			

Tabla XIII. TPDC permisible, carga por eje categoría 3. Pavimentos con juntas con agregado de trave

CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLO						CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLO					
ESPESOR DE LA LOSA EN PULGADAS		SOPORTE				ESPESOR DE LA LOSA EN PULGADAS	SOPORTE				
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR DE 650 PSI	7.5			60	250	7		220	510	750	
	8		130	350	830	7.5	320	640	890	1400	
	8.5	160	640	900	1300	8	610	1100	1500	2500	
	9	680	1000	1300	2000	8.5	950	1800	2700	4700	
	9.5	960	1500	2000	2900	9	1500	2900	4600	8700	
	10	1300	2100	2800	4300	9.5	2300	4700	8000		
	10.5	1800	2900	4000	6300	10	3500	7700			
	11	2500	4000	5700	9200	10.5	5300				
	11.5	3300	5500	2900							
	12	4400	7500								
MR DE 650 PSI	8			23	310	7			120	140	
	8.5		410	380	1300	7.5	67	270	680	1400	
	9	160	640	1300	2000	8	370	1100	1500	2500	
	9.5	630	1500	2000	2900	8.5	950	1800	2700	4700	
	10	1300	2100	2800	4300	9	1500	2900	4600	8700	
	10.5	1800	2900	4000	6300	9.5	2600	4700	8000		
	11	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700			
	11.5	3300	5500	7900		10.5	5300				
	12	4400	7500		11	8100					
MR DE 650 PSI	8				56	7				82	
	8.5			70	300	7.5			130	480	
	9		120	340	1300	8	67	270	470	2300	
	9.5	120	520	1300	2900	8.5	330	1200	2700	4700	
	10	460	1900	2800	4300	9	1400	2900	4600	8700	
	10.5	1600	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000		
	11	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700			
	11.5	3300	5500	7900		10.5	5300				
	12	4400	7500		11	8100					

Tabla XIV. TPDC permisible, carga por eje categoría 4. Pavimentos con juntas dovelas

CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLO						CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLO				
ESPELOR DE LA LOSA EN PULGADAS		SUB-SOPORTE SUB-RASANTE BASE				ESPELOR DE LA LOSA EN PULGADAS	SOPORTE SUB-RASANTE SUB-BASE			
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR DE 650 PSI	8				270	7				400
	8.5		120	340	1300	7.5		240	620	2100
	9	140	580	1500	5600	8	330	1200	3000	9800
	9.5	570	2300	5900	14700	8.5	1500	52000	12700	41100
	10	2000	8200	18700	25900	9	5900	21400	44900	
	10.5	6700	24100	31800	45800	9.5	22500			
	11	21600	39600			10	45200			
	11.5	39700								
MR DE 650 PSI	8.5				300	7.5			130	490
	9		120	340	1300	8		270	690	2300
	9.5	120	530	1400	5200	8.5	340	1300	3000	9900
	10	480	1900	5100	19300	9	1400	5000	12000	40200
	10.5	1600	6500	17500	45900	9.5	5200	18800	45900	
	11	5900	21400	53800		10	18400			
	11.5	14500	65000							
	12	44000								
MR DE 650 PSI	9				260	8			130	480
	9.5				1100	8.5		250	620	2100
	10		390	1100	4000	9	280	1000	2600	8200
	10.5	320	1400	280	13800	9.5	1100	3900	9300	30700
	11	1000	4300	11600	46600	10	3800	13600	31900	
	11.5	3000	13100	37200		10.5	12400	46200		
	12	8200	40000			11	40400			

Tabla XV. TPDC permisible, carga por eje categoría 4. Pavimentos con juntas con agregado de trave

CONCRETO SIN HOMBROS O BORDILLO					CONCRETO CON HOMBROS O BORDILLO					
ESPESOR DE LA LOSA EN PULGADAS		SOPORTE	SUB-RASANTE		SUB-BASE MUY ALTO	ESPESOR DE LA LOSA EN PULGADAS	SOPORTE	SUB-RASANTE		SUB-BASE MUY ALTO
			BAJO	MEDIO				ALTO	BAJO	
MR DE 650 PSI	8				270	7			100	400
	8.5		120	340	990	7.5		240	620	910
	9	140	580	1100	1500	8	330	770	1100	1700
	9.5	570	1200	1600	2300	8.5	720	1300	1900	3100
	10	1100	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200
	11	2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900
	11.5	2700	4500	6300	10400					
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200	
	13	6300	11100	16800		12	12800			
	14	10800								
MR DE 650 PSI	8.5				300	7.5			130	490
	9		120	340	1300	8		270	690	1700
	9.5	120	530	1400	2300	8.5	340	1300	1900	3100
	10	480	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200
	11	2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900
	11.5	2700	4500	6300	10400					
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200	
	13	6300	11100	16800		12	12800	5500		
	14	10800								
MR DE 650 PSI	9				260	8			130	480
	9.5			280	1100	8.5		250	620	2100
	10		390	1100	3400	9	280	1000	2500	5700
	1.5	320	1400	3200	4900	9.5	1100	3400	5500	10200
	11	1000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900
	11.5	2700	4500	6300	10400					
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200	
	13	6300	11100	16800		12	12800			
14	10800									

3. DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA COLONIA LA LIBERTAD ALDEA LA COMUNIDAD

3.1. Datos preliminares

**Tabla XVI. Levantamiento topográfico de la colonia la Libertad
(1/4)**

Estación	Punto observado	Azimut	Distancia horizontal
0	1	191°43'40"	70
	0-a	264°55'40"	3.82
	0-b	80°16'10"	4.36
	0-c	183°12'10"	11.1
	0-d	189°36'20"	34.16
	0-e	197°41'10"	34.7
1	2	171°03'30"	30
	1-a	14°42'50"	17.6
	1-b	54°19'20"	3.4
	1-c	162°32'40"	13.45
	1-d	185°47'00"	10.9
	1-e	305°44'00"	2.67
	1-f	348°04'40"	8.15
2	3	117°51'00"	23
	2-a	14°17'30"	6.88
	2-b	84°27'20"	3.48
	2-c	114°07'40"	6.1
	2-d	117°34'50"	8.82
	2-e	138°35'40"	10.82
	2-f	147°56'40"	8.68
	2-g	167°11'00"	4.2
	2-h	317°57'20"	2.35
3	4	190°43'20"	44.25
	3-A	3°56'50"	10.05
	3-a	305°58'40"	10.24
	3-b	344°26'50"	6.12
	3-c	353°47'10"	14
	3-d	13°55'50"	14.12
	3-e	64°25'20"	1.8
	3-f	242°43'10"	4.7
	3-g	272°24'30"	5.6
4	5	188°50'50"	33.75
	4-a	105°04'40"	3.76
	4-b	280°36'50"	1.75
7	8	183°31'10"	12
	7-a	277°08'20"	4.25
	7-b	54°50'50"	1.9
	7-c	137°40'20"	1.8
8	9	183°42'30"	3
	8-a	42°33'00"	2.3
	8-b	140°32'50"	2.75
9	10	181°00'40"	52
	9-a	309°23'10"	7.77
	9-b	259°10'50"	6.4
	9-c	293°36'20"	4.9
10	11	189°24'50"	35
	10-a	12°40'00"	2.75
	10-b	128°31'10"	3.55
	10-c	273°37'20"	4.59
11	12	142°04'10"	17
	11-a	19°29'40"	18.32
	11-b	55°53'50"	3.7
	11-c	129°55'40"	2.95
	11-d	276°36'10"	5
12	13	191°00'00"	22
	11-a	40°43'50"	3.4
	11-b	62°20'10"	3.35
	11-c	142°15'40"	2.4
	11-d	309°49'50"	4.12
13	14	169°43'40"	13
	13-a	50°36'10"	4.15
	13-b	73°29'20"	5
	13-c	144°37'50"	4.78
	13-d	316°27'10"	65
14	15	126°28'50"	4.8
	14-a	9°48'00"	3.24
	14-b	69°45'10"	3.49
	14-d	295°05'30"	5.65

Continuación (2/4)

	4-c	320°52'30"	5.75	
	4-d	351°30'00"	6.7	
5	6	189°39'50"	51	
	5-a	340°08'50"	2.75	
	5-b	78°25'10"	4.5	
	5-c	92°55'30"	23.15	
	5-d	103°43'10"	24.8	
	5-e	130°53'10"	5.85	
6	7	186°07'00"	49	
	6-a	239°47'40"	2.1	
	6-b	334°55'00"	2.8	
	6-c	56°11'20"	6.07	
	6-b	134°05'00"	5.4	
Estación	Punto observado	Azimut	Distancia horizontal	
	17-b	57°45'50"	4.67	
	17-c	139°37'20"	3.75	
	17-d	22°28'20"	3.23	
18	19	188°18'30"	58	
	18-a	300°41'20"	7.12	
	18-b	44°29'40"	3.95	
	18-c	226°28'20"	3.5	
19	20	188°43'50"	44	
	19-a	274°58'40"	2	
	19-b	61°16'20"	2.6	
	19-c	145°29'30"	4.4	
20	20-a	229°44'40"	2.95	
	20-b	74°42'50"	2.25	
	20-c	101°10'30"	23.68	
	20-d	111°31'00"	25.7	
20	21	105°37'00"	27	
4	4 ^a	278°02'50"	60	
4A	4B	268°53'50"	54	
	4 ^a -a	297°22'50"	6.1	
	4 ^a -b	73°11'30"	7	
	4 ^a -c	171°30'50"	1.75	
	4 ^a -d	257°57'30"	5.55	
4B	4C	244°43'40"	6	
	4B-a	293°03'10"	3.22	
	4B-d	53°48'30"	2.75	
	4B-c	156°54'00"	3.56	
4C	4D	185°32'00"	25	
	4C-a	314°11'50"	3.55	
	4C-b	101°27'00"	3.28	
	4C-c	138°12'40"	2.5	
	15	16	102°52'10"	32
	15-a	312°45'40"	16.8	
	15-b	330°42'30"	7.1	
	15-c	61°48'20"	6.62	
	15-d	121°47'00"	11.32	
	15-e	273°34'00"	3.6	
	15-f	284°36'00"	9.8	
	16	17	99°48'40"	38
	16-a	0°17'00"	2.95	
	16-b	166°39'20"	3.27	
	16-c	221°13'50"	3.42	
	17	18	98°18'20"	20
	17-a	325°21'30"	3.4	
Estación	Punto observado	Azimut	Distancia horizontal	
5D	5E	19°09'40"	115	
	5D-a	75°03'50"	2.1	
	5D-b	235°25'10"	3	
5E	5E-a	100°25'50"	0.3	
	5E-b	281°21'20"	2.28	
6	6A	99°26'20"	191.7	
	6A-a	98°20'00"	191.75	
	6A-b	100°27'00"	191.75	
6	6B	288°22'30"	40	
6B	6C	284°32'00"	60	
	6B-a	354°52'50"	2.3	
	6B-b	101°07'20"	16.66	
	6B-c	115°24'30"	8.44	
	6B-d	281°48'60"	14.73	
	6B-e	283°19'00"	61	
	6B-f	186°22'00"	61	
7	7A	100°58'00"	80	
	7A-a	100°01'00"	80	
	7A-b	102°12'00"	80	
8	8A	101°17'50"	124	
	8A-a	100°24'00"	124	
	8A-b	102°08'00"	124	
9	9A	286°48'30"	120	
9A	9B	15°05'20"	42	
	9A-a	18°05'20"	7.2	
	9A-b	128°09'10"	5.07	
	9A-c	339°35'50"	3.96	
	9A-d	19°15'10"	47.3	
	9A-e	12°22'00"	47.3	
9A	9C	285°05'30"	16	

Continuación (3/4)

	4C-d	169°45'30"	3.72		9C	9D	195°38'50"	64.5
	4C-e	180°53'00"	25			9C-a	135°20'30"	4.15
	4C-f	188°40'40"	25.3			9C-b	170°45'40"	4.6
4B	4E	355°01'30"	49			9C-c	248°25'50"	5.8
	4B-d	352°49'00"	49.1			9C-d	30°11'10"	3.7
	4B-e	358°49'00"	49.1			9C-e	193°42'20"	64.7
5	5 ^a	102°10'30"	90			9C-f	198°42'20"	64.7
	5 ^a -a	349°06'00"	2.6		9C	9E	283°27'40"	44
	5 ^a -b	56°43'40"	3.12		9E	9F	197°40'10"	36
	5 ^a -c	175°45'50"	1.82			9E-a	156°03'30"	3.84
	5 ^a -d	99°09'20"	50.1			9E-b	254°15'20"	5.02
5A	5B	100°37'10"	50			9E-c	349°51'30"	2.57
	5 ^a -e	102°49'20"	50.1			9E-d	193°20'00"	36.1
5A	5C	19°49'30"	83			9E-e	202°59'10"	36.1
5C	5D	289°51'50"	12		9E	9G	283°46'20"	83
	5C-a	56°34'30"	2.6		9G	9H	11°58'20"	41
	5C-b	245°28'00"	2.1			9G-a	66°06'40"	3.9
Estación	Punto observado	Azimut	Distancia horizontal	Estación	Punto observado	Azimut	Distancia horizontal	
	9G-b	232°41'50"	6.32		10A-f	101°55'20"	85	
9H	9I	6°17'40"	21	11	11A	103°46'30"	60	
	9H-a	143°01'00"	3.82		11A	11B	102°08'	35
	9H-b	241°15'10"	4.13			11A-a	316°17'00"	3.1
	9H-c	41°22'00"	6.4			11A-b	161°14'00"	3.03
	9H-d	72°01'00"	7.33			11A-c	97°51'00"	35
9I	9J	5°41'50"	22			11A-d	105°56'	35
	9I-a	215°54'40"	3.2		12	12A	104°06'20"	60
	9I-b	258°56'00"	5.57		12A	12B	104°25'40"	100
	9I-c	44°08'10"	1.95			9A-a	9°17'30"	1.7
	9I-d	86°28'40"	5.3			9A-b	195°08'50"	2.75
9J	9K	9°51'00"	53		12B	12C	104°59'40"	82
	9J-a	67°28'50"	2.84			12C-a	104°25'40"	4.1
	9J-b	129°28'40"	3.43			12C-b	9°17'30"	5.5
	9J-c	300°18'40"	3.2			12C-c	195°08'50"	82
	9K-a	56°35'10"	2.68			12C-d	104°59'40"	82
	9K-b	140°50'30"	3.25		13	13A	104°49'10"	80
	9K-c	270°52'00"	2.32		13A	13B	103°49'10"	52
9K	9L	13°07'30"	24			13A-a	11°48'10"	3.35
	9L-a	148°25'20"	3.8			13A-b	11°48'10"	2.95
	9L-b	279°52'40"	3.4		13B	17	193°43'50"	33.8
9L	9M	258°44'40"	26.8			13B-a	187°54'00"	3.35
	9M-a	68°34'10"	2.13			13B-b	1°37'00"	4.22
	9M-b	117°12'40"	1.97			13B-c	142°34'00"	3.85
	9M-c	279°00'30"	2.78			13B-d	236°56'20"	74
	9M-d	284°41'40"	3.8			13B-e	101°44'00"	74
	9M-e	9°55'40"	61.3		13B	13C	106°02'	74
	9M-f	14°00'30"	61.3		17	17A	104°32'00"	136.2

Continuación (4/4)

9M	9N	11°36'40"	61.3		17-a	186°24'50"	136.2
9M	9Ñ	88°51'50"	74.5		17-b	185°55'40"	136.2
	9M-g	91°36'332	74.5	19	19A	177°50'40"	28
	9M-h	88°49'52"	74.5	19A	19B	118°25'	52
9K	9P	95°53'00"	107.9		19B-a	341°30'20"	2.8
	9K-d	96°46'43"	107.9		19B-b	158°27'40"	2.7
	9K-e	99°10'30"	107.9		19B-c	258°29'30"	2.9
9J	9J-d	99°40'10"	124.8		19B-d	116°34'00"	52
	9J-e	100°43'00"	124.8		19B-e	120°14'	52
9J	9Q	100°03'00"	124.8	19A	21	189°50'10"	43.9
9H	9H-e	92°32'40"	130		21-d	186°19'	36.1
	9H-f	95°23'50"	130	21	22	187°33'	36.1
9H	9R	93°49'40"	130		21-e	189°10'	36.1
10A	10B	101°09'50"	84	16	16A	182°41'30"	50
	10A-a	292°35'30"	8.07	16A	16B	183°56'20"	67
	10Ab	93°12'00"	13.5		16A-a	160°37'10"	4.75
	10A-c	108°00'40"	14.55		16A-b	208°22'10"	3.88
	10A-d	271°17'20"	9		16A-c	182°44'00"	67
	10A-e	100°03'30"	85		16A-d	185°43'00"	67

Tabla XVII. Cálculo altimétrico

Estacion	+	Altura de instrumento	Lectura	Punto de vuelta	Cotas
0+000	0.643	88.403			87.76
D			0.99		87.413
I			1.113		87.29
0+020			1.013		87.39
D			1.319		87.084
I			1.354		87.049
0+040			1.364		87.039
D			1.895		86.508
I			1.886		86.517
0+060			1.908		86.495
D			2.55		85.853
I			2.607		85.796
0+080			2.542		85.861
D			2.665		85.738
I			2.695		85.708
0+100			2.685		85.718
D			3.615		84.788
I			3.55		84.853
0+120			3.526		84.877
D	0.176	84.597		3.982	84.421
I			1.518		83.079
0+140			1.05		83.547
D			1.024		83.573

Continuación (2/9)

I			1.075		83.522
0+160			1.278		83.319
D			1.307		83.29
I			1.242		83.355
0+180			2.238		82.359
D			2.192		82.405
I			2.244		82.353
0+200			2.342		82.255
D			2.328		82.269
I			2.362		82.235
0+220			2.515		82.082
D			2.505		82.092
I			2.524		82.073
0+240			2.14		82.457
D			2.105		82.492
I			2.245		82.352
0+260	0.549	83.636		1.51	83.087
D			0.6		83.036
I			0.507		83.129
0+280			0.58		83.056
D			0.82		82.816
I			0.86		82.776
0+300			0.859		82.777
D			1.293		82.343
I			1.413		82.223
0+320			1.338		82.298
D			1.624		82.012
I			1.624		82.012
0+340			1.668		81.968
D			2.495		81.141
I			2.56		81.076
0+360			2.464		81.172
D			2.872		80.764
I			3		80.636
0+380			2.921		80.715
D			2.965		80.671
I			3.334		80.302
0+400			3.44		80.196
D			3.257		80.379
I			3.4		80.236
0+420			3.41		80.226
D			3.435		80.201
I	0.92	81.121		3.435	80.201
0+440			1.112		80.009
D			1.169		79.952
I			1.06		80.061
0+460			1.283		79.838

Continuación (3/9)

D			1.278		79.843
I			1.265		79.856
0+480			1.512		79.609
D			1.445		79.676
I			1.538		79.583
0+500			1.448		79.673
D			1.362		79.759
I			1.552		79.569
0+520			1.667		79.454
D			1.575		79.546
I			1.505		79.616
0+540			1.645		79.476
D			1.343		79.778
I			1.26		79.861
0+560			1.322		79.799
D			1.42		79.701
I			1.4		79.721
0+580			1.48		79.641
D	1.173	80.859		1.435	79.686
I			1.601		79.258
0+600			1.377		79.482
D			1.433		79.426
I			2.944		77.915
0+620			2.975		77.884
D			2.89		77.969
I			2.464		78.395
0+668=0+00	0.478	79.932			79.454
D			0.265		79.667
I			2.148		77.784
0+020			1.924		78.008
D			1.91		78.022
I			2.2		77.732
0+040			2.107		77.825
D			2.167		77.765
I			2.885		77.047
0+060			2.804		77.128
D			2.775		77.157
I			3.99		75.942
0+080			3.89		76.042
D			3.843		76.089
I	1.282	76.779		4.435	75.497
0+100			1.88		74.899
D			1.853		74.926
I			1.855		74.924

Continuación (4/9)

BM 10	0.485	79.939			79.454
PI 19ª			2.204		77.735
TP	1.73	79.465		2.204	77.735
0+020			1.651		77.814
D			1.541		77.924
I			1.487		77.978
0+040			1.396		78.069
D			1.175		78.29
I			1.452		78.013
0+060			1.532		77.933
D			2.15		77.315
I			2.065		77.4
0+080			2.14		77.325
D			3.38		76.085
I			3.398		76.067
1 A AVENIDA a Y 23 CALLE					
0+668=0+00	1.446	82.117			80.671
D			0.35		81.767
I			0.429		81.688
0+020			0.475		81.642
D			1.077		81.04
I			1.085		81.032
0+040			1.154		80.963
D			1.306		80.811
I			1.348		80.769
0+060			1.417		80.7
D			1.484		80.633
I			1.5		80.617
0+080			1.533		80.584
D			1.43		80.687
I			1.457		80.66
0+100			1.422		80.695
D			1.406		80.711
I			1.42		80.697
0+120			1.407		80.71
D			1.32		80.797
I			1.325		80.792
0+140			1.33		80.787
TP	1.137	81.933		1.321	80.796
0+160			1.138		80.795
D			1.26		80.673
I			1.274		80.659
0+180			1.284		80.649
D			1.386		80.547
I			1.387		80.546
0+200			1.915		80.018
D			1.992		79.941

Continuación (5/9)

I			1.94		79.993
0+220			2.285		79.648
D			2.31		79.623
I			2.31		79.623
22 CALLE					
BM 9	3.01	83.681			80.671
D			1.337		82.344
I			1.304		82.377
0+016			1.409		82.272
D			1.523		82.158
I			1.412		82.269
0+020			1.637		82.044
D			1.815		81.866
I			1.85		81.831
0+040			1.81		81.871
D			2.01		81.671
I			1.941		81.74
0+050			1.99		81.691
TP	0.96	82.616		2.025	81.656
0+060			1.16		81.456
D			1.045		81.571
I			1.055		81.561
0+080			1.428		81.188
D			1.43		81.186
I			1.275		81.341
0+100			1.86		80.756
D			1.82		80.796
I			1.78		80.836
0+117			2.285		80.331
D			2.115		80.501
I			2.16		80.456
1 A AVENIDA A					
0+668=0+00	2.005	85.084			83.079
D			1.77		83.314
I			2.001		83.083
0+020			1.647		83.437
D			0.79		84.294
I			0.758		84.326
0+040			0.72		84.364
TP	0.88	85.739		0.225	84.859
0+060			0.93		84.809
D			1.02		84.719
I			0.93		84.809
0+080			1.192		84.547
D			1.342		84.397
I			1.275		84.464
0+100			0.527		85.212

Continuación (6/9)

D			1.765		83.974
I			1.74		83.999
0+120			1.752		83.987
D			2.53		83.209
I			2.66		83.079
0+140			2.678		83.061
TP	0.265	82.549		3.455	82.284
D			0.265		82.284
I			0.285		82.264
0+160			0.2		82.349
D			0.79		81.759
I			0.86		81.689
0+180			1.05		81.499
D			1.11		81.439
I			1.05		81.499
0+200			1.447		81.102
D			1.54		81.009
I			1.547		81.002
0+220			1.84		80.709
D			1.865		80.684
I			1.83		80.719
0+240			2.13		80.419
D			2.1		80.449
I			2.03		80.519
0+260			2.39		80.159
D			2.28		80.269
I			2.13		80.419
1ª Av B					
BM 8A	2.035	87.247			85.212
D			3.46		83.787
I			3.55		83.697
0+020			3.37		83.877
D			1.25		85.997
I			1.295		85.952
0+040			1.13		86.117
D			1.258		85.989
I			1.205		86.042
0+060			1.015		86.232
D			1.895		85.352
I			1.955		85.292
0+080			1.65		85.597
D			2.83		84.417
I			2.805		84.442
0+100			2.665		84.582
TP	0.44	84.367		3.32	83.927
0+120			0.822		83.545
D			0.875		83.492

Continuación (7/9)

I			0.74		83.627
0+140			1.53		82.837
D			1.45		82.917
I			1.457		82.91
0+160			2.105		82.262
D			2.03		83.709
I			2.005		83.734
0+180			2.535		83.204
D			2.51		83.229
I			2.57		83.169
TP	1.07	82.867		2.57	81.797
0+200			1.37		81.497
D			1.365		81.502
I			1.316		81.551
0+220			1.485		81.382
D			1.455		81.412
I			1.454		81.413
0+240			1.59		81.277
D			1.6		81.267
I			1.55		81.317
0+260			1.96		80.907
D			1.99		80.877
I			1.845		81.022
0+280			1.865		81.002
D			1.99		80.877
I			1.965		80.902
1ª Av B B					
PI 11	2.69	81.085			78.395
D			2.64		78.445
I			2.595		78.49
0+020			1.555		79.53
D			1.47		79.615
I			1.479		79.606
0+040			1.8		79.285
D			1.66		79.425
I			1.71		79.375
0+060			2.62		78.465
D			2.67		78.415
I			2.65		78.435
TP	0.54	78.975		2.65	78.435
0+080			1.307		77.668
D			1.135		77.84
I			1.3		77.675
0+100			1.8		77.175
D			1.807		77.168
I			1.825		77.15
1ª AV C					

Continuación (8/9)

BM 7	1.25	89.01			87.76
D			1.928		87.082
I			1.988		87.022
0+020			1.867		87.143
D			1.13		87.88
I			1.068		87.942
0+040			1.06		87.95
D			1.72		87.29
I			1.64		87.37
0+060			1.62		87.39
D			2.32		86.69
I			2.335		86.675
0+080			2.29		86.72
TP	0.28	86.98		2.31	86.7
0+120			0.978		86.002
D			0.925		86.055
I			0.925		86.055
0+140			1.54		85.44
D			1.483		85.497
I			1.865		85.115
0+160			1.855		85.125
D			1.854		85.126
I			2		84.98
0+180			2		84.98
D			2.01		84.97
I			2.1		84.88
TP			2.09		84.89
0+200			2.07		84.91
D			2.14		84.84
I			2.15		84.83
0+220			2.1		84.88
2DA AV.					
BM6	1.142	91.029			89.887
D			1.407		89.622
I			1.452		89.577
0+020			1.39		89.639
D			1.5		89.529
I			1.525		89.504
0+040			1.372		89.657
D			2.02		89.009
I			1.98		89.049
0+060			1.92		89.109
TP	0.4	89.429		2	89.029
0+080			1.15		88.279
D			1.07		88.359
I			1.028		88.401
0+100			1.88		87.549
D			1.82		87.609

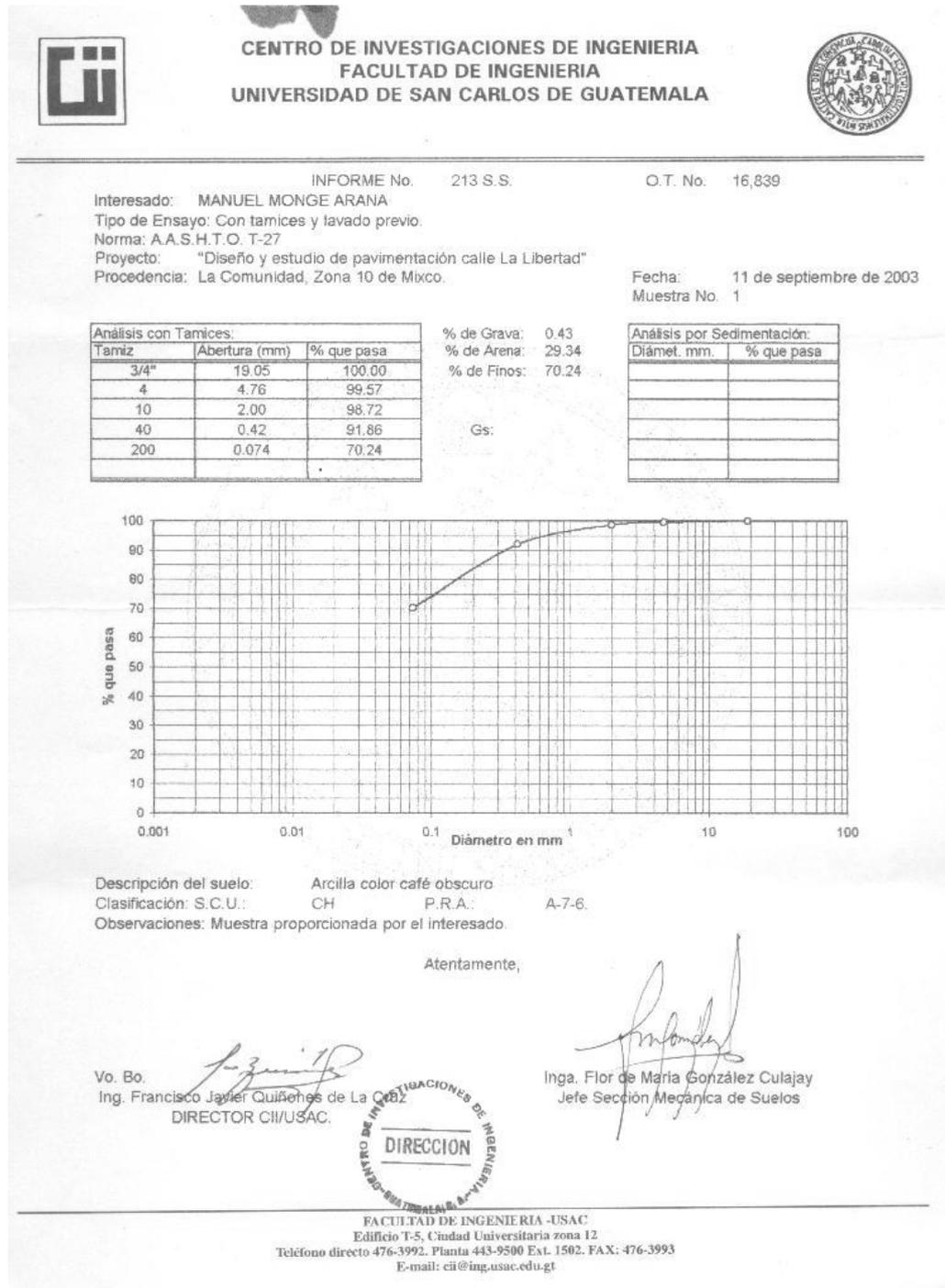
Continuación (9/9)

I			1.84		87.589
0+120			2.26		87.169
D			2.24		87.189
I			2.125		87.304
0+140			2.45		86.979
D			2.51		86.919
I			2.318		87.111
0+160			2.45		86.979
D			2.51		86.919
I			2.318		87.111
0+180			2.45		86.979
D			2.56		86.869
I			2.36		87.069
2DA AV. A					
BM6	1.31	91.197			89.887
D			1.378		89.819
I			1.43		89.767
0+020			1.353		89.844
D			1.655		89.542
I			1.635		89.562
0+040			1.558		89.639
D			2.01		89.187
I			2.05		89.147
0+060			2.015		89.182
0+080			2.45		88.747
D			2.41		88.787
I			2.4		88.797
0+100			3.01		88.187
D			3.03		88.167
			3.003		88.194

3.2. Aspecto estructural

3.2.1. Estudio de mecánica de suelos

Figura 9. Ensayo de granulometría



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería

Figura 11. Ensayo de razón soporte California



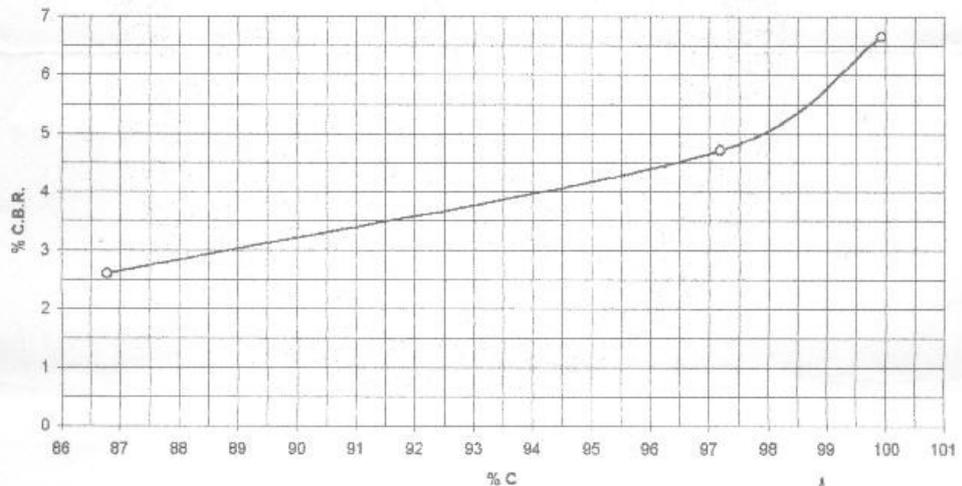
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 212 S.S. O.T. No.: 16839
 Interesado: MANUEL MONGE ARANA
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Diseño y estudio de pavimentación calle La Libertad
 Ubicación: Aldea La Comunidad, Zona 10 de Mixco
 Descripción del suelo: Arcilla color café oscuro
 Muestra No.: 1
 Fecha: 11 de septiembre de 2003

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (kg/m ³)			
1	10	32.0	1190.2	86.79	-----	2.6
2	30	32.0	1332.7	97.18	-----	4.7
3	65	32.0	1370.5	99.94	-----	6.7

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



Atentamente,

Vo. Bo.:

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

Inga. Flor de María González Culajay
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio I-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 476-3992, Planta 443-9500 E-mail: cli@ing.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería

3.2.2. Análisis estructural

De los valores obtenidos en el Centro de Investigaciones para el ensayo de granulometría se puede observar que:

% de grava = 0.43

% de arena = 29.34

% de finos = 70.24

Es una arcilla color café oscuro clasificación S.C.U.

CH: lo cual significa que es una arcilla con límite líquido mayor del 50% de humedad (*clay, high liquid limit*)

Clasificación P.R.A. :

A-7-6: es un suelo que a cierto contenido de humedad se deforma rápidamente bajo carga y repercute apreciablemente con su remoción. El alterno remojo y secado, bajo las condiciones del campo, inducen cambios de volumen aún más desventajosos que en los de otros grupos. Puede causar grietas en pavimentos de concreto antes de fraguarse y rajaduras y fallas después. Puede contener cal o químicos asociados produciendo floculación.

Límites de Atterberg

Valores obtenidos

L.L.= 50.8

I.P. = 21.5

Como se mencionó anteriormente, este suelo tiene un límite líquido mayor del 50% por lo que es un suelo que se deforma fácilmente.

El I.P. (Índice de Plasticidad) según los siguientes rangos

Granulares	0-14
Limosos	8-12
Arcillosos	12-20

Se puede observar que la mayor cantidad del suelo es una arcilla gorda, que es el tipo de arcilla que se utiliza para modelar (alfarería).

Proctor

Este ensayo se realizó para determinar los valores de densidad máxima y humedad óptima del suelo y los valores fueron:

Densidad máxima 1.371 ton / m³ = 85 lb / pie³

Humedad óptima = 33.2%

C.B.R (razón soporte California)

Este ensayo depende del proctor para poder realizarse. Los valores obtenidos fueron:

Probeta	C.B.R.
1	2.6
2	4.7
3	6.7

De los siguientes datos podemos deducir:

Núm. C.B.R.	Clasificación	Usos
0-3	muy pobre	sub rasante
3.-7	pobre a regular	sub rasante
7-20	regular	sub-base
20-50	bueno	sub-base, base
50- más	excelente	base

De todos los ensayos se puede observar que no es un suelo apropiado para base o sub-base por sus características de deformación y bajo valor soporte, por lo que se utilizará el mismo como sub rasante.

3.2.3. Diseño estructural

3.2.3.1. Estructura final del pavimento

C.B.R. 4.7 módulo de reacción del suelo a partir del C.B.R.

$K = 130 \text{ lb/plg}^3$

TDPC (tráfico promedio diario de camiones) 400

Se diseña para 20 años.

$400 \times 1.2 = 480$ con éste dato se diseñará el pavimento para el tránsito requerido

- Tomando en cuenta la cantidad de tráfico de la tabla IV se puede decir que la categoría de la carretera será categoría 1 de 200 – 800.
- Según el tipo de suelo, de la tabla V se puede concluir que es un suelo con soporte bajo.
- Tomando los valores de la tabla VI según el valor de la subrasante da como resultado espesor de base = 4plg.
- De la tabla IX tomando un concreto de resistencia = 550 psi una y un tráfico de 480 el espesor de losa con hombros de concreto o bordillos es de 6plg.
- La pista será de concreto con una losa de 6 plg. de espesor y una base de 4 plg.

3.3. Especificaciones técnicas

Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico, a menos que lo indiquen de otra forma las disposiciones especiales, deben llenar los siguientes requisitos

:

Cementos Hidráulicos: estos cementos deben cumplir con los requisitos siguientes:

Deben ajustarse a las normas AASHTO M 85, ASTM C 150 ó COGUANOR NG 41005 para los cementos Pórtland ordinarios y a las normas AASHTO M 240, ASTM C 595 ó COGUANOR NG 41001 y ASTM C 1157, para cementos hidráulicos mezclados, debiendo indicarse su clase de resistencia en MPa o en lbs/pulg².

En Guatemala se comercializan los cementos hidráulicos asignándoles una clase de resistencia de 21, 28, 35 y 42 MPa (3000, 4000, 5000 y 6000 lb/pulg²), que corresponden a una resistencia mínima a 28 días en morteros de cemento normalizados AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NG 41003.h10.

Cuando no se especifique el cemento a usar, pueden emplearse indistintamente los siguientes cementos: el cemento Pórtland ordinario tipo I ó II, el cemento Pórtland modificado con puzolanas IPM, el cemento Pórtland puzolánico IP, el cemento Pórtland modificado con escorias de alto horno ISM y el cemento Pórtland de escorias de altos hornos IS. Todos deberán tener una clase de resistencia de 28 MPa (4000 lb/pulg²) o mayor.

Cuando se utilicen cementos de los tipos IV, V, P y PA, se deberán tener en cuenta debidamente, los efectos de la ganancia de resistencia más lenta en la dosificación del concreto y las prácticas de construcción. Para todos los cementos puzolánicos, la sustitución por ceniza fina deberá limitarse a un 10-20 por ciento en peso del cemento puzolánico. Los cementos de los tipos S y SA solamente serán permitidos cuando sean mezclados con cemento Pórtland en las proporciones aprobadas por el delegado residente.

Si se propone el uso de cemento mezclado (AASHTO M 240), se deberán aplicar todos los requisitos especificados para cemento modificado con ceniza fina en las secciones aplicables.

El empleo de otros tipos de cemento debe estar establecido en los planos o en las disposiciones especiales, o debe ser aprobado previamente por el delegado residente.

No deben mezclarse cementos de diferentes tipos o de diferentes plantas cementeras sin la aprobación del delegado residente, con una clase de resistencia de 28MPa (4,000 psi) o mayor.

Con la aprobación previa del Ingeniero pueden utilizarse otras clases de cemento.

Agregado fino: debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, con las limitaciones sobre cantidad de partículas finas estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial.

El agregado fino debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.

Agregado grueso: debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos establecidos, incluyendo los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas.

Agua: el agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar o aguas salobres y de pantanos no debe usarse para concreto reforzado.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

Aditivos: Los aditivos para concreto se deben emplear con la aprobación previa del delegado residente y de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o preesforzado o concretos que contengan elementos galvanizados o de aluminio. Previa a la autorización del uso de aditivos, el contratista deberá realizar mezclas de pruebas de campo, utilizando los materiales y equipo a emplear en el proyecto u obra. Si se emplea más de un aditivo, debe cuidarse de que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre sí. Cuando se empleen aditivos acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado muy rápido del concreto.

Los aditivos permisibles son los siguientes:

- a) Aditivos incorporadores o inclusores de aire. Estos aditivos deben cumplir con lo prescrito en AASHTO M 154, ASTM C 260 ó COGUANOR NGO 41069.
- b) Aditivos retardantes. Estos aditivos deben cumplir con los requisitos para los aditivos tipo B ó tipo D, establecidos en AASHTO M 194, ASTM C 494 ó COGUANOR NGO 41070.
- c) Aditivos acelerantes. Los aditivos acelerantes deben cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos Tipo C, establecidos en ASTM C 494, AASHTO M 194 ó COGUANOR NGO 41070, excepto que no deberán contener cloruros.
- d) Aditivos reductores de agua, reductores de agua y retardantes, reductores de agua y acelerantes, reductores de agua de alto rango y reductores de agua de alto rango y retardantes. Deberán cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipos A, D, E, F y G, respectivamente en AASHTO M 194, ASTM C 494 ó COGUANOR NG 41070.
- e) Aditivos plastificantes y plastificantes y retardantes. Deberán cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipos I y II en ASTM C 1017 ó COGUANOR NG 41047.
- f) Cloruro de calcio. Cuando se especifique su empleo como aditivo acelerante, debe usarse sólo para concreto simple sin refuerzo que no tenga aluminio ahogado, o que no sea fundido contra formaletas de metal galvanizado, y debe cumplir además de lo indicado en el inciso “c”, con AASHTO M 144 ó ASTM D 98. No se debe usar en el concreto a utilizarse en pavimentación.

- g) Ceniza volante de carbón y otras puzolanas naturales o artificiales. Al emplearse como aditivos minerales en el concreto, deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 295, ASTM C 618 ó COGUANOR NG 41045.
- h) Escoria granulada de alto horno. Cuando se les emplee como aditivo mineral en el concreto, deben cumplir con lo indicado en AASHTO M 302 y ASTM C 989, para grados 100 y 120.
- i) Humo de sílice o microsíllice. Al emplearse como aditivo mineral en el concreto debe cumplir con lo indicado en AASHTO M 307 y ASTM C 1240.

Los aditivos contemplados en los incisos g, h, e i pueden ser utilizados en casos especiales como reemplazo parcial del cemento, siempre que no existan en el mercado cementos hidráulicos mezclados o adicionados que contengan estos aditivos, en cuyo caso se especificará preferentemente el empleo de estos cementos.

- j) Aditivos expansivos y reductores de contracción. Cuando se especifique el uso de estos aditivos (para cementos expansivos o cementos de contracción compensada), estos materiales deben cumplir con ASTM C 845 y no producir efectos nocivos secundarios en el concreto.

Los ensayos de los aditivos deben hacerse, en lo posible, utilizando el mismo cemento y agregados propuestos para el trabajo de que se trate.

El contratista puede seleccionar el o los aditivos a usar, de la lista de aditivos aprobados por el ingeniero, o bien presentar al delegado residente, las certificaciones de un laboratorio reconocido por el ingeniero, en las que se haga constar que el aditivo que se propone emplear cumple con los requisitos arriba establecidos.

- f) Requisitos para la clase y resistencia del concreto. El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe llenar los requisitos de 551.11 y ser como mínimo clase 24.5 (3,500) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínimo de 24.5 MPa (3,500 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 8), promedio mínimo de 3.8 MPa (550 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. Cuando en los planos y disposiciones especiales no se indique la clase, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto, deben usarse los valores que se indican a continuación.

Para pavimentos de carreteras principales y vías urbanas principales con un tránsito promedio diario anual mayor de 5,000 y con un tránsito pesado promedio diario arriba del 20%, debe usarse un concreto de clase 28 (4,000) o mayor, con una resistencia a la flexión AASHTO T97 (ASTM C78) promedio mínimo de 4.5 MPa (650 psi) o mayor, que llene todos los requisitos de la Tabla XVIII.

Tabla XVIII. Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos

Relación agua cemento máxima	Temperatura del concreto	Asentamiento AASHTO T 19	Contenido de aire mínimo ⁽¹⁾	Tamaños agregados AASHTO M 43	Resistencia a la compresión AASHTO T-22	Resistencia a la flexión AASHTO T 97
0.49	20 + 10 ° C	40 + 20 mm	4.5 %	551.04 (b) y (c)	28 MPa (4,000 psi)	4.5 MPa (650 psi)

⁽¹⁾ Si se usa agregado de tamaño nominal máximo $\frac{3}{8}$ " , el contenido mínimo de aire es de 5%.

3.4. Presupuesto del pavimento de la colonia La Libertad aldea La Comunidad zona 10 de Mixco

MEMORIA DE CALCULO

NOMBRE DEL PROYECTO: Pavimentación de la colonia La Libertad aldea La Comunidad

BASES DEL DISEÑO

Ancho promedio de la calle:	5.00 m.
Longitud del tramo:	4000 m.
Área en metros cuadrados:	20000.0 m. 2
Tipo de sub rasante:	Regular
Tipo de tráfico:	Calles residenciales alimentadoras, pocos autobuses. Tránsito categoría 1
Espesor de cajuela:	0.25 m.
Espesor escarificación:	0.2 m.
Espesor de sub-base:	m.
Espesor de base granular:	0.1 m.
Espesor de imprimación:	m.
Espesor de carpeta:	0.15 m.

Tabla XIX. Presupuesto general de la colonia La Libertad (1/6)

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
PROYECTO: Pavimentación de la colonia La Libertad aldea La Comunidad					
Costos de materiales de trabajos de acondicionamiento					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
1. Trabajos de acondicionamiento					
1.1 Acondicionamiento de las Instalaciones existentes	M2	20000	Q2.00	Q40,000.00	
					Q40,000.00
Costos de materiales para corte de material contaminado					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
2. CORTE DE MATERIAL CONTAMINADO					
2.1 Cal hidratada	saco	80	Q20.00	Q1,600.00	
					Q1,600.00
Costos de materiales para escarificación y compactación de la sub rasante					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
4. ESCARIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUB RASANTE					
4.2 Agua	Tonel	2240	Q6.00	Q13,440.00	
					Q13,440.00

Continuación (2/6)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q. Por renglón
6. TRANSPORTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BASE					
6.1 Material granular	M3	2600	Q140.00	Q364,000.00	
6.2 Agua	Tonel	2240	Q6.00	Q13,440.00	
					Q377,440.00
Costos de materiales para transporte, preparación y colocación de carpeta de rodadura					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q. Por renglón
8. TRANSPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE RODADURA					
8.1 Costanera	Unidad	20	Q180.00	Q3,600.00	
8.2 Concreto premezclado	m3	3000	Q750.00	Q2,250,000.00	
8.3 Antisol	GAL	50	Q305.00	Q15,250.00	
					Q2,268,850.00
Costos de mano de obra de la construcción de cunetas					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q. Por renglón
9. CONSTRUCCION DE CUNETAS					
9.1 Cemento	Saco	2080	Q38.00	Q79,040.00	
9.2 Arena de río	m³	112	Q80.00	Q8,960.00	
9.3 Piedrín de 1/2"	m³	224	Q140.00	Q31,360.00	
9.4 Clavo	lb	400	Q2.50	Q1,000.00	
					Q120,360.00
Costos de materiales para señalización.					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q. Por renglón
10. SEÑALIZACIÓN					
10.1 pintura de 10 cm. de ancho, línea central	ml	4000	Q6.00	Q24,000.00	
10.2 Pintura de 10 cm. de ancho, líneas laterales	ml	8000	Q6.00	Q48,000.00	
					Q72,000.00

Continuación (3/6)

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA					
PROYECTO: Pavimentación de la colonia La Libertad aldea La Comunidad					
Costos de mano de obra de trabajos de acondicionamiento					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
1. TRABAJOS DE ACONDICIONAMIENTO					
1.1 Acondicionamiento de las instalaciones existentes.	M2	12000	Q2.00	Q24,000.00	
					Q24,000.00
Costos de mano de obra de corte de material contaminado					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
2. CORTE DE MATERIAL CONTAMINADO					
2.1 Trazo y alineación	M2	20000	Q0.50	Q10,000.00	
2.2 Corte de material contaminado	M3	5000	Q12.00	Q60,000.00	
					Q70,000.00
Costos de mano de obra de carga y acarreo de material contaminado					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
3. CARGA Y ACARREO DE MATERIAL CONTAMINADO					
3.1 Carga y acarreo de material contaminado	M3	6500	Q22.40	Q145,600.00	
					Q145,600.00

Continuación (4/6)

Costos de mano de obra de escarificación y compactación de sub rasante					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
4. ESCARIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUB RASANTE					
4.1 Tratamiento de la sub rasante.	M2	20000	Q14.00	Q280,000.00	
					Q280,000.00
Costos de mano de obra para transporte, conformación y compactación de base					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
6. TRANSPORTE, CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE					
6.1 Transporte de material de base	M3	2600	Q9.50	Q24,700.00	
6.2 Conformación de material de base.	M2	20000	Q14.00	Q280,000.00	
6.3 Compactación de material de base (0.15 mt. espesor)	M2	20000	Q12.00	Q240,000.00	
					Q544,700.00
Costos de mano de obra para transporte, preparación y colocación de la carpeta de rodadura					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
8. TRANSPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACION DE LA CARPETA DE RODADURA					
8.1 Colocación de arrastres	MI	4000	Q3.00	Q12,000.00	
8.2 Colocación de concreto	m³	3000	Q20.00	Q60,000.00	
8.3 Acabado de la superficie	m²	20000	Q2.50	Q50,000.00	
8.4 Colocación del antisol	m²	20000	Q1.50	Q30,000.00	
8.5 Corte de juntas de dilatación	MI	8000	Q1.00	Q8,000.00	
8.6 Sellado de juntas de dilatación	MI	8000	Q1.00	Q8,000.00	
					Q168,000.00

Continuación (5/6)

Costos de mano de obra construcción de cunetas					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
9. CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS					
9.1 Encofrado	ML	8000	Q3.00	Q24,000.00	
9.2 Fundición	ML	8000	Q10.00	Q80,000.00	
9.3 Desencofrado	ML	8000	Q1.50	Q12,000.00	
9.4 Alisado	ML	8000	Q5.00	Q40,000.00	
					Q156,000.00
Costos de mano de obra para señalización.					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Q/U	SUBTOTAL	TOTAL Q.
					Por renglón
10. SEÑALIZACIÓN					
10.1 Pintura de 0.1 mtrs. de ancho color amarillo línea central	MI	4000	Q7.00	Q28,000.00	
10.2 Pintura de 0.1 mtrs. de ancho color blanco líneas laterales	MI	8000	Q7.00	Q56,000.00	
					Q84,000.00

Continuación (6/6)

PROYECTO: Pavimentación de la colonia La Libertad aldea La Comunidad			
Costos totales por renglón y gran total			
DESCRIPCIÓN	MANO DE OBRA	MATERIALES	TOTAL Q
1. TRABAJOS DE ACONDICIONAMIENTO	Q24,000.00	Q40,000.00	Q64,000.00
2. CORTE DE MATERIAL CONTAMINADO	Q70,000.00	Q1,600.00	Q71,600.00
3. CARGA Y ACARREO DE MATERIAL CONTAMINADO	Q145,600.00	Q0.00	Q145,600.00
4. ESCARIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUB RASANTE	Q280,000.00	Q13,440.00	Q293,440.00
6. TRANSPORTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BASE	Q544,700.00	Q377,440.00	Q922,140.00
8. TRANSPORTE, PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE RODADURA	Q168,000.00	Q2,268,850.00	Q2,436,850.00
9. CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS	Q156,000.00	Q120,360.00	Q276,360.00
10. SEÑALIZACIÓN	Q84,000.00	Q72,000.00	Q156,000.00
GRAN TOTAL			Q4,365,990.00
	GRAN TOTAL	METROS ²	Q/METRO ²
	Q4,365,990.00	20,000.00	Q218.30
			\$26.79
Precio total de la obra en dólares	\$535,704.29		
Tasa de cambio	\$ 8.15		

CONCLUSIONES

1. La colonia La Libertad aldea La Comunidad, zona 10 de Mixco tiene una gran importancia en el desarrollo y en el comercio local por lo que es valioso el estudio y diseño de la pavimentación de su vía principal de acceso vehicular y peatonal, lo cual beneficiará al municipio de Mixco y en particular a esta colonia.
2. Debido al tipo de suelo del sector que es arcilloso, se tiene que tomar en cuenta que el pavimento será un pavimento rígido, dado que este tipo de suelo se deforma fácilmente y este tipo de pavimento anula las posibilidades de deformación.
3. El pavimento rígido es el más apropiado para la carretera puesto que absorbe la mayor parte de las cargas aplicadas por los vehículos que transitan por el sector, haciendo que la carretera tenga una vida útil más larga.
4. Las enfermedades provocadas por el polvo, el empozamiento de agua, han sido un problema que las personas del lugar buscan mejorar con la realización del proyecto.
5. La ejecución oportuna del presente proyecto contribuirá a mejorar la calidad de vida de las personas que viven en el sector y al desarrollo integral de la comunidad.

RECOMENDACIONES

1. Establecer criterios para priorizar la ejecución y el diseño de este tipo de proyectos que ayuden a las comunidades y colonias a desarrollarse económica, social y culturalmente.
2. Tomar en cuenta las normas de ejecución del proyecto con el fin de que este u otros proyectos tenga la vida útil para la cual fueron diseñados.
3. Educar a las personas que hacen uso de las calles para evitar que las mismas destruyan las obras que son de beneficio para toda la comunidad.
4. Brindar el mantenimiento adecuado para lograr con ello que dicha obra tenga un buen tiempo de vida útil.
5. Recordar que por las características del suelo del sector y por los estudios hechos, la solución para la carretera es un pavimento rígido.

BIBLIOGRAFÍA

1. *American Association of State Highway and Transportation officials. **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures** Washington D.C. 1986.*
2. Cal y Maynor, Rafael I.C.I.T. **Ingeniería de Tránsito** Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A, 4ta. Edición. Editorial Limusa, 1990. 150pp.
3. Collins H. John y C.A. Hart **Ingeniería de carreteras** Traducción del inglés por Juan de Arespachoga, Felipe Aguilar, S.A. de ediciones. Madrid S.F. 220pp.
4. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.** Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Diciembre de 2000. 361pp.
5. Instituto Nacional de Estadística (INE). **XI Censo de población y VI de habitación**, Guatemala: s.e. 2002.
6. Jorge Mynor Hernández Monzón. Tesis de Graduación Consideraciones generales para el Diseño de los diferentes tipos de Pavimentos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1997. 150pp
7. Mario Rene Echeverría Guevara Procedimientos para la estimación de producción en trabajos de terracería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1980. 100pp.
8. **Monografía de Mixco.** Guatemala: Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA) 1985. 75pp.
9. *Portland Cement Association
National Ready Mixed Concrete Association
Design of concrete Overlays (witetopping) for Asphalt
Parking Lots, Washington D.C., 1990.*

10. S. Merrit, Frederick. **Manual de ingeniero civil**. 3ra. Edición:
Editorial McGraw Hill. 1989.

ANEXOS

