



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO
“PROINCASA - COFRADÍA”

Tesina para optar al grado de ingeniero.

Elaborado por:

- Fanny Massiel Aguilar García.
- Ericka del Carmen Muñoz Hondoy.

Tutor:

Ing. Israel Morales.

Managua, Nicaragua 10 de diciembre del 2010



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO
“PROINCASA - COFRADÍA”**

Tesina para optar al grado de ingeniero.
Curso de obras Viales.

Elaborado por:

- Fanny Massiel Aguilar García.
- Ericka del Carmen Muñoz Hondoy.

Tutor:

Ing. Israel Morales.

Managua, Nicaragua 10 de Diciembre, 2010

Managua, Nicaragua 10 de diciembre del 2010

Dr. Oscar Gutiérrez.
Decano de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC).
Universidad Nacional De Ingeniería.
UNI-RUPAP
Su despacho.

Estimado Ingeniero Gutiérrez:

Por este medio hago de su conocimiento que he concluido la tutoría de la tesina “Diseño de Pavimento Flexible del tramo Proincasa - Cofradía”, elaborada por los bachilleres: Ericka del Carmen Muñoz Hondoy, Fanny Massiel Aguilar García.

Considero que el trabajo reúne los requisitos establecidos para su defensa.
Atentamente,

Atentamente,

Ing. Israel Morales.
Tutor.

DEDICATORIA

Dedico este logro a:

En primer lugar a Dios, por regalarme salud, sabiduría perseverancia y por guiar mis pasos para culminar este proyecto académico. A nuestra madre la Virgen María porque nos brinda su inmenso amor día a día.

A mis padres.

Rebeca del Socorro García, por darme la vida ya que gracias a ella me encuentro hoy realizando este sueño, por todo el sacrificio que ha hecho para que sea profesional y apoyarme siempre en los momentos mas difíciles .

En especial a mi papá, Ernesto José Aguilar García (q.e.p.d.) por todo el amor y apoyo que me dio, a pesar de la distancia. Y aunque no pudo ver realizado su mas anhelado sueño, ver a su hija culminar su carrera y recibir el titulo de Ingeniero Civil, yo se que haya en el cielo cerquita de Dios estaráncelebrando nuestro triunfo.

A mi esposo Omar Antonio Hooker López.

Porque con su amor me ayudo a superar los momentos más difíciles, cuando creía que no había solución a los problemas que se presentaron en la realización de esta tesis y por colaborar en la realización de la misma.

A mi abuelita María Justina García (q.e.p.d.), por todo el amor que me dio e inculco en mi buenos valores para así servir a la sociedad.

A mis tíos, por aconsejarme y estar pendientes de mis estudios.

Br. Fanny Massiel Aguilar García

DEDICATORIA

Con todo mi amor:

Dedico este logro a nuestro padre celestial que nos brinda su amor incondicional, en cada faceta de nuestra vida, a Jesús nuestro interceptor ante Dios que siempre me ha acompañado y al espíritu santo por darme la fortaleza necesaria para seguir con mis metas aun cuando desista, y ser esa luz que guie mi camino.

A mis padres por permitirme haber conocido esta tierra, por sus consejos y el apoyo que siempre me han brindado desde el inicio de mis estudios para poder cumplir con mis metas y superar todos los inconvenientes que se pueden presentar en el transcurso de mi vida.

En especial a mi tía Mercedes por apoyarme siempre aún cuando he tropezado siempre ha estado para ayudarme a levantar, por sus regaños, sus consejos, su comprensión, por ese sacrificio por ayudarme a culminar mis estudios universitarios.

A mi novio Denis por su comprensión, apoyo y su colaboración en la realización de esta tesis, quien siempre me motivo para seguir adelante y poder así culminar mi carrera profesional.

A mis amistades por aconsejarme a perseverar siempre y por su apoyo con cariño.

Br. Ericka del Carmen Muñoz Hondoy.

AGRADECIMIENTO

Doy infinitas gracias a Dios, por permitir que culminara con éxito mis estudios superiores.

A mis padres, por ayudarme económicamente conforme a sus posibilidades y sacrificios para que no me faltara nada y esto no fuera impedimento para culminar mi carrera universitaria.

A mi esposo por estar siempre junto a mi luchando por lograr esta victoria que es tan mía como de él.

A mi amiga y compañera de tesina Ericka del Carmen Muñoz Hondoy, por ser perseverante, paciente y de gran apoyo.

A todos los profesores de la UNI-RUPAR que aportaron su granito de arena, regalándonos su conocimiento para completar nuestra formación académica.

En especial a nuestro tutor Ing. Israel Morales por la buena disposición que presento siempre que necesitábamos de su ayuda y consejos, por regalarnos instantes de su valioso tiempo.

Al Ing. Leonel Corea, CORASCO S.A por su valiosa colaboración para la realización de nuestra tesina.

Br. Fanny Massiel Aguilar García

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios todopoderoso quien es el que me ha brindado la sabiduría e inteligencia necesaria para así poder culminar mis estudios profesionales.

A mis padres por darme la oportunidad de estudiar para prepararme profesionalmente y en especial a mi tía por que sin su apoyo no hubiese podido cumplir con esta meta, tanto por su aporte moral como económico.

A todos los docentes de mi primaria, secundaria, a los de la UNI – RUPAP, todos ellos merecen mención ya que han aportado su granito de arena, por darnos a conocer la luz del saber. En especial al Ing. Israel Morales, por su buena disposición en aceptar ser nuestro tutor, mostrándonos al regalarnos minutos de su tiempo siempre que necesitábamos de su conocimiento, acomodando su tiempo a nuestras necesidades.

Al Ing. Leonel Corea, CORASCO S.A por su valiosa colaboración para la realización de nuestra tesina, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible la realización de dicha tesis..

Br. Ericka del Carmen Muñoz Hondoy.



HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) FANNY MASSIEL AGUILAR GARCIA. 2) ERICKA DEL CARMEN MUÑOZ HONDOY 3)
NOMBRE DEL CURSO: OBRAS VIALES
NOMBRE DE LA TESINA: "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL TRAMO PROINCASA - COFRADÍA"
ESPECIFIQUE LAS AREAS QUE ABORDARON EN LA TESINA: 1) ESTUDIO DE TRANSITO. 2) ESTUDIO DE SUELO. 3) DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
FECHA DE DEFENSA:
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA: El trabajo cumple con los objetivos propuestos
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: 1) 2) 3)
FIRMA COORDINADOR: _____

FIRMA DEL TUTOR -----

CC: Archivo

Índice.

RESUMEN EJECUTIVO	I
Capitulo I. Generalidades	
1.1 Introducción.....	III
1.2 Ubicación del tramo.	IV
1.3 Zona de influencia.....	V
1.4 Objetivos.....	VI
1.4.1 Objetivos generales	VI
1.4.2 Objetivos específicos.....	VI
1.5 Justificación.....	VII
Capitulo II: Estudio de Transito	
2.1 Introducción.....	1
2.2 Composición del tráfico vehicular ¹	2
2.3 Ubicación de estaciones.	3
2.4 Fechas del Levantamiento.....	3
2.5 Transito promedio diario anual (TPDA).	4
2.5.1 Calculo del Factor de Día.....	4
2.5.2 Transito Promedio Diario Anual	5
2.6 Correlación de datos.....	6
2.7 Periodo de diseño (n).	11
2.8 Factor de distribución por dirección:	12
2.9 Factor de carril:.....	12
2.10 Factor de crecimiento (<i>Fca</i>):	13
2.11 Proyecciones del Tráfico Normal.....	14
2.12 Tránsito de diseño (TD):.....	15
CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO.	
3.1 Introducción.....	17
3.2 Generalidades.....	17
3.3 Sondeos manuales a lo largo del tramo	18
3.4 Características de los suelos.....	18
3.4.1 Suelos de la línea.....	18

3.4.2	Características de los suelos.	19
3.5	Bancos de materiales.	20
3.6	Determinación del CBR de Diseño.....	24
3.6.1	Aplicando el método del instituto del asfalto.....	25
Capitulo IV: Diseño de Pavimento Flexible		
4.1	Introducción.....	26
4.2	Parámetros del método.....	27
4.2.1	Confiabilidad.....	27
4.2.2	Desviación Estándar (S_0).....	28
4.2.3	Serviciabilidad.....	28
4.3	Variables para el diseño.....	29
4.3.1	Tránsito.....	29
4.3.1.1	Calculo de los ejes equivalentes. (ESAL'S).....	29
4.3.1.2	Factores de equivalencia de cargas. (Factor ESAL'S).....	30
4.3.2	Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r).	31
4.3.3	Determinación de los Coeficientes Estructurales.....	32
4.4	Cálculo de los espesores del pavimento.....	33
4.5	Espesores requeridos.....	35
Capitulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.		
5.1	Conclusiones.	36
5.2	Recomendaciones.	37
Bibliografía.....		39
Anexo I: Localización, Estaciones.....		41
Anexo II: Tránsito.....		44
Anexo III: Suelo.....		57
Anexo IV: Diseño.....		67
Anexo V: Programa.....		76

RESUMEN EJECUTIVO

El actual estudio tiene como propósito el diseño apropiado de la estructura de pavimento flexible en el tramo Proincasa – Cofradía, utilizando el método de la AASHTO 1993, a través de la recopilación de información, análisis y aplicación de los criterios necesarios para el diseño. De modo que este soporte las cargas a las que será sometido diariamente y a las proyectadas durante su periodo de diseño.

El estudio esta constituido por cinco capítulos, los cuales se detallan a continuación:

Capítulo I: Generalidades

Aborda la introducción del trabajo, localización, ubicación del tramo en estudio, así como también los objetivos y justificación de este.

Capítulo II: Estudio De Tráfico

Para la realización del estudio de transito se tomaron los datos del conteo vehicular que fue realizado de forma corrida y durante siete días. Los datos mayores del TPDS decadaestación fueron multiplicados por el factor de temporada con el que se desestacionaliza los datos y los expande a TPDA.

Se obtuvo como resultado una demanda vehicular de 490 vpd en la estación de cofradía y de 689 vpd en la estación Proincasa. Para efectos de cálculos se utilizaron los valores mayores de cada tipo vehicular de las debidas estaciones.

Para la estimación de la tasa de crecimiento se tomaron en cuenta las diferentes variables tales como: los datos históricos, la economía mundial y nacional,

también se considero el desempleo, fragilidad de la demanda agregada, entre otros factores, podemos considerar que las mejoras en las condiciones del camino tendrá un impacto positivo en los aspectos de producción en general, la tasa de crecimiento que mejor representa esta tendencia corresponde al 2%.

Se propuso un periodo de diseño de 15 años, tomando como año cero el 2009 y año base el 2011, el cual presenta un TPDA de 698 vpd, el cual se utiliza para el calculo del transito de diseño. Tomando en cuenta las diferentes variables se realizo el cálculo del transito de diseño con un resultado de 2202494.

Capítulo III: Estudio de Suelos

Aquí se presentan los resultados obtenidos de los sondeos de línea efectuados, y los ensayos de laboratorio realizados, para analizar las características de los suelos encontrados a lo largo del tramo en estudio. De igual manera las muestras tomadas de los bancos de materiales a utilizar en la obra.

Los tipos de suelo predominante encontrados en el camino del proyecto son los siguientes: A – 1 – b (0), A – 2 – 4 (0), A – 1 – a (0), A - 7- 5 (11), A – 7 – 5 (0), A - 7 – 6 (0), A – 5 (6), A – 5 (3), A - 4 (4), A – 4 (1), A – 4 (0).

Capítulo IV: Diseño de Pavimento Flexible.

En este capítulo se realizó el análisis de la carga a las que será sometido el pavimento flexible durante su vida útil, obteniendo como resultado 2157134, Ejes Equivalentes, para el carril de diseño.

Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.

Aborda las diferentes conclusiones del estudio realizado; así como las recomendaciones propuestas.

Capítulo I. Generalidades

1.1 Introducción.

El organismo encargado de la planificación, construcción y conservación de caminos en Nicaragua es el Ministerio de Infraestructura y Transporte (MTI). Esta responsabilidad no incluye las vías de comunicación que se encuentran dentro de los perímetros urbanos de las cabeceras municipales (ciudades y pueblos); los cuales son atendidos por las alcaldías de cada municipio.

La urbanización vial es el conjunto de obras relacionadas a la construcción, reparación, mantenimiento y conservación de caminos, carreteras y calles, tanto a nivel urbano como rural, diseñadas para la ampliación y mejoramiento de la capacidad instalada de la infraestructura vial de una ciudad, municipio o comunidades, de manera acorde al Plan de Desarrollo Municipal, donde exista.

La evolución de la infraestructura vial de Nicaragua, ha estado ligada a las peculiaridades geográficas, históricas, políticas y sobre todo, a las condiciones orográficas, climáticas, étnicas, económicas y culturales de este.

Un pavimento es una estructura compuesta por varias capas de diferentes materiales (generalmente terracería, sub-base, base y capa de rodadura), que se construye sobre el terreno natural aumentando el soporte para que los vehículos circulen sobre ellos, en cualquier época del año en manera segura, cómoda y económica.

1.2 Ubicación del tramo.

El tramo Proincasa – Cofradía se encuentra ubicado entre las ciudades de Managua y Tipitapa, esta paralela a la carretera Troncal Tipitapa – Masaya, a una distancia promedio de 3.5 Kilómetros. Inicia en el caserío de Proincasa que toma su nombre del Matadero Privado Proincasa, tiene una orientación Norte-Sur predominante, su topografía es plana, con pocas curvas en su recorrido, finaliza en el poblado de Cofradía.

En el corredor del camino se localizan dos caseríos que se ubican al inicio y fin del tramo (Los Tercios y Cofradía), en la primera parte del camino además del Matadero Industrial de Proincasa se encuentran dos empresas de las industrias de la rama Metalmecánica (IMMSAe INPERSA) y Potrero Verde dedicada a la compra y venta de ganado, esto ha contribuido a concentrar más personas en el poblado de Los Tercios.

Este camino comunica con la zona de Veracruz al Sur de Cofradía en la que se encuentran muchas empresas de la industria de la construcción tales como: COPRENIC, CEMEX, AGRENIC, la empresa MECO - SANTA FE, etc., que generan muchos viajes de camiones pesados, entre articulados, C2 y C3, que utilizan este camino para evitar pasar por la ciudad de Managua y los atrasos y peligros que ello conlleva. Como sectores urbanos se tienen solamente en los extremos del tramo, al inicio con el caserío de Los Tercios y al final con el poblado de Cofradía. En el anexo 1 se presenta el mapa 1 en el cual se aprecia la localización del proyecto.

1.3 Zona de influencia.

Se traza la línea de influencia tomando en cuenta: la existencia de otros caminos en la zona aledaña al camino en estudio, la presencia de poblados y caseríos, la existencia de accidentes geográficos y la topografía de la zona. Con lo anterior se conforma el alineamiento de la línea de influencia presentado.

La zona de Influencia trazada comienza en Proincasa en el inicio del proyecto en el caserío Los Tercios, toma rumbo Sur – Este separándose unos 800 metros del trazado del camino, lo anterior se debe a que al Oeste del camino se encuentra el camino hacia INTA separado por unos 2 Km de distancia, en medio se tienen varios caminos de poca importancia pero que son utilizados para salir por la zona del caserío de San Cristóbal.

Sigue el trazado de la zona de influencia con rumbo Sur y paralelo a la vía hasta llegar al Sur del caserío de Cofradía, en este sitio le da la vuelta al poblado y sube hacia el Norte, pasando por las haciendas San Rafael y Los Reyes, sigue el trazado pasando por La Coyota, El Paraíso y Los Robles que son haciendas de la zona, hasta llegar a Los Tercios que es nombre del caserío ubicado al inicio del proyecto. En el anexo 1 se presenta el mapa 2 definida la zona de influencia.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos generales

- Diseñar la estructura de pavimento flexible del Tramo Proincasa - Cofradía.

1.4.2 Objetivos específicos

- Calcular el transito de diseño y realizar su debida clasificación vehicular.
- Estudiar las características del suelo, a través de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas a los distintos materiales encontrados.
- Determinar los espesores necesarios de la estructura de pavimento flexible, para soportar las cargas de diseño, utilizando el método de la AASHTO 1993.

1.5 Justificación.

Con esta obra se mejoraran las condiciones de vida de los pobladores de esta zona, ya que en invierno este camino es intransitable.

La realización de esta carretera beneficia a 45,000 habitantes, comunidades entre las cuales tenemos Cofradía, San Francisco, Campuzano, El Portillo, San Joaquín, El Papayal, Corrales Verdes; de igual manera se favorecen las empresas que operan en la zona tales como: INPERCASA, IMMSA, MECO SANTA FE, CONCRETERA.

Además que es una vía alterna para sacar al mercado la producción de las comarcas ante mencionadas, y también se beneficia al transporte público, así como las haciendas ganaderas.

La carretera se extiende desde el sector de Proincasa hasta Cofradía, y tiene una longitud de 4.02 km, con 6.40 m de ancho.

Capítulo II: Estudio de Tránsito

2.1 Introducción.

El tránsito es una de las variables más importantes en el diseño de una vía, pues, si bien es cierto que el volumen y las dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento, por ello es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto en el tramo en estudio. Para tal efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos.

El estudio de tránsito es un elemento vital para la elaboración de la estructura de la carpeta asfáltica. Este consiste en analizar cuantitativa y cualitativamente a este elemento.

Por otro lado, podemos establecer que el tráfico es influenciado por factores económicos locales, nacionales los que probablemente pueden ocasionar en algunos un crecimiento rápido, y en otros la declinación o su paralización.

En este capítulo se presentan los elementos necesarios para cuantificar el tránsito, así como la metodología para calcular el número probable de aplicaciones de una carga patrón equivalente que utilizará el pavimento durante la vida de este; así como los datos estadísticos utilizados para la estimación de la tasa de crecimiento vehicular, el tránsito promedio diario anual (TPDA) para el año base y el tránsito proyectado que circulara durante el periodo de diseño.

Conjuntamente se utilizó información proveniente del estudio de tránsito del tramo Proincasa – Cofradía efectuado por Corea y Asociados (CORASCO S.A).

2.2 Composición del tráfico vehicular¹.

Unos de los principales factores que inciden el diseño de un pavimento son el número y magnitud de las cargas por ejes que se esperan durante el período de diseño. Para la determinación de estos factores en primera instancia es necesaria conocer los tipos de vehículos que circulan en la vía, el porcentaje que representan en el tránsito promedio diario anual y la carga máxima permitidas de cada uno de estos.

Para tal efecto en este estudio, se han definido once tipos de vehículos, englobando los vehículos livianos en una sola clasificación, y subdividiendo los pesados en pesados de pasajeros y pesados de carga, para el caso de los vehículos agrícolas y de construcción fueron agrupados en otros. La clasificación definida se describe a continuación:

- Vehículos livianos: motos, automóviles, camionetas, jeep, pick – ups, y microbuses de uso particular.
- Pesados de pasajeros: microbuses pequeños (hasta 15 pasajeros) y microbuses medianos (hasta 25 – 30 pasajeros) y los buses medianos y grandes (C₂).
- Pesados de carga: camiones de dos ejes (C₂) mayores o iguales de tres toneladas, los camiones de tres ejes (C₃) y los vehículos articulados de seis de los tipos (TX-SX_{≥5}).
- otros: vehículos agrícolas y de construcción, así como vehículos automotores de dos ruedas, moto taxis, bicicletas, carretas tiradas por bueyes y carretones tirados por caballos.

¹Diseño De Pavimento Rígido del Tramo Matagalpa – Los Lipés (Tesina). Autores: Ing. Ligia Guadalupe Chavarría, Ing. Claudia Delfina Guevara.

2.3 Ubicación de estaciones.

La definición de las estaciones de levantamiento para los conteos volumétricos, tomaron en cuenta el trazado de la vía, la existencia de caseríos adyacente a la vía, así, se ubicó una primera estación en el propio inicio del proyecto en la zona del matadero industrial Proincasa a 800m del empalme de La Garita en la carretera NIC 1, y la segunda estación a la entrada del poblado de Cofradías al inicio del proyecto. En el mapa dos presentado en el anexo1 se muestran las dos estaciones de conteo.

2.4 Fechas del Levantamiento.

Los datos muestran que se realizaron los estudios de conteos volumétricos (ver anexos 1 se presentan datos del conteo realizado), de forma corrida y durante 7 días, todos los días los levantamientos fueron realizados durante 12 horas de seis de la mañana a 6 de la tarde, iniciando el día miércoles 7 de noviembre del 2007 y finalizando el día martes 13 de noviembre del 2007. Los datos reflejan que el día lunes 12 de noviembre del 2007 fue escogido para realizarse el conteo nocturno de 6 de la tarde a las 6 de la mañana, para obtener un levantamiento completo de 1 día de 24 horas.

Dicha información sirve en el cálculo del factor día, que es la denominación que se utiliza en la revista de conteos volumétricos para expandir los conteos de 12 horas a 24 horas. De esta manera se obtiene su propio factor día.

Las fechas de los levantamientos realizados en el mes de Noviembre del año 2007 fueron:

Día	Período Horario
Miércoles 7	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm
Jueves 8	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm
Viernes 9	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm
Sábado 10	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm
Domingo 11	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm
Lunes 12	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm
Lunes 12	12 horas de 06:00 pm a 06:00 am
Martes 13	12 horas de 06:00 am a 06:00 pm

2.5 Transito promedio diario anual (TPDA).

2.5.1 Calculo del Factor de Día.

Una vez llevado a cabo el conteo se realizó los respectivos cálculos para obtener el factor día para cada estación de aforo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{factor dia} = \frac{\text{volumendetrafficoportipodevehiculo 12h. nocturno}}{\text{volumendetrafficoportipodevehiculo 12h. diurno}} + 1$$

En la tabla 2.1 al 2.14 se muestra el tránsito total contabilizado por cada día del conteo en cada estación de 12 horas, además el valor del factor día que fue calculado por medio de los datos obtenidos del conteo vehicular del día lunes diurno y nocturno con ayuda de la ecuación anterior. La obtención del factor día por estación permitió expandir los volúmenes de tránsito en los conteos de 12 horas a 24 horas por cada estación dichos resultados se encuentran en anexo 2 tabla 2.15, 2.16.

2.5.2 Transito Promedio Diario Anual

En el anexo 2 se presentan las tablas 2.17 que contienen los datos del tránsito promedio diario de las estaciones de Cofradía y Proincasa, que son expandidos a TPDA multiplicando sus resultados con el factor temporada, que desestacionaliza los datos y los convierte en Tránsito Promedio Diario Anual.

El factor de temporada que se utiliza es el correspondiente a la Estación 126, ubicada en el tramo en estudio, proveniente de la información del estudio de tránsito del tramo Proincasa – Cofradía efectuado por Corea y Asociados (CORASCO S.A). En la tabla 2.18 se muestra los valores del tránsito diario anual de la estación Cofradía y Proincasa, clasificada por tipo de vehículos.

Tabla 2.18
Resumen de TPDA

Estación Cofradía			Estación Proincasa		Valores Máximos	
Tipos De Vehículos	TPDA	Porcentaje	TPDA	Porcentaje	TPDA (2007)	TPDA (2009)
Motos	63.00	12.86%	67.0	39.9%	67.00	70.00
Autos	135.00	27.55%	168.0	24.4%	168.00	175.00
Jeep	34.00	6.94%	58.0	8.4%	58.00	61.00
Cmta.	68.00	13.88%	120.0	17.4%	120.00	125.00
Mc Bus<15pers	7.00	1.43%	14.0	2.0%	14.00	15.00
Minibús 15-30per	0.00	0.00%	3.0	0.4%	3.00	4.00
Bus	27.00	5.51%	25.0	3.6%	27.00	29.00
Liv. 2-5 Ton	20.00	4.08%	20.0	2.9%	20.00	21.00
C2 5+ Ton	49.00	10.00%	98.0	14.2%	98.00	102.00
C3	46.00	9.39%	39.0	5.7%	46.00	48.00
T₂-S₁	0.00	0.00%	4.0	0.6%	4.00	5.00
T₃-S₂	37.00	7.55%	71.0	10.3%	71.00	74.00
C₂-R₂	0.00	0.00%	1.0	0.1%	1.00	2.00
C₃-R₃	1.00	0.20%	0.0	0.0%	1.00	2.00
V.A	2.00	0.41%	1.0	0.1%	2.00	3.00
V.C	1.00	0.20%	0.0	0.0%	1.00	2.00
Total	490.00	100.00%	689.0	100.0%	701.00	738.00

Como indica la tabla anterior la estación de Cofradía presenta una demanda vehicular de 490 y de 689 en la estación Proincasa. El valor último se debe a que

en la zona adyacente a Proincasa hay dos empresas metalúrgicas que generan un movimiento de carga que no llegan hasta el final (Cofradía) del recorrido. Para efectos de cálculos se utilizarán las cantidades mayores de cada tipo de vehículo de las debidas estaciones, como sea reflejado en la tabla 2.18.

2.6 Correlación de datos.

Las proyecciones de tráfico requieren el estudio de variables independientes relacionadas entre sí, para lo anterior, se hizo revisión en primer lugar de la información proveniente del estudio de tránsito del tramo Proincasa – Cofradía efectuado por Corea y Asociados (CORASCO S.A), quienes se apoyaron de la revista de tráfico de 2006 de MTI de donde obtuvieron información del tránsito de los últimos 11 años del TPDA de la estación permanente N° 100, ubicada sobre la carretera norte, y de la estación de control N° 126, ubicada en el tramo en estudio.

Además del tráfico, se obtuvo información del Producto Interno Bruto del año 1999 al año 2009. Esta información se presenta en el cuadro siguiente:

Tabla 2.19 Producto Interno Bruto 1999-2009 y TPDA Estación 100 y 126

AÑOS	PIB	TPDA 100 ²	TPDA 126 ³
1,996		4,364	
1,997		4,181	
1,998		4,540	
1,999	26,009	4,900	366
2,000	27,076	5,401	
2,001	27,877	5,704	734
2,002	28,088	5,697	
2,003	28,796	5,594	
2,004	30,325	6,414	637
2,005	31,624	6,335	
2,006	32,937	6,347	755
2,007	33,952		
2,008	34,889		
2,009	34,382		

²Fuente (PIB):

BCN http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/economicas_anuales/principales_indicadores_macroeconomicos/indicadores/NIC_2.htm

³Fuente (TPDA 100 Y 126): Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

Para la definición de las tendencias de crecimiento de las variables se utilizó el procedimiento clásico para la determinación de la elasticidad de la demanda de transporte que inicia con el cálculo del logaritmo neperiano de las variables, de esta forma al elaborarse las rectas de tendencia, la pendiente de estas resulta ser su tasa de crecimiento.

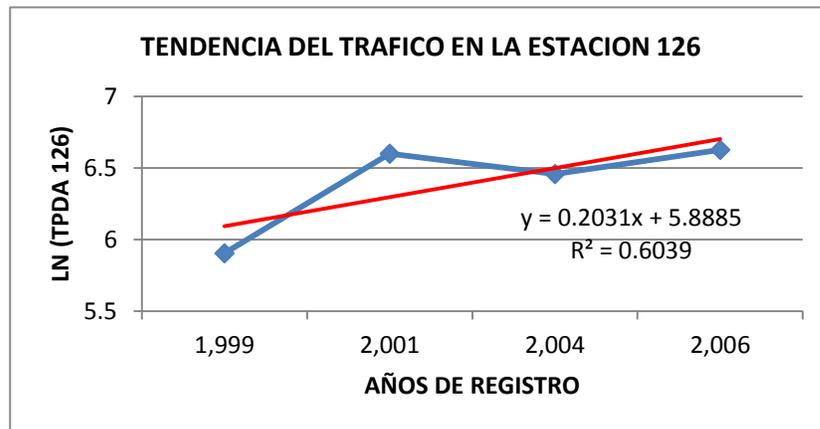
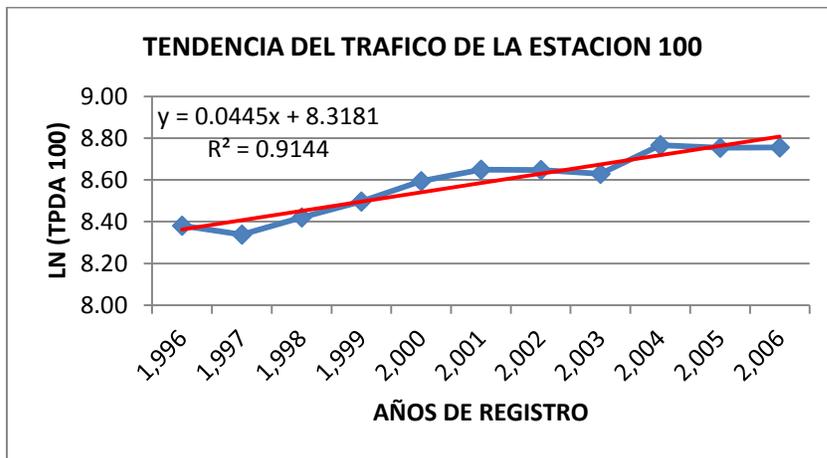
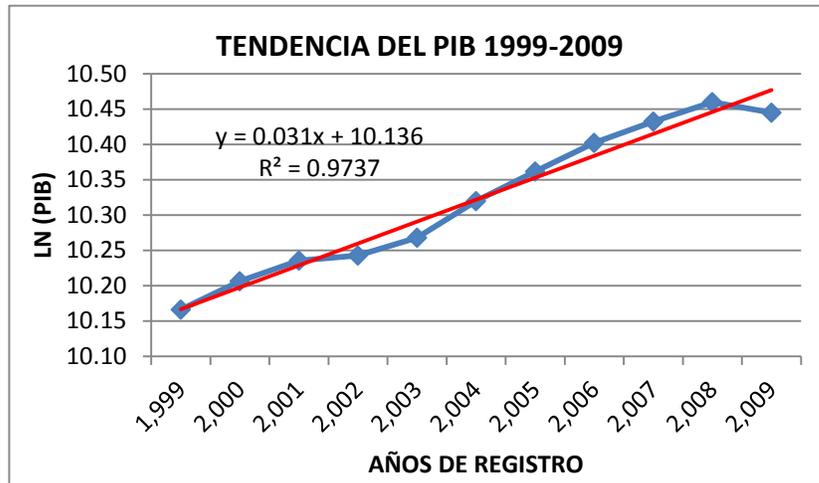
En la tabla 2.20 se presentan los resultados de las variables para posteriormente realizar las rectas de regresión.

Tabla 2.20 Datos para Realizar la Gráfica de Tendencia del PIB.

AÑOS	PIB	TPDA 100	TPDA 126	Ln (PIB)	Ln (TPDA 100)	Ln (TPDA 126)
1.996		4.364			8,38	
1.997		4.181			8,34	
1.998		4.540			8,42	
1.999	26.009	4.900	366	10,17	8,50	5,90
2.000	27.076	5.401		10,21	8,59	
2.001	27.877	5.704	734	10,24	8,65	6,60
2.002	28.088	5.697		10,24	8,65	
2.003	28.796	5.594		10,27	8,63	
2.004	30.325	6.414	637	10,32	8,77	6,46
2.005	31.624	6.335		10,36	8,75	
2.006	32.937	6.347	755	10,40	8,76	6,63
2.007	33.952			10,43		
2.008	34.889			10,46		
2.009	34.382			10,45		

Se elaboraron las rectas de regresión lineal de la tendencia de las variables y su correspondiente coeficiente de correlación, para realizar su respectivo análisis, como se muestra a continuación.

Gráficos 2.1 Rectas De Regresión



Los resultados mostrados en los gráficos 2.1 indican que el coeficiente de correlación del tráfico de la estación 100 (91.4%), es mucho mejor que el de la estación 126 (60.3%). En el caso el PIB su coeficiente de correlación para la recta de regresión lineal es de 97.3%, que es muy consistente. En el gráfico que refleja la tendencia de la estación 100, se pueden notar que los índices de crecimiento presentan altibajos durante el período analizado por esa razón es difícil definir la tendencia de crecimiento vehicular.

La gráfica de tendencia del PIB representa su evolución en el período examinado, es decir, ha tenido crecimiento de igual manera ha decrecido pero siempre se repone. Es difícil suponer que esta tendencia seguirá al paso de los años debido a que la economía mundial continúa resintiendo los efectos adversos de la crisis económica internacional, con tasas de crecimiento negativas, mismas que se revirtieron a partir del segundo semestre 2009. Lo anterior se reflejó en los principales indicadores económicos como el PIB, bolsas de valores, producción industrial, confianza de los consumidores y el comercio mundial, entre otros, tanto en las economías desarrolladas y emergentes como en el mundo en desarrollo.⁴

Otra variable que hay que tomar en cuenta es la población o su tasa de crecimiento, lo cual es el promedio porcentual anual del cambio en el número de habitantes como resultado de un déficit de nacimientos y muertes, y el balance de los migrantes que entran y salen de un país. La tasa de crecimiento es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país debe satisfacer por la evolución de las necesidades de su pueblo en cuestión de infraestructura, por ejemplo: escuelas, hospitales, viviendas, carreteras; de recursos, por ejemplo: alimentos, agua, electricidad, y empleo.

De igual forma, se puede establecer que el tráfico es influenciado por factores económicos los que probablemente pueden ocasionar en algunos casos un

crecimiento rápido, y en otro la declinación, situaciones que deben ser verificadas durante el período de vida del pavimento diseñado. Asimismo, la tasa de crecimiento vehicular está influenciado directamente por factores locales, nacionales estos a su vez, se ven afectados por la economía mundial.

Además la zona en estudio se caracteriza por las siembras de maíz, frijoles, sorgo, maní, pipián, etc. Otra actividad económica significativa es la ganadería, y en el aspecto industrial existen empresas metalúrgicas, y empresas de la industria de la construcción.

En conclusión se puede decir que los datos históricos son una buena fuente para la determinación de la tasa de crecimiento vehicular sin embargo, los estudios muestran una variabilidad alta que reflejan una tendencia no definida en el incremento vehicular, por otro lado, las condiciones actuales de la economía nacional y mundial continúan siendo afectadas por los efectos adversos de la crisis económica internacional. No obstante, a pesar que algunos indicadores económicos reflejan una recuperación a partir del primer trimestre del 2009, al cierre del año todavía existía incertidumbre respecto a la fortaleza de este proceso, principalmente, por el incremento de la deuda pública y su sostenibilidad, los desbalances de ahorro globales y las diferentes estrategias de salida del impulso fiscal proveído por las principales economías del mundo. Todo esto en un entorno de alto desempleo, fragilidad de la demanda agregada y un reducido espacio de maniobra de la política monetaria tradicional⁴. Ahora bien, tomando en cuenta que las mejoras en las condiciones del camino tendrán un impacto positivo en los aspectos de producción en general, ya sea desde el punto de vista de la agricultura, como del comercio, y sin olvidar el posible crecimiento poblacional y crecimiento habitacional la tasa de crecimiento que mejor representa esta tendencia corresponde al **2%**.

⁴Segundo semestre 2009: reactivación de la economía mundial, capítulo I.
<http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/anual/memoria/cap1-econ.mundial.pdf>

2.7 Período de diseño (n).

El período de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente. La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El período de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento; en los casos en que se consideren reconstrucciones ó rehabilitaciones a lo largo del tiempo, el período de diseño comprende varios períodos de vida útil que son: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones.

Se selecciona en dependencia de la clasificación de la carretera. En la siguiente tabla se muestran los diferentes periodos recomendados por tipo de carretera:

Tabla 2.21

Período de diseño	
Tipo de carretera	Período de diseño
Autopista regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales rurales	
colectoras suburbanas	10 – 20 años
colectoras rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de normas para El Diseño Geométrico de las Carreteras regionales, SIECA, 2001

La carretera se ha clasificado como colectoras rurales, por lo tanto, de acuerdo a la tabla anterior, el período de diseño está comprendido entre 10 y 20 años. En el tramo en estudio se considerara un período de **15** años.

2.8 Factor de distribución por dirección:

Es el factor del total del flujo vehicular censado, se expresa con la relación que existe entre el tráfico y el sentido de circulación su valor es generalmente 0.5 para el flujo vehicular en ambas direcciones y 1 si estas poseen un solo sentido, (según las normas de la AASHTO – 93, ver tabla 2.22). Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado.

Para las vías en estudio asignamos el valor de 0.5, debido a que la característica más general es que el tránsito se divida 50% en un sentido y 50% en el otro.

Tabla 2.22
Factor de distribución por dirección.

Número de carriles en ambas direcciones.	Porcentaje de camiones en el carril de diseño.
2	50
4	45
6 ó mas	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA. Ing. Jorge Coronado Iturbide Consultor

2.9 Factor de carril:

Es la relación que existe en la distribución del tránsito cuando dos o más carriles son usados en una sola dirección. Para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril, (ver tabla 2.23).

Tabla 2.23

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL	
Número de carriles en una sola dirección.	LC
1	1.00
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75
FUENTE: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos.	

El factor de carril que se utilizara en este informe será del 100% ya que se está considerando que la carretera se diseñara para 2 carriles de circulación (1 por sentido).

2.10 Factor de crecimiento (F_{ca}):

Es el factor que permite obtener el tráfico total esperado de la acumulación de los ejes equivalentes de daño, durante el período de análisis y se determina estimando una tasa de crecimiento "i" al tránsito promedio en toda la vida útil del proyecto y esta dado por:

$$F_{ca} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Dónde:

i = tasa de crecimiento

n = periodo

Si, n=15 años, i=2% al sustituir valores tendremos:

$$F_{ca} = \frac{(1 + 0.02)^{15} - 1}{0.020} = 17.29$$

2.11 Proyecciones del Tráfico Normal.

Para el proceso de proyección, se asume que la carretera iniciará la construcción a partir del año 2011, por lo tanto el primer año de las proyecciones es a partir del año 2012.

Aplicando la siguiente fórmula se puede obtener valores para la proyección del tránsito vehicular a un período de diseño de 2 años.

$$T_n = T_0(1 + i)^n$$

Dónde:

T_n = cantidad de vehiculos para el año estimado, 2011.

T_0 = transito en el año cero, 2009.

i = tasa de crecimiento anual vehicular, 2%.

n = periodo, cantidad de años, 2

Ejemplos de proyección del tránsito para autos del 2009 al 2011.

$$T_{2011} = 175(1 + 0.02)^2 = 183 \text{ Autos.}$$

En la siguiente tabla se presenta la proyección del tráfico donde se observa el tránsito totalizado el cual se utilizará para el diseño en el que se incluye el flujo vehicular normal y generado se hace a partir del año 1, después de la construcción del pavimento, también se presenta la proyección del tráfico del año cero (2009) al año base (2011), para dichos cálculos se utilizó una tasa del 2% y un período de 2 años.

Tabla 2.24

Proyección del tráfico del año cero (2009) al año base (2011).

PROYECCIONES DE TRAFICO		
PROYECCIONES DE TRAFICO NORMAL		
i=	2%	
TIPOS DE VEHICULOS	TPDA (2009)	CONSTRUCCION 2011
Autos	175.00	183.00
Jeep	61.00	64.00
Cmta.	125.00	131.00
Mc Bus<15pers	15.00	16.00
Minibús 15-30per	4.00	5.00
Bus	29.00	31.00
Liv. 2-5 Ton	21.00	22.00
C2 5+ Ton	102.00	107.00
C3	48.00	50.00
T ₂ -S ₁	5.00	6.00
T ₃ -S ₂	74.00	77.00
C ₂ -R ₂	2.00	3.00
C ₃ -R ₃	2.00	3.00
Total	663.00	698.00

2.12 Tránsito de diseño (TD):

El tránsito de diseño es el número de repeticiones esperadas durante todo el período de diseño para cada tipo de eje. Este se determina empleando la siguiente fórmula:

$$T_D = T_0 \times F_D \times F_{ca} \times f_c \times 365$$

Dónde:

T_0 = transito inicial, TPDA Totalizado.

F_D = factor direccional, 0.5

F_{ca} = factor de crecimiento, 1.29

f_c = factor de carril, 1.

Ejemplo del cálculo del tráfico de diseño para autos:

$$T_{\text{Autos}} = 183 \times 0.5 \times 17.29 \times 1 \times 365 = 577442.78$$

Tabla 2.25
Transito De Diseño.

TRAFICO DE DISEÑO					
TIPOS DE VEHICULOS	T_o	F_{ca}	F_D	f_c	TD
Autos	183.00	17.29	0.5	1	577443
Jeep	64.00	17.29	0.5	1	201948
Cmta.	131.00	17.29	0.5	1	413361
Mc Bus<15pers	16.00	17.29	0.5	1	50487
Minibús 15-30per	5.00	17.29	0.5	1	15778
Bus	31.00	17.29	0.5	1	97819
Liv. 2-5 Ton	22.00	17.29	0.5	1	69420
C2 5+ Ton	107.00	17.29	0.5	1	337631
C3	50.00	17.29	0.5	1	157772
T ₂ -S ₁	6.00	17.29	0.5	1	18933
T ₃ -S ₂	77.00	17.29	0.5	1	242968
C ₂ -R ₂	3.00	17.29	0.5	1	9467
C ₃ -R ₃	3.00	17.29	0.5	1	9467
V.A	4.00	17.29	0.5	1	12622
V.C	3.00	17.29	0.5	1	9467
Total	698.00				2202494

Capítulo III: Estudio de Suelo.

3.1 Introducción.

En la actualidad todo ingeniero siente la responsabilidad técnica moral de su profesión de ejecutar un estudio de las condiciones del suelo cuando se diseña estructuras de cierta importancia, ya que ella conlleva a dos características que se conjugan entre sí: seguridad y economía.

En este capítulo se presentan los resultados de investigación de suelo efectuados, información que fue proporcionada por Corea y Asociados (CORASCO S.A), con el propósito de evaluar las características geotécnicas de los materiales que conforman la estructura del suelo existente y la estructura del pavimento a construir.

3.2 Generalidades

Las propiedades de los suelos son uno de los datos más importantes en el diseño de un pavimento. Estas propiedades siempre estarán presentes aunque cambien mediante tratamientos especiales tales como estabilización, compactación, etc. para conocer estas propiedades es necesario un muestreo que abarque todo el trazado del proyecto, a las que se les realizara ensayos en laboratorio como:

- ❖ Granulometría.
- ❖ Límites de Atterberg.
- ❖ Valor Soporte (CBR).
- ❖ Densidad (Proctor).
- ❖ Humedad.

3.3 Sondeos manuales a lo largo del tramo

Con el propósito de determinar las características que se encuentran a lo largo de la línea central de la carretera a diseñar se realizaron 39 sondeos de línea entre 0.90 a 1.66 m de profundidad y se extrajeron 146 muestras sobre la línea del tramo en estudio distribuidos a lo largo de la línea central de la carretera investigada. La distancia entre sondeo es de cien metros (100 m.), a lo largo de la vía.

Una vez recopilados todos los estratos encontrados fueron trasladados al laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos para su respectivo análisis. Con el objetivo de establecer las propiedades físicas de cada una de las muestras obtenidas, adquirir los valores de CBR en la línea de la carretera, para determinar la capacidad de soporte del suelo.

3.4 Características de los suelos

3.4.1 Suelos de la línea.

Según los estudios y ensayos realizados en el tramo, los estratos de suelos encontrados en cada sondeo presentan bastante homogeneidad, conformados predominantemente por los siguientes tipos de suelos: A-1-b(0), A-2-4(0); A-4(0 a 5); A-1-a(0).

El estrato predominante del tramo en la mayor parte de su longitud es el suelo A – 1 – b (0), en estratos con espesores variados. Este suelo es un material arenoso con grava y limo del tipo hormigón de color rojo oscuro. Es de muy baja plasticidad, normalmente NP y su capacidad de soporte alcanza 31% y 47% ensayados al 95 y 100% Próctor.

El segundo suelo predominante es el tipo A – 2 – 4 (0), el cual se localiza entre las capas intermedias y bajas, con profundidades variadas y en algunos casos hasta más de 1.0 metro. Este material es arena limosa de color gris claro, de baja plasticidad (desde un NP hasta un 5%). Su capacidad de soporte es de 20% y 31% al 95 y 100% Próctor respectivamente.

Otro tipo de material encontrado es el suelo A – 4 (con IG de 0 a 5), ubicado generalmente en las capas intermedias y bajas de la estratigrafía. Se encuentra un poco disperso en casi toda la longitud del tramo, pero en los últimos 600 metros se presenta en estratos con más de 1.0 metro de profundidad, principalmente en las capas bajas de la profundidad sondeada. Es un suelo limo-arenoso con plasticidad muy baja (de 0 a 4%); su valor soporte también es bastante bajo, alcanzando apenas un 12% y 18% ensayados al 95 y 100% Próctor.

Además se encontraron varios tipos de suelo, pero con menor incidencia en la estratigrafía del tramo los cuales son: tipo A-1-a (0) y los tipos A-7-5 y A-7-6, son material arcilloso con plasticidad que va desde 15 a 19%. Se localizaron en los primeros 2.0 km del camino. De igual manera se encontraron suelos tipo A– 5 (con IG de 1 a 7), A – 3 (con IG de 0 a 3), A – 2 – 7 (2).

3.4.2 Características de los suelos.

En la tabla 3.1 se muestra las características y propiedades de los tipos de suelos predominantes encontrados en la línea proyectada, en anexo 3 tabla 3.2 se encuentran los resultados de ensayos de suelo.

Tabla 3.1
Propiedades de los Suelos del Camino

Tipo de suelo	LL (%)	IP (%)	CBR (%)	
			95	100
A-7-5(11)	81	21	5	8
A-7-5(7)	64	13	5	9
A-7-5(5)	62	15	6	10
A-7-5(0)	62	15	6	10
A-7-6(0)	55	29	7	11
A-5(8)	44	9	9	12
A-5(6)	43	7	9	13
A-5(5)	33	7	9	13
A-5(3)	44	9	10	14
A-4(4)	28	4	11	16
A-4(1)	29	4	12	19
A-4(0)	---	NP	14	25
A-2-5(0)	47	9	20	28
A-2-4(0)	30	5	20	31
A-1-a(0)	---	NP	22	43
A-1-b(0)	---	NP	31	47

3.5 Bancos de materiales.

La información general de los bancos del tramo Proincasa – Cofradía se presentan a continuación.

Banco N° 1

Nombre: el paraíso

Ubicación: Est 2+600 a 2 kilometro izquierda 30m derecha

Volumen a explotar: 8000 m³ aproximadamente

Tipo de material: Arena con grava y limo de consistencia solida

Coordenadas: 596539,1342252

Banco N° 2

Nombre: El Paraíso

Ubicación: Est 2+600 a 206 kilometro izquierda 50m derecha

Volumen a explotar: 3500 m³ aproximadamente

Tipo de material: Arena con gravilla y limo semidura

Coordenadas: 596512,1341995

Banco N° 3

Nombre: S/N

Ubicación: Est 2+600 a 2.12 kilómetros izquierda 400m derecha

Volumen a explotar: 3500 m³ aproximadamente

Tipo de material: Arena con limo y un poco de gravilla

Coordenadas: 596686, 1341984

Banco N° 4

Nombre: El Paraíso IV

Ubicación: Est 2+600 a 2.12 kilómetros izquierda 720m derecha

Volumen a explotar: 3500 m³ aproximadamente

Tipo de material: Arena con limo y gravilla

Coordenadas: 596712, 1341515

Banco N° 5

Nombre: Cofradía

Ubicación: Del cementerio de Cofradía (entrada Maselco) 500 izquierda

Volumen a explotar: 6,000 m³ aproximadamente

Tipo de material: Arena con grava y limo

Coordenadas: 595240, 1337660

En el anexo 3 tabla 3.3 se encuentran mayores detalles de sus características. El resumen de las propiedades de los bancos investigados se presenta en la tabla 3.4:

Tabla 3.4
Propiedades y características de los materiales de bancos

Banco N°	Clasificación Tipo de Suelo	IP (%)	CBR (%)		
			90	95	100
1	A-1-b(0)	3	22	39	57
	A-1-a(0)	NP	-	-	-
2	A-2-4(0)	NP	16	30	47
	A-1-b(0)	NP	-	-	-
3	A-2-4(0)	2	16	28	40
	A-1-b(0)	5	-	-	-
4	A-1-b(0)	NP	14	28	45
	A-2-4(0)	NP	-	-	-
5	A-1-a(0)	2	21	36	57
	A-1-b(0)	NP	-	-	-

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de las pruebas realizadas a las muestras de los bancos de materiales, indican que ninguno de ellos puede ser utilizado en su condición natural para la construcción de base. Dado que sus graduaciones no se acomodan en la curva granulométrica, aunque el Índice de Plasticidad que presentan es muy bajo con valores entre 2 y 5%, y algunos son material No Plástico.

El valor soporte de los materiales de estos bancos, tienen valores que van desde 28 hasta 39% al 95% Próctor para los bancos N° 1, 2 y 3. El banco N° 5 tiene CBR de 36% compactado al 95% Próctor y de 57% al 100% de densidad.

Los materiales de estos bancos presentan condiciones para ser tratados o estabilizados con cemento, cuyo uso para base estará en función de las propiedades resultantes una vez que se mezclen con cemento.

Con el fin de mejorar las condiciones de los materiales de bancos y poder hacer uso de ellos, se realizaron combinaciones con cemento en proporciones del 5% y 6%, con los siguientes resultados:

Tabla 3.5

**Resultados de los materiales de bancos estabilizados con Cemento
(Resistencia en Kg/cm²)**

Banco Nº	Porcentaje de Cemento	
	5%	6%
1	10.55	19.73
2	14.93	21.53
3	20.38	25.38
4	16.94	25.95
5	21.82	25.55

**Resultados de los materiales de bancos estabilizados con Cemento
(Resistencia en lb/pl²)**

Banco Nº	Porcentaje de Cemento	
	5%	6%
1	149.74	280.04
2	211.91	305.59
3	289.26	360.23
4	240.44	368.32
5	309.70	362.64

Las pruebas de resistencia se realizaron con especímenes de suelo-cemento, sometidas a curado de 48 horas a temperatura de 50°C, procedimiento que está basado en el concepto de “*madurez*” de mezclas con cemento.

De acuerdo a los resultados, los bancos Nº 3, 4 y 5 cumplen con la resistencia requerida cuando se combinan con el 6% en peso del cemento, y representan una opción para poder utilizarlos en la conformación de la base de la estructura del

pavimento. La cantidad de cemento se calcula en **1.965, 1.895, 2.036 bolsas por m³**, estos valores se obtuvieron de:

$$\text{cantidadde cemento} = \frac{(1465 \text{ kg/m}^3 \times 0.95 \times 0.06)}{42.5 \text{ kg/bolsa}} = 1.965 \text{ bolsa/m}^3$$

$$\text{cantidadde cemento} = \frac{1413 \text{ kg/m}^3 \times 0.95 \times 0.06}{42.5 \text{ kg/bolsa}} = 1.895 \text{ bolsa/m}^3$$

$$\text{cantidadde cemento} = \frac{1518 \text{ kg/m}^3 \times 0.95 \times 0.06}{42.5 \text{ kg/bolsa}} = 2.036 \text{ bolsa/m}^3$$

El banco a ser utilizado en la construcción será el N⁰ 5, ya que este posee mayor volumen de material explotable el cual es de aproximadamente 6000 m³.

3.6 Determinación del CBR de Diseño

Para la determinación del CBR de diseño se asumió una subrasantea **35 cm** de profundidad de la superficie actual del camino. Los suelos encontrados a dicha profundidad y su CBR se muestran en la tabla 3.6

El procedimiento utilizado para la determinación del CBR de diseño es el recomendado por el Instituto del Asfalto, el cual se muestra a continuación.

Tabla 3.6

Características de los suelos.

Tipo de suelo	CBR 95%
AASHTO	
A-7-5(11)	5

A-7-5(7)	5
A-7-5(5)	5
A-7-5(0)	6
A-7-6(0)	7
A-5(8)	9
A-5(6)	9
A-5(5)	9
A-5(3)	10
A-4(4)	11
A-4(1)	12
A-4(0)	1
A-2-5(0)	2
A-2-4(0)	20
A-1-a(0)	22
A-1-b(0)	31

3.6.1 Aplicando el método del instituto del asfalto.

Pasos a seguir:

- Ordenar todos los valores del CBR obtenidos de menor a mayor.
- Determinar el número y porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
- Elaborar un gráfico que relacione los valores del CBR con los porcentajes anteriores calculados.

En la curva resultante se determina el CBR para el percentil elegido, para nuestro caso corresponde un valor de 87.5% ver anexo 3 tabla 3.7, según el tránsito de diseño ESAL's estimado es de **2, 157, 134**.

En la tabla 3.8 se muestran valores para la debida determinación del CBR de diseño.

Tabla 3.8
Determinación del CBR

CBR 95 %	Frecuencia	Numero de valores iguales o menores	%
5	3	39	100.0
6	2	36	92.3
7	1	34	87.2
9	4	33	84.6
10	2	29	74.4
11	3	27	69.2
12	1	24	61.5
14	4	23	59.0
20	3	19	48.7
22	4	16	41.0
31	12	12	30.8

El valor de CBR de diseño es el correspondiente a **6.94**(ver gráfico 3.2 anexo 3), el cual muestra el CBR versus % de valores mayores o menores.

Capítulo IV: Diseño de Pavimento Flexible

4.1 Introducción.

Para la determinación de los espesores del pavimento se utilizó el programa “PavementAnalysis Software”, Análisis De Estructura De Pavimento. Creado por:

Thomas P. Harman M.S C.E, método de la AASHTO 1993, el cual tiene como propósito la obtención de los espesores de pavimento que cumplan con soportar las cargas de tráfico que circulen sobre él, en el período de tiempo de diseño establecido. Así como garantizar un tráfico fluido de los vehículos, que preste las condiciones de seguridad y comodidad requeridas.

4.2 Parámetros del método.

A continuación se muestra la determinación de los parámetros del método a ser empleados en el programa AASHTO – 86 para determinar los espesores de pavimento flexible.

4.2.1 Confiabilidad

Es la probabilidad de que el diseño se comporte satisfactoriamente ante las condiciones ambientales y de tránsito a las que estará sometido durante su vida útil.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, la guía de la AASHTO 1993 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizó un valor de confiabilidad (R) del **80%** que corresponde a un valor recomendado para una carretera colectora rural secundaria, como podemos constatar en la tabla 4.1.

Tabla 4.1

Valores sugeridos por AASHTO para el nivel de confianza según la clasificación funcional.

Tipo de carretera	Niveles de confiabilidad "R"
-------------------	------------------------------

	Urbana	Rurales
Autopistas Interestatales y otras	80 – 99.9	80 – 99.9
Arterias Principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

4.2.2 Desviación Estándar (S_0)

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad (R); en este paso deberá seleccionarse un valor S_0 “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento de pavimento y en la predicción del tránsito.

Los valores desarrollados en la AASHTO ROAD TEST no incluyeron error por el tránsito. Sin embargo, el error en la predicción del comportamiento desarrollado en el tramo de ensayo fue de 0.35 para los pavimentos flexibles, lo cual corresponde a una desviación estándar total de 0.45.

Considerando que se presentara posibles variaciones en el tránsito durante el período de diseño, se utilizará un valor de desviación estándar de **$S_0 = 0.45$** .

4.2.3 Serviciabilidad

Es la pérdida de la calidad de servicio que tiene un tipo de pavimento para servir al usuario; además es la manera en que un pavimento cumple su función de ser cómoda, fácil, rápida y segura la circulación de los vehículos.

La mejor forma de evaluar es a través del índice de servicio presente (PSI), el cual varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). Para esto se establece la siguiente fórmula para cambio total en el índice de servicio:

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t$$

Donde:

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal deseado.

P_0 = índice de servicio inicial

(guía de la AASTHO93 recomienda un valor inicial de 4.2 para flexibles).

P_t = índice de servicio terminal, para el cual la AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Basándonos en las recomendaciones de la AASHTO – 93, tomaremos un índice de servicio inicial de $P_0 = 4.2$ y un índice de serviciabilidad final de $P_t = 2.0$

Una vez establecido P_0 y P_t se aplicó la ecuación anterior para definir el cambio total en el índice de servicio:

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

4.3 Variables para el diseño.

4.3.1 Tránsito.

4.3.1.1 Cálculo de los ejes equivalentes. (ESAL'S)

Se define como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 18000 libras en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, haciendo uso del factor de equivalencia de carga.

Para el análisis de las cargas a las que será sometido el pavimento se tomará como base los resultados del tránsito de diseño (descrito en el capítulo 2), así como de la siguiente consideración.

4.3.1.2 Factores de equivalencia de cargas. (Factor ESAL'S)

El factor de equivalencia de las cargas esta en función de su intensidad y de la configuración de los ejes (sencillos, dobles o triples), ver anexo 4 diagrama 4.1, 4.2. Los ejes acumulados por cada tipo de vehículo (W_{18}) se estiman utilizando la siguiente fórmula:

$$W_{18} = T_D \times \text{factor Esal's}$$

El factor *Esal's* es obtenido haciendo uso de la tabla de la AASHTO, en dependencia de serviciabilidad final (P_t) de 2.0, numero estructural ($SN = 5$), tipo de ejes (sencillos, doble y triple) y carga por eje. (Ver anexo 4 tablas 4.2, 4.3)

Los factores ESAL's para las cargas por eje 4.4, 8.8, 11, 17.6, 19.8, 35.2 Kips, etc, que no aparecen directamente, se determinaron por interpolación.

En el anexo 4 tabla 4.4 se muestra los factores a considerar para la estimación de los ejes equivalentes W_{18} :

La sumatoria de todos estos valores nos proporciona el Esal para el carril de diseño W_{18} :

$$\sum W_{18} = 2,157,134$$

4.3.2 Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r).

El módulo de resiliencia es la medida del módulo de elasticidad de los materiales, que se emplean en la construcción de la subrasante.

El método de la AASHTO requiere el módulo resiliente (M_r) de la subrasante para cuantificar la capacidad de soporte de los pavimentos flexibles. Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por tal motivo se han establecido correlaciones para determinarlo.

La guía de la AASHTO propone determinar el módulo de resiliencia con el uso de la ecuación de la conocida correlación con el CBR:

$$M_r = 1500 \times \text{CBR}$$

$M_r = 1500 \times \text{CBR}$, para CBR < 10% sugerida por la AASHTO

$M_r = 3000 \times \text{CBR}^{0.65}$, para CBR de 7.2% a 20% esta ecuación fue desarrollada en sudafrica para suelos finos.

$M_r = 4326 \times \ln \text{CBR} + 241$, utilizada para suelos granulares.

La ecuación que se utilizará para determinar el M_r será la sugerida por la AASHTO, por que los parámetros que se utilizaron para la realización de esta tesis son los que rigen las normas de esta institución, se procederá a determinar M_r de diseño haciendo uso del CBR de diseño el cual es 6.94, por lo tanto el valor es:

$$M_r = 1500 \times 6.94 = 10,410 \text{ psi}$$

4.3.3 Determinación de los Coeficientes Estructurales.

El uso de las diversas capas del pavimento requiere del empleo de un coeficiente de capa, para convertir su espesor en un número estructural (SN), que es el indicativo del espesor total requerido de pavimento.

Debido a que en las cercanías del proyecto solo se encuentran bancos que no cumplen con los requisitos para ser utilizados en la base o subbase, en el presente trabajo solo se trabaja con dos coeficientes de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada los cuales se describirán a continuación:

a) Carpeta de Rodamiento (a_1):

El coeficiente de esta, se obtiene mediante la estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica, considerando los criterios del Instituto del Asfalto. El valor del coeficiente de la carpeta de rodamiento se encuentra haciendo uso del nomograma para la mezcla asfáltica (anexo 4 diagrama 4.3), tomando en cuenta, el tránsito que resulte con cargas por ejes mayores de un millón le corresponde una estabilidad Marshall de 1800 libras, que es el valor mínimo establecido por el instituto del asfalto, como se muestra en la tabla 4.5 después se intercepta la línea horizontalmente para encontrar en la línea vertical del extremo izquierdo el coeficiente estructural que es $a_1 = 0.41$

Tabla 4.5

Nº Ejes Equivalentes (ESAL DISEÑO)	Estabilidad Marshall
< 10 ⁴	750
10 ⁴ - 10 ⁶	1200

$>10^6$	1800
---------	------

Fuente: Tesis, diseño de pavimento flexible de 2.84 km en calle entre los barrios 20 de mayo y cuatro esquinas de la ciudad de Jinotega, Elaborado por Ing. Baraquiel Zeledón Pérez

b) Base (a_2):

Los requisitos de calidad deben ser superiores a los de la subbase. El material estará representado por un coeficiente (a_2) que permite convertir una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Se usa el nomograma de variación en el coeficiente estructural de capa de base estabilizada con cemento (anexo 4 gráfico 4.4) haciendo uso del valor de la resistencia (del banco 5 de 362.64 lb/plg² utilizando 6% de cemento), horizontalmente se traza una línea hasta encontrar la línea vertical que corresponde el valor del coeficiente estructural $a_2 = 0.1470$

c) Drenaje (m_i):

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a la estructura del pavimento.

El coeficiente de drenaje se expresa en la fórmula de números estructural por medio del drenaje (m_i) que toma en cuenta las capas no ligadas, (Ver anexos 4 tabla 4.6). Por lo tanto se asume un valor de $m_i = 1.00$, ya que el laboratorio se trabaja en condición saturada o máscritica para obtener el CBR.

4.4 Cálculo de los espesores del pavimento

Para calcular los espesores de las capas de pavimento, se utilizará el programa PavementAnalysis Software, cuyos datos de entrada son los siguientes:

Número de ejes equivalentes = 2,157,134

Confiabilidad (%) = 80%

Desviación estándar = 0.45

Módulo de resiliencia = 10,410 psi

Serviciabilidad inicial = 4.2

Serviciabilidad final = 2

Coefficiente de drenaje = 1

Además de estos datos se requieren los coeficientes de cada capa:

Carpeta asfáltica $a_1 = 0.41$

Base $a_2 = 0.147$

Coefficiente de Drenaje = 1

La siguiente tabla describe los espesores mínimos, para cada capa como se muestra a continuación.

Tabla 4.7
Espesores Mínimos Sugeridos.

Minimum Thickness (inches)		
Traffic, ESAL's	Asphalt Concrete	Aggregate Base
Less than 50,000	1.0 (or surface treatment)	4
50,001-150,000	2.0	4
150,001-500,000	2.5	4
500,001-2,000,000	3.0	6
2,000,001-7,000,000	3.5	6
Greater than 7,000,000	4.0	6

Fuente:AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

4.5 Espesores requeridos

De acuerdo a los datos procesados en el programa PavementAnalysisSoftware de define el espesor total requerido para todo el tramo en estudio detallándose a continuación.

Tabla4.8
Espesores requeridos

Capas De Pavimento	Espesores (plg.)
Carpeta Asfáltica	4
Base	10

Los resultados del análisis haciendo uso del programa PavementAnalysis se muestran en el anexo 5.

Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

Después de ser analizada y procesada la información obtenida para el desarrollo de este trabajo se presentan las siguientes conclusiones:

Como resultado del análisis de las variables que influyen el crecimiento del tránsito, se propuso la tasa de crecimiento del 2%. Al procesar los datos del conteo vehicular se obtuvo el tránsito de diseño igual a 2,202,494 el cual está constituido por: 54.16% vehículos livianos, 10.60% veh pesados de pasajeros, 35.24% vehículos pesados de carga.

Se obtuvo a través del estudio de tránsito el numero de ejes equivalentes igual a 2, 157,134; el cual se puede desglosar en un 0.10 % vehículos livianos, 15.19% vehículos pesados de pasajeros y 84.71% vehículos pesados de carga, se puede observar que a pesar que el volúmenes de transito liviano es mayor (54.16 %) su efecto no incide mucho en la estructura de pavimento.

En el análisis de suelo se obtuvo las características de los materiales predominantes del tramo en estudio logrando así calcular el CBR de diseño de la subrasante por el método del instituto del asfalto el cual dio un valor de 6.94.

Dado que los bancos de materiales no cumplían con la resistencia necesaria para ser utilizados en la base, se procedió a estabilizar con un 6% de cemento el banco de material N^o 5, porque este tiene el volumen suficiente para cubrir el proyecto.

Los espesores de pavimento fueron calculados con el programa PavementAnalysis Software, y los valores obtenidos a través de este, para resistir los efectos de carga de diseño (ESAL's) en base a los datos analizados fueron:

- Capa superior de asfalto = 4 plg.
- Capa base estabilizada = 10 plg.

Se logró una estructura de pavimento igual a 14 plg equivalentes a 35 cm.

5.2 Recomendaciones.

- ✓ Es recomendable que las instituciones pertinentes realicen conteos vehiculares periódicos, para garantizar el adecuado uso y mantenimiento que se le debe dar a la vía, y esta se comporte conforme al diseño y no incremente considerablemente su serviciabilidad.
- ✓ Las autoridades correspondientes deberán tener un mayor control sobre el peso de los vehículos, de lo contrario esto afectara la estructura del pavimento, porque los coeficientes con los cuales fue diseñado no serán los mismos, por eso es recomendable evitar el tránsito de vehículos con sobrecargas.
- ✓ Es de suma importancia que durante el proceso de construcción se respeten los valores y consideraciones plasmadas en el diseño, como por ejemplo garantizar que se cumplan los espesores de las capas de la estructura de pavimento ya que de esto dependerá la confiabilidad y vida útil de la vía.

- ✓ Garantizar que la resistencia de la base no sea menor que la estipulada en el diseño.
- ✓ Constatar que la estabilidad Marshall cumpla con las 1800 lbs. estipuladas en el diseño.
- ✓ Verificar que en el momento de la construcción los espesores de las capas no sean menores que los calculados.
- ✓ Se deberá llevar un estricto control de compactación de campo al momento de colocar el material del banco N° 5 (Cofradía).
- ✓ Garantizar que la superficie esté libre de impurezas para lograr una buena adherencia con la mezcla asfáltica antes de la colocación.
- ✓ Certificar que el drenaje sea el adecuado para mantener en buenas condiciones la estructura de pavimento.

Bibliografía

Informe:

- ❖ Estudio de tránsito del tramo Proincasa – Cofradía efectuado por Corea y Asociados (CORASCO S.A).
- ❖ Estudio de suelo del tramo Proincasa – Cofradía efectuado por Corea y Asociados (CORASCO S.A).

Tesis Consultadas:

- ❖ Ing. Ligia Guadalupe Chavarría, Ing. Claudia Delfina Guevara. Diseño De Pavimento Rígido del Tramo Matagalpa – Los Lipes (Tesina).
- ❖ Ing. Hania Esquivel Mercado Ing. Tania Cruz Martínez. Diseño de pavimento flexible San Antonio – San Gregorio, Diriamba.
- ❖ Br. Elisa Hernández Guevara. Br. Claudia Corrales Gutiérrez. Diseño de pavimento flexible del tramo Las Flores – Monimbo.
- ❖ Ing. Baraquiel Zeledón Pérez. Diseño de pavimento flexible de 2.84 km en calle entre los barrios 20 de Mayo y Cuatro Esquinas de la ciudad de Jinotega.

Paginas Web:

- ❖ Banco Central de Nicaragua. BCN,
http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/economicas_anuales/principales_indicadores_macroeconomicos/indicadores/NIC_2.htm

- ❖ Segundo semestre 2009: reactivación de la economía mundial, capítulo I. <http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/anual/memoria/cap1econ.mundial.pdf>

Documentos en PDF:

- ❖ **Raúl Leclair Consultor**, SIECA, 2001. Manual Centroamericano de normas para El Diseño Geométrico de las Carreteras regionales.
- ❖ Ing. Jorge Coronado Iturbide Consultor, SIECA 2002. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. **Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.**
- ❖ American Association of States Highway and transportation, (AASHTO - 93). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.
- ❖ Alfonso Montejó Fonseca, 2001. Ingeniería de pavimentos para carretera.

Programa:

- ❖ Thomas P. Harman, M.S C.E. Pavement Analysis Software.

Anexo I: Localización, Estaciones.

Anexo II: Tránsito

2.1 Conteos Volumétricos: Estación Proincasa, Ambos Sentido.
Día 07/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers Minitibus 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																	
6:00-7:00	5	8		11		8		2									34
7:00-8:00	5	12	7	13	1	4	2	6	12		4						66
8:00-9:00	2	15	5	3	1	2	2	9	2		5						46
9:00-10:00	3	6	6	9	1	1		9	6		3						44
10:00-11:00	4	8	4	4		1	4	9	4		3						41
11:00-12:00	2	12	2	9				4	7		6						42
PM																	
12:00-1:00		1	2	13		5		3			7						31
1:00-2:00	4	10	4	4			2	10	3		4						41
2:00-3:00	2	11	4	12			2	6	10		5						52
3:00-4:00	8	15	8	9			2	12	5		8						67
4:00-5:00	5	11	2	12	2			9	6		2						49
5:00-6:00	1	5		1		3	1	1	3		3						18
TOTAL	41	114	44	100	5	24	15	80	58		50						531

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.2 Conteos Volumétricos: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 07/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers Minitibus 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																	
6:00-7:00	7	7		4		7		3									28
7:00-8:00	3	13	4	7	1	5	2	5	9		6		1				56
8:00-9:00	5	12	5	8	1	1	3	10	5		2						52
9:00-10:00	1	9	5	4	1	1		8	4		3						36
10:00-11:00	3	7	1	3		2	2	3	6		5						32
11:00-12:00	2	4	2	4			1	4	7		2						26
PM																	
12:00-1:00	2	7		4		3		1	1		1						19
1:00-2:00	3	7	4	7		1	1	2	7		1						33
2:00-3:00	3	9	4	4		3	2	4	5		2						36
3:00-4:00	3	9	2	6			2	7	7		2						38
4:00-5:00	4	10	5	9	2	3	1	5	5								44
5:00-6:00	1	6	1	2			1		3		2						16
TOTAL	37	100	33	62	5	26	15	52	59		26		1				416

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.3 Conteos Volumétricos: Estación Proincasa, Ambos Sentido.
Día 08/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15-30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	10	21	1	12			10		9	1	1							65
7:00-8:00	7	8	1	17	1		4	4	7	1	1	2	2					55
8:00-9:00	3	10	8	8	1		1	1	3	4		2	2					43
9:00-10:00	10	12	5	6	0		1	1	10	5		1	3					54
10:00-11:00	3	15	6	10	1		1	4	13	11		2	2					68
11:00-12:00	4	11	6	23	3			3	7	5		12						74
PM																		
12:00-1:00	7	12	4	11	3		2		15	6		10						70
1:00-2:00		13	2	13				3	9	3		12						55
2:00-3:00	2	17	6	12	1		1	1	10	2		6						58
3:00-4:00	6	15	4	14	3				3	3		3						51
4:00-5:00	4	23	5	16					10	2		2		1				63
5:00-6:00	2	17	7	11	1	4	5		8			5						60
TOTAL	58	174	55	153	14	4	25	17	104	43	2	57	9		1			716

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.4 Conteos Volumétricos: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 08/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15-30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	4	12		4			8	1	6	1								36
7:00-8:00	7	7	4	10	1		3	1	8	2		1						44
8:00-9:00	7	7	3	4	1		2	2	4	4		1						35
9:00-10:00	3	11	2	1	1		1	3	4	3		2						32
10:00-11:00	2	6	2	7	1		2	3	5	10		2						40
11:00-12:00		13	1	2	1		1	1	5	9		9						42
PM																		
12:00-1:00	3	7	3	7	1		3	1	7	10		6						48
1:00-2:00	4	13	1	12	1		3	3	9	17		3						66
2:00-3:00	2	17	2	8			1		7	2		3						42
3:00-4:00	2	17	8	15				4	2	5		1		1	1	1		57
4:00-5:00	2	16	21	4			2	3	5	3		1				1		58
5:00-6:00	1	2		6			1		1							1		12
TOTAL	37	128	47	80	7		27	22	63	66		29		1	2	3		512

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.5 Conteos Volumétricos: Estación Proincasa, Ambos Sentido.
Día 09/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibus 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	6	21	1	15			9		9	2		1						64
7:00-8:00	5	13	5	9	2		3		4	1		1						43
8:00-9:00	1	12	5	13			2		3	1		1						38
9:00-10:00	4	15	3	16	2		1		9	2		12						64
10:00-11:00		9	2	1					6	2		3						23
11:00-12:00	2	29	8	16	2	1	1		16	12		12						99
PM																		
12:00-1:00	1	13	3	16	1	1	1		8			9						53
1:00-2:00	4	16	7	8	1			1	9	5		3						54
2:00-3:00	1	17	1	12			1		14	3								49
3:00-4:00	12	21	6	13	1		1		21	5		2						82
4:00-5:00	5	17	7	7	2		1		12	4		6	2					63
5:00-6:00	4	31	6	16	2		4		11			1						75
TOTAL	45	214	54	142	13	2	24	1	122	37		51	2					707

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.6 Conteos Volumétricos: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 09/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibus 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	3	9	1	6			4	1	3			2						29
7:00-8:00	8	15	3	9	2		6	1	2	2								48
8:00-9:00	2	6	2	6			1	1	4	1					1			24
9:00-10:00	4	14	3	5	2		2		6	4		2						42
10:00-11:00	7	17	4	3			1	2	2	3		3						42
11:00-12:00	2	5	4	6			2		4	1		4				1		25
PM																		
12:00-1:00	2	10	2	1	1		2	2	3	5		1		1				30
1:00-2:00	4	17	2	8	1		1	4	2	4						1		44
2:00-3:00	6	17		2			2	2	3	1								33
3:00-4:00	5	23	4	7				2	4	1								46
4:00-5:00	8	21	2	7	1		3	1	2			2						47
5:00-6:00	1	9	1	2					1									14
TOTAL	52	163	24	62	7		24	16	36	22		14		1	1	2		424

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.7 Conteos Volumétricos: Estación Proincasa, Ambos Sentido.
Día 10/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	3	17	2	4	2		6	1	12			3						50
7:00-8:00	8	17	3	18	2		4		3	2		2						59
8:00-9:00	2	16	5	20	1		1	2	10	3		1						61
9:00-10:00	4	12	10	13	3		1	2	6			3						54
10:00-11:00	15	19	9	12	2		1	3	6	2		5						74
11:00-12:00	10	21	16	17	1	3		3	4	3		7						85
PM																		
12:00-1:00		11	2	12														25
1:00-2:00	1	13	4	6				1	4			1	1					31
2:00-3:00	4	25	3	8		1	2	2	1			1						47
3:00-4:00	9	27	4	6	1			1	1									49
4:00-5:00	1	35	2	16	1		1	3										59
5:00-6:00			1															1
TOTAL	57	213	61	132	13	4	16	18	47	10		23	1					595

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.8 Conteos Volumétricos: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 10/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	2	7		4			4	2	2									21
7:00-8:00	7	8	2	14			1	2	6	5		2			1			48
8:00-9:00	2	10	5	3	2		1	2	1						1			27
9:00-10:00	3	11	5	2			1	2	9	1		4						38
10:00-11:00	4	17	4	7			3	2	1	2		3						43
11:00-12:00		6	6	6			4		6			3						31
PM																		0
12:00-1:00	2	10		2	1			2	3	1		2						23
1:00-2:00	7	14	1	2			1	5	3	4		1						38
2:00-3:00	2	13	4	3	1		1	1	1	5		1			1			33
3:00-4:00	4	20	4	4					2	1		3			6			44
4:00-5:00	5	19		3			3					1						31
5:00-6:00	1	14		4						1								20
TOTAL	39	149	31	54	4		19	18	34	20		20			9			397

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.9 Conteos Volumétricos: Estación Proincasa, Ambos Sentido.
Día 11/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																	
6:00-7:00	3	3		2			1	1	1								11
7:00-8:00	2	3	1	2	1			3	2		2						16
8:00-9:00	3	4		2					2								11
9:00-10:00	3	3	1	2					4		2						15
10:00-11:00	3	7		4			1	2	4								21
11:00-12:00	3	5		2			2	2	3		1						18
PM																	
12:00-1:00	2	3	1	2				1	3								12
1:00-2:00	5	9	1	4				1	3		1						24
2:00-3:00	4	4		4			2	3	2		1						20
3:00-4:00	5	8	3	4			1	2	3								26
4:00-5:00	6	7	2	2				2	5		1						25
5:00-6:00	2	1															3
TOTAL	41	57	9	30	1		7	17	32		8						202

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.10 Conteos Volumétricos: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 11/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																	
6:00-7:00	2	7		2					1								12
7:00-8:00	3	3	1	1	1		1	2	3		2						17
8:00-9:00	5	4		1					4		1						15
9:00-10:00	4	4		4			1		4		1						18
10:00-11:00	4	7		3			2	2	1								19
11:00-12:00	3	3						2	3		1						12
PM																	
12:00-1:00	2	3		2				1	3		1						12
1:00-2:00	4	8	1	3				1	1								18
2:00-3:00	3	7	1	3			2	1	2								19
3:00-4:00	5	5	2	4			1		4		2						23
4:00-5:00	6	6		1				2	3								18
5:00-6:00	2	4	1	2				1	3								13
TOTAL	43	61	6	26	1		7	12	32		8						196

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.11 Conteos Volumétricos Diurno: Estación Proincasa, Ambos Sentido
Día 12/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00																		
7:00-8:00	2	2	2	2			2				1	2						13
8:00-9:00	1	13	10	9			2	4	3	1	3	3						49
9:00-10:00	7	13	11	5	1		4	3	2		2	2						50
10:00-11:00	3	18	18	10		1	4	3	2	4	5	2						70
11:00-12:00	2	14	6	9			2	3	12	4	6	4						62
PM																		
12:00-1:00	5	12	3	5	1	1	4	2	4	1	6	6						50
1:00-2:00		13	9	4				8	5	1	3	4						47
2:00-3:00	3	17	5	1	2		5	3	6		2	6						50
3:00-4:00	1	17	10	2				9	8		4	1						52
4:00-5:00	2	16	9	7	1		2	3	4	1	1	5						51
5:00-6:00	3	7	7				2	1	2	2	1	3						28
TOTAL	29	142	90	54	5	2	27	39	48	14	34	38						522

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.12 Conteos Volumétricos Diurno: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 12/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _x -S _x <=4e	T _x -S _x >=5e	C _x -R _x <=4e	C _x -R _x >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	7	12	1	8			6	1	3									38
7:00-8:00	5	6	2	15			6	2	3	2		4						45
8:00-9:00	2	11	3	11			1	2				2			1			33
9:00-10:00	2	12		3			1	6	2	1		6						33
10:00-11:00	6	7	1	5			3	3	2	5		2						34
11:00-12:00	2	8	2	9				1	5	8		11						46
PM																		
12:00-1:00	2	10	1	3			1	1	4	3		7						32
1:00-2:00	2	9	1	4			3		5	4		9						37
2:00-3:00		10	2	2			1	1	2			4						22
3:00-4:00		13	1	3				1	1	3		5						27
4:00-5:00	3	16	3	7			2	1	3			6						41
5:00-6:00	4	10		3			1	1				1						20
TOTAL	35	124	17	73			25	20	30	26		57			1			408

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.13 Conteos Volumétricos: Estación Proincasa, Ambos Sentido.
Día 13/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mc Bus<15pers	Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _{x-S_x} <=4e	T _{x-S_x} >=5e	C _{x-R_x} <=4e	C _{x-R_x} >=5e	V.A	V.C	Caponeras	Total
AM																		
6:00-7:00	11	23	10	16	1		9	2	2		5							79
7:00-8:00	5	10	5	14			3	2	6	2	5							52
8:00-9:00	8	21	6	16	2		1	3	8	4	12							81
9:00-10:00	5	8	3	12	2		1	0	7	3	4							45
10:00-11:00	2	13	4	13	1		1	1	11	2	12							60
11:00-12:00	2	18	7	8					8	6	16							65
PM																		
12:00-1:00	4	7	3	14	3		2	1	4	3	8							49
1:00-2:00	1	19	7	15	2				19	2	16	2						83
2:00-3:00		16	6	10			1	1	9	9	8							60
3:00-4:00	4	15	9	7				1	15	10	19							80
4:00-5:00	4	16	4	7					16	4	5							56
5:00-6:00																		
TOTAL	46	166	64	132	11		18	11	105	45	110	2						710

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

2.14 Conteos Volumétricos: Estación Cofradía, Ambos Sentido.
Día 13/11/2007

Hora	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	MC Bus<15pe	Minibús 15- 30per	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	T _{x-S_x} <=4e	T _{x-S_x} >=5e	C _{x-R_x} <=4e	C _{x-R_x} >=5e	V.A	V.C	Caponera s	Total
AM																		
6:00-7:00	5	13	1	10			6	1	1									37
7:00-8:00	6	9	2	9	1		3	3	1	1	6							41
8:00-9:00	3	10	3	7	2		2	7	1	2	9							46
9:00-10:00	10	8	1	1	1		1	1	4	1	5							33
10:00-11:00		12	1	5	1		3		4		8							34
11:00-12:00	3	18	2	8			2	1	3	3	5							45
PM																		
12:00-1:00	1	7	1	3	4		2			4	6							28
1:00-2:00	1	5	3	3	2			1	11	5	4							35
2:00-3:00	2	13	3	3			3	1	8	6	7							46
3:00-4:00	3	15	5	7				1	5	5	8							49
4:00-5:00	1	12	2	3	1		1	2	2	7	2							33
5:00-6:00																		
TOTAL	35	122	24	59	12		23	18	40	34	60							427

Fuente: Estudio De Transito Proincasa – Cofradía (CORASCO S.A).

Tabla 2.15

a) Volúmenes de Tráfico obtenidos en los conteos de doce horas en la estación Cofradía.

ESTACION COFRADIA									
TIPOS DE VEHICULOS	Miércoles, 07 de Nov. de 2007	Jueves, 08 de Nov. de 2007	Viernes, 09 de Nov. de 2007	Sábado, 10 de Nov. de 2007	Domingo, 11 de Nov. de 2007	Lunes, 12 de Nov. de 2007	Lunes, 12 de Nov. de 2007	Martes, 13 de Nov. de 2007	Factor Día
TURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	NOCT.	DIURNO	
Motos	37	37	52	39	43	35	14	35	1.40
Autos	100	128	163	149	61	124	21	122	1.17
Jeep	33	47	24	31	6	17	5	24	1.29
Cmta.	62	80	62	54	26	73	12	59	1.16
Mc Bus<15pers	5	7	7	4	1	0	0	12	1.00
Bus	26	27	24	19	0	25	7	23	1.28
Liv. 2-5 Ton	15	22	16	18	7	20	3	18	1.15
C2 5+ Ton	52	63	36	34	12	30	9	40	1.30
C3	59	66	22	20	32	26	8	34	1.31
T ₃ -S ₂	26	29	14	20	8	57	11	60	1.19
C ₃ -R ₃	1	1	1	0	0	0	0	0	1.00
V.A	0	2	1	9	0	1	0	0	1.00
V.C	0	3	2	0	0	0	0	0	1.00
Total	416	512	424	397	196	408	90	427	

b) Volúmenes de Tráfico obtenidos en los conteos de doce horas en la estación Proincasa.

ESTACION PROINCASA									
TIPOS DE VEHICULOS	Miércoles, 07 de Nov. de 2007	Jueves, 08 de Nov. de 2007	Viernes, 09 de Nov. de 2007	Sábado, 10 de Nov. de 2007	Domingo, 11 de Nov. de 2007	Lunes, 12 de Nov. de 2007	Lunes, 12 de Nov. de 2007	Martes, 13 de Nov. de 2007	Factor Día
TURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	DIURNO	NOCT.	DIURNO	
Motos	41	58	45	57	41	29	9	46	1.31
Autos	114	174	214	213	57	142	19	166	1.13
Jeep	44	55	54	61	9	90	11	64	1.12
Cmta.	100	153	142	132	30	54	8	132	1.15
Mc Bus<15pers	5	14	13	13	1	5	2	11	1.40
Minibús 15-30per	0	4	2	4	0	2	0	0	1.00
Bus	24	25	24	16	0	27	7	18	1.26
Liv. 2-5 Ton	15	17	1	18	7	39	8	11	1.21
C2 5+ Ton	80	104	122	47	17	48	16	105	1.33
C3	58	43	37	10	32	14	3	45	1.21
T ₂ -S ₁	0	2	0	0	0	34	0	0	1.00
T ₃ -S ₂	50	57	51	23	8	38	17	110	1.45
C ₂ -R ₂	0	9	2	1	0	0	0	2	1.00
V.A	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00
Total	531	716	707	595	202	522	100	710	

Tabla 2.16

a) Volúmenes de Tráfico expandidos a veinticuatro horas en la estación Cofradía.

ESTACION COFRADIA								
TIPOS DE VEHICULOS	Miércoles, 07 de Noviembre de 2007	Jueves, 08 de Noviembre de 2007	Viernes, 09 de Noviembre de 2007	Sábado, 10 de Noviembre de 2007	Domingo, 11 de Noviembre de 2007	Lunes, 12 de Noviembre de 2007	Martes, 13 de Noviembre de 2007	Promedio Día
Motos	52.0	52.0	73.0	55.0	61.0	49.0	49.0	56.0
Autos	117.0	150.0	191.0	175.0	72.0	145.0	143.0	142.0
Jeep	43.0	61.0	32.0	41.0	8.0	22.0	32.0	35.0
Cmta.	73.0	94.0	73.0	63.0	31.0	85.0	69.0	70.0
Mc Bus<15pers	5.0	7.0	7.0	4.0	1.0	0.0	12.0	6.0
Bus	34.0	35.0	31.0	25.0	0.0	32.0	30.0	27.0
Liv. 2-5 Ton	18.0	26.0	19.0	21.0	9.0	23.0	21.0	20.0
C2 5+ Ton	68.0	82.0	47.0	45.0	16.0	39.0	52.0	50.0
C3	78.0	87.0	29.0	27.0	42.0	34.0	45.0	49.0
T ₃ -S ₂	32.0	35.0	17.0	24.0	10.0	68.0	72.0	37.0
C ₃ -R ₃	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
V.A	0.0	2.0	1.0	9.0	0.0	1.0	0.0	2.0
V.C	0.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Total	521.0	635.0	523.0	489.0	250.0	498.0	525.0	496.0

b) Volúmenes de Tráfico expandidos a veinticuatro horas en la estación Proincasa.

ESTACION PROINCASA								
TIPOS DE VEHICULOS	Miércoles, 07 de Noviembre de 2007	Jueves, 08 de Noviembre de 2007	Viernes, 09 de Noviembre de 2007	Sábado, 10 de Noviembre de 2007	Domingo, 11 de Noviembre de 2007	Lunes, 12 de Noviembre de 2007	Martes, 13 de Noviembre de 2007	Promedio Día.
Motos	54.0	76.0	59.0	75.0	54.0	38.0	61.0	60.0
Autos	130.0	198.0	243.0	242.0	65.0	161.0	189.0	176.0
Jeep	50.0	62.0	61.0	69.0	11.0	101.0	72.0	61.0
Cmta.	115.0	176.0	164.0	152.0	35.0	62.0	152.0	123.0
Mc Bus<15pers	7.0	20.0	19.0	19.0	2.0	7.0	16.0	13.0
Minibús 15-30per	0.0	4.0	2.0	4.0	0.0	2.0	0.0	2.0
Bus	31.0	32.0	31.0	21.0	0.0	34.0	23.0	25.0
Liv. 2-5 Ton	19.0	21.0	2.0	22.0	9.0	47.0	14.0	20.0
C2 5+ Ton	107.0	139.0	163.0	63.0	23.0	64.0	140.0	100.0
C3	71.0	53.0	45.0	13.0	39.0	17.0	55.0	42.0
T ₂ -S ₁	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	34.0	0.0	6.0
T ₃ -S ₂	73.0	83.0	74.0	34.0	12.0	55.0	160.0	71.0
C ₂ -R ₂	0.0	9.0	2.0	1.0	0.0	0.0	2.0	2.0
V.A	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Total	657.0	876.0	865.0	715.0	250.0	622.0	884.0	702.0

PERMANENTE 100

NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA 96	TPDA 97	TPDA 98	TPDA 99	TPDA 2000	TPDA 2001	TPDA 2002	TPDA 2003	TPDA 2004	TPDA 2005	TPDA 2006
NIC-1	136	C	6.0	Portezuelo - El Dancing				41,195		45,187	43,642		43,193		74,157
NIC-1	137	C	7.0	El Dancing - La Subasta				34,727		47,479	37,402		37,877		42,861
NIC-1	138	C	10.0	La Subasta - Aeropuerto				23,181		30,244		40,309	30,646		30,449
NIC-1	101A	C	12.0	Aeropuerto - Zona Franca	9,610	9,292		15,823		19,569		20,961	21,632		21,453
NIC-1	101B	C	13.4	Zona Franca - La Garita	6,919	6,690		11,379		18,899	13,543		14,252		
NIC-1	116A	C	16.5	La Garita - Emp. Los Pollos	5,393	5,122				4,701	7859		9140	9726	
NIC-1	116B	C	22.0	Emp. Los Pollos - Punta de Plancha						6,293	7514		6718	6781	
NIC-1	100	P	31.0	Punta de Plancha - Emp. San Benito	4,364	4,181	4,540	4,900	5,401	5,704	5,697	5,594	6,414	6,335	6,347
NIC-1	103	C	40.0	Emp. San Benito - Maderas	2,558	2,641	3,252			2,861		3,706		3,927	
NIC-1	104	C	50.8	Maderas - Las Calabazas	2,404	2,427		3,086		3,055		3,315		3,542	

Fuente: Revista conteo de tráfico 2006, MTI.

PERMANENTE 100

NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA 96	TPDA 97	TPDA 98	TPDA 99	TPDA 2000	TPDA 2001	TPDA 2002	TPDA 2003	TPDA 2004	TPDA 2005	TPDA 2006
-	7008	S	-	San Benito - El Obraje			7								
NN-147	135	S	38.0	San Benito - Colonia Los Laureles			60	21	84						
NN-149	133	S	40.0	Ingenio Victoria de Julio - Malacatoya			176			66					
NN-150	134	S	40.0	Ingenio Victoria de Julio - El Brasil			47	52							
NN-151	102	C	15.0	La Garita (Rotonda) - Tipitapa	3,971	4,207				5,660	5,222		5,217	4,767	
NN-151	115	C	23.5	Tipitapa - Punta de Plancha	1,010	970				1,328	1218	1218		494	
NN-152	132	C	50.0	Emp. Carcel Modelo - Carcel Modelo			575	809						780	
NN-153	126	SyC	18.3	Proincasa - Cofradia				366		734			637	755	
NN-153	140	S	22.4	Cofradia - Emp. El Portillo				120		390			412	493	
NN-154	129	C	4.4	Pista El Mayoreo (Las Américas) - Sabana Grande			1,150	1,530		3,215		4,400		4,866	

Fuente: Revista conteo de tráfico 2006, MTI.

ESTACION PERMANENTE 100

Camino: NIC-1		Estación: 100	Tramo: Punta de Plancha - Emp. San Benito.					Período S	Días: 7	Horas: 24	Mes/Año	febrero 2006	Km: 31.000					
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.		Otros
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	85	1014	697	2013	72	18	575	586	798	112	10	484	35	1	1	1	11	6513
Factor Día	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Fac. Temporada	1.09	1.00	0.94	0.95	0.99	1.04	1.07	0.98	0.98	0.98	0.72	0.96	0.50	0.88	3.09	0.64	1.22	
TPD Verano	93	1018	652	1907	71	19	614	573	785	109	7	463	18	1	3	1	13	6347
% TPDA	1.47	16.03	10.27	30.05	1.12	0.29	9.68	9.02	12.37	1.72	0.11	7.30	0.28	0.01	0.05	0.01	0.21	100.00
% Vehículos livianos		59.23%						% Vehículos Pesados						40.56%			0.21%	100.00%

Fuente: Revista conteo de tráfico 2006, MTI.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PROINCASA - COFRADIA

Camino:	NIC-1		Estación:	100	Tramo:	Punta de Plancha - Emp. San Benito.			Período	S	Días:	7	Horas:	24	Mes/Año	agosto 2006	Km:	31.000
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	101	1022	607	1801	69	19	654	559	773	107	5	442	0	0	4	0	16	6180
Factor Día	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Fac. Temporada	0.92	1.00	1.07	1.06	1.02	0.96	0.94	1.02	1.02	1.03	1.62	1.05	1.00	1.17	0.60	1.00	0.85	
TPD Invierno	93	1019	652	1907	70	19	614	572	785	109	8	463	0	0	2	0	14	6328
% TPDA	1.47	16.10	10.30	30.13	1.11	0.29	9.71	9.04	12.41	1.73	0.12	7.32	0.00	0.01	0.04	0.00	0.22	100.00
% Vehículos Livianos	59.40%						% Vehículos Pesados								40.38%		0.22%	100.00%

Fuente: Revista conteo de tráfico 2006, MTI.

ESTACION PERMANENTE 126

Camino:	NN-153		Estación:	126	Tramo:	PROINCASA - COFRADIA			Período	L	Días:	3	Horas:	12	Mes/Año	abril 2006	Km:	18.300
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	39	176	35	135	5		21	74	79	10		25					2	601
Factor Día	1.20	1.35	1.36	1.33	1.31	1.29	1.27	1.41	1.51	1.42	1.43	1.50	1.59	1.00	1.00	1.00	1.38	
Factor Semana	0.91	1.04	0.95	0.93	0.90	0.94	0.94	0.88	0.86	0.89	0.78	0.92	0.73	1.00	1.00	1.00	0.93	
Fac. Temporada	1.11	0.95	0.95	0.97	1.06	1.03	1.00	0.98	0.98	0.92	0.63	1.00	0.50	1.00	1.10	1.00	1.13	
TPD Verano	47	234	43	161	6		25	90	101	12		34					3	755
% TPDA	6.19	30.95	5.70	21.28	0.83		3.30	11.96	13.31	1.55		4.54					0.38	100.00
% Vehículos Livianos	64.96%						% Vehículos Pesados								34.66%		0.38%	100.00%

Fuente: Revista conteo de tráfico 2006, MTI.

Tabla 2.17

a) Resultado del TPDA de la estación cofradía.

ESTACION COFRADIA				
TIPOS DE VEHICULOS	Promedio Día.	Factor Temporada Estación 126	TPDA	Porcentaje
Motos	56.0	1.11	63	12.86%
Autos	142.0	0.95	135	27.55%
Jeep	35.0	0.95	34	6.94%
Cmta.	70.0	0.97	68	13.88%
Mc Bus<15pers	6.0	1.06	7	1.43%
Bus	27.0	1	27	5.51%
Liv. 2-5 Ton	20.0	0.98	20	4.08%
C2 5+ Ton	50.0	0.98	49	10.00%
C3	49.0	0.92	46	9.39%
T ₃ -S ₂	37.0	1	37	7.55%
C ₃ -R ₃	1.0	1	1	0.20%
V.A	2.0	1	2	0.41%
V.C	1.0	1	1	0.20%
Total	496.0		490	100.00%

b) Resultado del TPDA de la estación Proincasa.

ESTACION PROINCASA				
TIPOS DE VEHICULOS	Promedio Día.	Factor Temporada Estación 126	TPDA	Porcentaje
Motos	60.0	1.11	67	9.7%
Autos	176.0	0.95	168	24.4%
Jeep	61.0	0.95	58	8.4%
Cmta.	123.0	0.97	120	17.4%
Mc Bus<15pers	13.0	1.06	14	2.0%
Minibús 15-30per	2.0	1.03	3	0.4%
Bus	25.0	1	25	3.6%
Liv. 2-5 Ton	20.0	0.98	20	2.9%
C2 5+ Ton	100.0	0.98	98	14.2%
C3	42.0	0.92	39	5.7%
T ₂ -S ₁	6.0	0.63	4	0.6%
T ₃ -S ₂	71.0	1	71	10.3%
C ₂ -R ₂	2.0	0.5	1	0.1%
V.A	1.0	1	1	0.1%
Total	702.0		689	100%

Anexo III: Suelo

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PROINCASA - COFRADIA

RESULTADOS DE ESAYES DE SUELO																																	
PROYECTO: PROINCASA- COFRADIA																																	
10 Percentil CBR de Linea=8.75																																	
Estación Kms	Sondeo Nº	Muestra Nº	Profund. cms	Desv. mts	% que pasa por tamiz										LL %	I.P %	Clasificación H.R.B	G.S.F S.U.C.S	CBR (%)		CBD DCP	Características del material											
					2"	1½"	1"	¾"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200					95	100													
1+400	14	53	0-30	2.50 mts izq l.c.													n.p	A-1-b(0)	9.4	31	47	arena limosa con grava gris											
		54	30-70		96	86	79	74	68	65	57	49	33	12			n.p	A-1-b(0)	9.6	31	47	arena gravo limosa (hormigón rojo)											
		55	70-100															n.p	A-2-4(0)	4.3	20	31	arena limosa con gravilla										
		56	100-120															n.p	A-1-b(0)	18.3	31	47	arena limosa color negro										
1+500	15	57	120-150	2.50 mts izq l.c.													n.p	A-1-b(0)	3.3	31	47	grava arenosa limosa gris											
		58	0-10														n.p	A-1-b(0)	9.4	31	47	arena limosa con grava gris											
		59	10-70		96	86	79	74	68	65	57	49	33	12			n.p	A-1-b(0)	9.6	31	47	35 arena gravo limosa (hormigón rojo)											
		60	70-130															A-7-6(4)	35.6			arcilla arenosa (color amarillo)											
1+600	16	61	130-150	2.30 mts izq l.c.													n.p	A-3(0)	16.9			arena limosa amarillento											
		62	0-7															n.p	A-1-b(0)	9.4	31	47	arena limosa con grava amarillento										
		63	7-40		97	87	75	69	64	60	48	39	24	12			n.p	A-1-a(0)	5.9	22	43	grava arenosa limosa amarillenta											
		64	40-50															9	A-2-5(0)	30.7			grava arena arcillosa café oscuro										
1+700	17	65	50-90	2.40 mts der l.c.													n.p	A-7-5(4)	39.8			arcilla limosa color gris											
		66	90-150															n.p	A-7-5(2)	36.3			arena arcilla limosa amarillento										
		67	0-10															n.p	A-1-b(0)	9.4	31	47	arena limosa con grava gris										
		68	10-20															n.p	A-1-b(0)	16.4	31	47	35 arena limosa amarillenta										
1+800	18	69	20-35	1.90 mts izq l.c.	96	86	79	74	68	65	57	49	33	12		n.p	A-1-b(0)	9.6	31	47	arena gravo limosa (hormigón rojo)												
		70	35-56															n.p	A-1-a(0)	2.3	22	43	arena gravo limosa gris										
		71	56-60		96	86	79	74	68	65	57	49	33	12			n.p	A-1-b(0)	9.7	31	47	arena gravo limosa (hormigón rojo)											
		72	60-80		91	23	73	65	57	52	39	30	17	7			n.p	A-1-a(0)	3.2	22	43	grava arenosa hormigón negro											
1+900	19	73	80-150	2.40 mts der l.c.													n.p	A-1-a(0)	2.4	22	43	arena gravo limosa gris oscuro											
		74	0-10															n.p	A-1-b(0)	9.4	31	47	arena limosa con grava gris										
		75	10-26															9	A-2-5(0)	30.7			grava arena arcillosa café oscuro										
		76	26-66															81	A-7-5(11)	37.9	5	8	arcilla arenosa (color rojizo)										
2+000	20	77	66-110	2.00 mts der l.c.													n.p	A-2-4(0)	13.3	20	31	arena limosa gris oscuro											
		78	110-150															n.p	A-1-b(0)	2.7	31	47	arena limosa con grava gris										
		79	0-30															99	95	93	85	72	48	20	n.p	A-7-6(0)	32.2	7	11	arcilla arena limosa amarillento			
		80	30-110															100	96	85	54	55	29	n.p	A-2-4(0)	19.8	20	31	arena limosa gris claro				
2+100	21	81	110-150	2.00 mts izq l.c.													n.p	A-1-b(0)	2.8	31	47	arena limosa con grava gris											
		82	0-10															n.p	A-1-b(0)	2.8	31	47	arena limosa con grava gris										
		83	10-46															100	95	81	48	44	9	n.p	A-5(3)	25.5	10	14	14 arena limo arcillosa café claro				
		84	46-90															100	94	75	49			n.p	A-3(3)	30.5			arena limosa café claro				
2+200	22	85	90-150	2.00 mts der l.c.													n.p	A-7-5(18)	14.6			arcilla arenosa color rojo											
		86	0-10															n.p	A-1-b(0)	2.7	31	47	arena limosa con grava										
		87	10-25															n.p	A-2-4(0)	6.3	20	31	arena limosa café claro										
		88	25-70		93	86	78	73	65	59	47	35	18	8			n.p	A-1-a(0)	1.7	22	43	grava arenosa con poco limo											
2+300	23	89	70-150	2.20 mts izq l.c.													n.p	A-2-4(0)	19.8	20	31	arena limosa (hormigón rojo)											
		90	0-12															n.p	A-1-b(0)	2.7	31	47	arena limosa con grava										
		91	12-30															100	94	75	49			n.p	A-3(3)	30.5			17 arena limosa café claro				
		92	30-57															98	90	85	80	77	65	49	29	9	n.p	A-1-a(0)	2.3	22	43	arena gravo limosa café claro	
2+400	24	93	57-110	1.90 mts izq l.c.													n.p	A-2-4(0)	23.1	20	31	arena limosa café claro											
		94	110-150															100	89	60	30			n.p	A-1-b(0)	4.2	31	47	arena gravo limosa gris claro				
		95	0-9															97	93	90	87	81	77	68	57	47	15	n.p	A-1-b(0)	11.6	31	47	arena limosa café claro
		96	9-30															100	78	45	24			n.p	A-1-b(0)	11.6	31	47	arena limosa café claro				
2+500	25	97	30-56	2.30 mts der l.c.													n.p	A-1-b(0)	9.8	31	47	arena limosa café claro											
		98	56-70															100	78	45	24			n.p	A-1-b(0)	11.6	31	47	arena limosa café claro				
		99	70-150															100	78	45	24			n.p	A-1-b(0)	11.6	31	47	arena limosa café claro				
		100	0-17															100	97	86	62	33	3	n.p	A-4(5)	12.6			limo arenoso amarillento				
2+500	25	101	17-90	2.30 mts der l.c.	97	93	90	87	81	77	68	57	47	15		n.p	A-1-b(0)	4.2	31	47	arena gravo limosa gris claro												
		102	90-150															100	78	45	24			n.p	A-1-b(0)	11.6	31	47	arena limosa café claro				
		103	0-150															100	98	89	64	42	4	n.p	A-5(7)	8.6			limo arenoso amarillento				
103	0-150	2.30 mts der														n.p	A-1-b(0)	15.3	31	47	arena limosa con gravilla gris claro (tipo selecto)												

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PROINCASA - COFRADIA

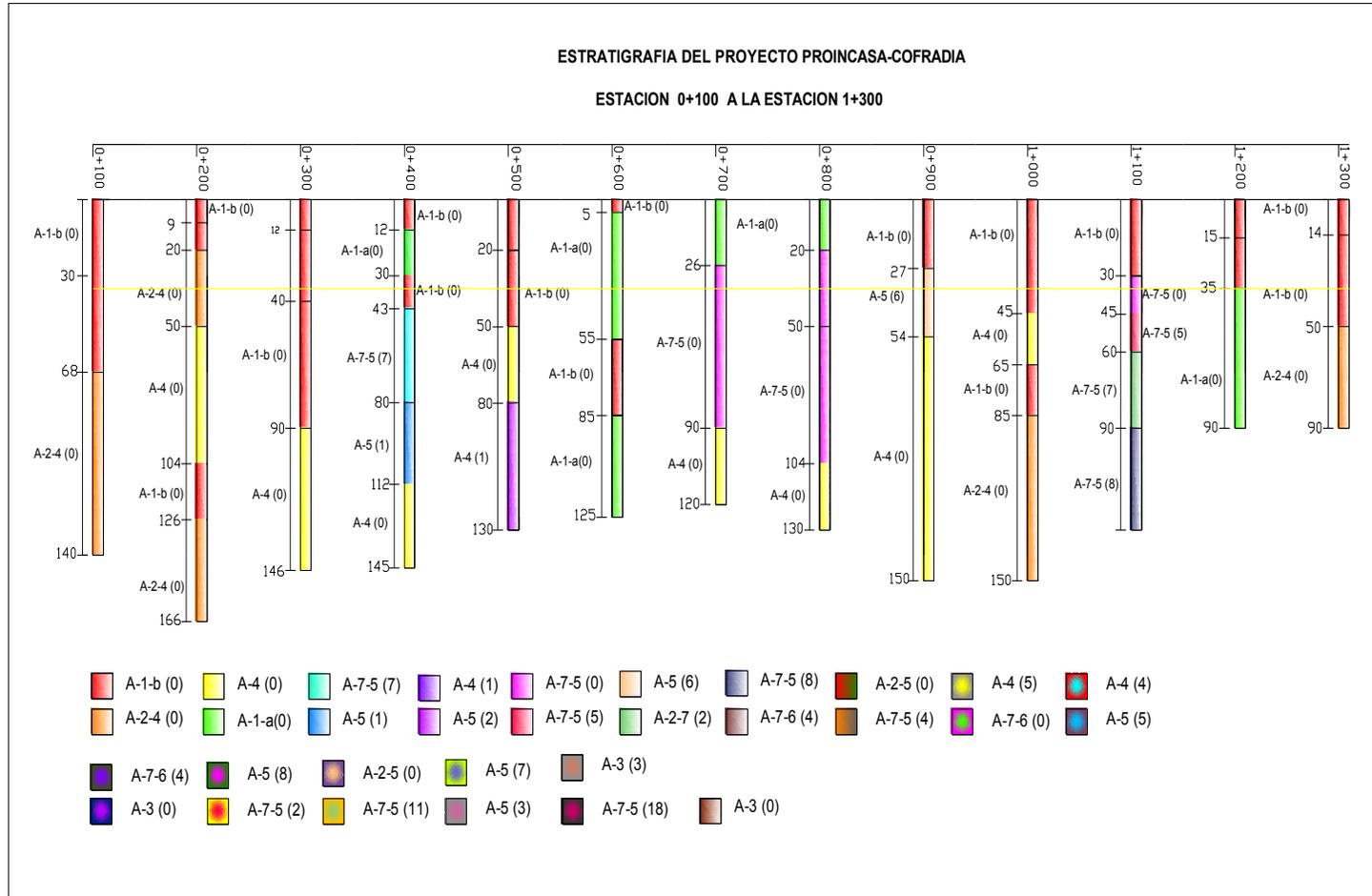
RESULTADOS DE ESAYES DE SUELO																						
PROYECTO: PROINCASA- COFRADIA																						
10 Percentil CBR de Linea =8.75																						
Estación	Sond	Mues	Profund.	Desv.	% que pasa por tamiz										LL	I.P	Clasificación	G.S.F	CBR (%)		CBD	Características del material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200					%	%		
2+600	26	104	0-7	2.60mts izq			100	96	94	92	81	64	36	18		n.p	A-1-b(0)	15.3	31	47	arena limosa con gravilla gris claro (tipo selecto)	
		105	7-90							100	68	31	19		n.p	A-1-b(0)	8.8	31	47	arena limosa café claro		
		106	90-120					99	95	93	85	72	48	20		n.p	A-1-b(0)	12.8	31	47	arena limosa con gravilla	
		107	120-150								100	90	66	32		n.p	A-2-4(0)	30.4	20	31	arena limosa color verdusco	
2+700	27	108	0-45	2.20mts der						100	68	31	19		n.p	A-1-b(0)	15.3	31	47	arena limosa con gravilla gris claro		
		109	45-80							100	97	82	56	33	7	A-5(5)	8.5			limo areno arcilloso café oscuro		
		110	80-120							100	97	89	64	42	4	A-5(7)	9.2			limo areno amarillento		
		111	120-150							100	94	75	49		n.p	A-3(3)	26.1			arena limosa amarillento		
2+800	28	112	0-6	3.80mts izq				97	91	87	79	64	35	10		n.p	A-1-b(0)	2.1	31	47	arena gravo limosa gris claro	
		113	6-82				100	97	92	88	76	60	38	19		n.p	A-1-b(0)	4.9	31	47	limo areno café oscuro	
		114	82-150							100	94	68	23		n.p	A-2-4(0)	12.3	20	31	arena limosa color gris claro		
2+900	29	115	0-20	2.50 b. der				97	91	87	79	64	35	10		n.p	A-1-b(0)	2.1	31	47	arena gravo limosa gris claro	
		116	20-105							100	98	87	39		n.p	A-4(0)	16.7	14	25	limo areno café oscuro		
		117	105-138							100	96	85	33		n.p	A-2-4(0)	13.2	20	31	arena limosa color gris claro		
		118	138-160							100	96	85	33		n.p	A-2-4(0)	13.2	20	31	arena limosa color gris claro		
3+000	30	119	0-7	3.60 b. izq				97	91	87	79	64	35	10		n.p	A-1-b(0)	2.1	31	47	arena limosa color gris claro	
		120	7-76							100	98	87	39		n.p	A-4(0)	16.7	14	25	limo areno café oscuro		
		121	76-120							100	96	85	33		n.p	A-2-4(0)	13.2	20	31	arena limosa color gris		
		122	12-150							100	94	68	23		n.p	A-2-4(0)	12.3	20	31	limosa color gris claro		
3+100	31	123	0-14	3.00 b. der				97	91	87	79	64	35	10		n.p	A-1-b(0)	2.1	31	47	arena grava limosa gris claro	
		124	14-50							100	90	71	42	28	4	A-4(4)	13	11	16	limo areno con gravillas		
		125	50-150							100	95	78	40	29	4	A-4(1)	17.7	12	19	limo color gris oscuro		
3+200	32	126	0-12	3.50mts izq	100	98	96	89	84	74	64	42	19		n.p	A-1-b(0)	14.5	31	47	material arena con gravillas		
		127	12-35							100	90	71	42	28	4	A-4(4)	13	11	16	limo arena con gravilla		
		128	35-150							100	95	78	40	29	4	A-4(1)	17.7	12	19	limo color gris oscuro		
3+300	33	129	0-10	2.60mts der	100	98	96	89	84	74	64	42	19		n.p	A-1-b(0)	14.5	31	47	material arena con gravillas		
		130	10-150							100	90	71	42	28	4	A-4(4)	13	11	16	limo arena con gravilla		
3+400	34	131	0-12	4.20mts izq				100	92	90	82	67	37	13		n.p	A-1-b(0)	12.8	31	47	arena con grava gris claro	
		132	12-38				100	97	91	87	79	64	35	10		n.p	A-1-b(0)	12.3	31	47	arena limo graoso café	
		133	38-70							100	82	59	42		n.p	A-4(0)	13.3	14	25	arena limosa con gravillas color oscuro		
		134	70-150							100	90	71	42	28	4	A-4(4)	13	11	16	limo arena con gravilla		
3+500	35	135	0-18	2.70mts der	100	98	96	89	84	74	64	42	19		n.p	A-1-b(0)	14.5	31	47	material arena con gravillas		
		136	18-40				100	97	92	88	76	60	38	19		n.p	A-1-b(0)	4.9	31	47	arena grava limosa café claro	
		137	40-150							100	97	85	72	44	9	A-5(8)	10.9			limo arcilla color café oscuro		
3+600	36	138	0-15	2.60mts izq						100	90	64	30	29	3	A-2-4(0)	5.4	12	18	arena con grava café claro		
		139	15-30		100	88	84	81	77	74	63	49	29	15		n.p	A-1-a(0)	10.9	22	43	arena limo con grava color rojo	
		140	30-55							100	80	47	22		n.p	A-1-b(0)	11.3	31	47	arena limo con gravillas		
		141	55-150							100	90	71	42	28	4	A-4(4)	13	11	16	arena limo con gravillas		
3+700	37	142	0-40	3.40mts der						100	90	64	30	29	3	A-2-4(0)	5.4	20	31	arena con gravillas café claro		
		143	40-150							100	97	85	72	44	9	A-5(8)	10.9			limo arcilla color café oscuro		
3+800	38	144	0-150	2.80mts izq						100	90	64	30	29	3	A-2-4(0)	5.4	20	31	arena con gravillas café claro		
3+900	39	145	0-10	3.40mts der						100	90	64	30	29	3	A-2-4(0)	5.4	20	31	arena con gravillas café claro		
		146	10-150							100	90	71	42	28	4	A-4(4)	13	11	16	limo arena con gravilla		

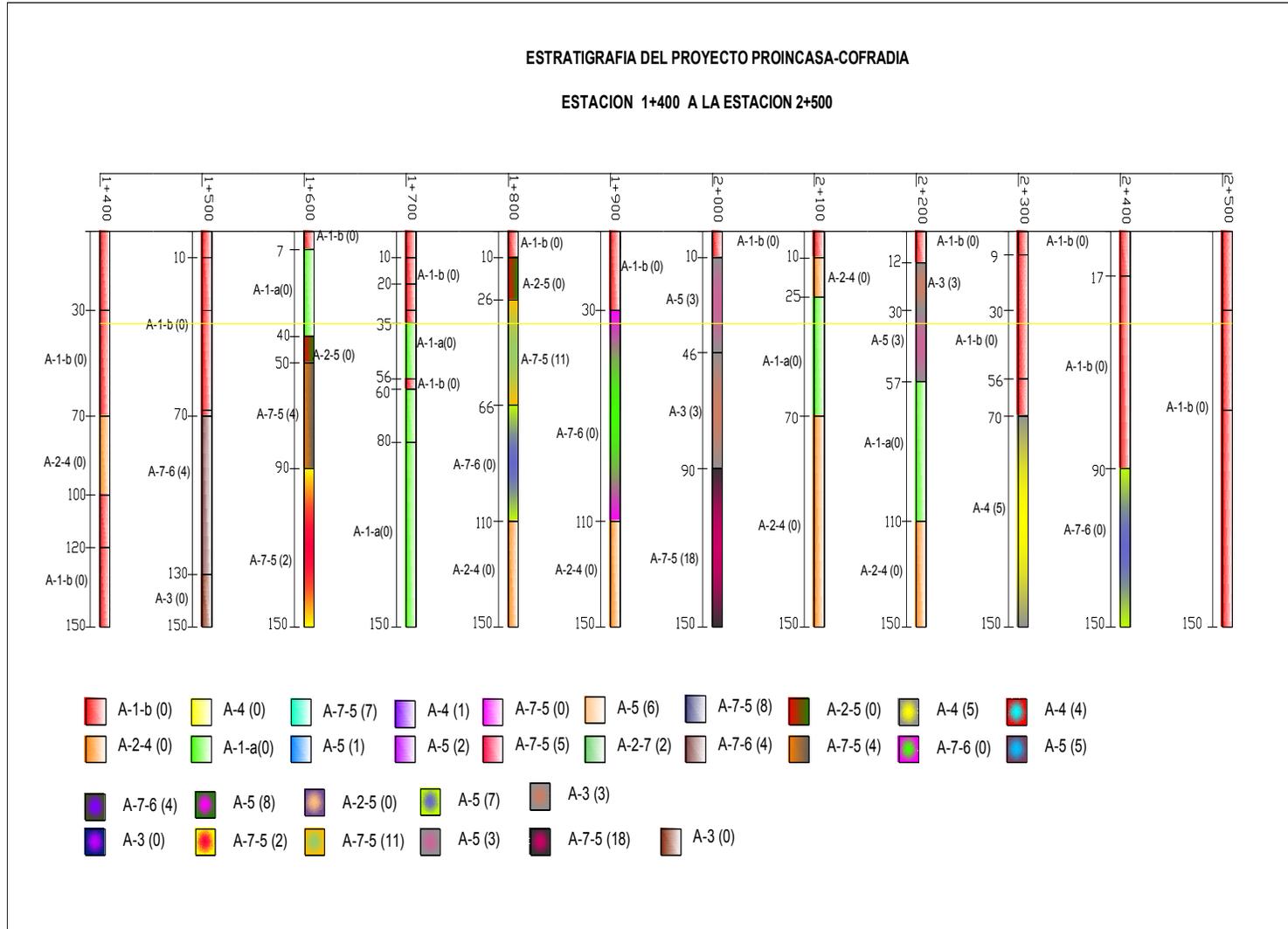
Tabla 3.3

Información detallada de las características de los bancos de materiales del tramo Proincasa – Cofradía.

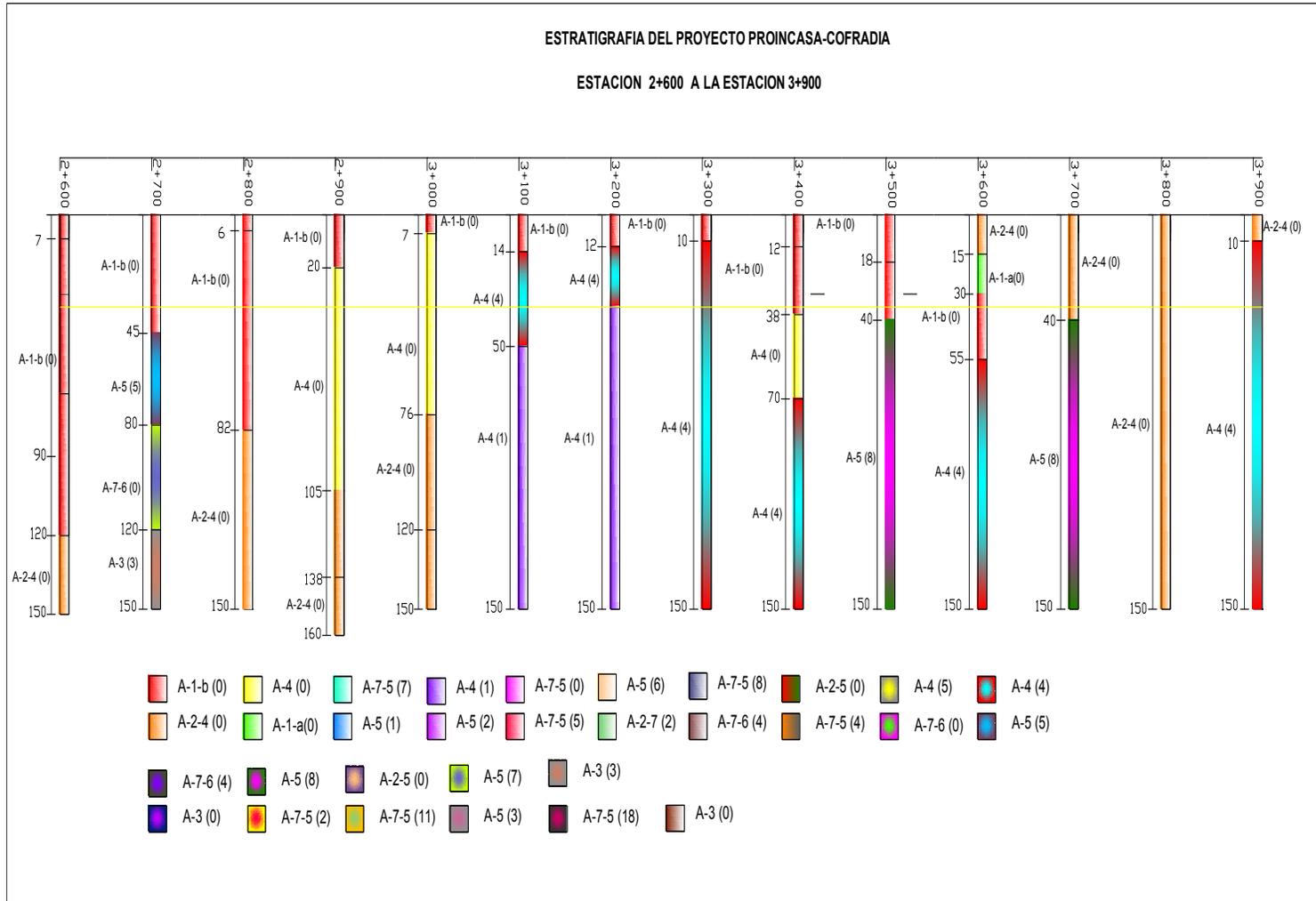
Bancos	Nombres	Propiedad	Acceso	Clasificación tipo de suelo	Granulometría (% que pasa Tamiz)			LL (%)	IP (%)	Peso vol. Seco máx. (kg/m³)	CBR (%)		
					Nº3/8"	Nº4	Nº200				90	95	100
1	El Paraíso I	Sr. José Bárcenas	Es Transitable	A - 1 - b(0)	90	74	10	37	3	1474	22	39	57
				A - 1 - a (0)	91	76	9	-	NP				
2	El Paraíso II	Nd	está regular	A - 2 - 4(0)	96	84	30	-	NP	1406	16	30	47
				A - 1 - b (0)	90	73	16	-	NP				
3	S/N	Sr. Gerardo Ríos	es transitable	A - 2 - 4 (0)	94	86	30	32	2	1465	16	28	40
				A - 1 - b(0)	94	86	24	34	5				
4	El Paraíso IV	Nd	Regular estado.	A - 1 - b(0)	94	84	22	-	NP	1413	14	28	45
				A - 2 - 4(0)	92	82	29	-	NP				
5	Cofradía	Sr. Luis Castillo.	Buen estado.	A - 1 - a (0)	81	68	13	28	2	1518	21	36	57
				A - 1 - b (0)	91	78	12	-	NP				

Grafico 3.1
Estratigrafía.





DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PROINCASA - COFRADIA



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS MEDIANTE EL ENSAYE C.B.R.

La relación de soporte de california (California Bearing Ratio), conocida comúnmente como C.B.R. es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad cuidadosamente controladas, que tiene aplicación principalmente en el diseño de pavimentos flexibles. El C.B.R. se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada. Esta relación se expresa por porcentaje.

$$\text{C. B. R.} = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo en la muestra patrón}} \times 100$$

Los valores de esfuerzo para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón, son los indicados en la siguiente tabla.

RELACIONES ESFUERZO – PENETRACIÓN PARA LA MUESTRA PATRÓN	
Penetración (Pulgadas)	Esfuerzo (Lb/Pg²)
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

Grafico 3.2

CBR de diseño.

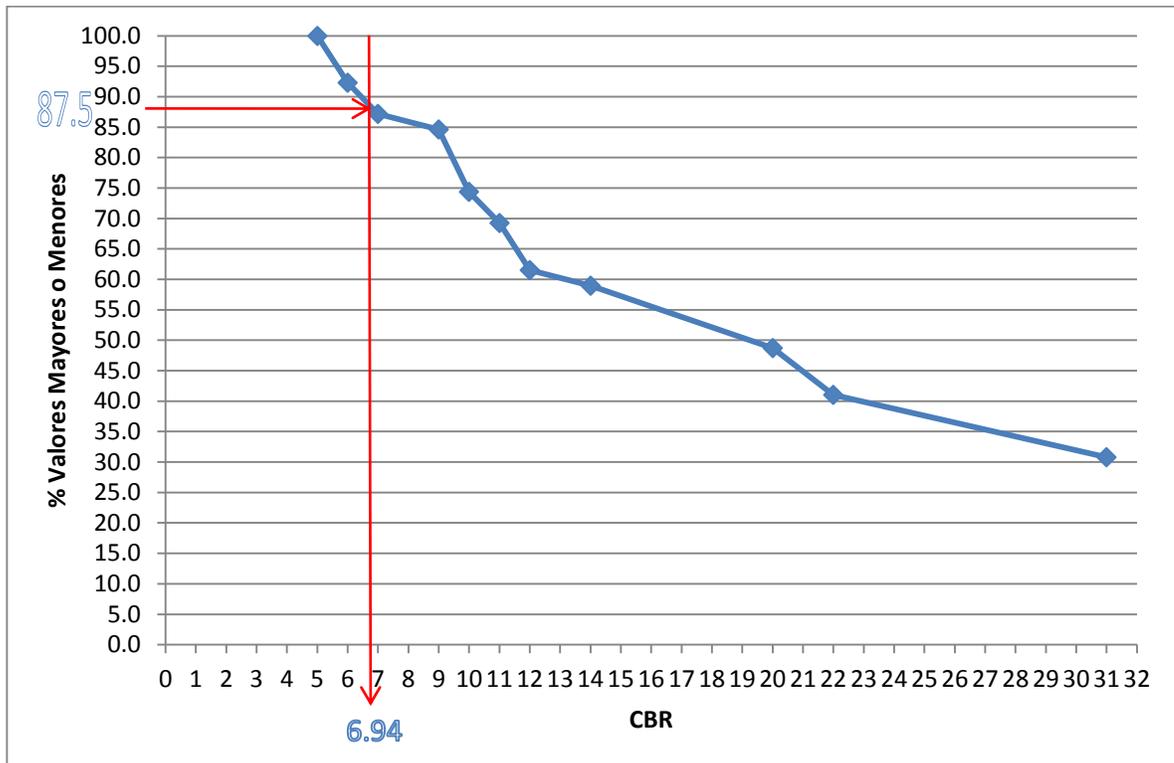


Tabla 3.7

Valor percentil por nivel de transito.

Nivel de transito	Valor percentil para diseño de subrasante.
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
>de 1,000, 000 ESAL's	87.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Anexo IV: Diseño

Diagrama 4.1

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD
DEPARTAMENTO DE PESOS Y DIMENSIONES

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES

CARGA MOVILES: Para efectos de diseño de estructuras de pavimento de acuerdo a resultados de estudios de tráfico, laboratorios de suelos, muestreos, conteo vehicular y cálculos relacionados, se han identificado que los daños que causa los vehículos livianos a la estructura del pavimento en carreteras nuevas, producto de su desplazamiento sobre la vía, es mínimo a razón de 1 en 50,000 respecto a vehículos pesados, por tal motivo no figura en el diagrama de cargas permisibles de nuestro país, información referida al respecto.

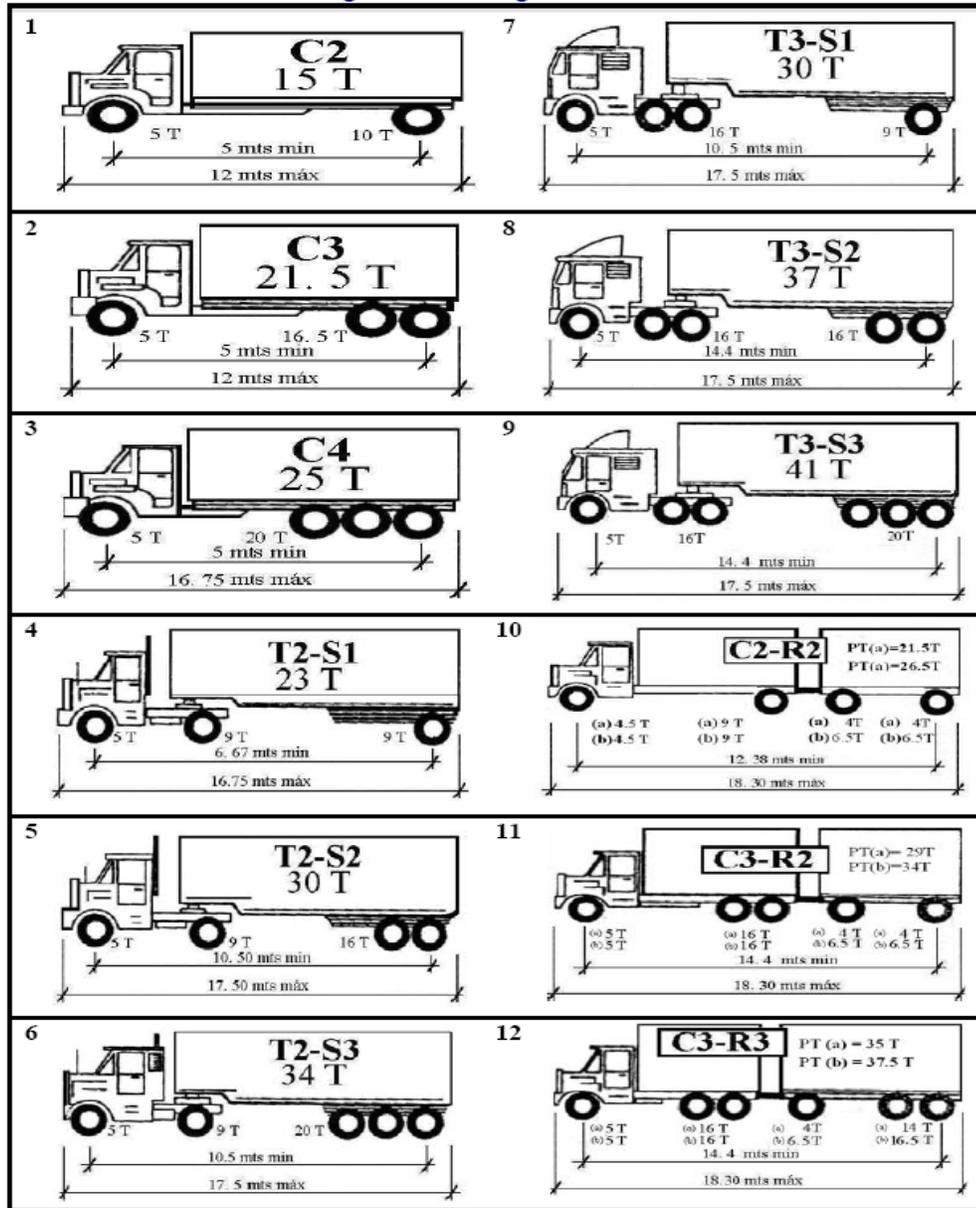
Para efectos de estimaciones de cargas, seguimiento estadístico, control de tráfico y diseño de vehículos se pueden considerar los siguientes pesos por ejes.

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-12-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

Diagrama 4.2

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD
Departamento de Pesos y Dimensiones

Diagrama de Cargas Permisibles



Nota: El Pesos máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

- (a): Eje sencillo, llanta sencilla.
- (b): Eje sencillo, llanta doble

* Según vehículo cargado o descargado excederá en: Ancho: 2.60 mts, Alto 4.15 mts, Largo: 2 ejes 12 mts, 3 ejes 12 mts, semiremolque 17.50 mts, otras combinaciones desde 18.30 mts hasta 23 mts máximo.

* Para los ejes dobles (tandem) y triple la separación de centros comprendidos entre las ruedas es entre 1.0 y 1.30 mts.

Tabla 4.2

Table D.1. Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Single Axles and p_t of 2.0

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	.009	.012	.011	.010	.009	.009
8	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	.075	.085	.090	.085	.079	.076
12	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: AASHTO guide for design of pavement structures 1993.

Tabla 4.3

Table D.2. Axle Load Equivalency Factors For Flexible Pavements, Tandem Axles and p_t of 2.0

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: AASHTO guide for design of pavement structures 1993.

Tabla 4.4
Ejes equivalentes a 18000 libras.

PROYECTO: TRAMO PROINCASA – COFRADÍA				
TRAFICO DE DISEÑO				
Periodo = 15 años		SN = 5	P_t = 2	
TIPOS DE VEHICULOS	Peso por eje (lb)	(T_D) = transito de diseño	Factor ESAL	W₁₈
Autos	2200.00	577443.00	0.00038	219
	2200.00		0.00038	219
Jeep	2200.00	201948.00	0.00038	77
	2200.00		0.00038	77
Cmta.	2200.00	413361.00	0.00038	157
	4400.00		0.0034	1405
Mc Bus<15pers	4400.00	50487.00	0.0034	172
	8800.00		0.0502	2534
Minibús 15-30per	8800.00	15778.00	0.0502	792
	17600.00		0.9206	14525
Bus	11000.00	97819.00	0.1265	12374
	22000.00		2.35	229875
Liv. 2-5 Ton	8800.00	69420.00	0.0502	3485
	17600.00		0.9206	63908
C2 5+ Ton	11000.00	337631.00	0.1265	42710
	22000.00		2.35	793433
C3	11000.00	157772.00	0.1265	19958
	36300.00		1.4325	226008
T ₂ -S ₁	11000.00	18933.00	0.1265	2395
	19800.00		1.513	28646
	19800.00		1.513	28646
T ₃ -S ₂	11000.00	242968.00	0.1265	30735
	35200.00		1.26	306140
	35200.00		1.26	306140
C ₂ -R ₂	9900.00	9467.00	0.0766	725
	19800.00		1.513	14324
	14300.00		0.37775	3576
	14300.00		0.37775	3576
C ₃ -R ₃	11000.00	9467.00	0.1265	1198
	35200.00		1.26	11928
	8800.00		0.0502	475
	30800.00		0.7078	6701
Total		2202494.00		2157134

ESAL's por carril de tránsito: 2,157,134

Diagrama 4.3

Nomograma para la mezcla asfáltica.

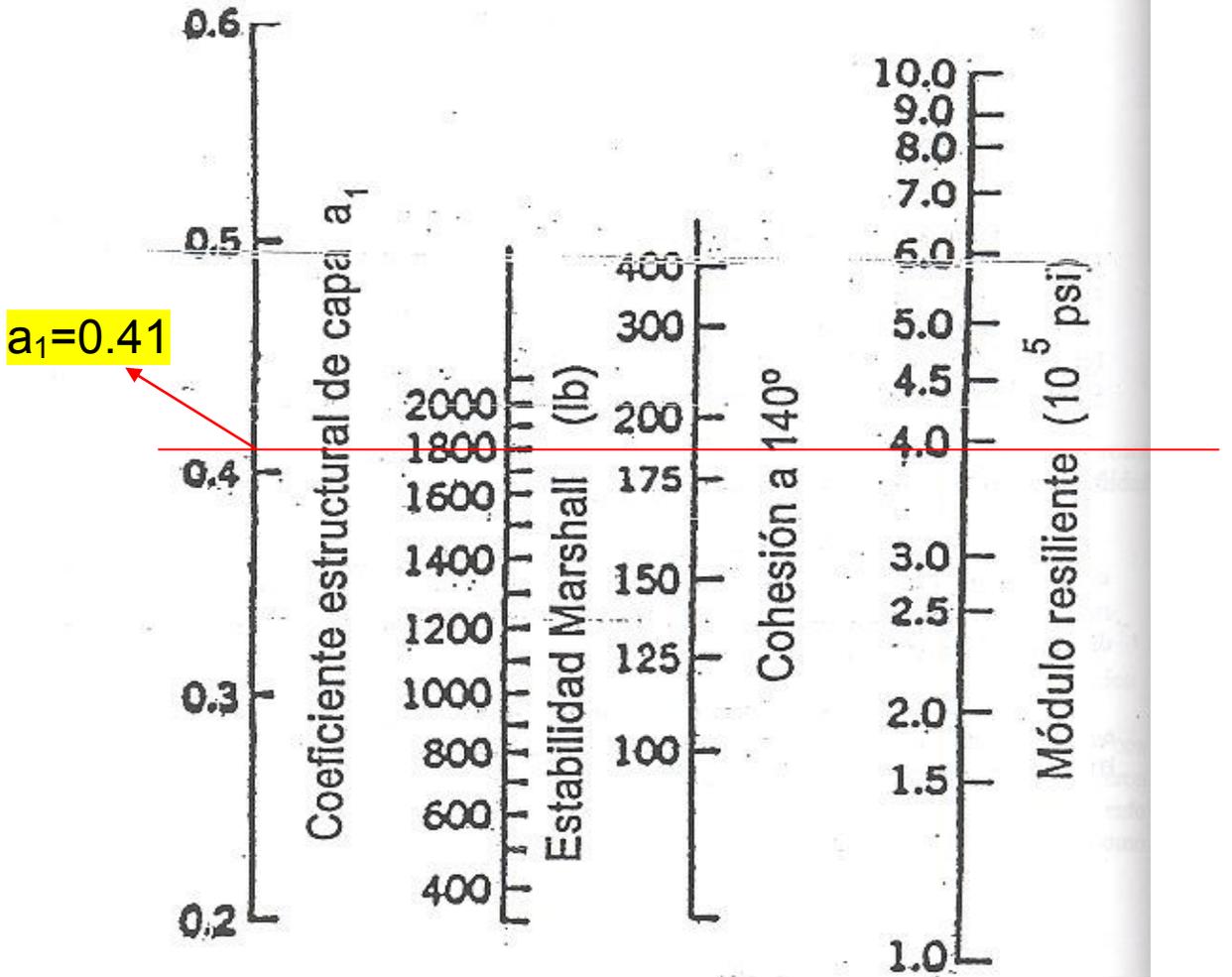
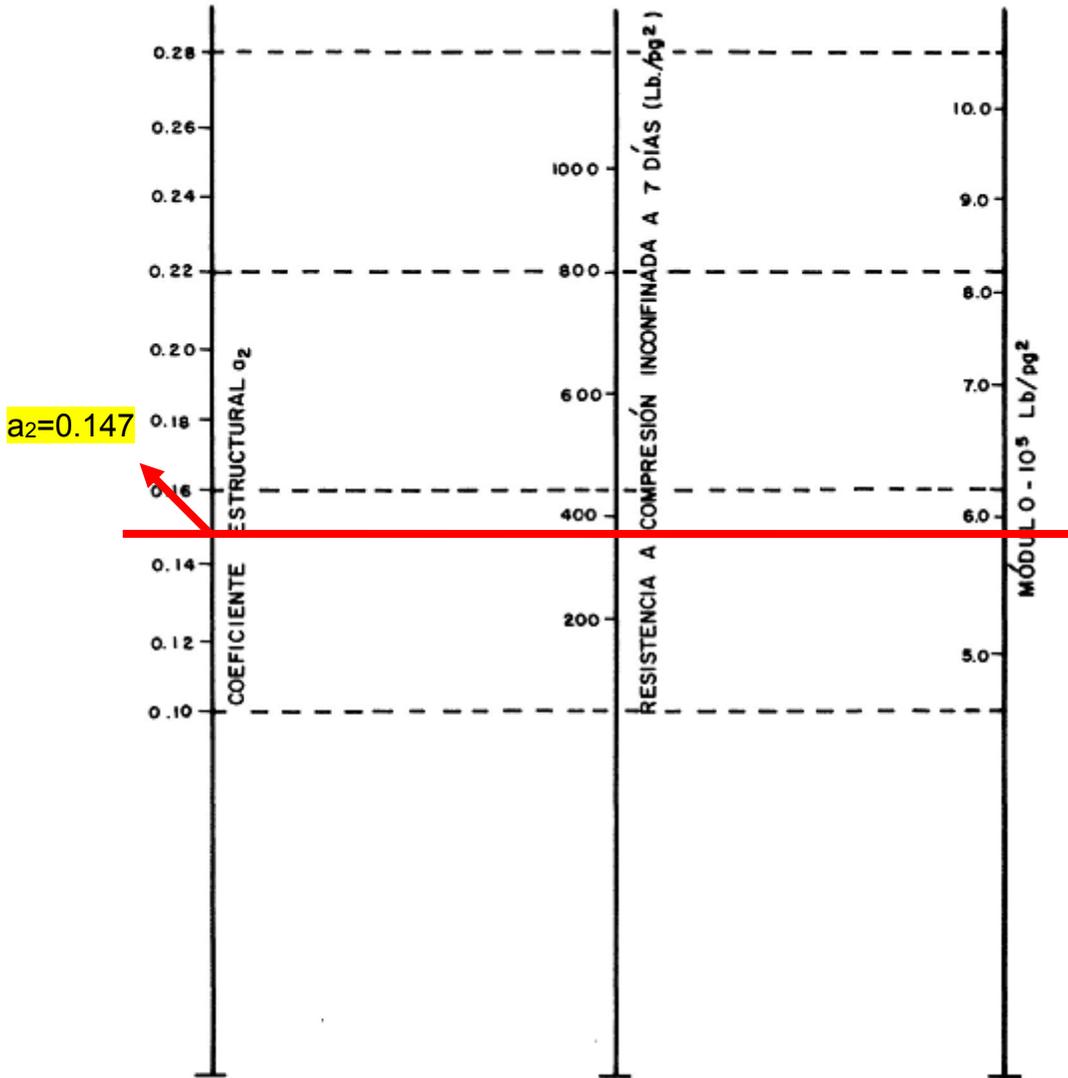


Fig.5.10. Coeficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con varios ensayos

Diagrama 4.4

Nomograma de variación en el coeficiente estructural de capa de base estabilizada con cemento.



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Tabla 4.6

Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (m_x)

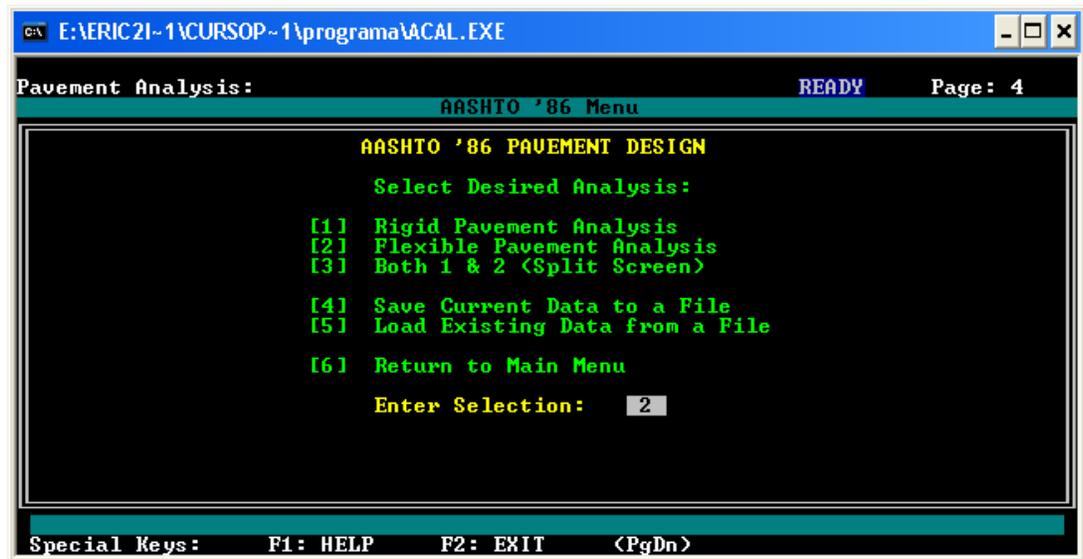
Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Anexo V: Programa

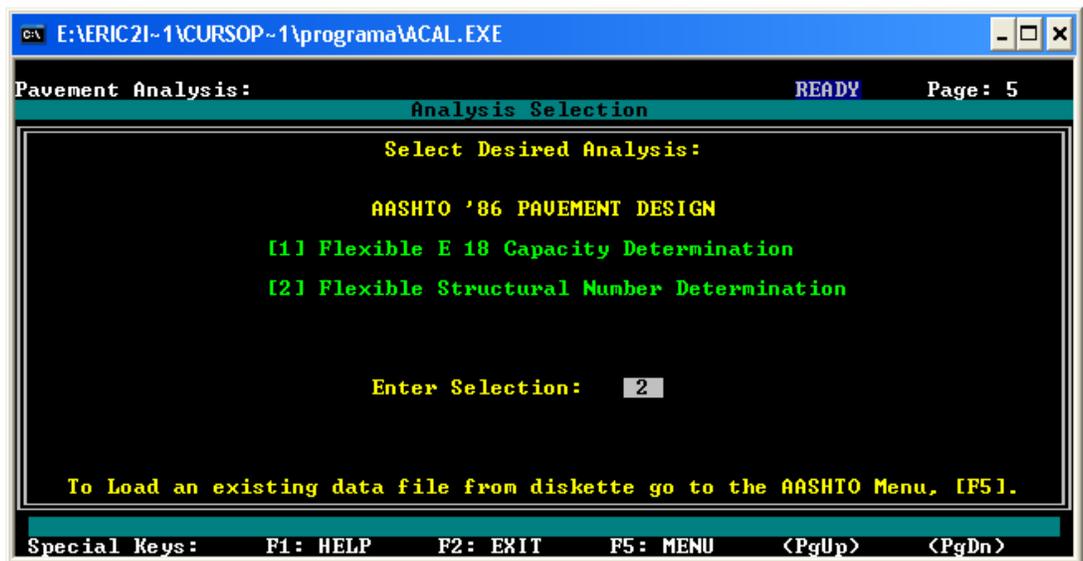
Paso 1:

Selección del tipo de análisis a realizar



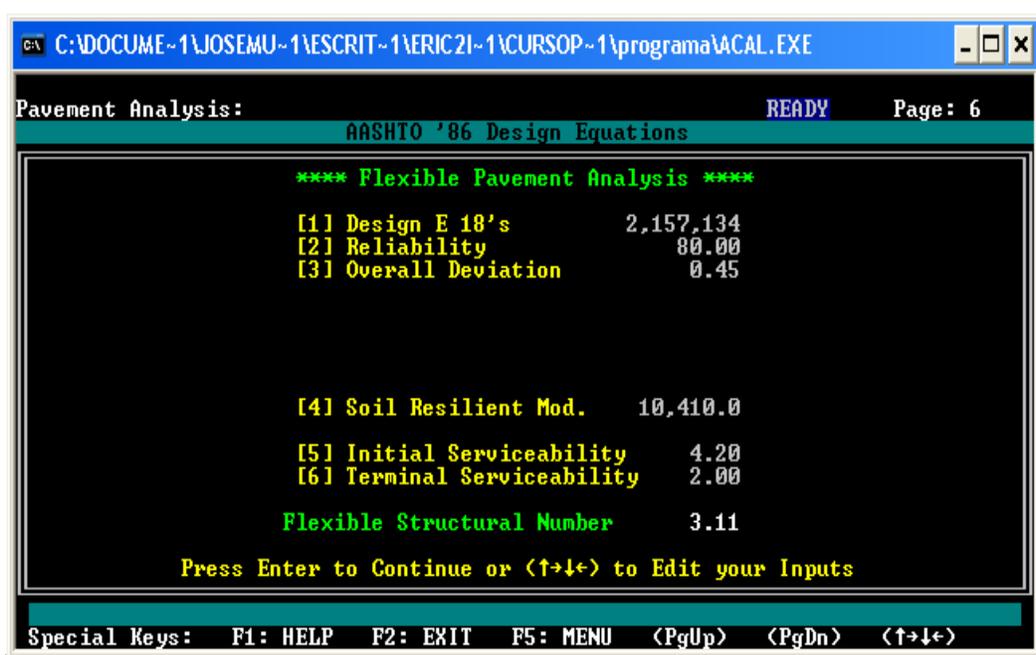
Paso 2:

Designar el análisis.



Paso 3:

Colocar los datos correspondientes.



Paso 4:

Determinación del número estructural.

