



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

T.Mon
625.8
G216
2012

Curso de Titulación Obras Viales.

“Diseño de la Estructura de Pavimento Rígido del Tramo: MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL, por el método Portland Cement Association (PCA)”

TESINA

Para Optar al Título de:
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Holman Alexander García Vivas
Br. Leonel Santiago Téllez García

Tutor

Ing. Israel Morales

Managua Nicaragua, 15 de mayo de 2012

1. INTRODUCCION

El proyecto en estudio corresponde al tramo de carretera TRAMO MARSELLA-SAN JUAN DEL SUR-EL OSTIONAL, con una longitud de 27 kilómetros. El cual concierne al corredor turístico costanero del pacifico sur, ubicado en el departamento de Rivas, Nicaragua.

La zona donde se localiza este tramo representa un nivel importante en la economía, considerando que es una vía de acceso a la infraestructura turística que viene desarrollándose en esta región del país, cuyo principal centro turístico lo representa el Puerto de San Juan del Sur.

El camino esta clasificado como una vía de todo tiempo, sin embargo en algunos sectores de su trayectoria presenta, tanto en invierno como en verano situaciones físicas en su estructura que dificultan la circulación fluida del tráfico.

En gran parte de su longitud del suelo de rodamiento esta compuesto por materiales aparentemente exógenos, que se ha colocado por efectos de obras de mantenimiento que se le ha aplicado anteriormente. Esto hace que la superficie se vea con alguna consistencia y permite el desplazamiento de los vehículos con moderada velocidad.

Con la presente tesis se pretende diseñar el espesor de pavimento rígido, utilizando el método PCA; los lineamientos generales del método del Portland Cement Association (PCA), que sustenta el diseño de pavimento rígido son la resistencia a la flexión del concreto, el terreno de apoyo o base, el periodo de diseño y numero de repeticiones esperadas para cada tipo de eje.

Con estos datos de diseño es posible obtener los esfuerzos y deflexiones críticas a las que el concreto esta sometido dados por los criterios de fatiga y erosión.

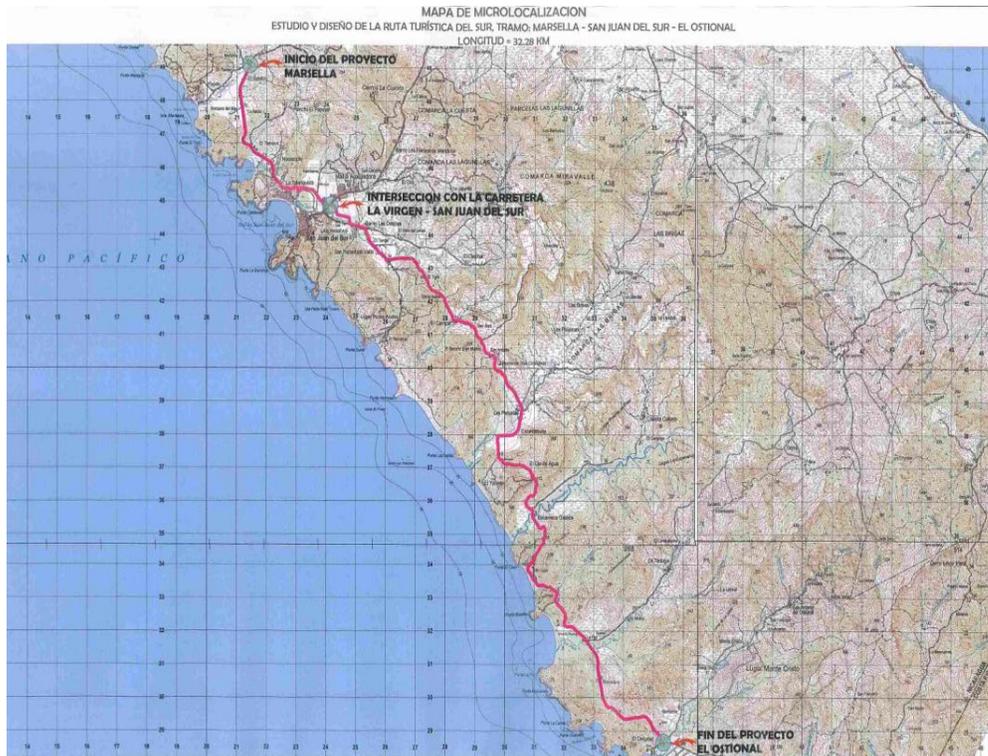
2. ANTECEDENTES

El camino está clasificado como una vía de todo tiempo, sin embargo en algunos sectores de su trayectoria presenta, tanto en invierno como en verano, situaciones físicas en su estructura que dificultan la circulación fluida del tráfico, lo que va en menos cabo del crecimiento socioeconómico del sector. En invierno, las lluvias deterioran algunos puntos donde existen avenidas de agua y cortan el paso; mientras en verano las grandes polvaredas atentan contra la salud de transeúntes y de personas que viven en los alrededores.

En gran parte de su longitud el suelo está compuesto por materiales aparentemente exógenos, que se han colocados por efectos de obras de mantenimiento que se ha aplicado anteriormente. Esto hace que la superficie se vea con alguna consistencia y permita el desplazamiento de los vehículos con velocidad moderadas.

El tramo San Juan del Sur – El Ostional, en los primeros 980 metros, sigue una trayectoria que pasa áreas privadas que no están utilizadas, en las cuales se encuentran suelos inestables del tipo A -7- 6, debido a que no han sido sometidos a ningún tipo de tratamiento. El resto del tramo hasta el Ostional sigue una trayectoria sobre zona semi-urbana, donde se han realizado trabajos de mantenimiento de forma regular por parte de las autoridades municipales.

El tramo que va desde Marsella a la intersección del tramo de carretera La Virgen – San Juan del Sur, topográficamente es bastante plano, con lomerío de mediana altura y áreas boscosas y matorrales bajos, en una trayectoria un tanto sinuosa con curvas horizontales y pequeños radios de curvatura



Este tramo, se observa con una superficie de rodamiento en buen estado producto del nivel de mantenimiento que se le a aplicado en meses anteriores, dado que es una zona donde la construcción de obras turísticas y urbanísticas se esta desarrollando con gran auge.

3. LOCALIZACION Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto geográficamente se encuentra localizado en el Municipio de San Juan del Sur, el que a su vez territorialmente pertenece al Departamento de Rivas, lo cual se puede apreciar en los mapas de las figuras abajo descritas, en los que se muestran la Macro y Micro localización del proyecto.

3.1 MAPA DE MACROLOCALIZACION



Diseño de la estructura de Pavimento Rígido del Tramo: Marsella – San Juan del Sur – El Ostonal, por el método Portland Cement Association PCA.

3.2 MAPA DE MICROLOCALIZACION



Diseño de la estructura de Pavimento Rígido del Tramo: Marsella – San Juan del Sur – El Ostial, por el método Portland Cement Association PCA.

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El Proyecto consiste en la construcción de losa de concreto del tramo de carretera TRAMO MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL. El cual corresponde al corredor turístico costanero del pacífico sur, ubicado en el departamento de Rivas, Nicaragua.

La ubicación de las estaciones para el levantamiento de datos, se hizo tomando en cuenta el trazado de la vía, la existencia de caseríos y la importancia turística sobre la misma, por esto se dividió el tramo en dos sub – tramo: Marsella – Empalme San Juan del Sur y Empalme San Juan del Sur – EL Ostional. Que a su vez el tramo Empalme San Juan del Sur – El Ostional, estará dividido en dos sub – tramos.

Para determinar el espesor de la losa de concreto, preliminarmente deberemos determinar dos parámetros importantes de diseño tales como El C.B.R de diseño y Las Repeticiones Esperadas, Tales requerimientos se obtendrán del estudio de suelo y estudio de tráfico respectivamente, cabe mencionar que también existen otros parámetros importantes para el diseño, que en el presente estudio serán debidamente mostradas en los capítulos posteriores.

La construcción de esta carretera brindara en un plazo inmediato posterior a su culminación, un aumento en la economía local, ya que los costos de operación de los usuarios disminuirán considerablemente, y la industria turística se vera motivada para invertir en toda la zona de influencia del proyecto y los negocios ya establecidos en las playas de san juan del sur se verán obligados a reinvertir en sus locales, lo que generara dinamismo económico y por ende nuevas plazas de empleo que serán en su mayoría ocupadas por los lugareños, que hoy en día se han venido capacitando en diferentes áreas de trabajo a fin de ser competitivos en el mercado laboral existente.

5. GEOMORFOLOGIA

La topografía es quebrada con algunas extensiones planas, las costas marítimas son accidentales y en algunas sesiones cenagosas.

En general y según los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorios, los estratos de suelos existentes a todo lo largo del camino presentan una clasificación bastante regular y homogénea, principalmente en las capas superficiales, en donde el suelo predominante es del tipo A-2-4(0) Y A-2-6(0), los que posiblemente no son suelos naturales del camino, sino que obedecen a material colocado que ha sido sometido anteriormente a algún tipo de mantenimiento.

Marsella – San Juan del Sur

Los suelos de este tramo están conformados por material de grava y arena con contenido de limo y arcilla; son suelos del tipo A-2-6 con índices de grupo entre (0 y 6), predominante en las capas de la superficie hasta profundidades de 30 cm, y alternando con el tipo A-2-4(0).

San Juan del Sur – El Ostional

La capa superficial predominante la compone el suelo tipo A-2-4(0), en espesores hasta de 20 cm, pero también presenta espesores diversos, algunos mayores a 1.0 m y algunos estratos alcanzan la profundidad de 1.5 m. Es un suelo gravoso, con arena, limo y un poco de arcilla.

Otro suelo con alta incidencia es el de tipo A-2-7, se encuentra en las capas intermedias después de los 30 cm de profundidad y en espesores hasta de 80 cm y más. El material es grava con arena limosa y arcilla.

6. CLIMA

Rivas cuenta con un clima semi húmedo (sabana tropical), la precipitación media anual varía entre los 1400 y 1500 mm caracterizándose por una buena distribución de lluvias durante todo el año, siendo el mes de mayor precipitaciones el mes de septiembre con 1500 mm. La temperatura promedio es de 27°C.

7. CUENCAS HIDROGRAFICAS

Los ríos que forman la red hidrográfica son: El Rio de Oro, El Rio de En Medio, Las Lajas, Limón, Majaste y Amayo; todos ellos desembocan en el Gran Lago de Nicaragua; en tanto que el Rio Grande desemboca en el Océano Pacifico.

El municipio posee diferentes tipos de recursos hídricos destinados principalmente, al consumo humano y la agricultura. El de mayor aprovechamiento es el lago Cocibolca mediante la región costera de la Virgen, dado que esta brinda una cantidad de bienes y servicios ambientales como son: navegación, pesca artesanal, riego, baño y belleza escénica. Debe tomarse en cuenta que el lago recibe contaminación de desechos sólidos y líquidos, producto de la poca cultura ambiental del ser humano y practicas inadecuadas de cultivos.

Entre las principales actividades económicas del municipio se encuentra la pesca y la extracción de mariscos; la producción se utiliza para el consumo interno y en mayor porcentaje la exportación y la comercialización en los sitios turísticos del municipio de San Juan del Sur.

8. JUSTIFICACION

El presente trabajo está orientado a la evaluación de la capacidad estructural del espesor de pavimento requerido para el tramo de carretera “TRAMO MARSELLA-SAN JUAN DEL SUR-EL OSTIONAL” debido a que la zona de influencia del proyecto posee potencial desarrollo agrícola, ganadero, turístico y la creciente industria pesquera fuente principal de trabajo de los lugareños; lo que traerá como consecuencia un incremento en el tráfico y una disminución en los costos de operación de los usuarios.

La mejora de la superficie de rodamiento permitirá a los usuarios obtener ahorros en costos de operación vehicular y la notable disminución en los tiempos de recorrido de un punto a otro, así como los costos de mantenimiento por las mejoras en la carreteras, por ende un aumento en las utilidades de los diversos negocios; de igual manera, facilitara el transporte de pasajeros que habitan en las comunidades del lugar, así como el de los turistas que concurren a las playas del municipio de San Juan del Sur. Brindándole facilidades en su desplazamiento con eficiencia, seguridad y economía.

La rehabilitación de la vía permitirá que la población tenga mejores oportunidades de acceso a los sistemas de educación, salud y trabajo; lo que conllevará en el aumento de los niveles de vida en la zona de influencia del proyecto, aportando de esta manera al crecimiento socioeconómico del departamento de Rivas y por ende de Nicaragua.

9. OBJETIVOS

9.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la estructura de Pavimento Rígido aplicando el método Portland Cement Association (PCA), del tramo de carretera “MARSELLA – SAN JUAN DEL SUR – EL OSTIONAL”, ubicado en el departamento de Rivas.

9.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Efectuar un análisis de los estudios de suelos correspondiente al tramo en estudio, lo que nos permita determinar el CBR de diseño.
- Realizar un análisis de los estudios de tráfico vehicular, lo que nos permitirá determinar el volumen de tráfico que circula por la vía, y posteriormente proyectarlo para el periodo de diseño de 20 años.
- Determinar el espesor necesario de la estructura de pavimento rígido utilizando el método Portland Cement Association (PCA).

10. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento fue elaborado con la finalidad de realizar el diseño de pavimento rígido para el TRAMO MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL, el cual posee una longitud de 27 Km hasta El Ostional, dicho tramo y la información correspondiente a este, fue obtenida en la división de planificación a la cual pertenece las oficinas de pre-inversión, perteneciente al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Se eligió la alternativa de pavimento rígido debido a que hoy en día este tipo de superficie de rodamiento esta siendo usado con mas frecuencia en la actualidad, ya que ofrece diversas ventaja en su construcción y mantenimiento, de igual manera se considero esta opción debido a la notable susceptibilidad del pavimento flexible a las consideraciones del suelo y clima que se presentan en la zona, y en vista que los requerimientos para un pavimento rígido son mínimo en cuanto a calidad de suelo se refiere y por sus altos valores de resistencias en comparación al pavimento flexible.

Los parámetros y consideraciones necesarias para el diseño del pavimento rígido, son determinados mediante estudios de suelos y estudios de transito que fueron recientemente elaborados en este tramo por la firma consultora CORASCO, la cual presto sus servicios al (MTI).

En el Primer capitulo, denominado Análisis de suelos, se efectúa el análisis del estudio de suelos realizados por la firma consultora CORASCO. S.A, con el cual se logra describir la estratigrafía del tramo en estudio conociendo el tipo de suelo y características del mismo. Además en este capitulo se definen las especificaciones de los principales materiales que son utilizados en la construcción de pavimentos rígido, basados en la especificaciones técnicas establecidas en nuestro país.

El segundo capítulo es denominado Análisis del Tránsito, se inicia definiendo los términos y factores que son utilizados en el desarrollo de este capítulo y posteriormente se calculan los datos iniciales del tránsito, partiendo de los datos de flujo vehicular, obtenidos mediante el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), mediante los servicios de la firma consultora CORASCO, S.A. en el año 2010, proyectándolos al año 2012, el cual será el año base para el presente trabajo, determinándose así los datos base para el diseño.

Con los datos del tráfico ya definidos se procede al cálculo de las repeticiones esperadas con los parámetros necesarios obtenidos con anterioridad, dando como resultado las tablas de repeticiones esperadas para ejes sencillos y ejes dobles, las cuales son de utilidad para el posterior cálculo de espesor de losa.

En el tercer capítulo, Diseño de espesor de losa de pavimento rígido, se define el método de la PCA, los parámetros y consideraciones de diseño que se utilizan para llevar a cabo la determinación del espesor de losa. Se determinarán los valores de CBR de diseño de la sub-rasante, para los percentiles de resistencia de 60, 75 y 87.5% mediante los valores de CBR obtenidos del estudio de suelo, posteriormente se determinan los valores del Módulo de Resistencia del Concreto k con cada valor de CBR, por medio del gráfico de correlación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencia. Se efectúa el cálculo del espesor de losa introduciendo los valores de k y demás datos requeridos por el formato establecido por la PCA, obteniendo así el espesor de losa requerido para el TRAMO MARSELLA-SAN JUAN DEL SUR-EL OSTIONAL.

CAPITULO I: ESTUDIO DE SUELO

I. ESTUDIO DE SUELO

Para diseñar el espesor de pavimento del tramo de carretera en estudio se requiere de la evaluación de las características de los materiales que conforman la estructura existente y sus espesores, con el fin de contar con la información básica necesaria para la determinar los nuevos espesores a colocar a lo largo de la vía. Esto datos se obtuvieron del estudio geotécnico realizado por la empresa consultora del proyecto, Corea y asociados, S.A. (CORASCO).

El estudio geotécnico consiste en realizar las investigaciones correspondientes para reconocer las condiciones de los tipos de suelos existentes en el sitio, así como de las posibles fuentes o bancos de materiales disponibles en la zona, de manera que por sus propiedades y características permitan determinar su posible uso para el diseño de la estructura de pavimento a proyectar.

Investigaciones de Campo y Laboratorio

En toda la línea del proyecto se realizaron los sondeos de línea cada 100 metros entre uno y otro, para un total de 275, extrayendo de ellos la cantidad de 543 muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, es decir un promedio de 1.98 muestras por cada sondeo.

Los sondeos consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, con dimensiones aproximadas de 25 X 25 X 150 cm de profundidad, ubicados sobre la vía en forma alterna al centro y a ambos lados de la línea central.

En consecuencia, los sondeos de línea realizados en todo el camino, quedaron distribuidos según se indica en el siguiente detalle:

Subtramo	Sondeos	Muestras
Marsella – San Juan del Sur	44	85
San Juan del Sur – El Ostional	221	458
TOTAL	275	543

Fuente: Estudio Geotécnico, CORASCO.

Las 543 muestras extraídas de los diferentes estratos de suelos, fueron sometidas a las pruebas correspondientes de laboratorio a fin de ser analizadas y determinar las características y propiedades físicas de los suelos existentes.

Las muestras homogenizadas y agrupadas, se sometieron a ensayos para determinar su densidad máxima y obtener la capacidad soporte (CBR) a los diferentes grados de compactación (95 y 100%), resultado que es una de las bases para el diseño de espesores del pavimento.

Se realizaron las pruebas CBR en todo el tramo, obteniendo con ello la información de la capacidad soporte de todos los estratos de suelos encontrados en los sondeos, y que representan el principal elemento para determinar los dimensionamientos del pavimento.

En el siguiente detalle se indican los tipos de pruebas y la designación del método aplicado en el laboratorio en cada una de las muestras de suelos tomadas en la línea del camino del proyecto.

Nº	Tipo de Ensaye	Designación Estándar de Ejecución
1	Granulometría	ASTM D-422
2	Límite de Atterberg	ASTM D-4318
3	Humedad Natural	ASTM D-2216
4	Clasificación H.R.B.	ASTM D-3282
5	CBR	ASTM D-1883

Fuente: Estudio Geotécnico, CORASCO

En general y según los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, los estratos de suelos existentes a todo lo largo del camino presentan un clasificación bastante regular y homogénea, principalmente en las capas superficiales, en donde el suelo predominante es del tipo A-2-4(0) Y A-2-6(0), los que posiblemente no son suelos naturales del camino, sino que obedecen a material colocado que ha sido sometido anteriormente a mantenimiento.

Marsella - San Juan del Sur:

Los suelos de este tramo están conformados por material de grava y arena con contenido de limo y arcilla; son del tipo A-2-6 con índice de grupo entre (0 y 6), predominantes en las capas de la superficie hasta profundidades de 30 cm y alternando con el tipo A-2-4 (0); su capacidad soporte esta entre 26 y 29% para 95% de densidad y 38 y 41 para el 100% de densidad proctor.

En las capas intermedias se encuentran suelos de tipo A-2-7 (0,1) y A-6 con índice de grupo entre 5 y 14, la consistencia para el tipo A-2-7 es muy baja con CBR de 8% para el 100% de densidad. El suelo A-6 es material arcilloso, con una graduación pobre pasando el 100% el tamiz N^o 4 y el 63% la malla 200; la capacidad soporte fluctúa entre 3 y 5% al 95 y 100% respectivamente.

San Juan del Sur – El Ostional:

Los primeros 2.7 Kilómetros que van de los estacionamientos 0+000 – 2+700 (San Juan del Sur – El Container) presenta suelos A-7-6 con diferentes índices de grupo, alcanzando espesor máximos de sondeo de 1.5 m, la graduación sugiere que entre el 80 y 100% pasan la malla 4; entre 63 y 83% pasan la malla 200, la plasticidad es de 22 a 26% y su valor soporte varia entre 3 y 6 para el 95% de densidad y entre 5 y 8 para el 100%.

Para los estacionamientos 2+700 – 7+800 (5.1 Kilómetros) La capa superficial predominante la compone el suelo tipo A-2-4(0), presente en espesores de 20 cm, pero también se encuentra en capas de 1 a 1.5 metros. Es un suelo gravoso, con arena, limo y un poco de arcilla; su granulometría indica que el 56% pasa la malla N^o 4, tiene plasticidad de 9 y su capacidad soporte es de 42 y 60% al 95 y 100% respectivamente.

Otro suelo con alta incidencia es del tipo A-2-7 con índice de grupo 0 y 1, se encuentran en capas intermedias después de 30 cm de profundidad y en espesores hasta de 80 cm. El material es grava con arena limosa y arcilla, con una granulometría que en la malla N^o 4 pasa entre el 41 y 47%, por la malla 200 entre el 23 y 33%, la plasticidad es un poco alta entre 13 y 20, y su consistencia es de 31 y 42 % de CBR para 95 y 100%.

Entre los estacionamientos 7+800 al 13+100 (5.3 Kilómetros), los estratos de suelos predominantes son bastante similares a los anteriores; con una marcada incidencia de suelos inestables entre los estacionamientos 8+000 y 10+000, tipo de suelo A-7-6, índice de grupo entre 5 y 26. Su graduación indica que el 95% pasa la malla N^o 4 y por la 200 pasa el 69%; plasticidad de 21% y CBR de 4 y 5% al 95 y 100%.

En los estratos de la superficie se mantienen los suelos A-2-4 (0), que también se presenta en las capas intermedias con bastante incidencia.

En el sector de los estacionamientos 13+100 al 18+200 (5.1 Kilómetros), el suelo es bastante homogéneo, con permanencia de suelo tipo A-2-4 (0) en la capa superficial.

Los estratos intermedios que si predominan en este sector son los suelos del tipo A-6 con diferentes índices de grupo. La granulometría indica que 86% pasa el tamiz N^o 4 y 58% pasa por la malla 200; su consistencia de 14 y 17% al 95 y 100% proctor.

La composición del suelo en la sección que va del estacionamiento 18+200 al 25+100 el Ostional (6.9 Kilómetros), mantiene el mismo comportamiento de las secciones anteriores. Una capa superficial con predominio del tipo A-2-4 (0), pero alternando con otros tipos como el A-2-6(0).

Se observa una alta presencia de suelo inestable del tipo A-7-6 de diferentes índices de grupo, en dos Kilómetros continuos (20+000 – 22+000) con espesores hasta de 1.2 metros después de la capa superficial. La graduación refleja que el 64% pasa la malla N^o 4 y 45% pasa la malla 200; la plasticidad es de 15% y la consistencia no es mayor de 6% cuando esta al 100% de densidad.

En los últimos tres Kilómetros del tramo se observa una incidencia de suelo arcilloso de tipo A-6 (1 -9), en las capas medias y bajas, con espesores que oscilan entre 50 y 90 cm. La graduación indica el 69% pasa la malla N^o 4 Y 43% por la malla 200; la consistencia no es mayor de 6% al 100% proctor.

En los anexos A-1 se encontrara el detalle de cada tipo de suelo encontrado durante los sondeos realizado en campo.

I.1 Materiales

A continuación se describen las especificaciones que deben cumplir los materiales que serán utilizados en la composición del concreto y del pavimento rígido.

Cemento: Para este caso en particular se hará uso del Cemento Portland, y este deberá satisfacer las especificaciones de la NIC – 2000 (ANEXO A - 2).

Agregado Fino: El agregado fino a utilizar será el agregado fino para concreto de Cemento Portland, especificado por la NIC – 2000 (ANEXO A - 3).

Agregado Grueso: La grava a utilizar será de acuerdo a las especificaciones de la NIC – 2000, para material grueso para concreto de Cemento Portland (ANEXO A - 4).

Agua: El agua utilizada para la mezcla y curado del concreto, deberá estar limpia y exenta de material vegetal o cualquier otra sustancia química perjudicial para el correcto fraguado de la mezcla de modo que disminuya la resistencia de esta.

I.2 Cálculo de CBR de Diseño

En base a que el tramo está dividido en dos sub-tramos (Marsella – San Juan del Sur y San Juan del Sur – El Ostional), consideramos correcto determinar un C.B.R de diseño para cada sub-tramo.

Para determinar este parámetro de diseño, se procedió de la siguiente manera: Tomando los valores de CBR de las muestras compactadas al 95% correspondiente al tramo en estudio, se ordenaron de menor a mayor los valores de CBR y se colocaron en la columna.

Se obtuvo la frecuencia numérica en que aparecían los valores antes ordenados y se colocaron en la columna siguiente. Se obtuvo el número de ensayos iguales o mayores que el valor en estudio y se colocó en la siguiente columna.

Se determina el porcentaje en que aparecían los valores, el número de veces se dividió entre el total de valores registrado, este valor se multiplica por 100 para expresarlo en porcentaje, y se coloca en la columna siguiente.

Se procede a graficar los valores de CBR con los porcentajes obtenidos iguales o mayores para obtener el CBR de diseño para cada percentil indicada en la siguiente tabla.

Resultados obtenidos C.B.R de Diseño para cada tramo:

	C.B.R 95%
Marsella – San Juan del Sur	27%
San Juan del Sur – El Ostional	21%

Cabe mencionar que para ambos tramos consideramos necesario que los suelos que presentaron valores de CBR demasiado bajos (menor del 10%) deberán ser removidos de la línea del proyecto.

Tales volúmenes de material serán sustituidos por materiales de bancos; para el tramo Marsella – San Juan del Sur, se utilizara el banco las maderas, que posee suelos del tipo A – 2 – 6(0), con valores de CBR de 35% al 95%.

Para el tramo San Juan del Sur – El Ostional, recomendamos utilizar los bancos El Container, Ojo de Agua y El Ostional, los que registraron suelos A – 2 – 6(0), A – 1 – a(0) y A – 2 – 6(0); con valores de CBR de 52%, 58% y 42% al 95%.

Si dichos suelos no fuesen removidos, los resultados para el CBR de diseño fuese bajos, lo que repercutiría de manera negativa en los espesores de losa de concreto, recordemos que la relación CBR vs Espesor de losa, son inversamente proporcionales; a continuación mostramos los valores que obtendríamos si no se tomara en cuenta las consideraciones anteriormente expuesta:

	C.B.R 95%
Marsella – San Juan del Sur	9%
San Juan del Sur – El Ostional	8.5%

Como podrá notarse la diferencia en la magnitud de los resultados es considerable; al adoptar los valores primeramente mostrados, garantizamos un espesor de losa menor, pero que responderá satisfactoriamente a los esfuerzos transmitidos por los diferentes vehículos que circularan por la vía.

El detalle correspondiente al cálculo del C.B.R de diseño se encuentra en la sección de anexos adjunto al presente documento (Anexo A - 5).

I.3 BANCOS DE MATERIALES

La rehabilitación de los tramos conllevará una serie de recursos, entre los que se encuentra el material de banco que permita ser utilizado para remplazar aquellos tipos de suelos que presenten características y valores de baja calidad, tales como el tipo de suelo y valores de CBR.

En vista de tal situación deberá proponerse bancos de materiales que contengan los recursos necesarios, que cumplan con las especificaciones exigidas; tales fuentes de materiales deberán encontrarse en las cercanías del proyecto, de ser posible a escasos metros del proyecto, pero de no ser así podrá considerarse las diversas fuentes, aunque esto signifique un sobre acarreo de los materiales.

A continuación presentamos los diversos bancos de materiales para cada tramo.

MARSELLA – SAN JUAN DEL SUR

Banco San Juan, esta ubicado de la entrada a San Juan 1 Km hacia Marsella y 1.5 Km a la derecha, el tipo de suelo aquí encontrado esta clasificado como un suelo del tipo A -2 – 6(1), esta fuente de material posee un volumen explotable de 34,000 m³, con un valor de CBR de 13% al 95% según ensayos de laboratorio.

Banco Madera, esta ubicado a 1,800 m hacia Marsella, el suelo encontrado clasifica como un suelo del tipo A -2 – 6(0), con un volumen de 48,000 m³ con un valor de CBR de 35% al 95% según laboratorio.

SAN JUAN DEL SUR – EL OSTIONAL

Banco El Container, esta ubicado en la estación 3+536, el tipo de suelo aquí encontrado esta clasificado como un suelo del tipo A -2 – 6(0), posee un volumen explotable de 80,000 m³, con un valor de CBR de 52% al 95% según ensayos de laboratorio.

Banco El Yankee, esta ubicado en el estacionado 12+139, el suelo encontrado clasifica como A -2 – 4(0), con un volumen de 115,000 m³ con un valor de CBR de 38% al 95% según laboratorio.

Banco Ojo de Agua, esta ubicado en la estación 12+842 sobre la banda Izquierda, el tipo de suelo aquí encontrado esta clasificado como un suelo del tipo A -1 –a(0), esta fuente de material posee un volumen explotable de 30,000 m³, con un valor de CBR de 58% al 95%.

Banco Escameca Grande, esta ubicado entre los estacionados 15+290 y 15+520, el suelo encontrado clasifica como A -1 –a (0), con un volumen de 22,000 m³ con un valor de CBR de 42% al 95% según laboratorio.

Banco El Pochote, esta ubicado en la estación 30+580 sobre la banda Izquierda, esta clasificado como un suelo del tipo A -2 – 6(0), esta fuente de material posee un volumen explotable de 57,000 m³, con un valor de CBR de 62% al 95%.

Banco El Ostional, esta ubicado entre en el estacionado 22+437, el suelo encontrado clasifica como A - 2 - 6 (0), con un volumen de 42,000 m³ con un valor de CBR de 42% al 95% según laboratorio.

Banco Los Mojones, esta ubicado en la estación 34+212 a ambos lados del camino, el tipo de suelo aquí encontrado esta clasificado como A -1 –a(0), esta fuente de material posee un volumen explotable de 40,000 m³, con un valor de CBR de 55% al 95%.

En el anexo A - 6 se hallará el detalle de cada banco de material estudiado.

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO

II. ESTUDIO DE TRANSITO

El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación del volumen de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de estos y sus formas de operación, como así también a las características socioeconómicas de los usuarios.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico es de vital importancia para adelantar otras actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular.

Transito.

El transito es la variable más importante que afectan el comportamiento del pavimento, por lo que es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por la vía.

Volumen y Composición Vehicular.

Los volúmenes de transito deben ser considerados como dinámicos, por lo que solo son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de las características del tráfico en los tramos de carretera donde se realizaran los aforos vehiculares, es por esto, que se deben realizar conteos de tráfico en diferentes puntos para conocer detalladamente el volumen y composición del tráfico.

II.1 Transito Promedio Diario Anual (TPDA).

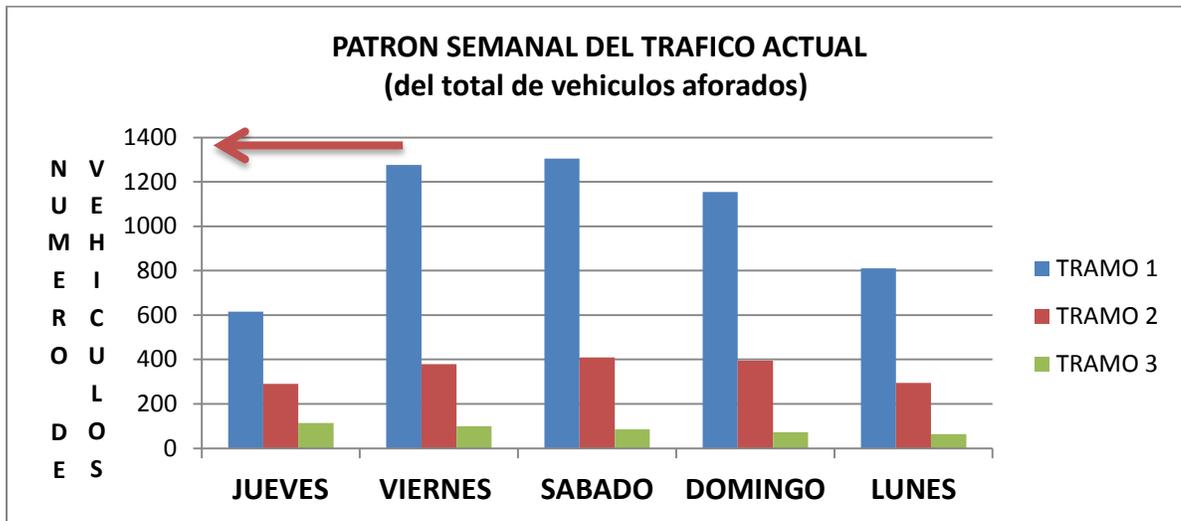
Para el cálculo del TPDA de los tramos donde se realizaron los conteos vehiculares, se utilizó los factores de expansión de la estación sumaria N° 229 correspondiente al tramo San Juan del Sur – El Ostional, se consideró esta estación porque son las correspondiente al área de influencia de los tramos en estudio y así verificar el comportamiento del tráfico.

Se obtuvieron los resultados promedios diarios de 24 horas de cada tramo y esto se afectaron por el factor semanal de las estaciones de control determinando el Trafico Promedio Diario Semanal (TPDS), luego de cuantificar este tráfico, se afectó por el factor temporada de la misma estación usada, obteniendo el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) en cada tramo.

Para el tramo Marsella – San Juan del Sur, el tráfico promedio diario de tipo de vehículos resulto de 1033 vpd, siendo el día sábado el de mayor tráfico con 1305 vpd, el TPDA resulto de 1121 vehículos.

Para el tramo El Container - Playa los Cocos, el tráfico promedio diario de tipos de vehículos resulto de 354 vpd, siendo el mayor tráfico el día domingo con 395 vpd, el TPDA para este tramo resulto de 381 vehículos.

Para el tramo los Cocos – El Ostional, el tráfico promedio diario de tipo de vehículo resulto de 87 vpd, siendo el día jueves el de mayor tráfico con 114 vpd y el día lunes con el menor tráfico con 64 vpd, el TPDA resultante fue de 95 vehículos.



Fuente: Estudio de Trafico.

II.2 Proyecciones de Trafico.

Para el diseño de la estructura de pavimento se efectuará las proyecciones del tráfico actual a un periodo de 20 años; se toma en cuenta en este cálculo, el comportamiento del tráfico histórico, del cual el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) lleva por medio de la Dirección de Administración Vial, adscrita a la División General de Vialidad; dicha instancia posee registros históricos del tráfico en la red nacional desde el año 1963, en que se instauró el Sistema Nacional de Conteos Volumétricos de Transito. Estos registros aportan la base fundamental para conocer el comportamiento del tráfico en las principales carreteras y caminos del país, además de proveer la información relacionadas a los principales factores tales como la relación tráfico diurno y tráfico nocturno, factores para expansión del tráfico semanal y para la desestacionalización, conocido también como factor de temporada. Estos datos se encuentran en la publicación anual de la Revista de Trafico que rutinariamente hace el Ministerio de Transporte e Infraestructura, y que fueron utilizadas en el estudio de Tráfico.

II.3 TASA DE CRECIMIENTO PARA PROYECCION DEL TRÁFICO

El Trafico Futuro estará compuesto por los siguientes componentes:

- Trafico Normal
- Tráfico Generado
- Trafico Atraído

Trafico Futuro = Trafico Normal + Tráfico Generado + Trafico Atraído

II.3.1 Tráfico Normal

El Trafico Normal comprende el flujo que actúa en la carretera y crece como consecuencia de la dinámica económica del país, independiente de la mejora que se le haga a la vía.

Los registros históricos que el MTI posee de la estación sumaria N^o 229 (Empalme El Ostional - San Juan del Sur – El Ostional) nos permiten conocer el comportamiento del tráfico comprendido entre los años 2003 y 2009. En este periodo el trafico experimento un crecimiento del 26.9%, lo que resulta en un 8.9% para los años comprendido en este periodo. Cabe mencionar que los datos del año 2010 no se tomaran en cuenta, ya que fueron resultados de proyecciones hechas por el departamento de División de Administración Vial (MTI), ya que los conteos se realizan cada 3 año en este tramo.

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2009	77	16	42	99			6	8	6	1							0	256
2006	151	368	129	313	2		8	83	49	12		4			1	5	6	1,130
2003	19	29	24	72	1	0	7	22	11	2	0	0	0	0	0	0	0	187
2010	81	17	44	104	0	0	6	8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	270

Fuente: MTI, División de Administración Vial.

Según el estudio de tráfico realizado por el consultor, CORASCO. S.A, se obtuvieron los siguientes volúmenes de tránsito:

TRAFICO NORMAL MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR																
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
2009	206	173	383	294	5	0	6	37	15	2	0	0	0	1	0	1122
TRAFICO NORMAL EL CONTAINER - PLAYA LOS COCOS																
2009	77	51	102	115	1	1	7	11	15	1	0	0	0	0	1	382
TRAFICO NORMAL PLAYA LOS COCOS - EL OSTIONAL																
2009	18	6	14	32	1	1	5	5	8	3	0	0	0	0	2	95

Fuente: Elaboración Propia.

Al establecer un contraste de los datos registrados en el año 2009 tanto por el MTI como por el consultor (CORASCO. S.A.), para el tramo San Juan del Sur (El Container) – Los Cocos, observamos que el numero de autos y jeep aumento considerablemente en el mismo año, por lo que se procedió a realizar un análisis de lo que puede suceder para que se halla producido tales variaciones, ya que los otros tipos de vehículos presentan un comportamiento similar en ambos registros realizados en el mismo año.

FUENTE	AÑO	AUTO	JEEP
MTI	2009	16	42
CORASCO. S.A.	2009	51	102

Fuente: Elaboración Propia.

Tales variaciones pudieron obedecer a una serie de sucesos particulares, tales como manifestaciones o la presencia de visitantes que acuden a esta zona de manera regular en el periodo de verano, tal es el caso del estudio de tráfico realizado por CARASCO S.A, los cuales fueron realizados en el mes de enero. Por lo tanto consideramos preciso tomar un valor promedio el cual estará en el rango de ambos registros, resultando de esto un valor de 34 autos y 73 jeep.

Los factores de expansión correspondientes a la estación N° 229 (Empalme El Ostional - San Juan del Sur – El Ostional) utilizados para obtener el tránsito promedio diario (TPDA) de los tres tramos se muestran en la siguiente tabla, de igual manera mostramos los volúmenes de tráfico normal proyectados del año 2009 a nuestro año base 2012, utilizando una tasa de 3.5% de la cual se detalla más adelante en este documento. Para el cálculo de tránsito se tomarán los datos facilitados por la empresa consultora CORASCO S.A.

Tramo 1: Marsella – San Juan del Sur.

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL: MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR																
FACTORES DE ESTACION SUMARIA N° 229 SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL																
	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus 15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
PROMEDIO DIARIO	205.2	157	316.4	293.3	3.7	0	4.6	36.2	14.3	1.8	0	0	0	0.2	0	1033
FACTOR SEMANAL	1	1	1.1	1	1.1	1	1	1	0.9	0.9	1	1	1.1	1	0.8	
TPD	205.2	157	348	293.3	4.07	0	4.6	36.2	12.87	1.6	0	0	0	0.2	0	1063
FACTOR TEMPORADA	1	1.1	1.1	1	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1.1	1.1	1.1	1	0.6	
2009	206	173	383	294	5	0	6	37	15	2	0	0	0	1	0	1122
2012	230	194	426	328	8	0	9	43	18	5	0	0	0	4	0	1265

Fuente: Elaboración Propia.

Tramo 2: San Juan del Sur (El Container) – Los Cocos.

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL: SAN JUAN DEL SUR (EL CONTAINER) - LOS COCOS																
ESTACION SUMARIA Nº 229 SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL																
AÑO 2009	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv2-5 Ton	C25+ Ton	C3	Tx-Sx<=4e	Tx-Sx<=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	VA/VC	TOTAL
PROMEDIO DIARIO	76.6	30.5	60	114.4	0.7	0.2	5.8	10.3	15.1	1	0	0	0	0	0.9	315.5
FACTOR SEMANAL	1	1	1.1	1	1.1	1	1	1	0.9	0.9	1	1	1.1	1	0.8	
TPD	76.6	30.5	66	114.4	0.77	0.2	5.8	10.3	13.59	0.9	0	0	0	0	0.72	319.78
FACTOR TEMPORADA	1	1.1	1.1	1	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1	1.1	1.1	1	0.6	
TPDA	77	34	73	115	1	1	7	11	15	1	0	0	0	0	1	336

Fuente: Elaboración Propia.

Tramo 3: Los Cocos – El Ostional.

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL: LOS COCOS - EL OSTIONAL																
ESTACION SUMARIA Nº 229 SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL																
AÑO 2009	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv2-5 Ton	C25+ Ton	C3	Tx-Sx<=4e	Tx-Sx<=5e	Cx-Rx<=4e	Cx-Rx>=5e	VA/VC	TOTAL
PROMEDIO DIARIO	17.5	4.7	11.2	32	0.2	0.5	3.8	4.1	7.5	2.6	0	0	0	0	3.3	87.4
FACTOR SEMANAL	1	1	1.1	1	1.1	1	1	1	0.9	0.9	1	1	1.1	1	0.8	
TPD	17.5	4.7	12.32	32	0.22	0.5	3.8	4.1	6.75	2.34	0	0	0	0	2.64	86.87
FACTOR TEMPORADA	1	1.1	1.1	1	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1	1.1	1.1	1	0.6	
TPDA	18	6	14	32	1	1	5	5	8	3	0	0	0	0	2	95

Fuente: Elaboración Propia.

II.3.2 Tráfico Generado

Para estimar el Tráfico Generado, se considera que la rehabilitación de la superficie de rodamiento desarrollara un aumento en la economía de la zona de influencia del proyecto y en el volumen de tráfico.

El tráfico generado se cuantifica como una parte porcentual del tráfico normal para cada tipo de vehículo, o sea que la base del cálculo del tráfico desarrollado es el tráfico normal del año de inicio del proyecto.

A continuación mostramos las partes porcentuales del tráfico generado utilizadas en diversos proyectos de Nicaragua, realizados y supervisados por el MTI en la división de Pre – Inversión, pertenecientes a la división de Planificación.

Los datos mostrados parten de nuestro año base 2012, para el cual posteriormente se establecerá el tráfico futuro hasta el año 2032, ya que la vida útil del proyecto es de 20 años.

TRAFICO GENERADO DE DIVERSOS PROYECTOS EN NICARAGUA		
PROYECTO	% TRAF. GENERADO	PROMEDIO % T - G
Esquipulas - Muy Muy	1.29	10.69%
Cárdenas - Colon	22.93	
Nueva Guinea	5.5	
Terrabona - Terrabona	5	
Comalapa - Camoapa	13.81	
Empalme Santa Rosa - Comalapa	15.62	

Fuente: Elaboración Propia, MTI, División de Pre – Inversión.

Como podrá notarse los porcentajes del tráfico generado oscilan entre 1.29 y 22.93%, dando como resultado un promedio de 10.7% para los proyectos arriba mostrados. Cabe mencionar que el Ministerio de Transporte e Infraestructura recomienda que dicho valor no sobrepase del 10%.

En base a la información mostrada y las recomendaciones del MTI, Consideramos apropiado aplicar una tasa del 4% para el tráfico generado del tramo Marsella – San Juan del Sur – El Ostional, ya que consideramos que el turismo actualmente es estimulado por el gobierno, lo que nos dinamizará la economía local.

A continuación mostramos los resultados del tráfico generado:

Tramo 1: Marsella – San Juan del Sur.

TRAFICO GENERAFO MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR																
Tasa Crecimiento Tráfico Generado: 4%																
2012	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
	240	202	444	342	9	0	10	45	19	6	0	0	0	5	0	1322

Fuente: Elaboración Propia.

Tramo 2: San Juan del Sur (El Container) – Los Cocos.

TRAFICO GENERADO EL CONTAINER - PLAYA LOS COCOS																
Tasa Crecimiento Tráfico Generado: 4%																
2012	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
		90	60	119	136	5	5	11	15	19	5	0	0	0	0	5

Fuente: Elaboración Propia.

Tramo 3: Los Cocos – El Ostional.

TRAFICO GENERADO PLAYA LOS COCOS - EL OSTIONAL																
Tasa Crecimiento Tráfico Generado: 4%																
2012	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
		22	10	18	40	5	5	9	9	12	7	0	0	0	0	6

Fuente: Elaboración Propia.

II.3.3 Tráfico Atraído

Se denomina tráfico atraído al volumen de vehículos que se integran al flujo de una carretera recién construida o recién rehabilitada, presentando una alternativa de viaje que puede ser seleccionada en función de diversos parámetros, tales como: menor distancia, diseño geométrico transmite mayor seguridad al usuario; un entorno paisajístico agradable, entre otros.

En el caso particular de la vía Marsella – Empalme San Juan del Sur – El Ostional, no representa desde el punto de vista gráfico una vis alternativa de viaje. La configuración de la red vial actual indica que para llegar al tramo en estudio solamente se puede hacer por el tramo La Virgen – San Juan del Sur, no existe otra ruta. En la red vial se tiene el camino vecinal Rivas – La Chocolatea, pero es un camino de verano que presenta restricciones al tráfico y por lo tanto no es una alternativa para el usuario, Existe otro camino vecinal de verano, ubicado al final del tramo en estudio, El Pochote – El Naranja – Sapoa (Peñas Blancas), que también no presenta una alternativa para los usuarios de la Ruta Turística del Sur, este camino solamente se utiliza por los dueños de tierras aledaños al camino.

En conclusión no existe un tráfico atraído por que las rutas en uso serán las mismas después de la construcción.

II.4 Tráfico Total.

El Tráfico Total es igual a la suma de los volúmenes proyectados del Tráfico Normal más los volúmenes proyectados del Tráfico Desarrollado.

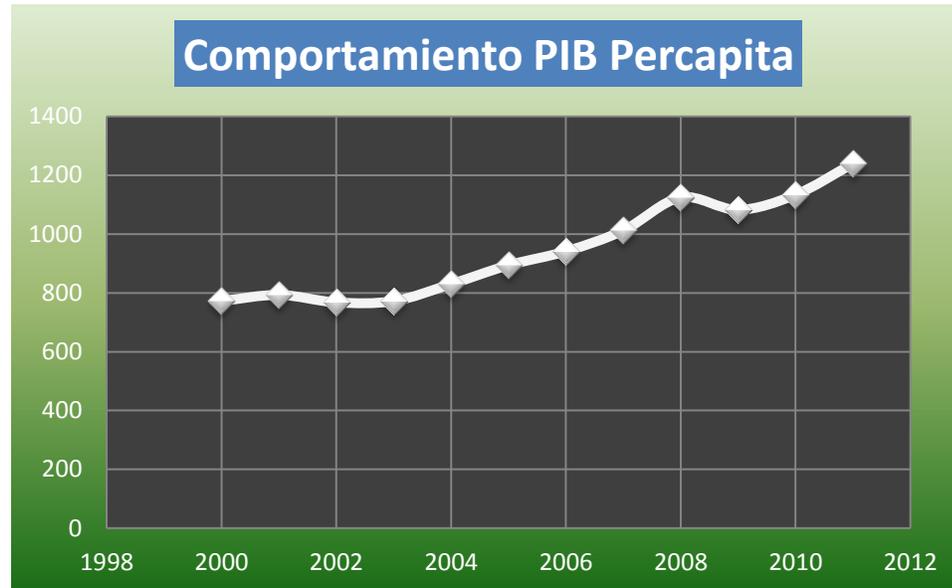
Para determinar la tasa de crecimiento del tráfico deberá de analizarse una serie de variables socio-económicas, tales como: PIB, TPDA, consumo de combustible, crecimiento poblacional, etc. La posterior asociación de estas variables y las perspectivas de crecimiento en los siguientes años, nos permitirá tener una idea más clara del comportamiento del tráfico futuro.

II.4.1 Producto Interno Bruto (PIB).

Los registros del Banco Central de Nicaragua muestran el comportamiento del PIB, considerando el periodo 2000 – 2011, se puede notar el constante crecimiento, que corresponden a un 60.3% acumulado en este periodo, lo que genera un promedio de 5.5% por año.

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PIB PERCAPITA \$	773	792.9	768	772	830	894	941	1012	1124	1082	1133	1239

Fuente: Elaboración Propia, Banco Central de Nicaragua, Estadísticas.



Fuente: Elaboración Propia, Banco Central de Nicaragua, Estadísticas.

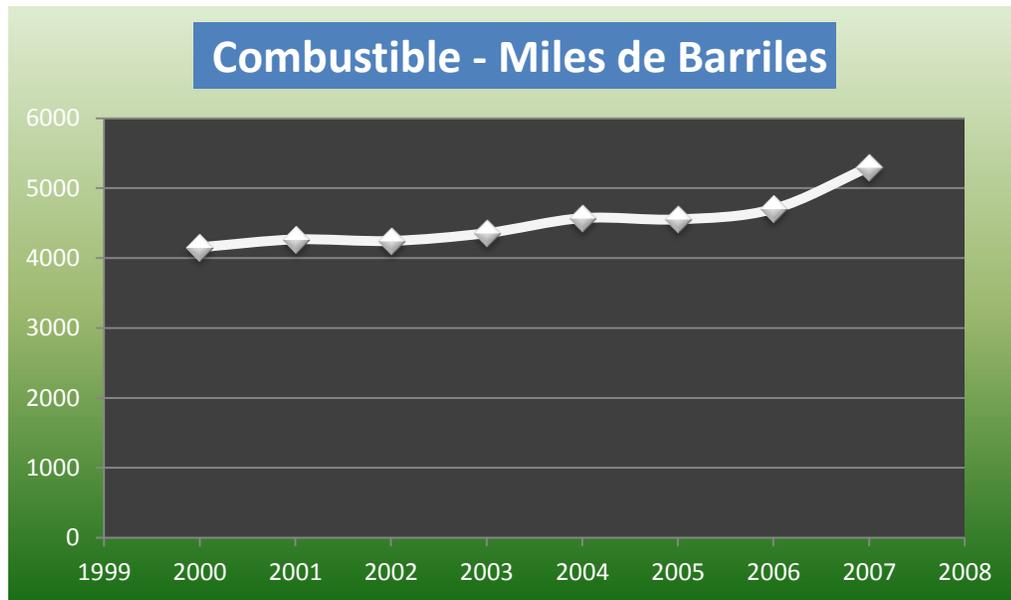
FUNIDES en el primer informe de coyuntura economía de 2012, señala que para los años 2012, 2013 y 2014, el producto interno bruto (PIB), crecerá 3.5%, 3.7% Y 3.4% respectivamente; experimentándose un crecimiento promedio del 3.53%.

El Consejo Monetario Centroamericano, proyecta un crecimiento del PIB por el orden del 3.5% – 4% para fines del 2012, y de 3.7 para el año 2013; tal información presenta un panorama económico congruente al presentado por FUNIDES.

Considerando la información anteriormente mostrada, creemos que la tendencia de crecimiento seguirá registrándose durante la vida útil del proyecto.

II.4.2 Consumo de Combustible.

Como podrá notarse el consumo de este producto describe un comportamiento ascendente a través del tiempo, del igual manera que el PIB a mantenido una tendencia ascendente en los últimos años, al rehabilitarse el tramo es estudio, la cantidad de viajes generados por diversas actividades se incrementaran, tanto en el país como en la zona de influencia del proyecto, producto del dinamismo económico que consideramos experimentara el país en los siguiente años.



Fuente: Elaboración Propia, Banco Central de Nicaragua, Estadísticas.

II.4.3 Crecimiento Poblacional.

Entre los años 2000 – 2010, la población se ha incrementado en un 14% acumulado, de lo que se desprende 1.4% promedio por cada periodo analizado, a diferencia de las variables anteriormente descritas la población no deja de crecer sin importar la situación económica por la cual atraviese el país, es de esperarse que tal comportamiento se mantenga oscilando en el promedio del 1.33%.



Fuente: Elaboración Propia, Banco Central de Nicaragua, Estadísticas.

Según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo, para el año 2035 en Nicaragua habrá una población de 7, 356,414 habitantes; tomando como punto de partida el año 2010, la población era de 5, 815,526 habitantes, resultando un crecimiento del 26.5%; quedando claro que al igual que las anteriores variables expuestas, el crecimiento poblacional describe un comportamiento ascendente y que se proyecta de tal manera para los siguientes 20 años, lo que resultará en una mayor demanda de servicios de transporte en el sitio del proyecto como en el resto del país, generándose así mayor cantidad de viajes.

II.4.4 Desarrollo Turístico.

En actual gobierno a implementado estrategias de desarrollo en el turismo, fortaleciendo los destinos turísticos e impulsando el desarrollo de nuevos circuitos y rutas, para esto se ha mejorado y reconstruido la infraestructura de los centros turísticos, con una inversión de C\$ 47.6 millones de córdobas en el periodo 2007 -2010. Estas inversiones han permitido la llegada de 3, 451,098 visitantes, para un incremento acumulado del 37%.

Este apoyo a la fecha se sigue dando, fortaleciendo la industria turística nacional, y según dicho apoyo persista para los años venideros el incremento turístico revelará un comportamiento favorable para la economía nacional y principalmente para San Juan del Sur que es uno de los principales centros turísticos del país.

	2010	2015	2020	
PROYECCION TURISMO (NUMERO DE TURISTAS)	MAXIMO	1010670	1616489	2633333
	TASAS %		59.94%	62.90%
	MINIMO	1010670	1439723	2066665
	TASAS %		42.45%	43.55%
	PROMEDIO	52.21%		

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo Turístico Nicaragua 2011.

Esta proyección nos brinda información sobre el desarrollo de la industria turística del país, notándose el constante crecimiento de turistas que pretenden visitar los diferentes puntos turísticos de Nicaragua. Se deja denotar que al incrementarse la visita de turista a nuestro país, por lo tanto se incrementará el número de viajes a las zonas turísticas, de las cuales San Juan del Sur representa una de los mayores atractivos nacionales de la franja del pacífico.

II.5 Tasa de Crecimiento Tráfico Futuro.

Para determinar la tasa de crecimiento para el tráfico futuro, se toma en cuenta el comportamiento de diferentes variables socio – económicas del país, tales como el PIB, TPDA, consumo de combustible, crecimiento socio - económico, etc. Estas variables deberán ser analizadas detenidamente. De igual forma se reviso diferentes proyecto diseñados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura, con los que se han mejorado diversas carreteras de Nicaragua; con el fin de establecer un rango de aplicación de las tasa de crecimiento.

PORCENTAJE TASAS DE CRECIMIENTO EN DIVERSOS PROYECTOS		
PROYECTO	% TASA CRECIMIENTO	PROMEDIO %
Esquipulas - Muy Muy	6.72%	6.11%
Cardenas - Colon	9.96%	
Nueva Guinea	6.13%	
Terrabona - Terrabona	4.50%	
Comalapa - Camoapa	5.55%	
Empalme Santa Rosa - Comalapa	5.60%	
San Ramon - Muy Muy	5.00%	
San Sebastián de Yali - Condega	4.50%	
Llanos de Colon - La Concordia	7.00%	

Fuente: Elaboración Propia, MTI, División de Pre – Inversión.

Como podrá notarse el promedio de las tasas de crecimiento aplicadas es de 6.11%, claro esta que cada proyecto demanda un singular análisis de las diferentes variables socio – económicas, que permitirán establecer los porcentajes de proyección de cada tramo.

El crecimiento o decrecimiento socio – económico del país no juega un papel tan importante en la vida de los nicaragüenses cuando de incremento poblacional se trata; un ejemplo de esto se da en el periodo comprendido entre los años 2008 – 2009, donde el producto interno bruto registro un decrecimiento del -1.5%, sin embargo en este mismo periodo la población paso de 5, 668,900 habitantes hasta 5, 742,230 habitantes, registrándose un incremento del 1.29%.

Tanto el producto interno bruto (PIB), el consumo de combustible, el crecimiento poblacional y el desarrollo turístico; juegan un papel muy importante al momento de determinar la tasa de crecimiento; hemos observado que todas estas variables muestran un comportamiento ascendente a través del tiempo y que el incremento de una de ellas repercute proporcionalmente en las demás; consideramos que dicho comportamiento presentará igual o mayor comportamiento para los próximos 20 años. Tales variables tienen un impacto directo en los volúmenes de tráfico que circularan por la vía.

En vista de todos los datos anteriormente expuestos, la estrecha relación que existe entre estos y la particularidad de la ubicación del proyecto, hemos llegado a la conclusión de aplicar una tasa de crecimiento del 3.5% para toda la vida útil del proyecto, pensamos que esta tasa (3.5%) es compatible al crecimiento que el país experimentará en los siguientes 20 años de la vida útil del proyecto.

Los resultados para el tráfico futuro obtenidos se encuentran adjuntos en la sección de anexos en el presente documento (ANEXO B - 1).

II.6 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DE CARRETERA:

MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL.

Dicho tramo se encuentra ubicado en el Municipio de San Juan del Sur, perteneciente al Departamento de Rivas el cual posee una red vial de 969.42 Km de los cuales 147.755 Km le pertenecen al Municipio de San Juan del Sur, en los que se encuentran tramos Adoquinados, Asfaltados, Revestidos, Todo Tiempo y Estación Seca. Es importante denotar que en el municipio de San Juan del Sur no existe superficie de rodamiento constituidas por Concreto Hidráulico,

La clasificación de las carreteras del país, fue definida en cinco tipos:

1	TP.....	Troncal Principal
2	TS.....	Troncal Secundaria
3	CP.....	Colectora Principal
4	CS.....	Colectora Secundaria
5	CV.....	Camino Vecinal

El TRAMO MARSELLA-SAN JUAN DEL SUR-EL OSTIONAL se Clasifica como Colectora Secundaria (CS), según la revista Red Vial de Nicaragua 2010 (ANEXO B – 2), Publicada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

**CAPITULO III: DISEÑO DE ESPESOR
DE PAVIMENTO RIGIDO**

III. DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO

La Portland Cement Association (P.C.A), publico en 1966 un procedimiento para el diseño de espesores de pavimentos, basados en el concepto de “consumo de resistencia”. En este método se calculan las tensiones que produce el transito en cada rango de carga, comparándolas con la resistencia de diseño adoptada denominando la relación de ellas como “razón de esfuerzos”. De acuerdo a este valor se establece el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga, que comparado con el número de repeticiones esperadas, permite establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango de carga, cuya suma no debe exceder de un 100%.

Las principales ventajas de un pavimento de concreto hidráulico son las siguientes: Durabilidad, bajo costo de mantenimiento, seguridad, altos índices de servicios y mejor distribución de esfuerzos bajo las losas.

Este método se basa en dos criterios de diseño:

FATIGA: Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento produce esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

EROSION: Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la sub-base o subrasante y los materiales que conforman los hombros.

III.1 Factores de Diseño

III.1.1 Resistencia a la Flexión del Concreto

La consideración de la resistencia a la flexión del concreto es aplicable en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga que controla el agrietamiento del pavimento bajo la repetición de cargas.

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm ²	psi
Autopistas	48	682.7
Carreteras	48	682.7
Zonas Industriales	45	640.1
Urbanas Principales	42	640.1
Urbanas Secundarias	42	597.4

Fuente: Pavimento de Concreto, CEMEX.

Los valores recomendados para el Modulo de Ruptura varían desde 41 Kg/cm² (583 psi) hasta 50 Kg/cm² (711 psi) a 28 días, dependiendo del uso que vayan a tener.

Para el presente diseño se utilizara un modulo de ruptura (MR) de 42 Kg/cm² (682.7 psi), ya que el tramo en estudio no es una vía por la cual circule una gran cantidad de vehículos.

III.1.2 Terreno de Apoyo o Base

El soporte dado a los pavimentos de concreto por la base y la sub-base, es el segundo factor en el diseño de espesores. El terreno de apoyo esta definido en términos del modulo de reacción de la sub-rasante de Westergaard (k). Es igual a la carga en libras por pulgadas cuadrada (un plato de 30" de diámetro) dividido entre la deformación en pulgadas que provoca dicha carga.

Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (psi / in) o mas comúnmente, por libras por pulgada cubica (pci).

Teniendo en cuenta que el C.B.R de diseño es 21 y 27%, utilizamos la Figura Relación aproximada entre las Clasificaciones del Suelo y sus Valores de Resistencia (Ver ANEXO C - 1), Obteniéndose un K de la subrasante de 259 y 311 PCI respectivamente, sin embargo debido a que colocaremos una capa de 8 pulgadas; el valor de K se incrementa, Resultando en un nuevo K de 312.6 y 383.57 PCI.

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
CBR	27	21	21
K	311	259	259
K'	383.57	312.6	312.6

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de diseño de modulo de sub-reacción (k) para bases granular se muestran en la siguiente tabla.

k - Suelo - Sub-base (pci)				
k del Suelo (pci)	Espesor de la sub-base			
	4"	6"	9"	12"
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Pavimento de Concreto, CEMEX.

III.1.3 Periodo de Diseño

El término de periodo de diseño es algunas veces considerado sinónimo de periodo de análisis de tráfico, Dado que el tráfico no puede ser supuesto con precisión por un periodo muy largo, el periodo de diseño de 20 años es el comúnmente empleado en el procedimiento de diseño de pavimento.

Para el presente diseño de pavimento rígido se tomara un periodo de 20 años de vida útil del proyecto.

III.1.4 Número de Repeticiones Esperadas Para Cada Eje.

Toda la información referida al tráfico termina siendo empleada para conocer el número de repeticiones esperadas, durante todo el periodo de diseño, de cada tipo de eje. Para poder conocer estos valores tendremos que conocer varios factores referentes al tránsito, como lo es el tránsito promedio diario anual (TPDA), el % que representa cada tipo de eje en el TPDA, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el periodo de diseño.

Repeticiones Esperadas:

$$Re = TPDA * \% Te * FS * FC * n * FCA * 365$$

A continuación procedemos a determinar cada uno de los factores que intervienen en el cálculo de las repeticiones esperadas para cada peso y tipo de eje.

III.1.4.1 Transito Promedio Diario Anual. (TPDA)

TRAFICO NORMAL MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR																
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus< 15pas.	MnBus1 5-30s.	Bus	Liv 2- 5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
2012	230	194	426	328	8	0	9	43	18	5	0	0	0	4	0	1265
TRAFICO NORMAL EL CONTAINER - PLAYA LOS COCOS																
2012	86	40	82	130	4	4	10	14	18	4	0	0	0	0	4	396
TRAFICO NORMAL PLAYA LOS COCOS - EL OSTIONAL																
2012	21	9	17	38	4	4	8	8	11	6	0	0	0	0	5	131

Fuente: Elaboración Propia.

El método de diseño de la PCA recomienda considerar únicamente el tráfico pesado, es decir que se desprecie todo el tráfico ligero como automóviles y pick-ups de 4 llantas. De cualquier modo, no es tan importante hacer caso a esta recomendación, debido a que el tráfico ligero no influye demasiado en el diseño de espesores.

III.1.4.2 Factor de Crecimiento Anual (FCA)

Para conocer el factor de crecimiento anual se requiere únicamente el periodo de diseño, en años, y la tasa de crecimiento anual; con estos datos podemos calcularlo de manera rápida mediante la siguiente expresión.

$$FCA = ((1 + g)^n - 1)/(g * n)$$

Donde:

$FC =$ Factor de Crecimiento Anual. $n =$ Vida Util en años = 20 Años

$g =$ Tasa de Crecimiento Anual = 3.5%

Con todos los datos requeridos ya conocidos procedemos a calcular el factor de crecimiento anual del tráfico (FCA) el cual se utilizará para los tres tramos:

$$FCA = (1 + 0.035)^{20} - 1 / 0.035 * 20 = 1.414$$

III.1.4.3 Factor de Sentido

El factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza un factor de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0.

Se usara un factor de sentido de FS = 0.5 ya que la carretera esta constituida por dos carriles, uno por sentido.

III.1.4.4 Factor de Carril

Después de ser afectado el tráfico por el factor de sentido, también debemos de analizar el número de carriles por sentido mediante el factor de carril. Para nuestro tramo es de FC = 1, ya que la carretera posee un carril por sentido.

III.1.4.5 Factor de Seguridad de Carga

Los factores de seguridad de carga recomendados son:

1.3	Altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
1.2	Para Autopistas o vialidades de varios carriles en donde se presentara un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
1.1	Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

En el presente diseño tomaremos un FSL = 1, para caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

III. 2 Cálculo de Repeticiones Esperadas

Una vez obtenidos los datos requeridos, se procede al cálculo del tránsito de diseño o repeticiones esperadas, mediante la siguiente ecuación:

$$Re = TPDA * \% Te * FS * FC * Pd * FCA * 365$$

Donde: *TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.*

%Te = % TPDA de Vehículos Cargados.

FS = Factor de Sentido.

FC = Factor de Carril.

n = Periodo de Diseño.

FCA: Factor de Crecimiento Anual.

365 = Dias de un Año.

TPDA: Como se menciono anteriormente los valores del tránsito promedio diario anual serán los obtenidos para el año 2012.

%Te: Para efectos de este trabajo, asumiremos que todos los vehículos están cargados, tomando la situación más crítica de viaje, por lo tanto el %Te = 1.

FS: Se usara un factor de sentido de $FS = 0.5$ ya que la carretera esta constituida por dos carriles, uno por sentido.

FC: El factor de carril se aplica después del factor de sentido y su valor para nuestro tramo es de $FC = 1$, ya que la carretera posee un carril por sentido.

n: Para el presente diseño de pavimento rígido se tomara un periodo de 20 años.

FCA: El calculo de factor de crecimiento anual se efectuó anteriormente, se obtuvo un resultado de $FCA = 1.414$.

A continuación se procede a calcular las repeticiones esperadas para cada tipo de vehículo, como ejemplo determinaremos el valor solo para los autos del tramo Marsella – San Juan del Sur:

En el primer año tendremos:

$$\text{Repeticiones Esperadas} = \text{Repeticiones Esperadas} * \% \text{ Vehiculos Cargadoas} * \text{Factor de Sentido} * \text{Factor de Carril} * 365$$

$$Re = 202 * 1 * 0.5 * 1 * 365$$

$$Re = 36,865$$

En toda la vida útil del proyecto:

$$Re = \text{Rep. primer año} * \text{Periodo de Diseño} * \text{Factro de Crecimiento Anual}$$

$$Re = 36,865 * 20 * 1.414$$

$$Re = 1,042,530$$

De igual manera, como se calcularon las repeticiones permisibles para el auto de este tramo, se deberán analizar todos los tipos vehículos. Los resultados para el tramo Marsella – San Juan del Sur, El Container – Los Cocos y Los Cocos – El Ostional, se presentan en la siguiente tabla:

Repeticiones Esperadas: Marsella – San Juan del Sur.

TIPO DE VEHICULO	TPDA	% VEHICULOS CARGADOS	FACTOR DE SENTIDO	FACTOR DE CARRIL	DIAS DEL AÑO	RE. EN EL PRIMER AÑO	PERIODO DE DISEÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	REP. ESP. EN TODA LA VIDA UTIL
Autos	202	1	0.5	1	365	36,865	20	1.413984091	1042,531
Jeep	444	1	0.5	1	365	81,030	20	1.413984091	2291,503
Camioneta	342	1	0.5	1	365	62,415	20	1.413984091	1765,077
McBus<15pas	9	1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
MnBus15-30s	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
Bus	10	1	0.5	1	365	1,825	20	1.413984091	51,611
Liv 2-5 Ton	45	1	0.5	1	365	8,213	20	1.413984091	232,262
C2 5 + Ton	19	1	0.5	1	365	3,468	20	1.413984091	98,074
C3	6	1	0.5	1	365	1,095	20	1.413984091	30,967
Tx-Sx <= 4e	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
Tx-Sx <= 5e	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
Cx-Rx <= 4e	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
C3-R2	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
VA / VC	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-

Fuente: Elaboración Propia.

Repeticiones Esperadas: El Container – Los Cocos.

TIPO DE VEHICULO	TPDA	% VEHICULOS CARGADOS	FACTOR DE SENTIDO	FACTOR DE CARRIL	DIAS DEL AÑO	RE. EN EL PRIMER AÑO	PERIODO DE DISEÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	REP. ESP. EN TODA LA VIDA UTIL
Autos	42	1	0.5	1	365	7,665	20	1.413984091	216,764
Jeep	86	1	0.5	1	365	15,695	20	1.413984091	443,850
Camioneta	136	1	0.5	1	365	24,820	20	1.413984091	701,902
McBus<15pas	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
MnBus15-30s	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
Bus	11	1	0.5	1	365	2,008	20	1.413984091	56,786
Liv 2-5 Ton	15	1	0.5	1	365	2,738	20	1.413984091	77,430
C25 + Ton	19	1	0.5	1	365	3,468	20	1.413984091	98,074
C3	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
Tx-Sx <= 4e	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
Tx-Sx <= 5e	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
Cx-Rx <= 4e	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
C3-R2	0	1	0.5	1	365	-	20	1.413984091	-
VA / VC	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820

Fuente: Elaboración Propia.

Repeticiones Esperadas: Los Cocos – El Ostional.

TIPO DE VEHICULO	TPDA	% VEHICULOS CARGADOS	FACTOR DE SENTIDO	FACTOR DE CARRIL	DIAS DEL AÑO	RE. EN EL PRIMER AÑO	PERIODO DE DISEÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	REP. ESP. EN TODA LA VIDA UTIL
Autos	10	1	0.5	1	365	1825	20	1.413984091	51,611
Jeep	18	1	0.5	1	365	3285	20	1.413984091	92,899
Camioneta	40	1	0.5	1	365	7300	20	1.413984091	206,442
McBus<15pas	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
MnBus15-30s	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
Bus	9	1	0.5	1	365	1643	20	1.413984091	46,464
Liv 2-5 Ton	9	1	0.5	1	365	1643	20	1.413984091	46,464
C2.5 + Ton	12	1	0.5	1	365	2190	20	1.413984091	61,933
C3	7	1	0.5	1	365	1278	20	1.413984091	36,142
Tx-Sx <= 4e	0	1	0.5	1	365	0	20	1.413984091	-
Tx-Sx <= 5e	0	1	0.5	1	365	0	20	1.413984091	-
Cx-Rx <= 4e	0	1	0.5	1	365	0	20	1.413984091	-
C3-R2	0	1	0.5	1	365	0	20	1.413984091	-
VA/VC	6	1	0.5	1	365	1095	20	1.413984091	30,967

Fuente: Elaboración Propia.

III.3 Clasificación de los pesos por cada tipo de eje

Una vez calculado el valor de las repeticiones esperadas para cada tipo de vehículo, procedemos a la clasificación de peso por ejes conforme al diagrama de cargas permisibles del MTI (ANEXO C - 2), como se indica en la siguiente tabla:

San Juan del Sur – Marsella.

TIPO DE VEHICULO	PESO POR EJE. KIPS	TPDA	% VEHICULOS CARGADOS	FACTOR DE SENTIDO	FACTOR DE CARRIL	DIAS DEL AÑO	RE. EN EL PRIMER AÑO	PERIODO DE DISEÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	TRANSITO DE DISEÑO
Autos	2.2	202	1	0.5	1	365	36,865	20	1.413984091	1042,531
	2.2		1	0.5	1	365	36,865	20	1.413984091	1042,531
Jeep	2.2	444	1	0.5	1	365	81,030	20	1.413984091	2291,503
	2.2		1	0.5	1	365	81,030	20	1.413984091	2291,503
Camioneta	2.2	342	1	0.5	1	365	62,415	20	1.413984091	1765,077
	4.4		1	0.5	1	365	62,415	20	1.413984091	1765,077
McBus<15pas	4.4	9	1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
	8.8		1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
Bus	11	10	1	0.5	1	365	1,825	20	1.413984091	51,611
	22		1	0.5	1	365	1,825	20	1.413984091	51,611
Liv 2-5 Ton	8.8	45	1	0.5	1	365	8,213	20	1.413984091	232,262
	17.6		1	0.5	1	365	8,213	20	1.413984091	232,262
C25 + Ton	11	19	1	0.5	1	365	3,468	20	1.413984091	98,074
	22		1	0.5	1	365	3,468	20	1.413984091	98,074
C3	11	6	1	0.5	1	365	1,095	20	1.413984091	30,967
	*T 36.3		1	0.5	1	365	1,095	20	1.413984091	30,967
C3-R2	11	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
	*T 35.2		1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
	8.8		1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
	8.8		1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820

Fuente: Elaboración Propia.

El Container – Los Cocos.

TIPO DE VEHICULO	PESO POR EJE. KIPS	TPDA	% VEHICULOS CARGADOS	FACTOR DE SENTIDO	FACTOR DE CARRIL	DIAS DEL AÑO	RE. EN EL PRIMER AÑO	PERIODO DE DISEÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	TRANSITO DE DISEÑO
Autos	2.2	42	1	0.5	1	365	7,665	20	1.413984091	216,764
	2.2		1	0.5	1	365	7,665	20	1.413984091	216,764
Jeep	2.2	86	1	0.5	1	365	15,695	20	1.413984091	443,850
	2.2		1	0.5	1	365	15,695	20	1.413984091	443,850
Camioneta	2.2	136	1	0.5	1	365	24,820	20	1.413984091	701,902
	4.4		1	0.5	1	365	24,820	20	1.413984091	701,902
McBus<15pas	4.4	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
	8.8		1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
MnBus15-30s	8.8	5	1	0.5	1	365	913	21	1.413984091	27,111
	17.6		1	0.5	1	365	913	22	1.413984091	28,402
Bus	11	11	1	0.5	1	365	2,008	20	1.413984091	56,786
	22		1	0.5	1	365	2,008	20	1.413984091	56,786
Liv 2-5 Ton	8.8	15	1	0.5	1	365	2,738	20	1.413984091	77,430
	17.6		1	0.5	1	365	2,738	20	1.413984091	77,430
C25 + Ton	11	19	1	0.5	1	365	3,468	20	1.413984091	98,074
	22		1	0.5	1	365	3,468	20	1.413984091	98,074
C3	11	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
	*T 36.3		1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820

Fuente: Elaboración Propia.

Los Cocos – El Ostional.

TIPO DE VEHICULO	PESO POR EJE. KIPS	TPDA	% VEHICULOS CARGADOS	FACTOR DE SENTIDO	FACTOR DE CARRIL	DIAS DEL AÑO	RE. EN EL PRIMER AÑO	PERIODO DE DISEÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	TRANSITO DE DISEÑO
Autos	2.2	10	1	0.5	1	365	1,825	20	1.413984091	51,611
	2.2		1	0.5	1	365	1,825	20	1.413984091	51,611
Jeep	2.2	18	1	0.5	1	365	3,285	20	1.413984091	92,899
	2.2		1	0.5	1	365	3,285	20	1.413984091	92,899
Camioneta	2.2	40	1	0.5	1	365	7,300	20	1.413984091	206,442
	4.4		1	0.5	1	365	7,300	20	1.413984091	206,442
McBus<15pas	4.4	5	1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
	8.8		1	0.5	1	365	913	20	1.413984091	25,820
MnBus15-30s	8.8	5	1	0.5	1	365	913	21	1.413984091	27,111
	17.6		1	0.5	1	365	913	22	1.413984091	28,402
Bus	11	9	1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
	22		1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
Liv 2-5 Ton	8.8	9	1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
	17.6		1	0.5	1	365	1,643	20	1.413984091	46,464
C25 + Ton	11	12	1	0.5	1	365	2,190	20	1.413984091	61,933
	22		1	0.5	1	365	2,190	20	1.413984091	61,933
C3	11	7	1	0.5	1	365	1,278	20	1.413984091	36,142
	*T 36.3		1	0.5	1	365	1,278	20	1.413984091	36,142

Fuente: Elaboración Propia.

III.3.1 Calculo de peso por eje y factor de seguridad de carga.

Tramo 1: Marsella – San Juan del Sur.

Tramo 2: El Container – Los Cocos

Tramo 3: Los Cocos – El Ostional

Repeticiones esperadas ejes sencillos, FSL =1.

PESO KIPS	PESO POR FSL	REPETICIONES		
		Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
22	22.0	149,685.00	154,860.00	108,397.00
17.6	17.6	232,262.00	105,832.00	74,866.00
11	11.0	206,472.00	180,680.00	144,539.00
8.8	8.8	330,366.00	130,361.00	99,395.00
4.4	4.4	1811,541.00	727,722.00	232,262.00
2.2	2.2	8433,145.00	2023,130.00	495,462.00

Fuente: Elaboración Propia

Repeticiones Esperadas Ejes Dobles, FSL = 1.

PESO KIPS	PESO POR FSL	REPETICIONES		
		Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
35.2	35.2	25,820.00	0	0
36.3	36.3	30,967.00	25,820.00	36,142.00

Fuente: Elaboración Propia

III.4 Tipo de junta.

La utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de carga; una condicionante para utilizar pasajuntas es que el tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y sabiendo que el tráfico pesado en los tramos no cumple este requerimiento, concluimos no utilizar pasajuntas.

III.5 Hombros

Los hombros, son las áreas de la carretera contigua a los carriles de circulación, y que tienen su justificación en:

La necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, ya que sin los hombros, los vehículos en problemas se ven obligados a invadir los carriles de circulación, con riesgo para la seguridad del tránsito.

Proporcionan estabilidad estructural al pavimento de los carriles de circulación vehicular, mediante el confinamiento y protección adicional contra la humedad y posibles erosiones.

Para permitir los movimientos peatonales y de bicicletas en ciertas áreas donde la demanda lo justifique.

Proporcionan espacio libre para la instalación de señales verticales de tránsito.

Proporcionan seguridad al usuario de la carretera al tener a su disposición un ancho adicional, fuera de la calzada, para eludir accidentes potenciales o reducir su severidad.

Por lo tanto concluimos que es necesario utilizar hombros en toda la longitud de la vía.

III.6 Procedimiento de Diseño

El método descrito en esta sección es empleado una vez que ya tenemos los datos del tráfico esperado.

Con esta información obtenemos el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje durante el periodo de diseño.

En la tabla 2.5.4 (ANEXO C - 3) se presenta un formato empleado para resolver el diseño de pavimentos, el cual requiere de conocer algunos factores de diseño:

- Tipo de junta y acotamiento.
- Resistencia a la flexión del concreto (MR) a 28 días.
- El valor del modulo de reacción k del terreno de apoyo.
- Factor de seguridad de la carga (LSF).
- Numero de repeticiones esperadas durante el periodo de diseño para cada tipo y peso de eje.

El análisis por fatiga (para controlar el agrietamiento), influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios independientemente de si las juntas tiene o no pasajuntas) y pavimentos con trafico mediano con pasajuntas.

El análisis por erosión (para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas), influye principalmente en el diseño de pavimentos con trafico de mediano a pesado, con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de trafico pesado con pasajuntas.

Para pavimentos que tienen una mezcla normal de pesos de ejes, las cargas en los ejes sencillos son usualmente más severas en el análisis por fatiga y las cargas en ejes tándem son más severas en el análisis por erosión.

El diseño del espesor se calcula por tanteos con ayuda del formato de diseño de espesores por el método de la PCA, Los pasos en el procedimiento de diseño son:

Primero cargamos los datos de entrada que se presentan en la tabla 2.5.4 (columna 1 a la 3), los datos de la columna 2 son las cargas por eje multiplicadas por el factor de seguridad de carga.

III.6.1 Análisis por Fatiga

Se emplean las mismas tablas y figuras para pavimentos con o sin pasajuntas, mientras que la única variable es si se cuenta o no con apoyo lateral, de manera que: Con apoyo lateral; use la tabla 2.5.6 y la figura 2.5.5 (ANEXO C – 4, C – 5)

Procedimiento:

- Introducir como datos los valores de esfuerzo equivalente en las celdas 8, 11, 14 del formato de diseño de espesores. Estos valores se obtienen de las tablas apropiadas de factores de esfuerzos equivalentes, dependiendo del espesor inicial y el valor k ,
- Dividir los valores de esfuerzo equivalente entre el modulo de ruptura del concreto, al resultado le llamamos relación de esfuerzos y vamos a obtener una para cada tipo de eje (sencillo, tándem y tridem). Estos valores los anotamos en el formato de diseño de espesores (tabla 2.5.4) en las celdas 9, 12 y 15.
- Llenar columna 4, “repeticiones permisibles” obtenidas en la figura 2.5.5.
- Obtener el % de fatiga de cada eje, se anota en la columna 5 y se obtiene dividiendo las repeticiones esperadas, (columna 3), entre las repeticiones permisibles, (columna 4), por 100; esto se hace para cada eje y posteriormente se suman todos los porcentajes de daño por fatiga para obtener el porcentaje total.

III.6.2 Análisis por Erosión

Con apoyo lateral.

- En los pavimentos en que la transferencia de carga se realiza exclusivamente mediante la trabazón de los agregados, use la tabla 2.5.10 y la figura 2.5.7 (ANEXO C - 6, C - 7)

Procedimiento

- Anote en las celdas 10,13 y 16, del formato de diseño de espesores, los correspondientes factores de erosión obtenidos de las tablas adecuadas (tablas 2.5.7 a 2.5.10).
- Calcule las “repeticiones permisibles” con ayuda de la figura 2.5.6 y la figura 2.5.7, y anótelos en la columna 6 del formato de diseño de espesores.
- Calcule el porcentaje de daño por erosión (columna 7) para cada eje dividiendo las repeticiones esperadas (columna 3) entre las repeticiones permitidas (columna 6) y multiplicando el resultado por 100, para posteriormente totalizar el daño por erosión.

Al emplear las graficas no es necesaria una exacta interpolación de las repeticiones permisibles. Si la línea de intersección corre por encima de la parte superior de la grafica, se considera que las repeticiones de carga permisibles son ilimitadas.

III.7 Resultados.

Tramo 1: Marsella – San Juan del Sur.

Resistencia k del apoyo	311 PCI
Espesor de Losa	6 Pulgadas
Modulo de Rotura	682.7 PSI
Bermas	Si
Pasadores	No
Factor de Seguridad de Carga	1
Total % Fatiga	6.95%
Total % Erosión	83.16

Fuente: Elaboración Propia

En este tramo consideramos no colocar material de base, ya que los suelos que existen sobre la línea presentan valores de C.B.R altos, por lo tanto el valor de k será de 311 PCI, de igual manera no se utilizara pasajuntas, ya que el porcentaje de vehículos pesados no superan el 25% del tráfico total del camino.

Tramo 2: El Container – Los Cocos.

En este tramo el valor de k será de 259 PCI, de igual manera no se utilizara pasajuntas, ya que el porcentaje de vehículos pesados no superan el 25% del tráfico total del camino.

Resistencia k del apoyo	259 PCI
Espesor de Losa	6 Pulgadas
Modulo de Rotura	682.7 PSI
Bermas	Si
Pasadores	No
Factor de Seguridad de Carga	1
Total % Fatiga	17.62%
Total % Erosión	78.41%

Fuente: Elaboración Propia

Tramo 3: Los Cocos – El Ostional.

Resistencia k del apoyo	259 PCI
Espesor de Losa	6 Pulgadas
Modulo de Rotura	682.7 PSI
Bermas	Si
Pasadores	No
Factor de Seguridad de Carga	1
Total % Fatiga	12.34%
Total % Erosión	56.86

Fuente: Elaboración Propia

En este tramo no se colocará material de base, ya que los suelos que existen sobre la línea presentan valores de C.B.R altos que superan el C.B.R de diseño (21%), por lo tanto el valor de k será de 259 PCI, de igual manera no se utilizara pasajuntas, ya que el porcentaje de vehículos pesados al igual que en los tramos arriba expuestos no superan el 25% del tráfico total que circula por la vía.

III.8 Modulación de Losas

La modulación de losas se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a las dimensiones de tableros, o dicho de otra manera, a la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Existe una regla práctica que nos permite dimensionar los tableros de losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo:

$$S_{JT} = (21 \text{ a } 24) D,$$

Donde:

S_{JT} = Separación de Junta Transversal ($< = 5.0$ m)

D = Espesor del Pavimento.

Normalmente se utiliza el 21 cuando tenemos mayor fricción entre la sub-base y el pavimento de concreto, como en los casos en donde tenemos bases estabilizadas, bases con textura muy cerrada.

El valor de 24 se utiliza cuando la fricción entre la sub-base y el pavimento corresponde a valores normales, como en el caso de sub-base granulares.

$$S_{JT} = 24 * 6 \text{ pulgadas} = 3.7 \text{ m} < 5 \text{ m. OK.}$$

La separación de junta transversal es de 3.7 m $<$ 5 m, lo que es adecuado para la inducción del agrietamiento controlado bajo sus cortes.

Este mismo resultado es valido para todos los tramos ya que el espesor de losa es el mismo.

La otra dimensión que tiene que ver con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales cuyo valor debe de estar entre 3.0 y 4.5 m, que se refiere a la forma de los tableros de losas, para el presente diseño la separación de junta longitudinal será el ancho de carril por sentido, es decir 3m, la forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo no siempre es posible y conveniente tener las losas perfectamente cuadradas, por lo que nos vemos obligados a considerar un cierto grado de rectangularidad.

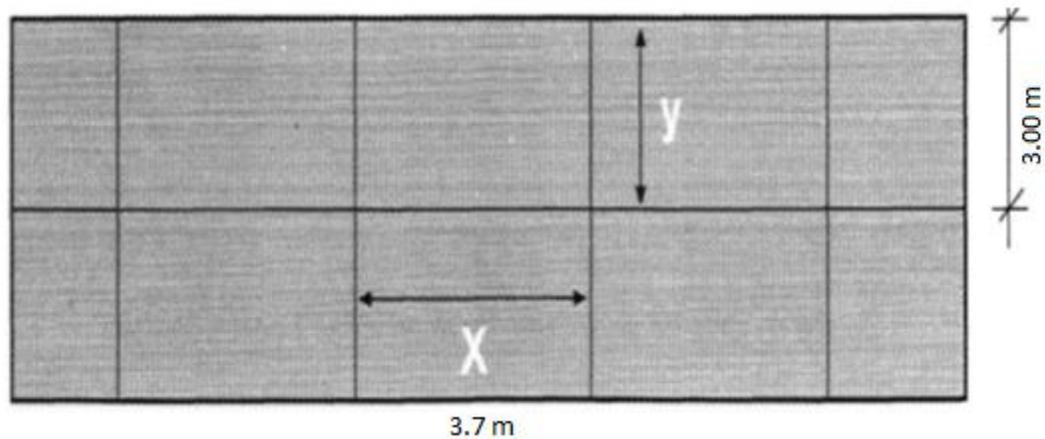
De lo anterior obtenemos las siguientes dimensiones de tablero para los tres tramos en estudio.

	Largo m	Ancho m	Espesor pulg.
Tramo 1	3.7	3.00	6
Tramo 2	3.7	3.00	6
Tramo 3	3.7	3.00	6

Fuente: Elaboración Propia

La relación entre largo y ancho de un tablero de losa no deberá estar fuera de los límites 0.71 a 1.4.

$$0.71 < x/y < 1.4$$



Fuente: Pavimentos de Concreto, CEMEX.

$$0.71 < \frac{3.7}{3.00} < 1.4 \qquad 0.71 < 1.23 < 1.4 \quad OK$$

La relación largo ancho es de 1.15, lo que se ajusta perfectamente al rango establecido por la PCA. Este resultado se aplica a los tres tramos.

III.9 Corte de Juntas en el Concreto

La profundidad del corte es de un tercio del espesor de la losa; en este caso será de 2 pulgadas para cada tramo, ya que se determinó un espesor de losa de 6 pulgadas.

Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. Es importante iniciar el corte en el momento adecuado, ya que de empezar a cortar antes de tiempo podemos generar fallas en las losas, en el caso de realizar el corte en forma tardía se estaría permitiendo que el concreto definiera los patrones de agrietamientos y de nada servirían los cortes por realizar. Este tiempo depende de las condiciones de

humedad y clima en la zona, así como de la mezcla de concreto; por lo general, el corte debe iniciar a las 4 ó 6 horas de haber colocado el concreto y deberá terminar antes de 12 horas después del colado.

Deberán realizarse primero los cortes transversales y posteriormente los longitudinales. Para realizar los cortes longitudinales es común utilizar una guía ajustable a los bordes de la losa y de esta forma garantizar un correcto seguimiento del alineamiento de la vía.

El tipo de disco de corte debe ser escogido dependiendo del tipo de agregado para determinar que composición de material abrasivo cortador es el más indicado.

11. CONCLUSIONES

En general y según los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, los estratos de suelos existentes a todo lo largo del camino presentan un clasificación bastante regular y homogénea, principalmente en las capas superficiales, en donde el suelo predominante es del tipo A-2-4(0) Y A-2-6(0), los que posiblemente no son suelos naturales del camino, sino que obedecen a material colocado que ha sido sometido anteriormente a mantenimiento, los cuales se encontraron en espesores que oscilan entre 0.20 m y 1.5 m de profundidad.

Debido a esto, se determino un C.B.R de diseño de 21% para el tramo San Juan del Sur – El Ostional y 27% para el tramo Marsella – San Juan del Sur.

Bancos de Materiales

Utilizamos los siguientes bancos de materiales con el fin de sustituir el material de mala calidad que existe en algunos segmentos sobre la línea y remplazarlo por material de banco que presenta mejores características. Esto nos permitirá obtener un mejor C.B.R de diseño y por lo tanto un menor espesor de losa.

Marsella – San Juan del Sur

Banco Madera, esta ubicado a 1,800 m hacia Marsella, el suelo encontrado clasifica como un suelo del tipo A -2 – 6(0), con un volumen de 48,000 m³ con un valor de CBR de 35% al 95% según laboratorio.

San Juan del Sur – El Ostional

Banco El Container, esta ubicado en la estación 3+536, el tipo de suelo aquí encontrado esta clasificado como un suelo del tipo A -2 – 6(0), posee un volumen explotable de 80,000 m³, con un valor de CBR de 52% al 95% según ensayos de laboratorio.

Banco Ojo de Agua, esta ubicado en la estación 12+842 sobre la banda Izquierda, el tipo de suelo aquí encontrado esta clasificado como un suelo del tipo A -1 -a(0), esta fuente de material posee un volumen explotable de 30,000 m³, con un valor de CBR de 58% al 95%.

Banco El Ostional, esta ubicado entre en el estacionado 22+437, el suelo encontrado clasifica como A - 2 - 6 (0), con un volumen de 42,000 m³ con un valor de CBR de 42% al 95% según laboratorio.

Estudio de Trafico

A partir de los datos obtenidos por la empresa consultora (CORASCO, S.A.), determinamos el TPDA para nuestro año base para los tres tramos, de los cuales resultaron 1265, 336 y 95 vehículos por día, con dichos resultados procedimos a realizar las respectivas proyecciones con una tasa para el trafico generado del 4% y una tasa de crecimiento del 3.5%, año horizonte (2032); obteniéndose los siguientes resultados; 2631, 834 y 285 vehículos por día.

Espesor de Pavimento

Se obtuvo un espesor de 6 pulgadas para los tres tramos y se determino que la modulación de los tableros quedaría definida de la siguiente manera; largo 3.7 m, ancho 3 m y un espesor de 6 pulgadas (0.15 m); de igual manera se determinó que la profundidad de corte de la junta será de 2 pulgadas (0.05 m).

El diseño de la losa no contempla pasajuntas, puesto que el tráfico pesado no alcanza el 25% que la P.C.A estipula. Quedando defino una sección transversal de 6 m de calzada; y la utilización de hombros como soporte lateral, cuya dimensión deberá ser determinada en el diseño geométrico.

12. RECOMENDACIONES

- Consideramos necesario que los suelos que presentaron valores de CBR demasiado bajos (menor del 10%) deberán ser removidos de la línea del proyecto. Tales volúmenes de material serán sustituidos por materiales de bancos; para el tramo Marsella – San Juan del Sur, se utilizara el banco las maderas, que posee suelos del tipo A – 2 – 6(0), con valores de CBR de 35% al 95%. Para el tramo San Juan del Sur – El Ostional, recomendamos utilizar los bancos El Container, Ojo de Agua y El Ostional, los que registraron suelos A – 2 – 6(0), A – 1 – a(0) y A – 2 – 6(0); con valores de CBR de 52%, 58% y 42% al 95%.
- Recomendamos limpiar y escarificar la superficie de sub-rasante al menos en 20 cm de profundidad y compactar a un mínimo de 95% Proctor Estándar.
- Se recomienda un eficiente sistema de drenaje que evite estacionamiento de aguas superficiales a lo largo de la vía, y la infiltración de las mismas en el cuerpo del pavimento, lo que podría afectar la estabilidad del proyecto durante su vida útil.
- El Sello de las juntas deberá apegarse a las especificaciones del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- Una vez construido el proyecto, se deberá programar y ejecutar el mantenimiento necesario para el buen funcionamiento de la vía.
- Recomendamos la realización de conteos de 24 horas por 7 días, con el fin de obtener información mas confiable respecto al tráfico.

13. BIBLIOGRAFIA

- Anuario de Trafico 2010. PDF. MTI.
- Estudios Consultoría CORASCO S.A.
- Especificaciones Generales Para la Construcción de Calles, Caminos y Puentes. Nic. 2000.
- La información de transito para el diseño de pavimento, ¿del que al porque? Gustavo Corredor.
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Ing. Jorge Coronado Iturbide.
- Pavimentos de Concreto. PDF, Curso de Titulación, Diseño de Pavimentos.
- Red Vial de Nicaragua 2010.

INTERNET

- Banco Central de Nicaragua (B.C.N), www.bcn.gob.ni/estadisticas
- Cámara de Turismo de Nicaragua, Plan Nacional de Desarrollo Turístico, www.canatur-nicaragua.org/downloads/pndts.estrategia.pdf
- Fondo Monetario Internacional. www.imf.org/external/spanish/index.htm
- Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Económico y social, www.funides.com
- Instituto Nicaragüense de Desarrollo (INDE), www.inde.org.ni



ANEXOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
COORDINACION DE NORMATIVAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS**

HOJA DE CONCLUSION DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:

- 1) Holman Alexander García Vivas
- 2) Leonel Santiago Téllez García

NOMBRE DEL CURSO: Obras Viales

NOMBRE DE LA TESINA:

Diseño de la estructura de pavimento rígido del tramo Marsella - San Juan del Sur – El Ostional, por el método Portland Cement Association (PCA).

ESPECIFIQUE AL MENOS DOS AREAS DE CONOCIMIENTO QUE ABORDARAN EN LA TESINA:

- 1) Estudio de suelo.
- 2) Estudio de Transito.
- 3) Diseño de Estructura de pavimento rígido.

FECHA ENTREGA: 15 de mayo del 2012.

FECHA DE DEFENSA:

VALORACION DEL TUTOR SOBRE LA TESINA:

“El Trabajo Cumple con los Objetivos Propuestos”

JURADO CALIFICADOR:

- 1)
- 2)
- 3)

FIRMA COORDINADOR: _____

TUTOR: Ing. Israel Morales.

Dedicatoria y Agradecimiento.

Doy gracias a Dios por haberme permitido dar un paso en el escalón de la vida y poder culminar mis estudios, ya que era uno de mis sueños, ser un profesional para servir a la sociedad.

A mis padres Leonel Bismark Téllez Zeledón y Brígida Inés García Salazar, por ser el pilar, apoyo incondicional, que me dieron el ejemplo de jamás darse por vencido, preparándome día a día para recorrer este camino haciendo a un lado las adversidades y sobresaliendo el espíritu emprendedor, la calidad humana y laboral.

A todo mi familia y amistades que de una o de otra manera me han apoyado para ser mejor cada día.

A mi compañero Holman Alexander García Vivas, por habernos esforzados como equipo de trabajo a través de este tiempo hasta culminar.

A nuestro tutor Ingeniero Israel Morales por sus conocimientos y paciencia en brindar su valioso tiempo en la etapa de la culminación de nuestro estudio.

Leonel Santiago Téllez García.

Dedicatoria y Agradecimiento.

Doy gracias a Dios por haberme dado la sabiduría necesaria para culminar mi carrera, por haberme permitido dar un paso tan importante en la vida, ya que era uno de mis sueños, ser un profesional para servir a la sociedad y a Dios.

A mis padres Ingeniero José Ramón García Martínez y Zulema del Carmen Vivas Pérez , por ser el pilar y apoyo incondicional, que me dieron el ejemplo de jamás darse por vencido, preparándome día a día para recorrer este camino haciendo a un lado las adversidades y sobresaliendo cada día en mis estudios.

A todo mi familia y amistades que de una o de otra manera me han apoyado para ser mejor cada día.

A mi compañero Leonel Santiago Téllez García, por habernos esforzados como equipo de trabajo a través de este tiempo hasta culminar.

A nuestro tutor Ingeniero Israel Morales por sus conocimientos y paciencia en brindar su valioso tiempo en la etapa de la culminación de nuestro estudio.

Holman Alexander García Vivas.

	<u>CONTENIDO</u>	PAG.
1	<u>Introducción</u>	1
2	<u>Antecedente</u>	2
3	<u>Localización</u>	4
4	<u>Descripción del Proyecto</u>	6
5	<u>Geomorfología</u>	7
6	<u>Clima</u>	8
7	<u>Cuencas Hidrográficas</u>	8
8	<u>Justificación</u>	9
9	<u>Objetivos</u>	10
9.1	Objetivos Generales.....	10
9.2	Objetivos Específicos.....	10
10	<u>Resumen Ejecutivo</u>	11
	<u>Capítulo I</u>	
I	<u>Estudio de Suelo</u>	14
I.1	Materiales.....	19
I.2	Calculo de C.B.R de Diseño.....	19
I.3	Banco de Materiales.....	22
	<u>Capítulo II</u>	
II	<u>Estudio de Transito</u>	24
II.1	Transito Promedio Diario Anual (TPDA).....	26
II.2	Proyecciones de Trafico.....	27
II.3	<u>Tasa de Crecimiento para proyecciones de trafico</u>	28
II.3.1	Trafico Normal.....	28
II.3.2	Trafico Generado.....	32

II.3.3	Trafico Atraído.....	34
II.4	<u>Trafico Total</u>	35
II.4.1	Producto Interno Bruto (PIB).....	35
II.4.2	Consumo de Combustible.....	37
II.4.3	Crecimiento Poblacional.....	37
II.4.4	Desarrollo Turístico.....	38
II.5	Tasa de crecimiento Futura.....	39
II.6	Clasificación Funcional.....	42
 <u>Capitulo III</u>		
III	<u>Diseño de Espesores de Pavimento Rígido</u>	44
III.1	<u>Factores de Diseño</u>	45
III.1.1	Resistencia a la Flexión del Concreto.....	45
III.1.2	Terreno de Apoyo.....	45
III.1.3	Periodo de Diseño.....	47
III.1.4	<u>Número de Repeticiones Esperadas para cada Eje</u>	47
III.1.4.1	Transito Promedio Diario Anual (TPDA).....	48
III.1.4.2	Factor de Crecimiento Anual (FCA).....	48
III.1.4.3	Factor de Sentido (FS).....	49
III.1.4.4	Factor Carril.....	49
III.1.4.5	Factor de Seguridad de Carga.....	49
III.2	<u>Calculo de Repeticiones Esperadas</u>	50
III.3	<u>Clasificación de los pesos por cada tipo de Ejes</u>	55
III.3.1.	Calculo de los Pesos por Eje y Factor de Seguridad de Carga.....	58
III.4	<u>Tipo de Juntas</u>	59

III.5	<u>Hombros</u>	59
III.6	<u>Procedimiento de Diseño</u>	60
III.6.1	Análisis por Fatiga.....	61
III.6.2	Análisis por Erosión.....	62
III.7	<u>Resultados</u>	63
III.8	<u>Modulación de Losa</u>	65
III.9	<u>Corte de Juntas en el Concreto</u>	67
11	<u>Conclusiones</u>	69
12	<u>Recomendaciones</u>	71
13	<u>Bibliografía</u>	72
14	<u>Anexos</u>	73

ANEXO A – 1

Tipos de suelos encontrados sobre la línea del proyecto.

Marsella – San Juan del Sur.

MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR				C.B.R
SONDEO #	ESTACION	TIPO DE SUELO	ESPEJOR (cm)	95%
1	1+620	A-1-a (0)	0.35	38
2	1+720	A-2-6 (0)	0.25	29
3	1+822	A-1-a (0)	0.2	38
4	1+922	A-2-6 (0)	0.25	29
5	2+027	A-2-6 (0)	1.5	29
6	2+129	A-2-6 (0)	1.5	29
7	2+231	A-2-4 (0)	1.5	26
8	2+332	A-2-4 (0)	0.3	26
9	2+432	A-2-6 (0)	0.3	29
10	2+532	A-2-6 (0)	0.2	35
11	2+633	A-2-6 (0)	0.2	35
12	2+734	A-2-6 (0)	0.2	35
13	2+833	A-2-6 (0)	1.55	29
14	2+933	A-2-6 (0)	0.2	35
15	3+034	A-2-4 (0)	0.2	26
16	3+135	A-2-6 (0)	0.2	35
17	3+234	A-2-6 (0)	0.25	29
18	3+334	A-2-4 (0)	0.25	26
19	3+434	A-2-4 (0)	0.35	26
20	3+534	A-2-6 (6)	0.25	29
21	3+634	A-2-6 (0)	0.2	35
22	3+734	A-2-6 (0)	0.2	35
23	3+835	A-2-6 (0)	0.2	35

24	3+935	A-2-6 (0)	0.2	35
25	4+035	A-2-6 (0)	0.2	35
26	4+135	A-2-6 (0)	0.2	35
27	4+237	A-2-6 (0)	0.2	35
28	4+340	A-2-6 (0)	0.2	35
29	4+440	A-2-6 (6)	0.35	29
30	4+540	A-2-6 (6)	0.1	29
31	4+640	A-2-6 (0)	0.22	29
32	4+740	A-2-6 (0)	0.2	29
33	4+840	A-2-4 (0)	0.35	26
34	4+940	A-2-4 (0)	0.1	26
35	5+040	A-2-4 (0)	0.25	26
36	5+140	A-2-4 (0)	0.2	26
37	5+240	A-2-4 (0)	0.15	26
38	5+340	A-2-6 (0)	0.2	35
39	5+560	A-2-4 (0)	0.18	26
40	5+750	A-2-6 (0)	0.2	35
41	5+890	A-2-6 (0)	0.2	35
42	6+050	A-2-4 (0)	0.12	26
43	6+320	A-2-6 (0)	0.2	35
44	6+510	A-2-4 (0)	0.17	26

San Juan del Sur – El Ostional.

SAN JUAN DEL SUR - EL OSTIONAL				CBR
SONDEO #	ESTACION	TIPO DE SUELO	ESPESOR (cm)	95%
1**	0+000	A-2-4 (0)	0.20	42
2**	0+036	A-2-6 (1)	0.54	25
3**	0+076	A-2-6(0)	0.20	52
4**	0+183	A-2-6(0)	0.20	52
5**	0+290	A-2-6(0)	0.20	52
6**	0+403	A-2-6(0)	0.20	52
7**	0+501	A-2-6(0)	0.20	52
8**	0+615	A-2-6(0)	0.20	52
9**	0+704	A-2-6(0)	0.20	52
10**	0+799	A-2-6(0)	0.20	52
11**	0+898	A-2-6(0)	0.20	52
12**	0+996	A-2-6 (0)	0.05	25
13**	1+091	A-2-6 (0)	0.17	25
14**	1+195	A-2-6 (0)	0.2	25
15**	1+296	A-2-4 (0)	0.3	42
16**	1+392	A-2-6 (0)	0.3	25
17**	1+515	A-2-6 (0)	0.4	25
18**	1+626	A-2-6(0)	0.20	52
19**	1+733	A-2-4 (0)	0.25	42
20**	1+848	A-2-4 (0)	0.15	42
21**	1+965	A-2-4 (0)	0.14	42
22**	2+071	A-2-6 (0)	0.3	25
23**	2+207	A-2-6 (0)	0.15	25
24**	2+308	A-2-6 (0)	0.13	25
25**	2+392	A-2-6 (0)	0.1	25
26**	2+536	A-2-4 (0)	0.4	42
27**	2+613	A-2-6 (1)	0.15	25

1	2+730	A-2-4 (0)	0.25	42
2	2+828	A-2-4 (0)	0.2	42
3	2+941	A-2-4 (0)	0.5	42
4	3+030	A-2-4 (0)	0.15	42
5	3+133	A-2-4 (0)	0.2	42
6	3+232	A-2-4 (0)	0.14	42
7	3+351	A-2-4 (0)	0.18	53
8	3+440	A-2-4 (0)	0.12	53
9	3+536	A-2-4 (0)	0.2	53
10	3+636	A-2-4 (0)	0.15	53
11	3+737	A-1-b (0)	0.25	37
12	3+837	A-1-b (0)	0.13	37
13	3+943	A-2-4 (0)	0.19	53
14	4+038	A-2-4 (0)	0.27	53
15	4+144	A-1-b (0)	0.2	37
16	4+243	A-2-4 (0)	0.12	53
17	4+346	A-2-4 (0)	0.17	53
18	4+443	A-2-4 (0)	0.15	53
19	4+539	A-2-4 (0)	0.4	53
20	4+642	A-2-6 (1)	0.16	34
21	4+747	A-2-4 (0)	0.12	53
22	4+871	A-2-4 (0)	0.07	53
23	4+986	A-2-6 (1)	0.19	34
24	5+077	A-2-4 (0)	0.15	53
25	5+168	A-2-4 (0)	0.1	53
26	5+286	A-2-4 (0)	0.1	53
27	5+372	A-2-6 (1)	0.37	34
28	5+473	A-2-4 (0)	0.1	53
29	5+576	A-2-6 (1)	0.38	39
30	5+663	A-2-4 (0)	0.08	53
31	5+756	A-2-4 (0)	0.14	53
32	5+835	A-2-6(0)	0.20	52

33	5+937	A-2-6 (1)	0.15	39
34	6+049	A-2-4 (0)	1.2	53
35	6+159	A-2-6 (1)	0.15	39
36	6+241	A-2-4 (0)	0.8	53
37	6+349	A-2-6(0)	0.20	52
38	6+447	A-1-a (0)	1.5	38
39	6+548	A-2-4 (0)	0.2	53
40	6+649	A-2-4 (0)	0.3	53
41	6+750	A-2-6(0)	0.20	52
42	6+854	A-1-a (0)	1	38
43	6+951	A-2-6 (0)	0.95	41
44	7+050	A-2-4 (0)	1.55	53
45	7+167	A-2-4 (0)	0.5	53
46	7+274	A-2-4 (0)	1.5	53
47	7+384	A-2-7 (0)	0.3	31
48	7+484	A-2-6(0)	0.20	52
49	7+580	A-2-4 (0)	0.18	53
50	7+687	A-2-4 (0)	1.55	53
51	7+790	A-1-b (0)	0.17	37
52	7+796	A-2-4 (0)	0.2	53
53	7+997	A-2-4 (0)	0.1	18
54	8+092	A-1-b (0)	0.35	37
55	8+193	A-2-4 (0)	0.05	18
56	8+293	A-2-4 (0)	0.1	18
57	8+434	A-2-4 (0)	0.08	18
58	8+538	A-2-4 (0)	0.3	18
59	8+647	A-1-a(0)	0.20	58
60	8+766	A-2-7 (0)	0.4	31
61	8+870	A-2-6 (0)	1.3	41
62	8+971	A-2-4 (0)	0.07	18
63	9+071	A-2-6 (0)	1.5	41
64	9+177	A-2-6 (0)	0.2	41

65	9+302	A-2-4 (0)	0.05	18
66	9+423	A-2-4 (0)	0.15	18
67	9+522	A-2-4 (0)	0.2	18
68	9+626	A-1-a(0)	0.20	58
69	9+728	A-2-4 (0)	0.05	18
70	9+829	A-2-4 (0)	0.4	18
71	9+929	A-2-4 (0)	0.06	18
72	10+031	A-2-4 (0)	0.12	18
73	10+131	A-2-4 (0)	0.3	18
74	10+231	A-1-a (0)	0.25	41
75	10+330	A-2-4 (0)	0.5	18
76	10+430	A-1-a (0)	0.5	41
77	10+530	A-2-4 (0)	0.5	18
78	10+630	A-1-a (0)	0.05	41
79	10+731	A-2-6 (1)	0.04	14
80	10+831	A-2-4 (0)	0.2	18
81	10+932	A-2-4 (0)	0.24	18
82	11+032	A-2-4 (0)	0.25	18
83	11+132	A-2-4 (0)	0.52	18
84	11+232	A-2-4 (0)	0.2	18
85	11+336	A-2-6 (1)	0.05	14
86	11+438	A-2-4 (0)	0.4	18
87	11+538	A-2-6 (1)	0.25	14
88	11+638	A-2-4 (0)	0.2	18
89	11+737	A-2-6 (1)	0.3	14
90	11+837	A-1-a(0)	0.20	58
91	11+938	A-2-7 (0)	0.5	31
92	12+039	A-2-6 (0)	0.6	41
93	12+139	A-2-6 (1)	0.48	14
94	12+241	A-2-6 (0)	0.6	41
95	12+342	A-2-6 (0)	0.24	41

96	12+442	A-2-4 (0)	0.25	18
97	12+543	A-2-4 (0)	0.15	18
98	12+643	A-2-6 (0)	0.2	41
99	12+742	A-2-6 (0)	0.1	41
100	12+842	A-2-6 (0)	0.12	41
101	12+942	A-1-a(0)	0.20	58
102	13+042	A-1-a(0)	0.20	58
103	13+142	A-2-6 (0)	0.06	41
104	13+242	A-2-6 (0)	1.4	41
105	13+349	A-2-6 (0)	0.1	41
106	13+454	A-2-6 (0)	0.7	41
107	13+555	A-2-6 (1)	0.45	41
108	13+658	A-2-6 (1)	0.2	41
109	13+758	A-2-4 (0)	0.3	18
110	13+858	A-2-6 (1)	0.7	41
111	13+959	A-2-6 (0)	0.19	41
112	14+065	A-6 (2)	0.35	14
113	14+172	A-2-6 (0)	0.2	41
114	14+272	A-6 (2)	0.05	14
115	14+374	A-2-6 (0)	0.2	41
116	14+476	A-2-4 (0)	0.1	56
117	14+577	A-2-4 (0)	0.4	56
117-A	14+677	A-2-4 (0)	0.2	56
118	14+785	A-2-6 (1)	0.2	41
119	14+885	A-2-6 (1)	0.17	41
120	14+990	A-2-6 (1)	0.15	41
121	15+090	A-2-6 (0)	0.2	41
122	15+190	A-2-4 (0)	0.18	56
123	15+290	A-2-6 (0)	0.1	41
124	15+405	A-2-6 (0)	0.1	41
125	15+520	A-2-6 (1)	0.2	41
126	15+620	A-2-4 (0)	0.5	56

127	15+721	A-6 (4)	1.5	14
128	15+821	A-6 (4)	0.25	14
129	15+924	A-2-4 (0)	1.1	56
130	16+027	A-6 (16)	1.55	14
131	16+127	A-2-4 (0)	1.2	56
132	16+227	A-2-6 (0)	0.5	41
133	16+328	A-2-6 (0)	1.1	41
134	16+429	A-2-6 (0)	1.1	41
135	16+529	A-2-4 (0)	0.05	56
136	16+631	A-6 (3)	0.5	14
137	16+731	A-2-4 (0)	1.45	56
138	16+832	A-2-4 (0)	0.5	56
139	16+932	A-2-4 (0)	0.5	56
140	17+033	A-2-4 (0)	0.4	56
141	17+135	A-2-6 (0)	0.25	41
142	17+236	A-2-6 (0)	0.3	41
143	17+338	A-2-6 (0)	0.4	41
144	17+438	A-2-4 (0)	0.45	56
145	17+538	A-2-6 (0)	0.6	41
146	17+639	A-2-6 (0)	0.85	41
147	17+746	A-2-4 (0)	0.5	56
148	17+846	A-2-4 (0)	0.25	56
149	17+946	A-2-4 (0)	0.25	56
150	18+047	A-2-4 (0)	0.4	56
151	18+147	A-2-4 (0)	0.19	56
152	18+204	A-2-4 (0)	0.2	56
153	18+313	A-2-4 (0)	0.14	25
154	18+409	A-2-4 (0)	0.35	25
155	18+524	A-2-4 (0)	0.1	25
156	18+626	A-2-4 (0)	0.3	25
157	18+721	A-2-4 (0)	0.15	25

158	18+828	A-2-4 (0)	0.15	25
159	18+939	A-2-4 (0)	0.7	25
160	19+040	A-2-6(0)	0.20	42
161	19+155	A-2-6(0)	0.20	42
162	19+252	A-2-4 (0)	0.5	25
163	19+355	A-2-6(0)	0.20	42
164	19+455	A-2-4 (0)	0.18	25
165	19+572	A-2-4 (0)	0.2	25
166	19+676	A-2-6(0)	0.20	42
167	19+777	A-2-6(0)	0.20	42
168	19+876	A-2-6(0)	0.20	42
169	19+976	A-2-6(0)	0.20	42
170	20+099	A-2-6(0)	0.20	42
171	20+202	A-2-6(0)	0.20	42
172	20+298	A-2-6(0)	0.20	42
173	20+383	A-2-6(0)	0.20	42
174	20+487	A-2-6(0)	0.20	42
175	20+587	A-2-6(0)	0.20	42
176	20+732	A-2-6(0)	0.20	42
177	20+808	A-2-4 (0)	0.2	25
178	20+919	A-2-4 (0)	0.2	25
179	21+020	A-2-4 (0)	0.1	25
180	21+120	A-2-4 (0)	0.3	25
181	21+221	A-2-4 (0)	0.3	25
182	21+344	A-2-4 (0)	0.15	25
183	21+452	A-2-6(0)	0.20	42
184	21+551	A-2-6(0)	0.20	42
185	21+647	A-2-6(0)	0.20	42
186	21+772	A-1-b (0)	0.15	37
187	21+879	A-1-b (0)	0.2	37
188	21+980	A-2-4 (0)	1.5	25
189	22+141	A-2-4 (0)	0.15	25

190	22+236	A-2-4 (0)	0.35	25
191	22+328	A-2-4 (0)	1.5	25
192	22+437	A-2-6(0)	0.20	42
193	22+537	A-2-4 (0)	1.55	25
194	22+631	A-2-4 (0)	0.2	25
195	22+746	A-2-6(0)	0.20	42
196	22+846	A-2-4 (0)	0.25	25
197	22+954	A-2-4 (0)	0.1	25
198	23+064	A-2-4 (0)	1.5	25
199	23+175	A-2-4 (0)	0.7	25
200	23+282	A-2-6(0)	0.20	42
201	23+393	A-2-4 (0)	1.5	25
202	23+528	A-2-6(0)	0.20	42
203	23+623	A-2-6(0)	0.20	42
204	23+735	A-2-6(0)	0.20	42
205	23+835	A-2-6(0)	0.20	42
206	23+963	A-2-4 (0)	0.25	22
207	24+058	A-2-4 (0)	0.28	22
208	24+178	A-2-4 (0)	0.3	22
209	24+301	A-2-6(0)	0.20	42
210	24+398	A-2-4 (0)	0.35	22
211	24+514	A-2-4 (0)	0.29	22
212	24+610	A-2-4 (0)	0.5	22
213	24+721	A-2-4 (0)	0.45	22
214	24+822	A-2-4 (0)	1.5	22
215	24+924	A-2-4 (0)	0.39	22
216	25+025	A-2-4 (0)	0.45	22
217	25+127	A-2-4 (0)	0.6	22
218	25+227	A-1-b (0)	0.4	37
219	25+327	A-2-6 (0)	0.34	25
220	25+426	A-2-4 (0)	0.3	22
221	25+515	A-2-6 (0)	0.4	25

ANEXO A – 2

Cemento Portland.

**CUADRO 1001-1
TIPOS DE CEMENTO**

Tipo	Especificación
Cemento Portland	AASHTO M 85
Cemento hidráulico mezclado	AASHTO M 240
Cemento para Mampostería	ASTM C 91

ANEXO A – 3

Agregado Fino.

1003.01 Agregado Fino para Concreto de Cemento Portland.- Suministrar arena que llene los requisitos de AASHTO M6 Clase B, incluyendo el requisito suplementario para el agregado reactivo, excepto las enmiendas o suplementos siguientes:

- (a) Material que pasa el tamiz de 75 μ -m, AASHTO T 11.....3.0% máx.
- (b) Valor del Equivalente de Arena, AASHTO T176 (método de testigo).....75 mín.

Para agregado fino de peso liviano, cumplir con AASHTO M.....195.

El agregado fino no deberá contener sustancias perjudiciales en exceso de los siguientes porcentajes:

Terrones de arcilla.....1.0

Carbón de piedra y lignito 1.0

Material que pase por el tamiz No. 200 (75 μ -m).....3.0

Otras Sustancias, Según lo indiquen las CEC.

ANEXO A – 4

Agregado Grueso.

1003.02 Material Grueso para Concreto de Cemento Portland.- De acuerdo con AASHTO M80, Clase A, excepto las enmiendas o suplementos siguientes:

- (a) Desgaste de Los Ángeles, AASHTO T 96.....40% máx.
- (b) Adherencias FLHT 512.....1.0% máx.

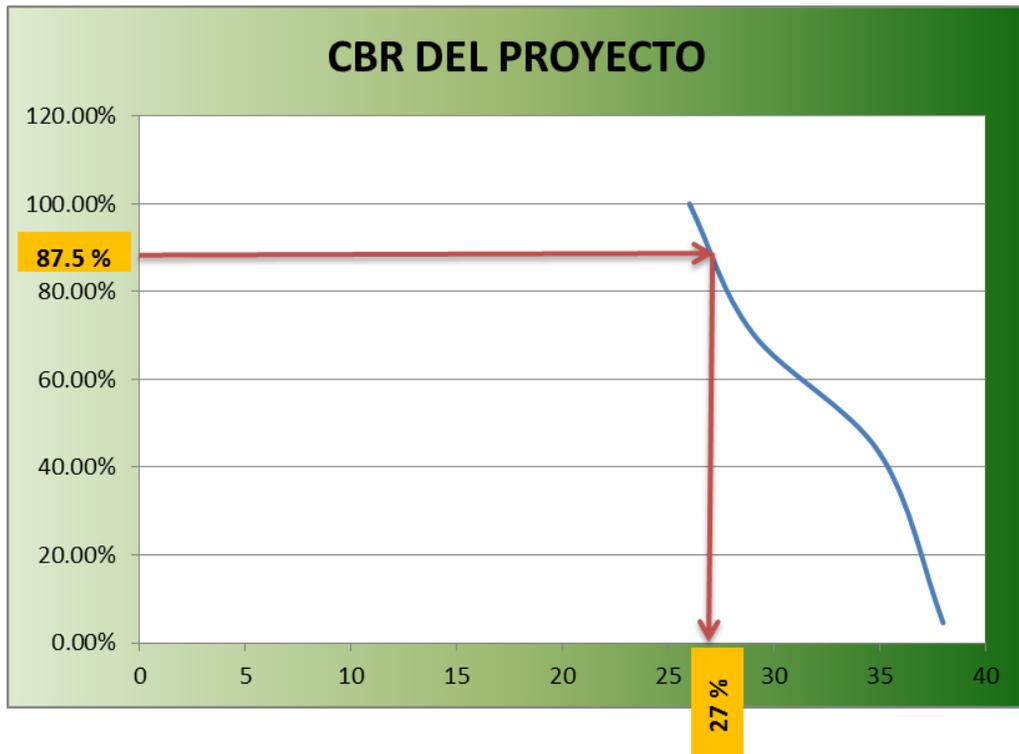
Para las graduaciones aceptables aparecen en el cuadro 1003-2.

Para losas de puentes o capas superficiales, no usar agregado del que se sepa que se pule o agregados carbonatados que contengan menos del 25.0%, en peso, de residuo insoluble, determinado de acuerdo con AASHTO D 3042.

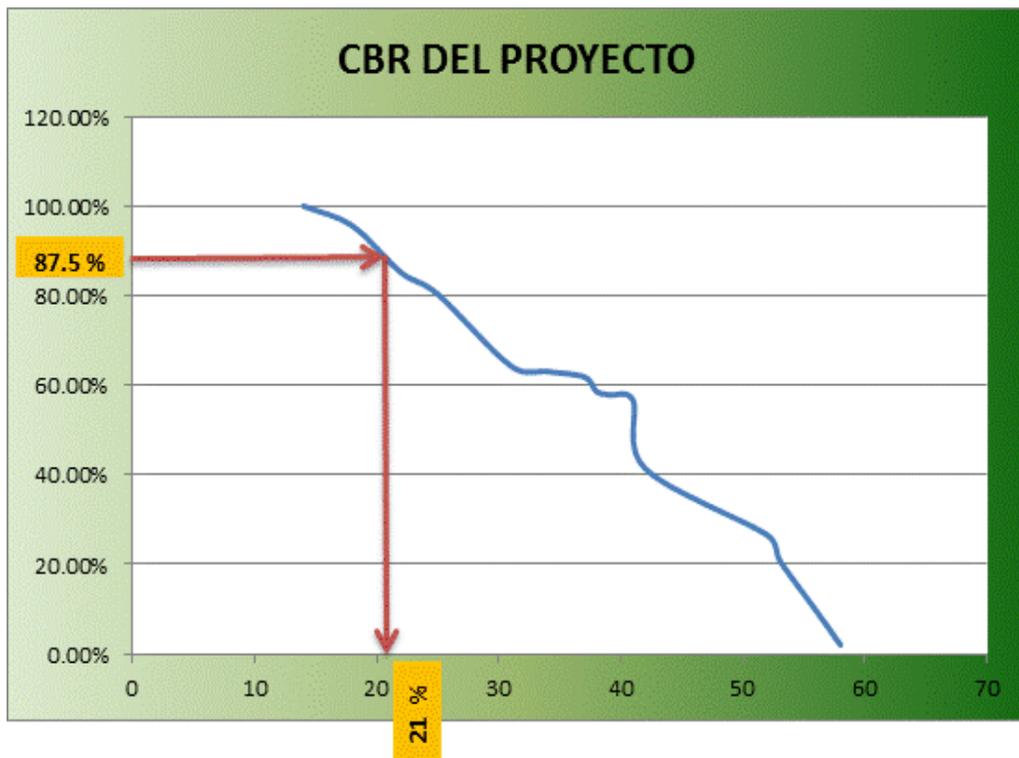
Para agregados gruesos de peso liviano, cumplir con AASHTO M 195.

ANEXOS A – 5

Marsella – San Juan del Sur.



San Juan del Sur – El Ostional.



ANEXOS A – 6

Banco N° 1

Nombre: El Contener

Ubicación: Est. 3+536, banda derecha.

Propiedad: Sr. Bladimir Martínez Orozco.

Volumen: 80,000 m³ explotable, aproximadamente

Tipo de material: Grava y arena arcillosa

Condición: Explotado

Acceso: El camino hacia el banco es accesible.

Las características del material son las siguientes:

Clasificación del material: A – 2 – 6(0)

Pasa Tamíz N°: (en %): 3/8" (24-37); N° 4 (20-31); 200 (8-22)

Límite Líquido: 35

Índice de Plasticidad: 13

Peso Vol. Seco Máx.: 1,640 kg/m³

CBR: 39 – 52 – 65 al (90, 95 y 100%)

Banco N° 2

Nombre: Ojo de Agua

Ubicación: Estacionamiento 12+842, banda izquierda.

Propiedad: Sr. Wilfredo Obregón

Volumen: 30,000 m³ explotable, aproximadamente

Tipo de material: Fragmento de roca y grava.

Condición: No explotado

Acceso: Está a la orilla del camino.

Las características del material son las siguientes:

Clasificación del material: A – 1 –a (0)

Pasa Tamíz N°: (en %): 3/8" (51-58); N° 4 (24-29); 200 (4)

Límite Líquido: 28 %

Índice de Plasticidad: 4 %

Peso Vol. Seco Máx.: 1,710 kg/m³

CBR: 46 – 58 – 71 al (90, 95 y 100%)

Banco N° 3

Nombre: El Ostional

Ubicación: Estacionamiento 22+437

Propiedad: Sr. Julián Lara

Volumen: 42,000 m³ explotable, aproximadamente

Tipo de material: Grava y arena arcillosa.

Condición: Explotado

Acceso: Es accesible sobre el camino en la banda izquierda.

Las características del material son las siguientes:

Clasificación del material: A -2 -6(0)

Pasa Tamíz N°: (en %): 3/8" (49); N° 4 (25); 200 (5)

Límite Líquido: 33

Índice de Plasticidad: 14

Peso Vol. Seco Máx.: 1,770 kg/m³

CBR: 34 – 42 – 59 al (90, 95 y 100%)

Banco N° 4

Nombre: Madera

Ubicación: De Marsella, 1800 m hacia Madera

Propiedad: Sr. Alberto Cascante

Volumen: 48,000 m³ explotable, aproximadamente

Tipo de material: Grava y arena arcillosa.

Condición: Explotado

Acceso: Es accesible sobre el camino

Las características del material son las siguientes:

Clasificación del material: A -2 -6(0)

Pasa Tamíz N°: (en %): 3/8" (36); N° 4 (19); 200 (5)

Límite Líquido: 37

Índice de Plasticidad: 21

Peso Vol. Seco Máx.: 1,680 kg/m³

CBR: 19 – 35 – 62 al (90, 95 y 100%)

ANEXO B – 1

Trafico Futuro

Marsella – San Juan del Sur

TRAFICO TOTAL MARSELLA - SAN JUAN DEL SUR																
Tasa Crecimiento: 3.5%																
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
2012	240	202	444	342	9	0	10	45	19	6	0	0	0	5	0	1322
2013	248	209	460	354	9	0	10	47	20	6	0	0	0	5	0	1368
2014	257	216	476	366	10	0	11	48	20	6	0	0	0	5	0	1416
2015	266	224	492	379	10	0	11	50	21	7	0	0	0	6	0	1466
2016	275	232	510	392	10	0	11	52	22	7	0	0	0	6	0	1517
2017	285	240	527	406	11	0	12	53	23	7	0	0	0	6	0	1570
2018	295	248	546	420	11	0	12	55	23	7	0	0	0	6	0	1625
2019	305	257	565	435	11	0	13	57	24	8	0	0	0	6	0	1682
2020	316	266	585	450	12	0	13	59	25	8	0	0	0	7	0	1741
2021	327	275	605	466	12	0	14	61	26	8	0	0	0	7	0	1802
2022	339	285	626	482	13	0	14	63	27	8	0	0	0	7	0	1865
2023	350	295	648	499	13	0	15	66	28	9	0	0	0	7	0	1930
2024	363	305	671	517	14	0	15	68	29	9	0	0	0	8	0	1998
2025	375	316	694	535	14	0	16	70	30	9	0	0	0	8	0	2068
2026	388	327	719	554	15	0	16	73	31	10	0	0	0	8	0	2140
2027	402	338	744	573	15	0	17	75	32	10	0	0	0	8	0	2215
2028	416	350	770	593	16	0	17	78	33	10	0	0	0	9	0	2292
2029	431	363	797	614	16	0	18	81	34	11	0	0	0	9	0	2373
2030	446	375	825	635	17	0	19	84	35	11	0	0	0	9	0	2456
2031	461	388	854	657	17	0	19	87	37	12	0	0	0	10	0	2542
2032	478	402	883	681	18	0	20	90	38	12	0	0	0	10	0	2631

San Juan del Sur (El Container) – Los Cocos

TRAFICO TOTAL EL CONTAINER - PLAYA LOS COCOS																
Tasa Crecimiento: 3.5%																
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
2012	90	42	86	136	5	5	11	15	19	5	0	0	0	0	5	419
2013	93	43	89	141	5	5	11	16	20	5	0	0	0	0	5	434
2014	96	45	92	146	5	5	12	16	20	5	0	0	0	0	5	449
2015	100	47	95	151	6	6	12	17	21	6	0	0	0	0	6	465
2016	103	48	99	156	6	6	13	17	22	6	0	0	0	0	6	481
2017	107	50	102	162	6	6	13	18	23	6	0	0	0	0	6	498
2018	111	52	106	167	6	6	14	18	23	6	0	0	0	0	6	515
2019	115	53	109	173	6	6	14	19	24	6	0	0	0	0	6	533
2020	119	55	113	179	7	7	14	20	25	7	0	0	0	0	7	552
2021	123	57	117	185	7	7	15	20	26	7	0	0	0	0	7	571
2022	127	59	121	192	7	7	16	21	27	7	0	0	0	0	7	591
2023	131	61	126	199	7	7	16	22	28	7	0	0	0	0	7	612
2024	136	63	130	206	8	8	17	23	29	8	0	0	0	0	8	633
2025	141	66	135	213	8	8	17	23	30	8	0	0	0	0	8	655
2026	146	68	139	220	8	8	18	24	31	8	0	0	0	0	8	678
2027	151	70	144	228	8	8	18	25	32	8	0	0	0	0	8	702
2028	156	73	149	236	9	9	19	26	33	9	0	0	0	0	9	727
2029	162	75	154	244	9	9	20	27	34	9	0	0	0	0	9	752
2030	167	78	160	253	9	9	20	28	35	9	0	0	0	0	9	778
2031	173	81	165	261	10	10	21	29	37	10	0	0	0	0	10	806
2032	179	84	171	271	10	10	22	30	38	10	0	0	0	0	10	834

Los Cocos – El Ostional

TRAFICO TOTAL PLAYA LOS COCOS - EL OSTIONAL																
Tasa Crecimiento: 3.5%																
AÑO	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus<15pas.	MnBus15-30s.	Bus	Liv 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx <= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	VA / VC	TOTAL
2012	22	10	18	40	5	5	9	9	12	7	0	0	0	0	6	143
2013	23	10	19	41	5	5	9	9	12	7	0	0	0	0	6	148
2014	24	11	19	43	5	5	10	10	13	7	0	0	0	0	6	153
2015	24	11	20	44	6	6	10	10	13	8	0	0	0	0	7	159
2016	25	11	21	46	6	6	10	10	14	8	0	0	0	0	7	164
2017	26	12	21	48	6	6	11	11	14	8	0	0	0	0	7	170
2018	27	12	22	49	6	6	11	11	15	9	0	0	0	0	7	176
2019	28	13	23	51	6	6	11	11	15	9	0	0	0	0	8	182
2020	29	13	24	53	7	7	12	12	16	9	0	0	0	0	8	188
2021	30	14	25	55	7	7	12	12	16	10	0	0	0	0	8	195
2022	31	14	25	56	7	7	13	13	17	10	0	0	0	0	8	202
2023	32	15	26	58	7	7	13	13	18	10	0	0	0	0	9	209
2024	33	15	27	60	8	8	14	14	18	11	0	0	0	0	9	216
2025	34	16	28	63	8	8	14	14	19	11	0	0	0	0	9	224
2026	36	16	29	65	8	8	15	15	19	11	0	0	0	0	10	231
2027	37	17	30	67	8	8	15	15	20	12	0	0	0	0	10	240
2028	38	17	31	69	9	9	16	16	21	12	0	0	0	0	10	248
2029	39	18	32	72	9	9	16	16	22	13	0	0	0	0	11	257
2030	41	19	33	74	9	9	17	17	22	13	0	0	0	0	11	266
2031	42	19	35	77	10	10	17	17	23	13	0	0	0	0	12	275
2032	44	20	36	80	10	10	18	18	24	14	0	0	0	0	12	285

Red Vial del Municipio de San Juan del Sur

Nº	Nº C	CODIGO	ORIGEN	DISTRITO	TIPO DE SUPERFICIE						TOTAL (MM)	CLAS. FUNC.
					ADQU.	ASF.	REV.	T.T.	E.S.	Cerc.H		
16		16R80000000	Est. 3+810 del 16R80000000 (El Guerrero)(Límite Municipal Rivas - San Juan del Sur)		15.400					15.400	TS	
		16R80200000	Km. 2+420 del 16R80103000 (San Gerónimo)	Parcelas de San Gerónimo				0.720		0.720	CV	
		16R80200000	Km. 1+440 (Boca de la Moribla)	San Antonio (*)				0.100		0.100	CV	
		16R80300000	Km. 16+200 (El Oro)	Mina Vieja				0.700		0.700	CV	
224		16R80400000	Km. 18+ 250 (San Juan del Sur)	El Pochote	0.220		3.780	28.050		32.050	CS	
		16R80401000	Km. 1+4010 (Las Delicias)	Pedra Rica (*)				0.400		0.400	CV	
		16R80402000	Km. 1+535 (Las Delicias)	El Ochoal				0.630		0.630	CV	
		16R80402010	Km. 2+570 (El Ochoal)	Toro Verdado				1.210		1.210	CV	
		16R80403000	Km. 2+790 (San Rafael del Valle)	El Remanso				0.390		0.390	CV	
		16R80404000	Km. 10+166 (Escameca)	Las Brisas (*)				5.440		5.440	CV	
		16R80405000	Km. 14+930 (Escameca)	Colonia Colado				4.495		4.495	CV	
		16R80405000	Km. 20+620 (La Flor)	Falma (*)				5.190		5.190	CV	
		16R80407000	Km. 25+430 (El Ochoal)	Barría El Ochoal				0.600		0.600	CV	
		16R80408000	Km. 25+500 (El Ochoal)	El Paraiso (*)				8.760		8.760	CV	
		16R80409000	Km. 29+330 (Emp. a Marzanillo)	Frija El Marzanillo				1.900		1.900	CV	
224		16R80410000A	Km. 32+050 (El Pochote)	El Nariño				1.240		1.240	CS	
		16R80410000B	El Nariño					8.565		11.750	CV	
		16R80410010	Km. 1+240 (El Nariño)	Cuesta El 45 (Lim. San Juan del Sur - Candelas)				2.400		2.400	CS	
		16R80411000	Km. 32+050 (El Pochote)	Los Mejores (Lim. Int. Nicaragua - Costa Rica)				1.990		1.990	CV	
		16R80500000	Km 1+600 del 16R80103000 Rio Magarte (Límite Municipal Rivas - San Juan Del Sur)	Esquina (*)				1.500		1.500	CV	
72		72R800000000	Est. 10+660 del 72R800000000 (Pza. Abel Comasagua)(Lim. Mun. Rivas - San Juan del Sur)	Km. 17+930 del 16R80000000 (San Juan del Sur)	1.860		11.005	2.875		15.740	CS	
		72R80100000	Km. 11+755 (Emp. a El Papaduro)	Comunidad Bernardino				4.250		4.250	CV	
		72R80200000	Km. 18+270 (El Balcón)	El Papayal				1.420		1.420	CV	
		72R80300000	Km. 19+550 (El Plante)	Playas de Madera (El Niquiqui)				3.185		4.100	CV	
		72R80301000	Km. 0+135 (El Plante)	Playas de Niquiqui				4.050		4.050	CV	
		72R80302000	Km. 1+495 (Ent. a Bahía de Miravilla)	Frija Bahía de Miravilla				0.730		0.730	CV	
		72R80303000	Km. 1+950 (Ent. a Playa Los Playones)	Los Playones				0.585		0.585	CV	
		72R80400000	Km. 22+400 (Nicaccoló)	El Papayal				2.100		2.100	CV	
TOTAL					20.860	15.400	14.785	58.315	91.005	0.000	147.755	

ANEXO C - 1

Modulo de Reacción de la Sub-rasante

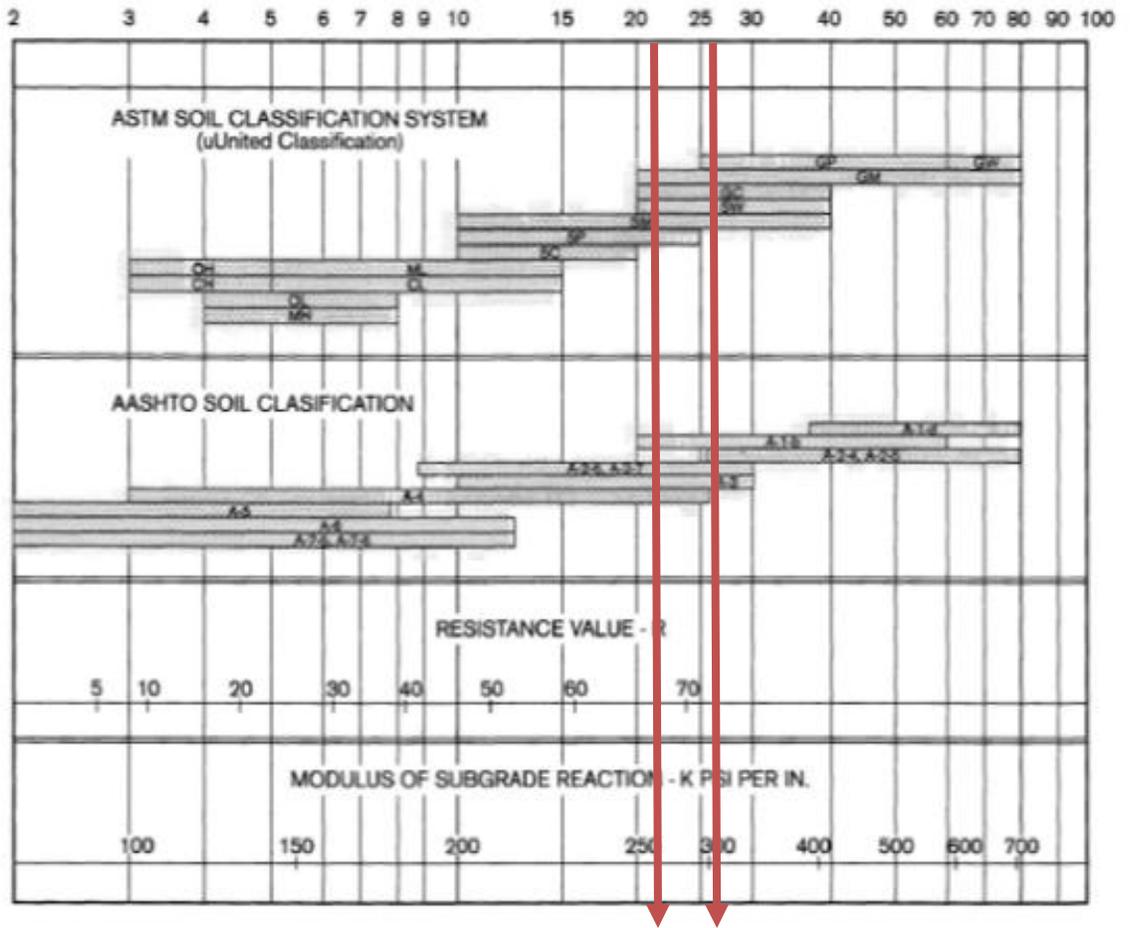


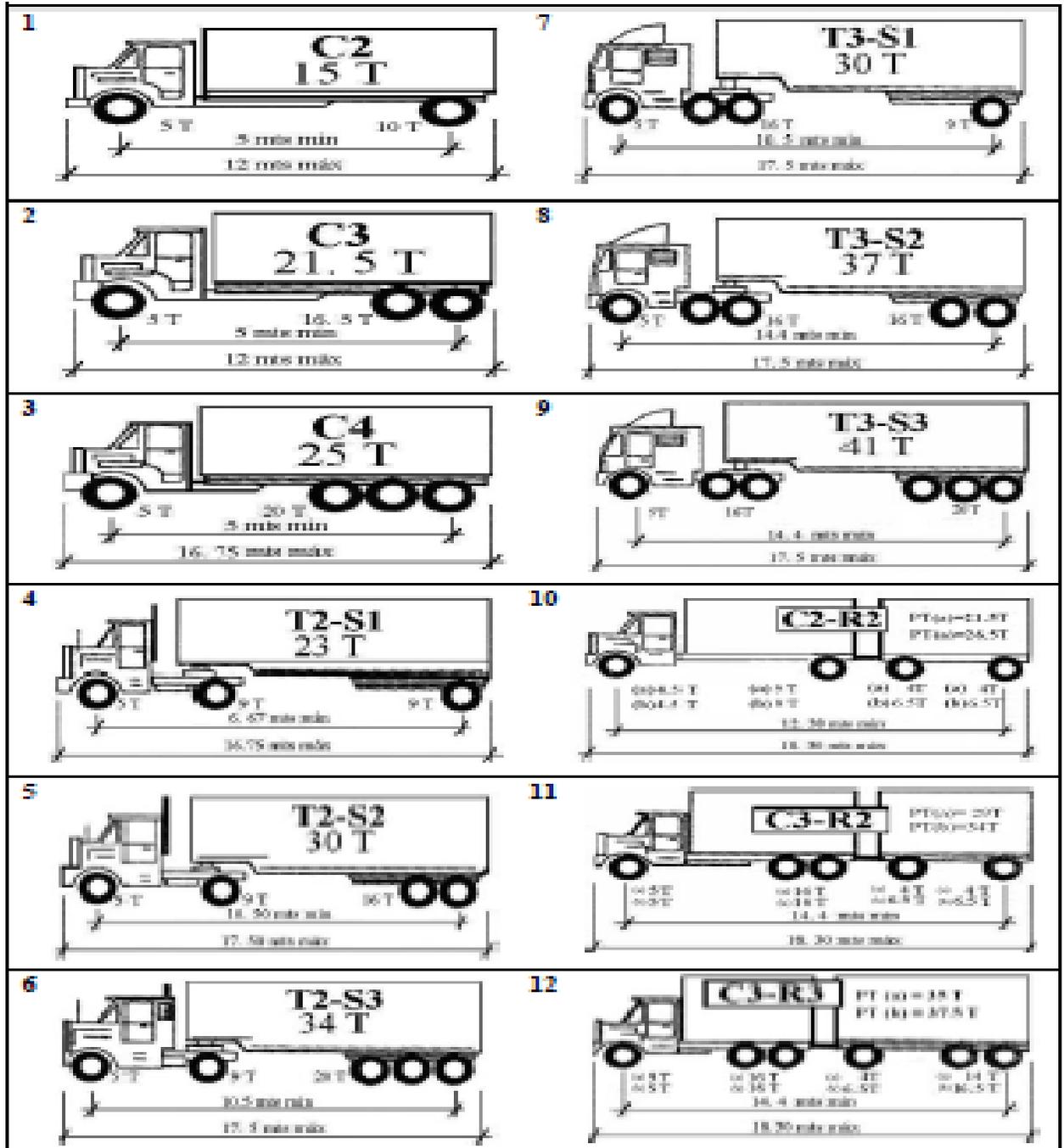
Figura 2.5-3 Relación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencia.

259 PCI

311 PCI

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

Diagrama de Cargas Permisible



Nota: El Peso 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, semirremolques 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.

ANEXO C - 3

ANEXOS C – 4 TRAMO 1: MARSELLA – SAN JAUN DEL SUR

Tabla 2.5.5 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral.

**Esfuerzo Equivalente- Con apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem**

K = 219.065

K = 183.23

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, p																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	388	360	383	384	359
4.5	547	461	365	479	400	328	444	371	313	421	356	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	196	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	176	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	139	116	94
9.5	200	190	134	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

ANEXOS C – 5 TRAMO1: MARSELLA – SAN JUAN DEL SUR

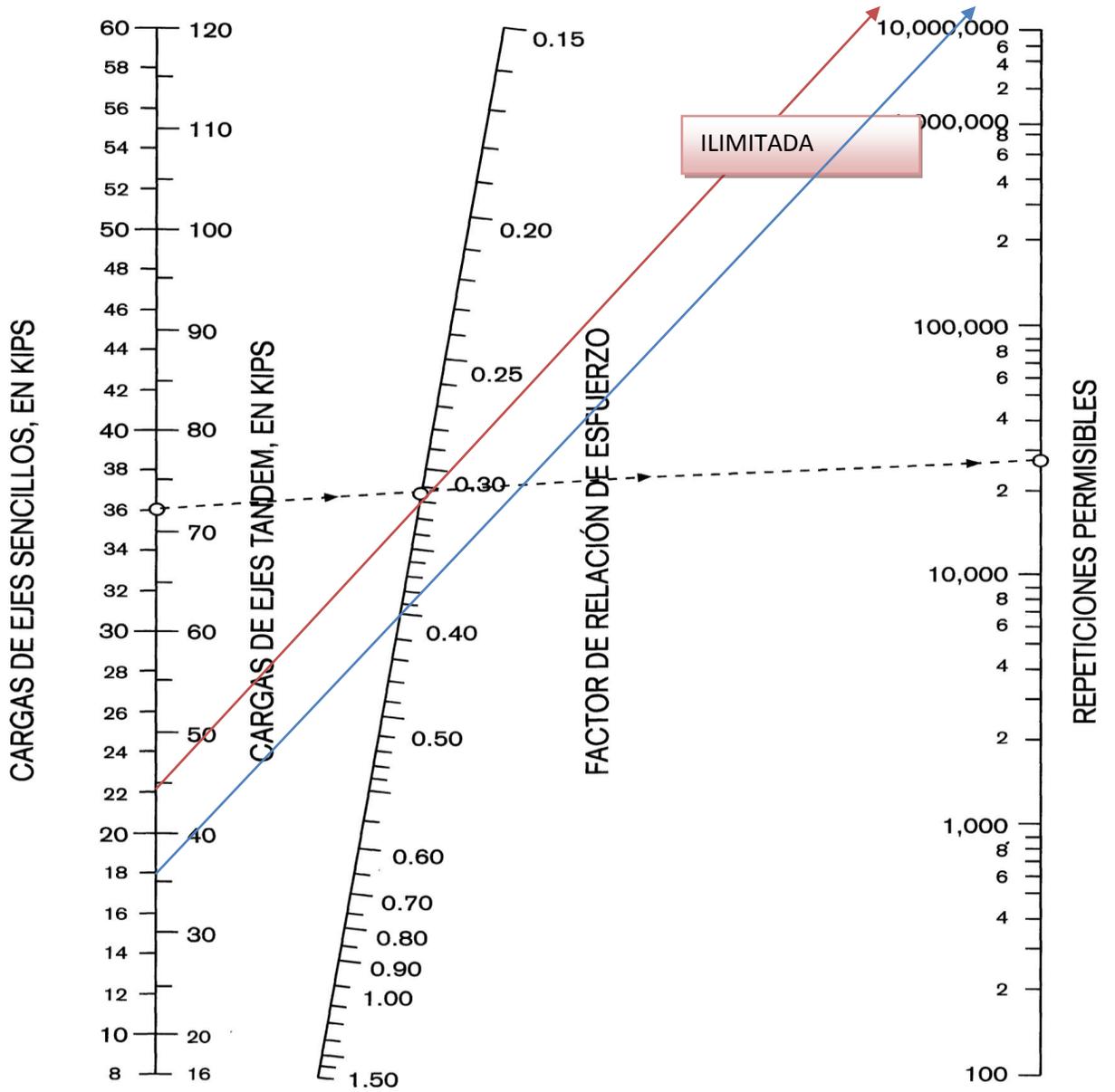


FIGURA 2.5.5. Análisis de fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con ó sin apoyo lateral).

ANEXOS C – 6 TRAMO 1: MARSELLA – SAN JUAN DEL SUR

Tabla No. 2.5.10- Factores de Erosión, para Pavimentos sin Pasajuntas y Con Apoyo Lateral.

**Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem**

K = 2.699
K = 2.717

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.26	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.0
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.60	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.36	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.88	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.51	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.26	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.37	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.19
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.54	2.10	2.27	2.33	2.06	2.19	2.23	2.01	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.15	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05

ANEXOS C – 7 TRAMO 1: MARSELLA – SAN JUAN DEL SUR

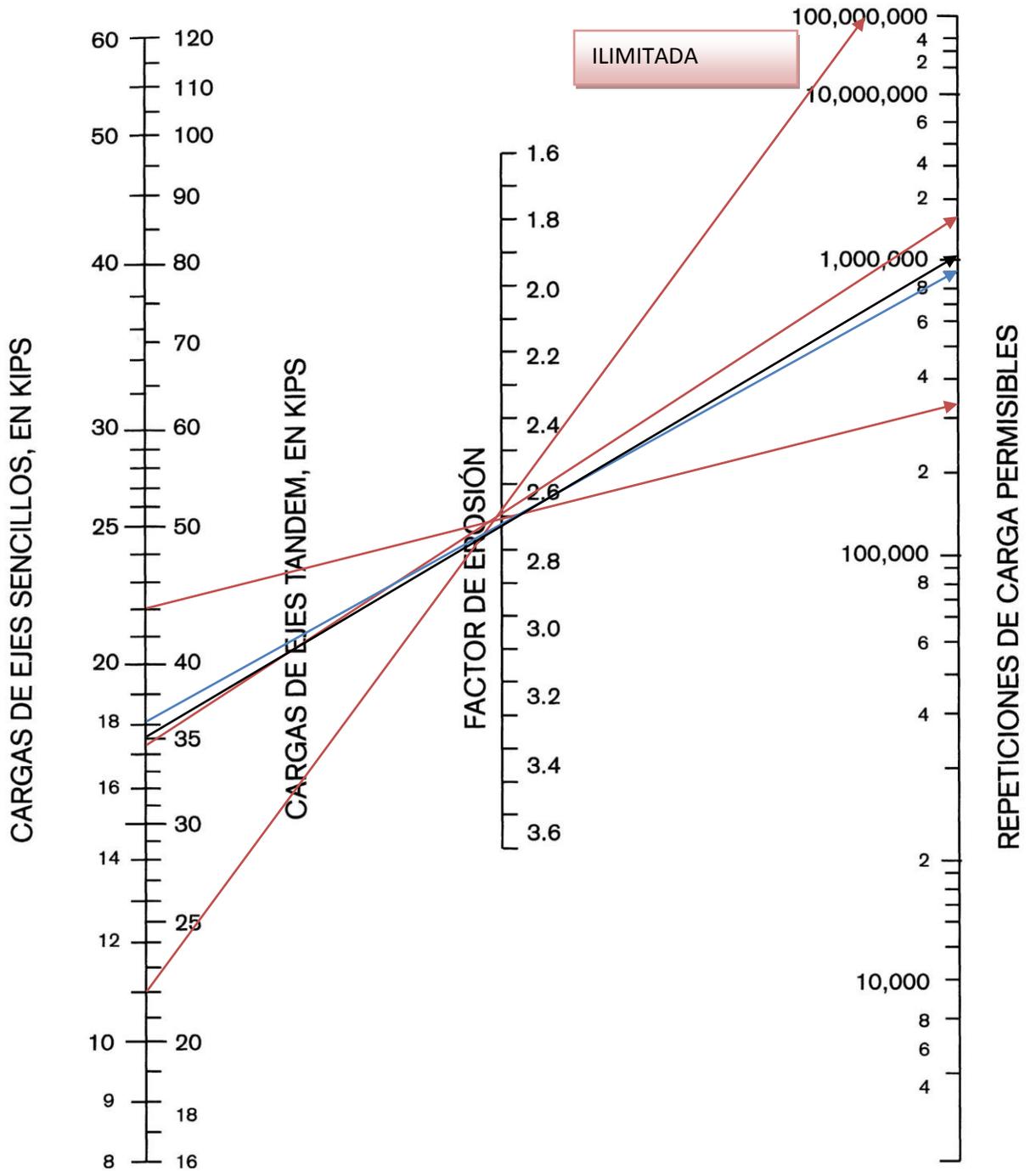


Figura 2.5.7 Análisis de Erosión. (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral).

ANEXOS C – 4.2 TRAMO 2: SAN JUAN DEL SUR – LOS COCOS

Tabla 2.5.5 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral.

Esfuerzo Equivalente- Con apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

K = 226.36

K = 189.74

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, p																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	382	517	439	377	469	422	369	452	403	362	409	368	360	383	384	369
4.5	647	461	365	479	400	328	444	371	313	421	358	305	390	338	297	355	322	282	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	387	308	258	341	290	250	311	274	244	284	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	208
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	196	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	158
7.0	302	270	204	268	230	178	248	210	165	238	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	169	135	185	155	127	176	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	138	118	94
9.5	200	190	134	176	160	120	164	146	111	157	137	106	147	126	98	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	99	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	79	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	86	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

ANEXOS C – 5.2 TRAMO 2: SAN JUAN DEL SUR – LOS COCOS

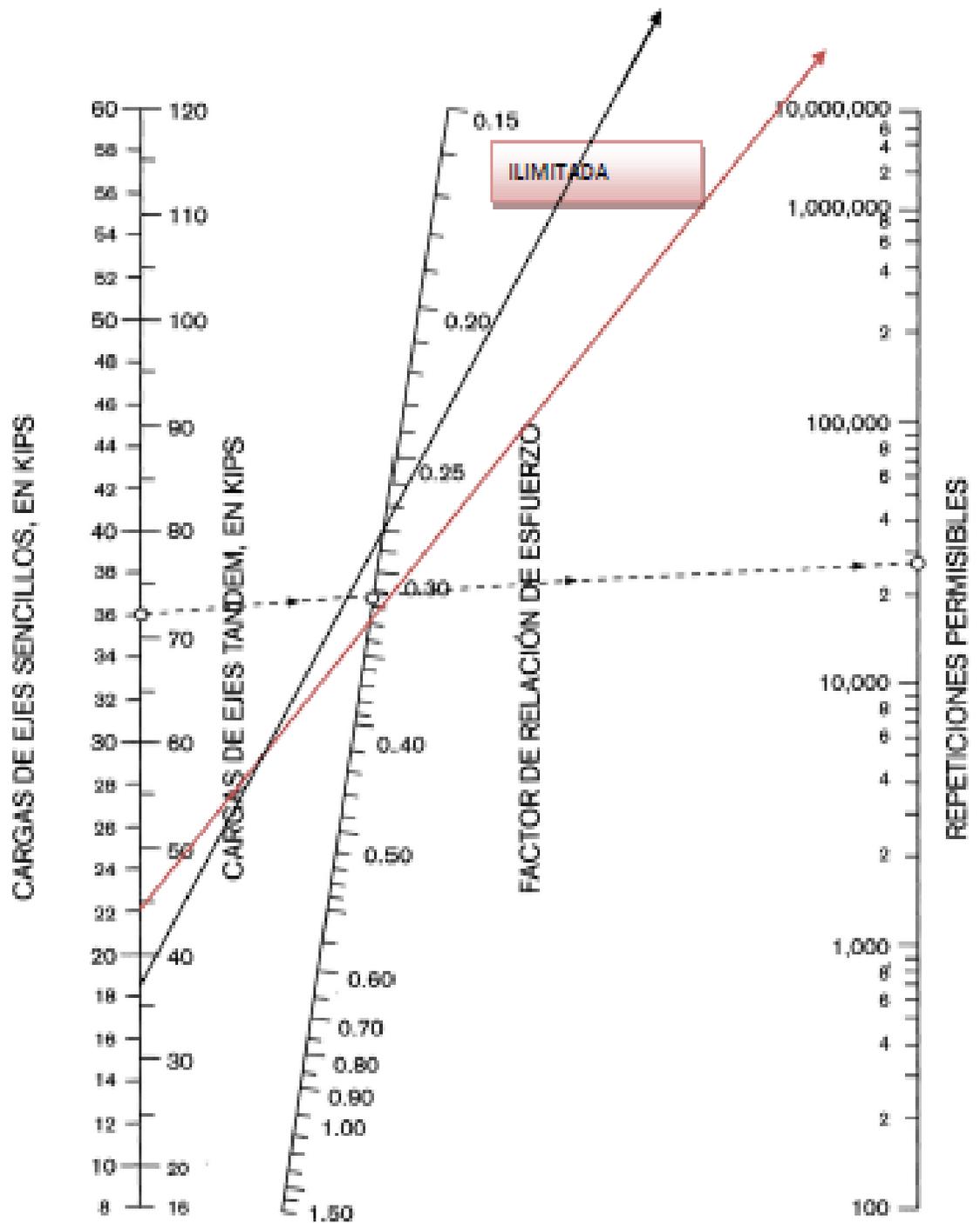


FIGURA 2.5.5. Análisis de fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con ó sin apoyo lateral).

ANEXOS C – 6.2 TRAMO 2: SAN JUAN DEL SUR – LOS COCOS

Tabla No. 2.5.10- Factores de Erosión, para Pavimentos sin Pasajuntas y Con Apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

K = 2.71
K = 2.743

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subbase, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.28	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.18	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.25	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.68	2.65	2.65	2.61	2.6
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.68	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.60	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.38	2.43	2.44	2.36	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.88	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.51	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.28	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.37	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.19
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.44	2.10	2.27	2.33	2.06	2.19	2.23	2.01	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.98	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.15	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.36	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05

ANEXOS C – 7.2 TRAMO 2: SAN JUAN DEL SUR – LOS COCOS

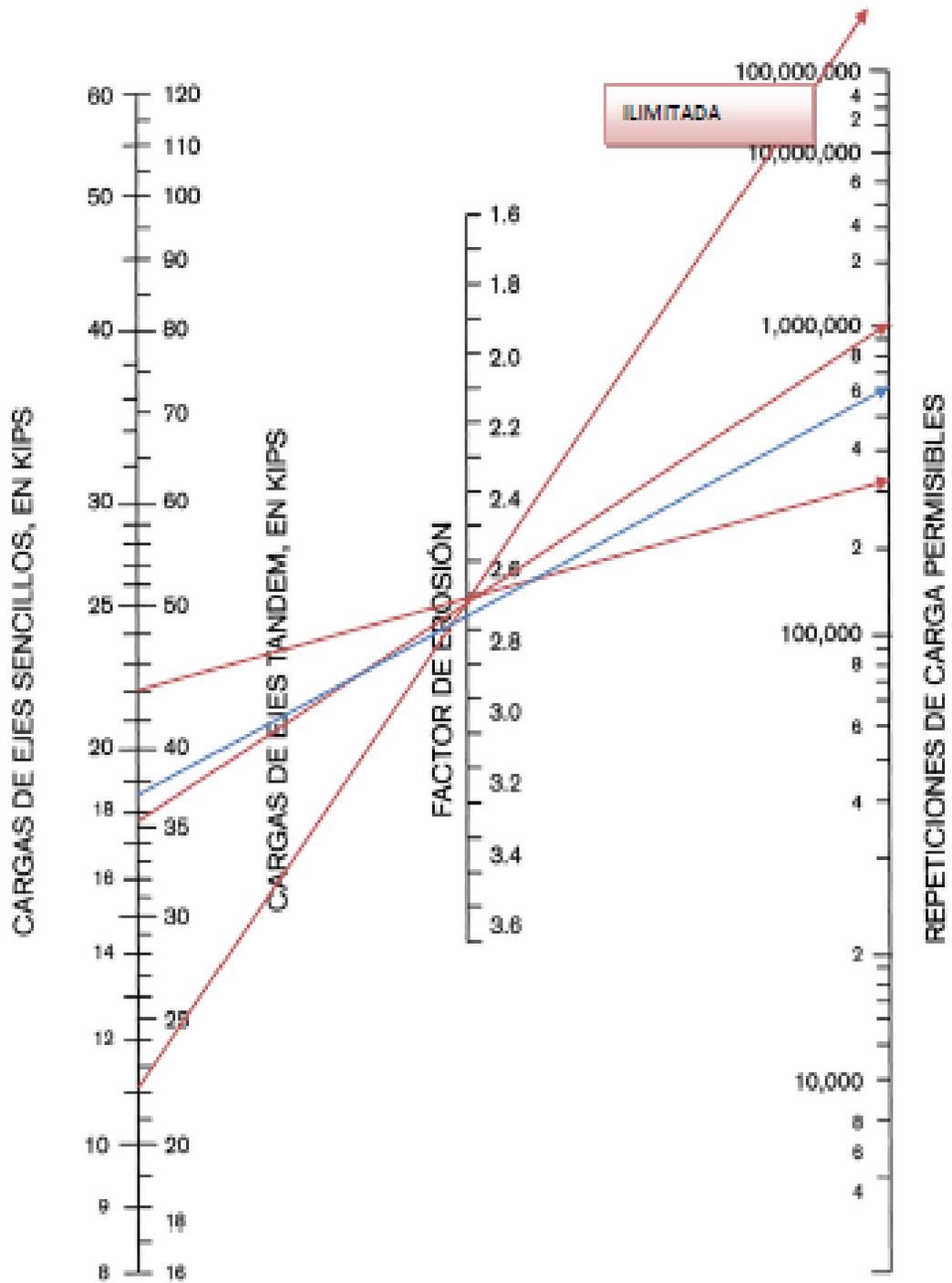


Figura 2.5.7 Análisis de Erosión. (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral).

ANEXOS C – 4.3 TRAMO 3: LOS COCOS – EL OSTIONAL

Tabla 2.5.5 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral.

Esfuerzo Equivalente- Con apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

K = 277.79

K = 231.56

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, p																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	382	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	368	360	393	384	369
4.5	647	461	365	479	400	329	444	371	313	421	356	305	390	338	297	355	302	262	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	357	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	248	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	219	304	255	204	289	241	196	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	268	230	179	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	175	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	118	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	168	128	192	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	138	116	94
9.5	200	190	134	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	135	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	98	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	88	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	86	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	86	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

ANEXOS C – 5.3 TRAMO 3: LOS COCOS – EL OSTIONAL

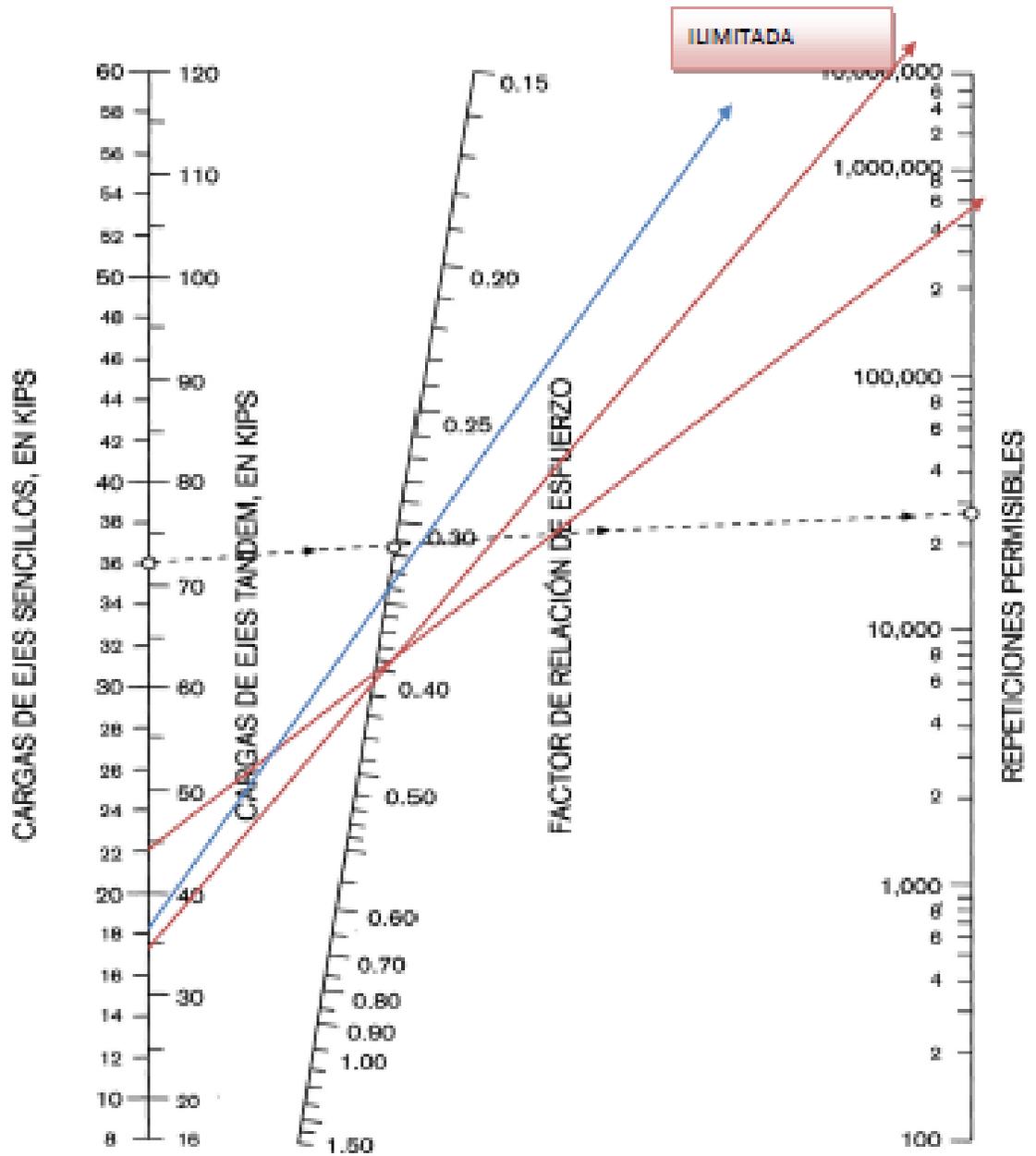


FIGURA 2.5.5. Análisis de fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con ó sin apoyo lateral).

ANEXOS C – 6.3 TRAMO 3: LOS COCOS – EL OSTIONAL

Tabla No. 2.5.10- Factores de Erosión, para Pavimentos sin Pasajuntas y Con Apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

K = 2.71
 K = 2.74

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.28	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.26	3.26	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.16	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.87	2.83
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.83	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.06	3.11	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.76	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.65	2.65	2.65	2.61	2.0
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.60	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.86	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.36	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.86	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.51	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.26	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.37	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.18
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.54	2.10	2.27	2.33	2.06	2.19	2.23	2.01	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.15	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.36	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05

ANEXOS C – 7.3 TRAMO 3: LOS COCOS – EL OSTIONAL

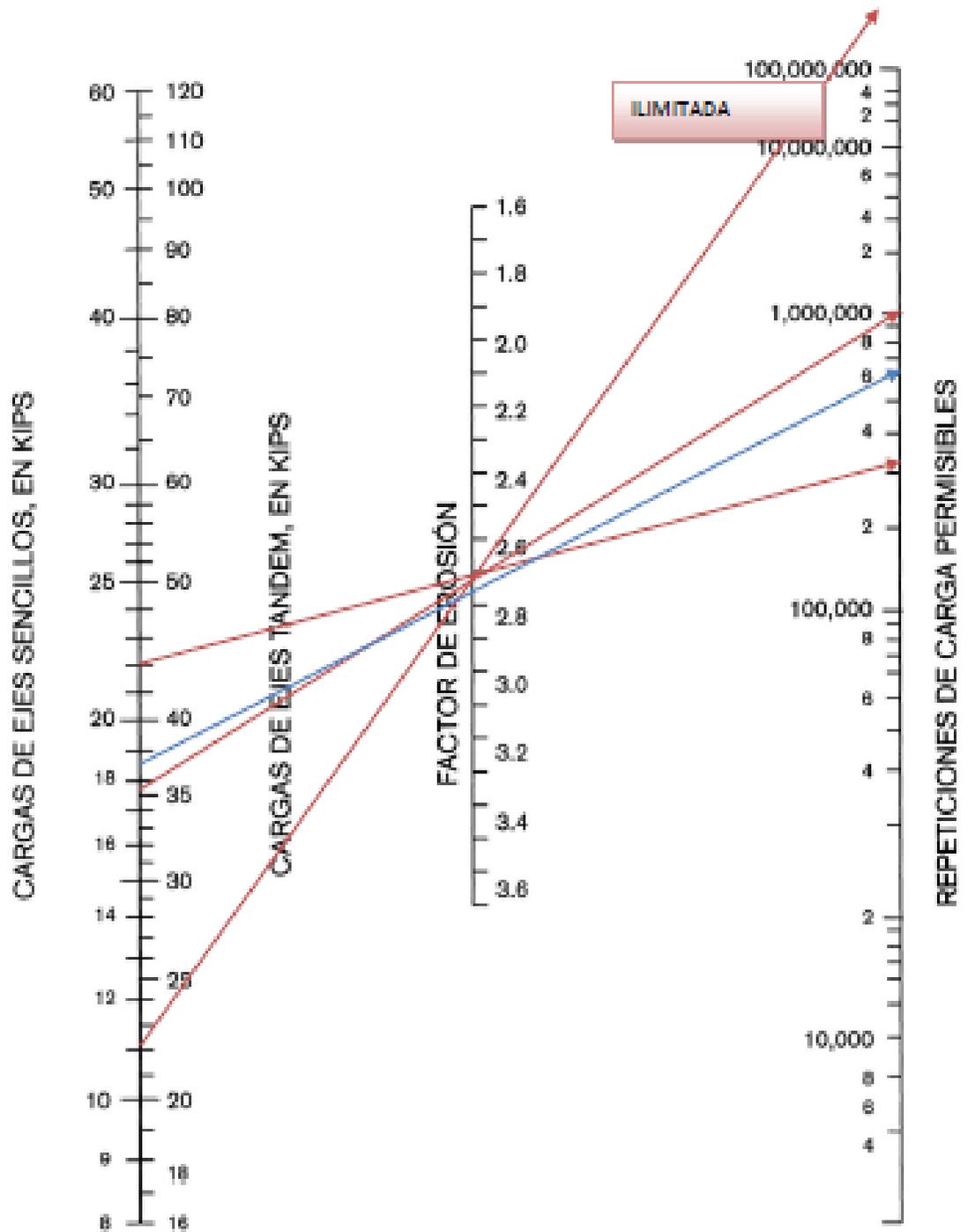


Figura 2.5.7 Análisis de Erosión. (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral).

Resultados Software PCA.

The image shows a screenshot of a software application window titled "BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA". The window has a menu bar with "Opciones", "Sensibilidad", and "Terminar". The main interface is light blue and contains several input fields and buttons. On the right side, there are four buttons: "Cargar" (pink), "Guardar" (dotted border), "Calcular" (white), and "Imprimir" (white). At the bottom right, there is a green "Salir" button. The input fields include: "Resistencia K del Apoyo" (text box, unit "Mpa/m" dropdown), "Espesor de la Losa" (text box, unit "mm" dropdown), "Módulo de Rotura Losa" (text box, unit "Mpa" dropdown), "TRANSITO" (dropdown menu showing "kN"), "Factor de Seguridad Carga" (text box), "Factor de Mayoración de Repeticiones" (text box), and two output fields at the bottom: "Total Consumo Esfuerzo (%)" and "Total Consumo Erosión (%)". There are also three orange buttons: "Ejes Sencillos", "Ejes Tandem", and "Ejes Tridem".

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : Mpa/m

Espesor de la Losa : mm

Módulo de Rotura Losa : Mpa

Con Bermas

Con Pasadores

TRANSITO

kN

Factor de Seguridad Carga :

Factor de Mayoración de Repeticiones :

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) :

Total Consumo Erosión (%) :

Cargar

Guardar

Calcular

Imprimir

Salir