



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción**

Monografía

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MÉTODOS: AASHTO – 93 Y
TRANSPORT RESEARCH LABORATORY OVERSEAS ROAD NOTE 31 (TRL
ORN 31), APLICADOS A LA REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO EN EL TRAMO DE CARRETERA: CIUDAD SANDINO –
MATEARE DE 11.8 KM DE LONGITUD”, MANAGUA.”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Carlos Rafael Hernández Andino
Br. Jeffry Antonio Matamoros Sirias
Br. Everling del Rosario Guevara Sánchez

Tutor

Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Asesor

Ing. Luis Hernández Centeno

Managua, Febrero 2021

DEDICATORIA.

A Dios por estar conmigo en cada momento, por haber puesto en mí camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mi formación profesional.

A mi madre por haberme apoyado en los momentos que más necesité de su comprensión, además, por haber formado en mí, la base de la responsabilidad y ser la persona especial que Dios uso para guiar mi vida.

A mi esposa por estar presente en esos momentos difíciles y ser una fuente de inspiración que ha permitido formar deseos de superación, también por haberme dado a mí preciosa hija **Cristhel Saraí Hernández Membreño**, las amo.

A mis hermanos por ser parte de mi vida, los quiero que Dios los guarde.

A mi primo Víctor Wilson Andino, quien me ha brindado su apoyo incondicionalmente en los momentos más difíciles que Dios bendiga su vida.

A todas las personas, que contribuyeron en mi desarrollo profesional, especialmente al Ing. Luis Hernández Centeno.

Dr. Carlos Rafael Hernández Andino

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo principalmente a **Dios**, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores por la motivación constante. Esos valores me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por su esfuerzo para darme un futuro mejor porque siempre está conmigo brindándome su apoyo incondicional.

Al **Ing. Luis Hernández Centeno** nuestro, asesor por sus recomendaciones para el desarrollo de nuestro trabajo monográfico.

Dr. Jeffry Antonio Matamoros Siria

DEDICATORIA.

Agradezco por sobre todas las cosas a **Dios** por siempre estar conmigo en todos los momentos de mi vida, por ser mi inspiración cada mañana para dar lo mejor de mí en todo lo que hago porque demando la excelencia en mis actos como si fuese para él (Gracias por ponerme en una familia como la que tengo, no somos perfectos, pero contigo sabemos que todo va a estar bien).

Heberto Guevara y Zorayda Sánchez porque siempre fueron ejemplo de perseverancia y exigencia, de los que no renuncian ante la adversidad para sacar adelante a sus hijos con principios y valores desde la infancia; con la mejor educación personal y profesional que es su principal herencia, quienes han enseñado que con esfuerzo, sacrificio y voluntad se alcanza el éxito (Gracias a mi padre por haber encontrado el camino primero, luego a mi madre por seguirlo y avanzar con el).

Betzabeth y Kevyn Guevara porque siempre he sentido el cariño y amor fraterno de hermanos, porque con sus consejos y ánimos pude salir adelante dando lo mejor para alcanzar el éxito, ya sea pequeño, pero son los que no olvidare, gracias porque soy la hermana menor más bendecida y afortunada porque tengo hermanos que siempre de una u otra forma, tratan de darme lo mejor y darme los gustos que quiero (Gracias porque somos más que hermanos, también somos los mejores amigos).

Natanael González y George Lanuza quienes siempre creen en mí y me animan demostrándome su amor incondicional cada día, aunque a veces siento que ya no puedo son un gran impulso a ser mejor y esforzarme para que ellos también se esfuerzen cuando les toque luchar por sus metas y poder ser un ejemplo para ellos; sabiendo que espero mucho más de ellos, que sobrepasen mis metas y logros es mi orgullo.

Dr. Everling del Rosario Sánchez Guevara

Agradecimiento

Agradecemos primeramente a **Dios** quien nos ha provisto de sabiduría e inteligencia, además, de recursos económicos y humanos para poder terminar este proyecto académico.

A todos los profesionales que hicieron posible que nos graduáramos como ingenieros civiles, ellos formaron las bases académicas que nos permitieron culminar nuestros estudios, resaltando entre ellos al **Ing. Aldo Zamora, Ing. Ricardo Martínez, Ing. Huergens Lacayo, Ing. Luis Padilla, Ing. Alfonso Jerez y Ing. Néstor Lanza**. Le damos gracias a Dios por esas personas brillantes.

A nuestro tutor, **Ing. José Fernando Bustamante Arteaga** por su buena disposición en ayudarnos a elaborar nuestra monografía.

A todos nuestros **colegas** de clases que fueron parte de este proceso de formación académica, también ellos hicieron posible la culminación de nuestra carrera universitaria.

Br. Carlos Rafael Hernández Andino

Br. Jeffry Antonio Matamoros Siria

Br. Everling del Rosario Guevara Sánchez

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo monográfico tiene como fin realizar un análisis comparativo entre los métodos: AASHTO – 93 y TRANSPORT RESEARCH LABORATORY OVERSEAS ROAD NOTE 31 (TRL ORN 31), aplicados a la revisión de la estructura de pavimento en el tramo de carretera: “**Ciudad Sandino – Mateare de 11.8 km de longitud**”. para ello se realizaron varios estudios estructurados y ordenados en capítulos descritos a continuación:

CAPÍTULO I: GENERALIDADES, se desarrollan la introducción, antecedentes, justificación, objetivos y la localización del proyecto.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO, el estudio abarca los conceptos generales referente al tránsito. También se realizó un aforo vehicular que sirve para la proyección del tránsito y el cálculo del Tránsito Promedio Diario. Además, se calculó la Tasa de Crecimiento tomando en cuenta las variables Macroeconómicas (PIB, Consumo Combustible y Crecimiento Poblacional), la proyección del tránsito se realizó de acuerdo al periodo de diseño y se calcularon los ESAL'S por carril.

CAPÍTULO III: ESTUDIOS GEOTÉCNICO, se analizó los resultados de los ensayos de laboratorios realizados por el consorcio INGENYA, a lo largo del tramo de carretera: Ciudad Sandino – Mateare de 11.8 km de longitud. Los estudios inician en la estación 0+000 (Sacos Macen) y concluyen en la estación 11+800 (Mateare). Esta información es proporcionada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura. También, se realizó el proceso de estabilización de los materiales de banco.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO, se realizó el proceso de cálculo que involucra una cuantificación de las distintas variables del entorno de la obra, mediante la metodología propuesta por la **AASHTO Guide for**

Design of Pavement Structures 1993. Y la metodología del **TRL ORN 31**, de esta forma se logró el cálculo de los espesores de la estructura de pavimento.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO, en este estudio se realizó un análisis del costo de inversión del pavimento. Basado en el indicador de rentabilidad económica VAN, este indicador permite establecer la alternativa más factible de acuerdo a un análisis del costo de inversión del proyecto, evaluado hasta el periodo de diseño. El análisis se hizo con el fin de conocer la alternativa más económica para la construcción de carreteras: “Troncales Secundarias”.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Se establece un resumen de los resultados que se obtuvieron a través de los diferentes estudios, así como recomendaciones que tendrán que ser consideradas en el diseño de estructuras de pavimento para carreteras: “Troncales Secundarias”.

Al final del documento se muestra la referencia bibliográfica y todos los anexos, relacionados con el desarrollo de este estudio.

ÍNDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general.	6
1.4.2. Objetivo específico.	6

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1. Introducción.....	7
2.2. Volumen de tránsito.....	8
2.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	8
2.4. Conteo vehicular.....	8
2.5 Selección de la estación de correlación.....	9
2.6. Cálculo del TPDA.....	11
2.7. Clasificación funcional de la vía.....	12
2.8. Periodo de diseño.....	12
2.9. Correlación de Variables Macroeconómicas	12
2.10. Tasa de crecimiento	18
2.11. Consideraciones de la Proyección del Tránsito.....	18
2.12. Tránsito de Diseño	20
2.12.1. Factor de crecimiento.	21
2.12.2. Factor de distribución por Carril.....	21
2.12.3. Factor de distribución por Dirección.	22
2.13. Cálculo del Tránsito de Diseño.....	23

2.14. Peso Máximo Permisible por tipo de vehículo en función de sus ejes.	23
2.15. Estimación de las cargas de diseño	25
2.16. Factor de Equivalencia de Carga (FEC).	25
2.17. Cálculo de los ESA'L de diseño.....	28

CAPÍTULO III: ESTUDIOS GEOTÉCNICO

3.1. Introducción.....	30
3.2. Análisis granulométrico con tamices.	31
3.3. Contenido de humedad.	31
3.4. Límites Atterberg	31
3.4.1. Límite Líquido	32
3.4.2. Límite plástico.....	32
3.5. Clasificación de los suelos.....	32
3.5.1. Sistema AASHTO.....	33
3.5.1.1. Suelos granulares.....	33
3.5.1.2. Suelos finos limo arcillosos.....	34
3.5.1.3 Índice de grupo.....	35
3.5.2. Sistema SUCS.....	36
3.6. Prueba de Proctor.	37
3.7. Capacidad de soporte (C.B.R).....	38
3.8. Sondeos realizados en la línea.....	39
3.9. Clasificación de los suelos de la línea.	39
3.10. Estratigrafía en el eje de la vía.	41
3.11. Densidad de compactación máxima	44
3.12. Capacidad de Soporte de los suelos de la línea.....	45
3.13. Estudios realizados en los Bancos de materiales.....	45

3.13.1. Ubicación del banco y datos generales	45
3.13.2. Sondeos de banco.....	46
3.13.3. Clasificación de los materiales del banco	47
3.13.4. Graduación de los materiales de banco	49
3.14. Análisis de proctor modificado, de los materiales de banco	51
3.15. Capacidad de soporte de los materiales de banco.....	52
3.16. Estabilización del material del banco con cemento	55
3.16.1 Cálculo de la cantidad de bolsas de cemento	56
3.17. C.B.R de diseño	56

CAPITULO IV: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

4.1. Introducción.....	58
4.2. Pavimentos flexibles.....	58
4.3. Método AASHTO - 1993.....	58
4.3.1. Ecuación de diseño.	59
4.3.1.1. Desviación estándar (S0).	60
4.3.1.2. Consideraciones de la Serviciabilidad.	60
4.3.1.3 Determinación de los coeficientes estructurales a1, a2 y a3	61
4.3.1.4 Estabilidad de Marshall.....	61
4.3.1.6. Determinación de los coeficientes de drenaje m2 y m3.....	62
4.3.1.5. Espesores mínimos de diseño.....	63
4.4. Consideraciones del Módulo de Resiliencia de la subrasante (MR)	64
4.4.1. Cálculo del Módulo de Resiliencia de la subrasante.	64
4.4.2. Determinación del Módulo de Resiliencia de la base	64
4.4.3. Determinación del Módulo de Resiliencia de la subbase.....	64

4.4. Variables de diseño	65
4.5. Cálculo de los espesores de pavimento método AASHTO 1993.....	65
4.6. MÉTODO TRL ORN 31	
4.6.1 Introducción	67
4.6.2. Categorización del tráfico	67
4.6.3. Categorización de la subrasante	68
4.6.4. Consideraciones de los materiales de base y subbase	68
4.6.5. Consideraciones de los materiales estabilizados con cemento.....	70
4.6.6 Cálculo de los espesores de pavimento método TRL ORN 31.....	70
CAPITULO V: ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO.	
5.1. Introducción.....	72
5.2. Costos generales de construcción.....	72
5.2.1. Costos iniciales de construcción.....	72
5.2.2. Costos de mantenimiento	73
5.2.3. Costos de rehabilitación	73
5.2.4. Valor de residual.....	73
5.3. Criterios de evaluación financiera.....	73
5.3.1. Valor Actual Neto (VAN)	74
5.3.2. Criterios de evaluación del (VAN).....	75
5.3.3. Criterio de evaluación del flujo de caja para ambas alternativas	75
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS	

1.1. INTRODUCCIÓN

La tecnología del diseño de pavimento en Nicaragua aparece alrededor de la década de 1940, los diseños de esa época tenían sus bases sustentadas en métodos empíricos, así como en el criterio del ingeniero proyectista, luego se logró avanzar en la ciencia del diseño de pavimentos debido al comportamiento dinámico que surgió de investigaciones importantes que aportaron al desarrollo de la misma. Entre ellos resalta el experimento Vial de la **AASHO (1958-1960)**.

También se desarrollaron investigaciones por el Laboratorio de Investigación del Transporte del Reino Unido, realizadas alrededor de 1942 llevadas a cabo en diferentes partes del mundo (en más de 30 países tropicales y subtropicales). Como consecuencia de esas investigaciones surge un método de diseño de pavimentos descrito de esta manera: **TRANSPORT RESEARCH LABORATORY OVERSEAS ROAD NOTE 31 (TRL ORN 31)**, basado en catálogos de diseños que caracterizan el tránsito y la capacidad de soporte de la subrasante (C.B.R).

En la actualidad en nuestro país estos métodos de diseño de pavimentos, se han implementado en los proyectos de carreteras que aportan al desarrollo de la red vial. Sin embargo, no se tiene un comportamiento estructural claro de su uso; ya que las investigaciones para desarrollar estos métodos fueron realizadas en condiciones climáticas diferente a las nuestras.

De ahí surge la importancia de analizar cada método por separado en condiciones típicas de la zona, de tal manera que se puedan brindar aportes sustantivos para resolver los problemas estructurales de pavimento, desde el punto de vista técnico - económico.

El objetivo de este trabajo monográfico es comparar los métodos: “**AASHTO - 1993 Y TRL ORN 31**”, aplicados a la revisión de la estructura de pavimento en el tramo de carretera: **Ciudad Sandino – Mateare, de 11.8 km de longitud**.

El tramo de carretera inicia donde están ubicadas las industrias Macen y finaliza en el poblado de Mateare, ver macrolocalización y microlocalización, Figura 1 y Figura 2, Pág. 3.

Figura 1: Mapa de macrolocalización tramo: Ciudad Sandino - Mateare



Fuente: Google maps

Figura 2: Mapa de microlocalización tramo: Ciudad Sandino - Mateare



Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

1.2. ANTECEDENTES

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Ciudad Sandino y Mateare, del departamento de Managua.

El tramo se localiza en el Pacífico de Nicaragua, y es parte de la Red Vial Básica, se clasifica como una Carretera Troncal Principal, este forma parte de la carretera NIC. – 28 con una longitud aproximada de 11.8 km, atraviesa una zona de desarrollo industrial y habitacional. Pasa por las comunidades o barrios: Los Brasiles, Valle Sandino, Residencial el Doral y finaliza, en el poblado de Mateare; el mismo dará servicio al creciente tráfico nacional e internacional de carga y pasajeros que tiene origen y/o destino la zona norte y occidental del País.

El tramo en estudio es una carretera pavimentada, con una superficie de rodamiento de concreto asfáltico, se localiza en una zona donde el terreno predominante discurre en una topografía plana con una pendiente menor al 3%.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En países en vía de desarrollo como Nicaragua existen limitaciones económicas y tecnológicas, lo que no permite el desarrollo de investigaciones que puedan establecer métodos propios de diseño de pavimento, debido a esas limitaciones tenemos que adoptar métodos de diseño y experiencia que sean desarrollados en el extranjero.

Los métodos han sido concebidos con el objetivo que las estructuras diseñadas respondan adecuadamente a condiciones específicas de los países de donde provienen, como el tráfico, el clima y los materiales del lugar. Sin embargo, el utilizar un método de diseño sin evaluar que tan apropiado puede ser para los proyectos de carretera en NICARAGUA, puede conducir al sobre diseño de estructuras de pavimento o aun diseño pobre que tenga repercusiones prematuras con respecto a la vida útil de proyecto.

En este trabajo se realizará la comparación de los métodos de diseño de pavimento: “**AASHTO – 93 y TRL ORN 31**” aplicados a la estructura de pavimento del tramo de carretera: **Ciudad Sandino – Mateare de 11.8 km de longitud**. Con la finalidad de verificar si el método **TRL ORN 31**, puede aplicarse como método alternativo al diseño de estructuras de pavimento en carreteras Troncales Secundarias. Este tramo es representativo para poder presentar resultado fiable, debido a la importancia de la vía.

Los beneficios del trabajo monográfico estarán reflejados en el diseño de nuevas estructuras de pavimento de carreteras Troncales Secundarias, que garanticen la eficiencia de la infraestructura vial, de forma eficaz y segura reduciendo los tiempos de viajes y los costos de operación vehicular. Además del aporte al desarrollo de la red vial del país.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general.

Comparar los métodos: **“AASHTO – 93 Y TRANSPORT RESEARCH LABORATORY OVERSEAS ROAD NOTE 31 (TRL ORN 31)”**, aplicados a la revisión de la estructura de pavimento en el tramo de carretera: Ciudad Sandino – Mateare de 11.8 km de longitud.

1.4.2. Objetivo específico.

- Obtener el volumen vehicular por medio de un aforo con el propósito de determinar el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) y las cargas de diseño que actuaran en la estructura (ESAL'S).
- Analizar las características física-mecánica de los suelos existentes a lo largo de la vía con datos proporcionados por el MTI, con la finalidad de obtener el CBR de diseño de la subrasante (capacidad de soporte del suelo).
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento, que soportara las cargas de diseño, usando la metodología de diseño de pavimento: AASHTO-93 Y TRL ORN 31.
- Realizar una evaluación técnica-económica de la estructura de pavimento a partir de los espesores de diseño, con el propósito de establecer cuál de los métodos de diseño de estructuras de pavimento, puede implementarse en futuros proyectos, para carreteras Troncales Secundarias.

2.1. Introducción

El estudio de tránsito permite analizar las características y el comportamiento de la circulación vehicular en un tramo de carretera. A través de este estudio se obtiene el tránsito actual, además se clasifican los vehículos de acuerdo a su tipología.

La determinación del tráfico es de vital importancia para poder proyectar otras actividades tales como; el diseño adecuado de la estructura de pavimento y la proyección del tráfico futuro en los diseños de nuevas carreteras. El desarrollo de este estudio contempla los siguientes alcances:

- Realizar un aforo vehicular en el tramo de estudio que nos permita cuantificar y clasificar los vehículos de acuerdo a su tipología.
- Proyectar el Tránsito Diurno a Tránsito Promedio Diario Anual, utilizando los factores de expansión propuestos en el Anuario de Aforo de Tráfico 2018 (MTI).
- Calcular la Tasa de Crecimiento considerando las variables macroeconómicas.
- Calcular los ESA'L que intervendrán en el diseño de pavimento utilizando Factores Equivalentes de Carga y el Tránsito de Diseño.

2.2. Volumen de tránsito.

Es el número de vehículos que pasan por un tramo de carretera en cierto periodo de tiempo y se determina por medio de un aforo vehicular realizado en un punto de interés del tramo de carretera en estudio según la duración del aforo el volumen puede ser horario, diario, semanal, mensual o anual.

2.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

El TPDA se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado (365 días), este se puede obtener mediante aforos continuos a lo largo de todo el año. Los periodos pueden ser diarios, semanales o mensuales.

2.4. Conteo vehicular

Los conteos vehiculares se realizan a través de aforos elaborados en el sitio de estudio. Estos permiten encontrar el volumen de vehículos que circula por una carretera en un día.

Tabla 1 presenta un resumen del conteo vehicular ver Pág. 9, este se realizó de forma manual a través de la observación directa, registrando el número de vehículos transitantes directamente sobre el papel. Este conteo se realizó en la estación 0+000 (Sacos Macen) del tramo de carretera en estudio. Además, se verifico que nuestro punto de conteo no se encontrara ni en pendiente ni en curva.

El conteo se realizó durante cinco días continuos, se inició el **miércoles 5 de febrero del año 2020** y concluyó el **domingo 9 de febrero del mismo año**, el conteo se realizó de 6:00 am a 6:00 pm, durante doce horas. se realizaron cinco días de conteo por falta de recursos económicos. Sin embargo, en el aforo se incluyó el tránsito de fin de semana. **(Ver Anexo, Pág. I, II, III, IV, V Y VI).**

Tabla 1: Tráfico Promedio Diurno (resumen del conteo en ambos sentidos)

Camino: NIC-28		Tramo : Ciudad Sandino - Mateare					Días: 5	Hora: 12	Mes: Febrero	Año: 2020	Km: 14							
Día	Motos	Vehículos livianos			Vehículo de pasajero		Vehículos de Cargas						Otros	Total (vpd)				
		Auto	Cmta	Jeep	Mc BUS <15 Pas.	Mn BUS 15 - 30 Pas.	Camión		Camión Remolque		Camión Articulado				Vehículo Pesado			
							Bus 30+	Camion Liv 2-5 Ton.	C2	C3	C2-R2	C3-R3	T2-S1	T3-S3	V.A	V.C		
Miércoles	840	1398	1137	492	432	229	354	324	220	256	12	19	41	465	42	19	25	6,305
Jueves	574	1173	1119	88	464	209	387	325	223	202	20	34	43	379	22	14	10	5,286
Viernes	648	1067	950	347	491	252	418	332	303	169	9	25	24	556	20	10	16	5,637
Sábado	852	1215	883	303	383	183	437	386	399	220	16	17	19	501	37	28	13	5,892
Domingo	621	934	831	134	502	230	325	331	183	66	8	14	21	295	13	15	8	4,531
Total	3535	5787	4920	1364	2272	1103	1921	1698	1328	913	65	109	148	2196	134	86	72	27,651
TPD	707	1,157	984	273	454	221	384	340	266	183	13	22	30	439	27	17	14	5,530
Porcentaje. por Tipo de Vehículo					68.6%					31.1%							0.3%	100%

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Selección de la estación de correlación.

Para identificar la estación de correlación es necesario conocer el perfil de variación del flujo vehicular que presenta el punto de conteo y correlacionarlo con la estación pertinente propuesta por el MTI (EMC, ECD o ECS) que presente mayor grado de similitud en el porcentaje de vehículos livianos, vehículos de carga y vehículos pesados. Eso nos permite identificar la estación que se utilizara para realizar las proyecciones del tránsito y utilizar los factores de ajuste que permiten calcular el **TPDA**, de acuerdo al cuatrimestre del año correspondiente.

Para este proyecto la estación que presenta mayor grado de similitud es la: **EMC N°2404 CHINANDEGA - CORINTO**. Esta estación se utilizó para proyectar el Tránsito Diurno a Tránsito Diario Promedio Anual. La **Tabla 2**, presenta los Factores de Ajustes que pertenecen a la **EMC N°2404** del primer cuatrimestre del año 2018 (enero - abril).

Tabla 2: Factores de Ajustes del Primer Cuatrimestre del año 2018 (enero-abril).

Camino: NIC-24A		Estación: 2404 Tramo: Rtda. Chinandega - Corinto.						Periodo	S	Días:	7	Horas:	24	Mes / Año	Feb. 2018	Km: 145.875		
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado		Otros	Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15	MnBus 15-30	Bus 30+	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.			V.C.
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	1009	1357	261	774	238	40	141	256	109	205		1082	25		1		24	5522
Factor Dia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor Ajuste	0.91	0.87	0.78	0.88	0.84	0.59	0.90	0.82	0.86	0.71	1.00	0.77	1.00	1.00	1.81	1.24	0.76	
TPDA Ene-Abr	922	1185	203	678	200	24	126	209	93	145		828	25		2		18	4658
% TPDA	19.79	25.44	4.36	14.56	4.29	0.52	2.71	4.49	2.00	3.11		17.78	0.54		0.04		0.39	100.00
% Vehículos Livianos		68.96%						% Vehículos Pesados						30.66%		0.39%		100.00%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2018, Pág. 394.

2.6. Cálculo del TPDA

Para realizar el cálculo del TPDA 2020, se expandió el Tránsito Promedio Diurno a Tránsito Promedio Diario multiplicándolo por el Factor Día (FD), luego se expandió el Tránsito Promedio Diario a Tránsito Promedio Semanal multiplicándolo por el Factor Semana (FS). También se multiplico por el Factor Témpora (FT), para expandir el Transito Promedio Diario Semanal a Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Se utilizaron los factores de ajuste mostrados en Tabla 2, Ver Pág. 10.

Tabla 3: Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual del año 2020 (enero - abril).

Día	Motos	Vehículos livianos			Vehículo de pasajero			Vehículos de Cargas							Otros	Total (vpd)		
								Camión		Camión Remolque	Camión Articulado		Vehículo Pesado					
		Auto	Cmta	Jeep	Mc BUS <15 Pas.	Mn BUS 15 - 30 Pas.	Bus 30+	Camion Liv 2-5 Ton.	C2 5 + T	C3	C2-R2	C3-R3	T2-S1	T3-S3			V.A	V.C
TPD	707	1,157	1137	492	432	229	354	324	220	256	12	19	41	465	42	19	25	
Factor Día	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Factro Semana	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Factor Ajuste	0.9	0.87	0.88	0.78	0.84	0.59	0.9	0.82	0.86	0.71	1	1	1	0.77	1.81	1.24	0.76	
TPDA (2020)	636	1007	1001	384	363	135	319	266	189	182	12	19	41	358	76	24	19	5.031

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo del cálculo del TPDA

$$TPDA_{\text{auto}} = TPD * FD * FS * FT = (1157 * 1 * 1 * 0.87) = 1007$$

2.7. Clasificación funcional de la vía

La clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas. El **MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES 2^{da}. Edición**, recomienda en su **Resumen Ejecutivo, Pág.13**. Clasificar las carreteras en función del TPDA.

Para la vía en estudio la carretera se clasifica como: **“Troncal Rural”**, ya que tiene un flujo vehicular de **5,031** VPD.

2.8. Periodo de diseño

El periodo de diseño se selecciona de acuerdo a la clasificación funcional de la carretera, el **Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, SIECA 2002**. recomienda los periodos mostrados en **Tabla 4**, en función de la clasificación funcional de la carretera. Para nuestro proyecto seleccionamos un periodo de diseño de **20** años.

Tabla 4: Periodo de diseño

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista regional	20-40 años
Troncal suburbana	15-30 años
Troncal rurales	15-30 años
Colectoras suburbanas	10-20 años
Colectoras rurales	10-20 años

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo7, Pág. 3.

2.9. Correlación de Variables Macroeconómicas

Para realizar la proyección del tránsito es necesario incluir las variables vinculadas al transporte como: Consumo de Combustible, Producto Interno Bruto (PIB), Crecimiento poblacional y Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), para esto se llevó a cabo la revisión del registro histórico de las variables antes mencionadas en Tabla 5 ver Pág 13.

Tabla 5: Registro histórico

Año	Población (Millones)	PIB (Millones de C\$ Constantes)	Consumo Nac. Combustible (Miles barriles)	TPDA EMC 2404
2009	5,742,310.00	124,907.70	4,935.20	2,614.00
2010	5,815,524.00	130,416.30	5,143.10	2,893.00
2011	5,996,619.00	138,654.20	5,388.00	2,633.00
2012	6,071,045.00	147,661.40	5,615.80	3,233.00
2013	6,134,270.00	154,936.80	5,788.20	3,330.00
2014	6,198,154.00	162,351.30	6,127.10	3,654.00
2015	6,262,703.00	170,131.60	6,913.70	4,364.00
2016	6,327,927.00	177,894.90	7,287.50	4,694.00
2017	6,393,824.00	186,212.40	7,596.40	5,061.00
2018	6,460,411.00	179,107.00	7,060.30	4,658.00

Fuente: Anuario de Estadísticas Macroeconómicas 2018 (BCN), Pág. 8 y 30.

Anuario de Aforo de Tráfico 2018 (MTI), Pág 159.

Anuario Estadístico 2018 (INIDE), Pág. 30.

Para poder elaborar las rectas de regresión, se aplicó Logaritmo Natural a los datos de la **Tabla 5**, y se realizó el proceso de regresión lineal para encontrar el coeficiente de correlación cercano al 100%, que permita analizar las tasas de crecimiento. Ver **Tabla 6**.

Tabla 6: Logaritmo Natural del Registro Histórico

Año	Ln PIB (Millones de C\$ Constantes)	Ln Población (Millones)	Ln Consumo Nac. Combustible (Miles barriles)	Ln TPDA EMC 2404
2009	11.74	15.56	8.50	7.87
2010	11.78	15.58	8.55	7.97
2011	11.84	15.61	8.59	7.88
2012	11.90	15.62	8.63	8.08
2013	11.95	15.63	8.66	8.11
2014	12.00	15.64	8.72	8.20
2015	12.04	15.65	8.84	8.38
2016	12.09	15.66	8.89	8.45
2017	12.13	15.67	8.94	8.53
2018	12.10	15.68	8.86	8.45

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se analizará la correlación de los datos de cada variable con respecto al tiempo, utilizando líneas de tendencias, la cual nos dará un porcentaje de correlación y una tasa de crecimiento, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$Y = m x + b$$

Donde:

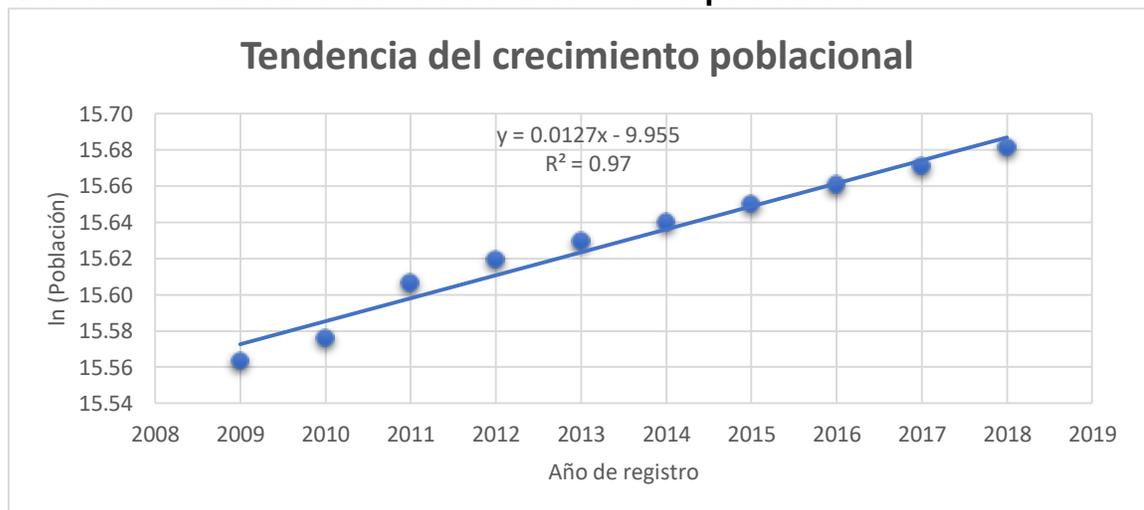
Y: Variable dependiente

m: Pendiente de la recta (tasa de crecimiento de la variable)

b: Es el intercepto en la ordenada

La correlación se muestra en los siguientes gráficos:

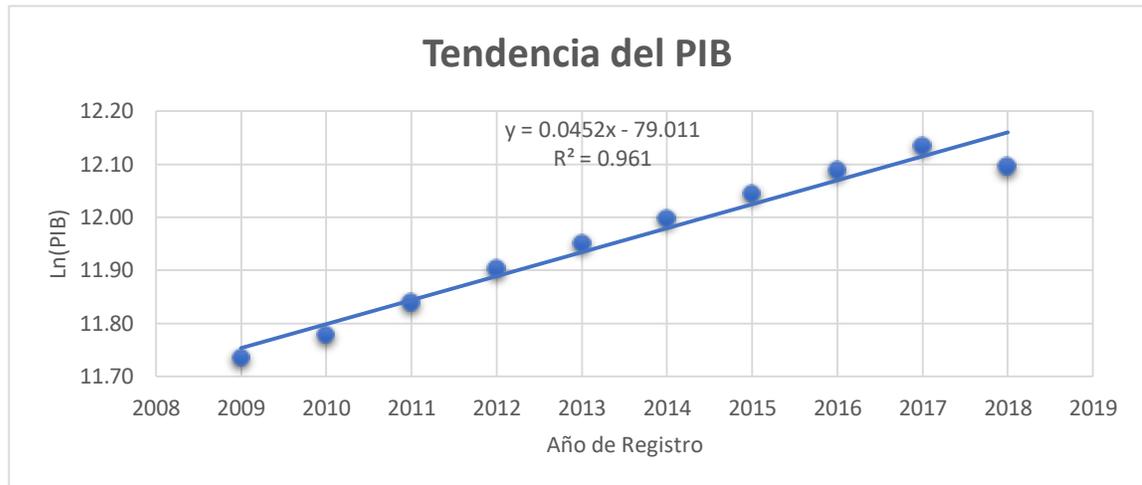
Gráfico 1: Línea de tendencia del crecimiento poblacional



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 1, presenta el coeficiente de correlación ($R^2 = 0.97$) de la población, es decir una correlación excelente del 97%, y muestra una tasa de crecimiento promedio de 1.27% anual, la información la obtenemos de la ecuación del Gráfico 1 donde $Y = 0.0127X - 9.955$.

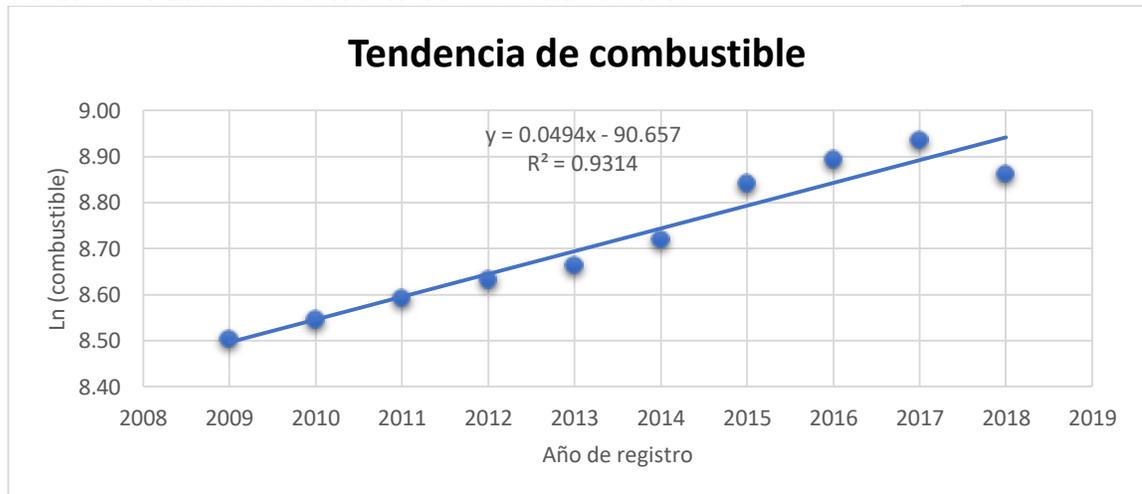
Gráfico 2: Línea de tendencia del PIB



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2, presenta el coeficiente de correlación ($R^2 = 0.961$) del PIB, es decir una correlación excelente del 96.1%, y muestra una tasa de crecimiento promedio de 4.52% anual, la información la obtenemos de la ecuación del Gráfico 2 donde $Y = 0.0452X - 79.011$.

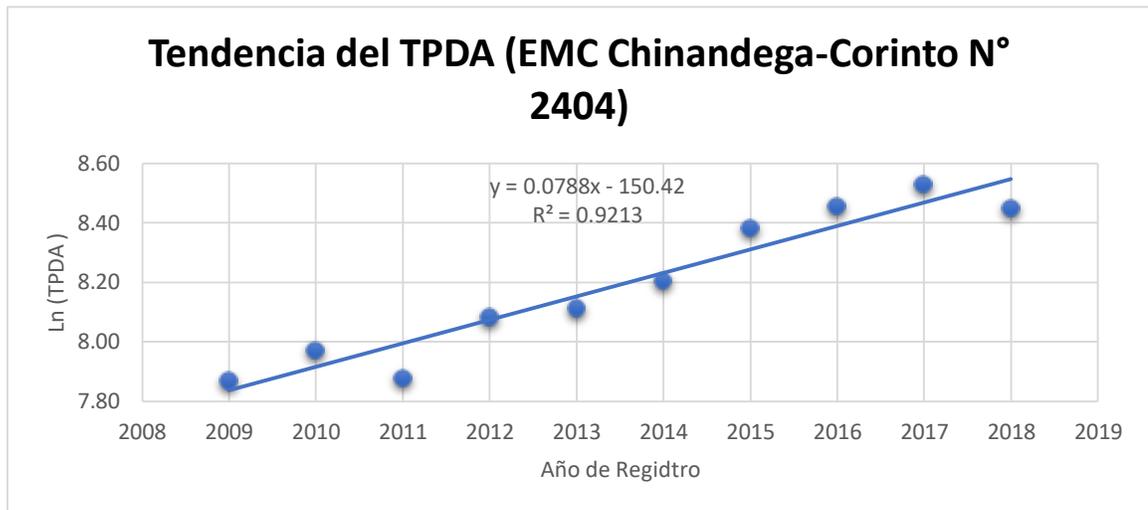
Gráfico 3: Línea de tendencia de combustible



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3, presenta el coeficiente de correlación ($R^2 = 0.9314$) del combustible, es decir una buena correlación del 93.14%, y muestra una tasa de crecimiento promedio de 4.94% anual, la información se obtiene de la ecuación del Gráfico 3 donde $Y = 0.0494X - 90.657$.

Gráfico 4: Línea de tendencia del TPDA



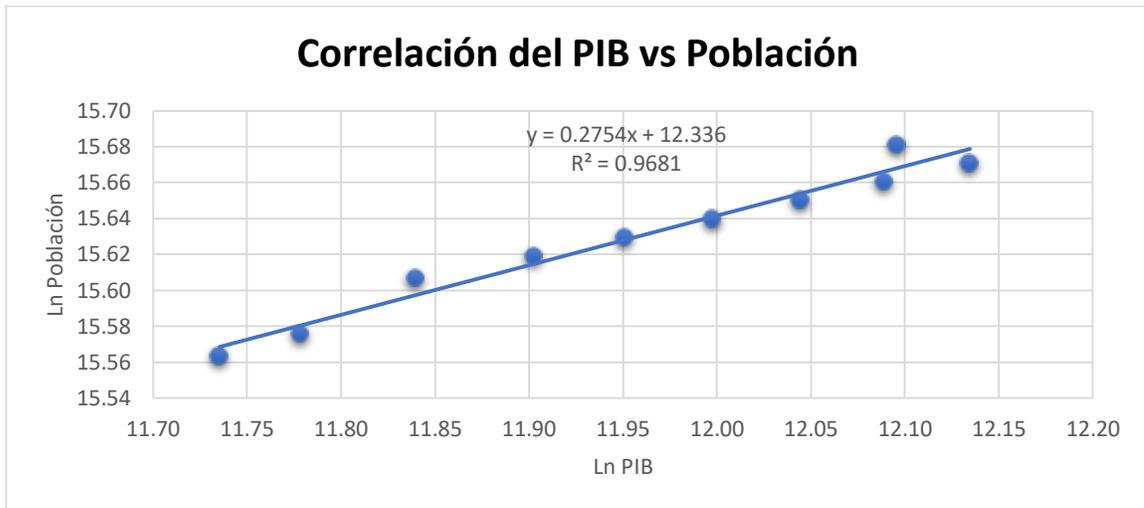
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4, presenta el coeficiente de correlación ($R^2 = 0.9213$) del TPDA, es decir una buena correlación del 92.13%, y muestra una tasa de crecimiento promedio de 7.88% anual, la información la obtenemos de la ecuación del Gráfico 4 donde $Y = 0.0788X - 150.42$.

El análisis anterior muestra valores muy altos de correlación para cada variable con relación a la variable tiempo, se analizará la correlación combinada de los datos con respecto al crecimiento del PIB, de esta manera se examinará si las variables poseen un coeficiente de correlación aceptable, que permita utilizar la Tasa de Crecimiento promedio en la proyección del Tránsito de Diseño.

Para realizar el análisis de correlación se estudió el comportamiento del **Gráfico 5, 6, y 7, Ver Pág. 17 y 18.**

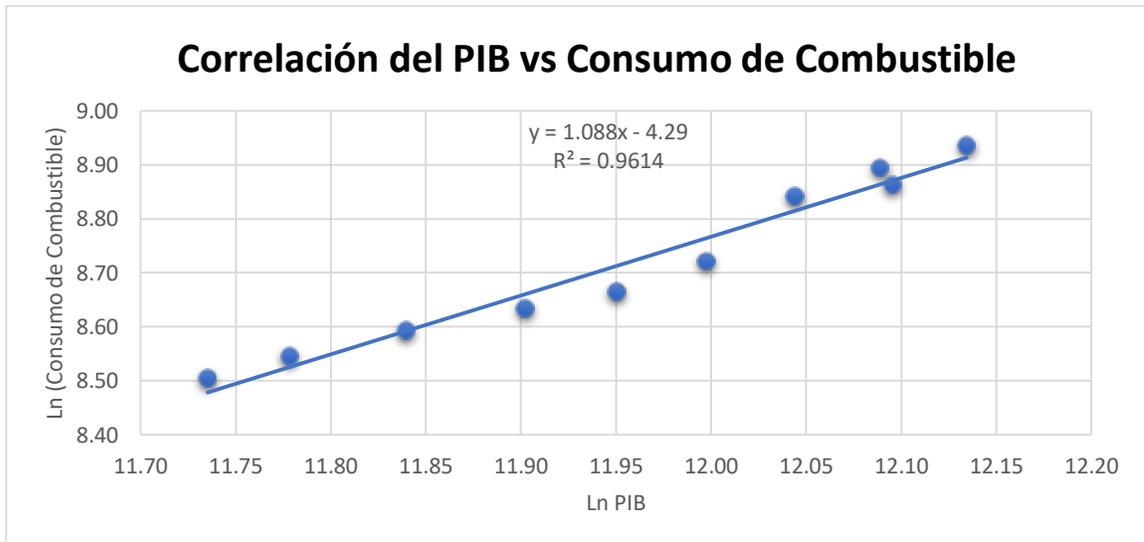
Gráfico 5: Línea de tendencia del PIB vs Población



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del Gráfico 5, presenta una correlación entre el PIB y la Población de 96.81%, lo que indica que ambas variables están muy relacionadas.

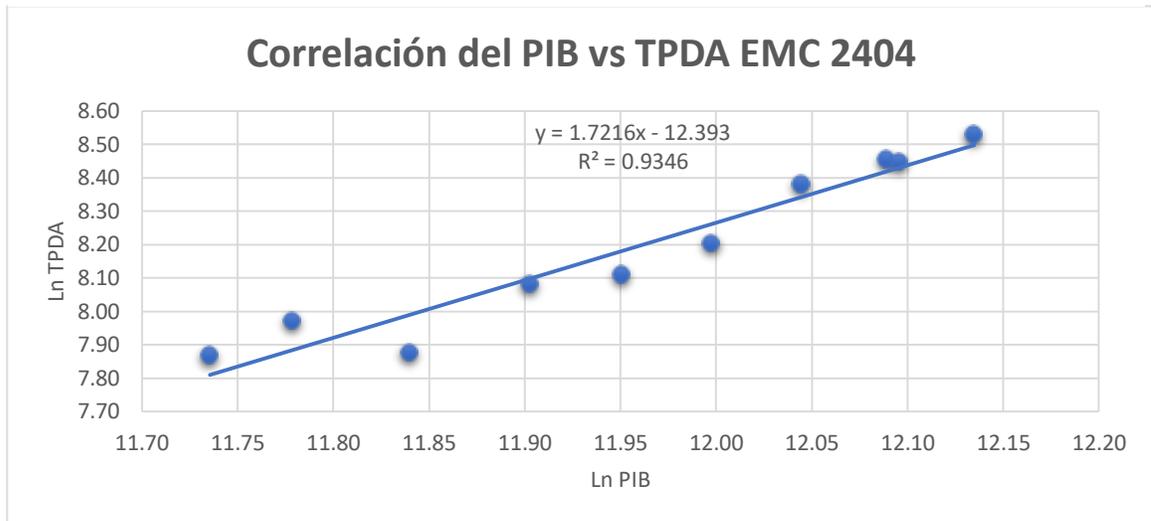
Gráfico 6: Línea de tendencia PIB Vs Combustible



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del Gráfico 6, presenta una correlación entre el PIB y el Combustible de 96.14%, lo que indica que ambas variables están muy relacionadas.

Gráfico 7: Línea de tendencia PIB vs TPDA.



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del Gráfico 7, presenta una correlación entre el PIB y el TPDA de 93.46%, lo que indica que ambas variables están relacionadas.

2.10. Tasa de crecimiento

La Tasa de Crecimiento se calculó como un promedio de las tasas de crecimiento de las variables Macroeconómicas y el TPDA, esta acción se realizó debido a la excelente correlación que presentaron las variables en el análisis realizado anteriormente.

$$\text{Tasa de Crecimiento} = \frac{1.27+4.52+4.94+7.88}{4} = 4.65\%$$

2.11. Consideraciones de la Proyección del Tránsito

Para proyectar el Tránsito Promedio Diario Anual total, se tiene que considerar el Tránsito Normal (TN), Tránsito Generado (TG) y Tránsito Atraído (TA), sin embargo, los últimos dos se toman en cuenta cuando la construcción del tramo de carretera es nueva en su totalidad, según consulta realizada con los especialistas de la Dirección General de Planificación del MTI, para el caso en el que el tramo de carretera es un tramo existente, recomiendan proyectar al periodo

de diseño únicamente el Tránsito Normal, ya que este crece como consecuencia de la dinámica económica del País, e independientemente de la mejora que se hagan a la vía. Basados en esas recomendaciones se realizó la proyección del Tránsito Normal, con la siguiente ecuación: $T_n = (1 + i)^n$

Donde:

T_n: Cantidad de vehículos para el año estimado (2040)

T₀: Tránsito en el año cero (2020)

i: Tasa de crecimiento anual.

n: Cantidad de años.

El cálculo de la proyección del Tránsito Normal, se muestra en **Tabla 7**.

Tabla 7: Proyección del Tránsito Normal

Año	Vehículos Livianos				Vehículos de Pasajeros			Camiones			Camiones + Remolques		Camiones + Semiremolque		Veh. Pesados		Otros	Total
	Moto	Auto	Cmta	Jeep	MicBus<15 Pas.	MinBus 15-30 Pas	Bus30 +	Camión L 5-2 Ton	C25 + Ton	C3	C2-R2	C3-R3	T2-S1	T3-S3	VA	VC		
2020	636	1,007	1,001	384	363	135	319	266	189	182	12	19	41	358	76	24	19	5,031
2021	666	1,054	1,048	402	380	141	334	278	198	190	13	20	43	375	80	25	20	5,267
2022	697	1,103	1,096	421	398	148	334	291	207	199	13	21	45	392	83	26	21	5,495
2023	729	1,154	1,147	440	416	155	334	305	217	209	14	22	47	410	87	28	22	5,736
2024	763	1,208	1,201	461	435	162	334	319	227	218	14	23	49	429	91	29	23	5,986
2025	798	1,264	1,256	482	456	169	334	334	237	228	15	24	51	449	95	30	24	6,246
2026	835	1,323	1,315	504	477	177	334	349	248	239	16	25	54	470	100	32	25	6,523
2027	874	1,384	1,376	528	499	186	334	366	260	250	16	26	56	492	104	33	26	6,810
2028	915	1,449	1,440	552	522	194	334	383	272	262	17	27	59	515	109	35	27	7,112
2029	957	1,516	1,507	578	546	203	334	400	285	274	18	29	62	539	114	36	29	7,427
2030	1002	1,586	1,577	605	572	213	334	419	298	287	19	30	65	564	120	38	30	7,759
2031	1,049	1,660	1,650	633	598	223	334	439	312	300	20	31	68	590	125	40	31	8,103
2032	1,097	1,737	1,727	663	626	233	334	459	326	314	21	33	71	618	131	41	33	8,464
2033	1,148	1,818	1,807	693	655	244	334	480	341	329	22	34	74	646	137	43	34	8,839
2034	1,202	1,903	1,891	726	686	255	334	503	357	344	23	36	77	676	144	45	36	9,238
2035	1,258	1,991	1,979	759	718	267	334	526	374	360	24	38	81	708	150	47	38	9,652
2036	1,316	2,084	2,071	795	751	279	334	550	391	377	25	39	85	741	157	50	39	10,084
2037	1,377	2,181	2,168	832	786	292	334	576	409	394	26	41	89	775	165	52	41	10,538
2038	1,441	2,282	2,269	870	823	306	334	603	428	412	27	43	93	811	172	54	43	11,011
2039	1,508	2,388	2,374	911	861	320	334	631	448	432	28	45	97	849	180	57	45	11,508
2040	1,578	2,499	2,484	953	901	335	334	660	469	452	30	47	102	889	189	60	47	12,029

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de cálculo de Tránsito Normal para el año 2021 (vehículo: Auto).

$$TN_{2021} = 1007(1 + 0.0465)^1 = 1054 \text{ Vehículos por día}$$

Se concluye que el Tránsito Promedio Diario Anual, para el periodo de diseño proyectado (2040), será de **12,029** vehículos por día, de los cuales los más representativos son los autos con una cantidad de **2,499** vehículos por día, las camionetas con una cantidad de **2,484** vehículos por día y los T3-S3 con una cantidad de **889** camiones articulados por días.

2.12. Tránsito de Diseño

Determina la cantidad de vehículos que circulan en una vía determinada esta acción se realiza para un periodo de diseño establecido de acuerdo a la clasificación funcional de la vía.

El cálculo se puede desarrollar utilizando la siguiente ecuación:

$$TD = Tn * FC * Fc * FD * 365$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño

Tn: Tránsito Actual

Fc: Factor de crecimiento

F_c: Factor Carril

FD: Factor de Distribución

365: días estimados del año.

2.12.1. Factor de crecimiento.

El cálculo del Factor de Crecimiento se realiza utilizando la Tasa de Crecimiento vehicular y el Periodo de Diseño, de esta manera permite estimar el comportamiento del tránsito vehicular en el tiempo. El cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa de Crecimiento Vehicular (4.65%).

n: Periodo de diseño seleccionado (20 años).

$$FC = \left[\frac{(1 + 0.0465)^{20} - 1}{0.0465} \right] * 365 = 11,632$$

2.12.2. Factor de distribución por Carril.

Es la relación que existe en la distribución del tráfico cuando dos o más carriles son usados en una sola dirección.

La vía en estudio será ampliada con dos carriles por sentido por tanto asignamos el valor de **0.8** como Factor de distribución por carril.

Tabla 8: Factor de distribución por carril

Condiciones	FC
1 carril por dirección	1
2 carril por dirección	0.8-1
3 carril por dirección	0.6-0.8
4 carril por dirección	0.5-0.75

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 3, Pág. 29.

2.12.3. Factor de distribución por Dirección.

El Factor de distribución por Dirección, se selecciona de acuerdo a la distribución por sentido que presenta la vía en estudio. Sin embargo, el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 3, Pág. 29. Recomienda los valores mostrados en **Tabla 9**.

Tabla 9: Factor de distribución por Dirección.

Número de carriles en ambas direcciones.	FC
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 3, Pág. 29.

El comportamiento que presentó el % de distribución del tránsito en la vía se presenta en **Tabla 10**.

Tabla 10: Comportamiento direccional del Tránsito.

Día	Ciudad Sandino - Mateare	Mateares - Ciudad Sandino
Miércoles	45	55
Jueves	45	55
Viernes	47	53
Sábado	58	42
Domingo	47	53
Lunes	48	52
Promedio	48.40	51.60

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber analizado el % de distribución por sentido del tránsito, selecciono un valor de “**0.5**”, ya que se acerca a un valor del 50% en ambos sentidos. La variación que presentan ambos carriles nos indica que la circulación de vehículos es balanceada.

2.13. Cálculo del Tránsito de Diseño.

Una vez que sean determinados los parámetros que intervienen en el Tránsito de Diseño. Se realizó el cálculo multiplicando el **Tránsito Actual** por los factores correspondientes (FC, Fc Y FD), el producto que resulta es el Tránsito de Diseño. En **Tabla 11**, se muestra el cálculo.

Tabla 11: Cálculo del Tránsito de Diseño

Tipos de Vehículo	Tn (2020)	FC	Fc	FD	TD
Auto	1007	11632	0.50	0.80	4,685,370
Jeep	384	11632	0.50	0.80	1,786,675
Cmta	1001	11632	0.50	0.80	4,657,453
Minibus	363	11632	0.50	0.80	1,688,966
MlcBus<15 pas	135	11632	0.50	0.80	628,128
MinBus 15-30 Pas	319	11632	0.50	0.80	1,484,243
Bus 30 +	266	11632	0.50	0.80	1,237,645
C2	189	11632	0.50	0.80	879,379
C3	182	11632	0.50	0.80	846,810
C2-R2	12	11632	0.50	0.80	55,834
C3-R3	19	11632	0.50	0.80	88,403
T2-S1	41	11632	0.50	0.80	190,765
T3-S3	358	11632	0.50	0.80	1,665,702
V.A	76	11632	0.50	0.80	353,613
V.C	24	11632	0.50	0.80	111,667
Otros	19	11632	0.50	0.80	88,403
Total	4,395				20,449,056

Fuente: Elaboración propia

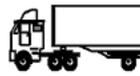
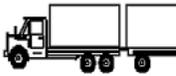
Ejemplo de cálculo de Tránsito de Diseño (vehículo: Auto).

$$TD = 1007 \times 11632 \times 0.5 \times 0.8 = 4,685,370 \text{ VPD}$$

2.14. Peso Máximo Permisible por Tipo de Vehículo en función de sus ejes.

Para obtener el Peso Máximo Permisible por tipo de Vehículo en función de sus ejes, se utilizó el diagrama de cargas que aplica en los puntos de control (basculas), el Ministerio de Transporte e Infraestructura. En Tabla 12 se presenta el Peso Máximo por Tipo de Vehículo, ver Pág. 24.

Tabla 12: Peso Máximo por Tipo de Vehículo

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50				21.50	
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00				25.00	
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00			23.00	
T2-S2		5.00	9.00	16.00			30.00	
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00			34.00	
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00		30.00	
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00		37.00	
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a		21.50	
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b		26.50	
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a	29.00	
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b	34.00	
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

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.

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico 2013 (MTI).

2.15. Estimación de las cargas de diseño

Según el **Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA 2002, Cap. 3, Pág. 1**. “Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el peso de un eje con una carga para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su Vida útil”.

2.16. Factor de Equivalencia de Carga (FEC).

Basados en la definición anterior se estimará un Factor de Equivalencia de Carga por tipo de vehículo en función de sus ejes, estos factores están propuestos en la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, (Apéndice D-3, D-4 y D-5), para un $P_t = 2$ y $SN = 5$.

El FEC, relaciona el número de aplicaciones de las cargas por eje de referencia, que se produce en el pavimento un determinado deterioro y el número requerido de aplicaciones de otra carga por eje, para producir el mismo deterioro.

Para poder determinar los FEC, es necesario conocer el tipo de superficie de la que está compuesta la carpeta de rodamiento, además, se debe tomar en cuenta la pérdida de Serviciabilidad presente en la carretera (P_t) y el Número Estructural (SN), que componen las capas de la estructura de pavimento.

Tabla 13, presenta una relación entre el Peso Máximo Permitido por tipo de Vehículo y los FEC, ver Pág 26.

Tabla 13: Factor Equivalente de Carga (FEC)

TIPO DE VEHICULO	Esquema de Tipo de vehículo	1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	FACTOR DAÑO (SN=5, PF=2,0)	
LIVIANO	Vehículo Liviano							0.0004	
C2		0.1265	2.3500					2.4765	
C3		0.1265	1.4325					1.5590	
C4		0.1265	0.6860					0.8125	
T2-S1		0.1265	1.5130	1.5130				3.1525	
T2-S2		0.1265	1.5130	1.2600				1.3865	
T2-S3		0.1265	1.5130	0.6860				2.3255	
T3-S1		0.1265	1.2600		1.5130			2.8995	
T3-S2		0.1265	1.2600		1.2600			2.6465	
T3-S3		0.1265	1.2600		0.6860			2.0725	
C2-R2		a	0.0766	1.5130	0.0502	0.0502		1.6900	
		b	0.0766	1.5130	0.3778	0.3778			2.3451
C3-R2		a	0.1265	1.2600		0.0502	0.0502		1.4869
		b	0.1265	0.6300	0.6300	0.3778	0.3778		2.1420
C3-R3		a	0.1265	1.2600		0.0502	0.1265	0.1265	1.6897
		b	0.1265	0.6300	0.6300	0.3778	0.1265	0.1265	2.0173

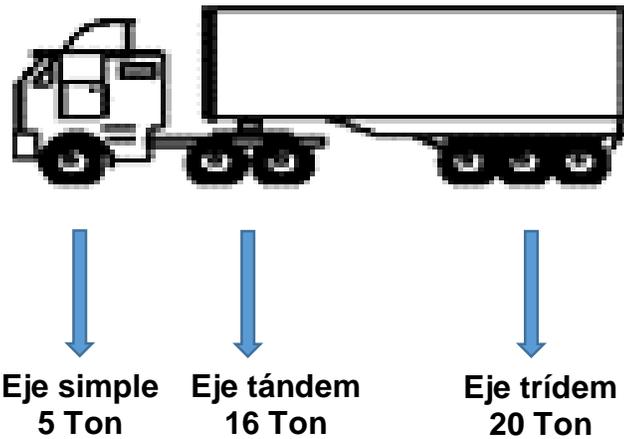
NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.

b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, Appendices. D-3, D-4 y D-5.

Cálculo de Factor ESAL's para vehículo T3-S3



Para poder efectuar el cálculo es necesario expresar las cargas en Kips.

1Ton = 2,200lbs

1Kip= 1000lbs

Factor de conversión de Ton a kip = 2.2 Kips/Ton.

Para eje simple

$$P = 5 \text{ Ton} \times 2.2 \frac{\text{Kips}}{\text{Ton}} = 11 \text{ Kip}$$

Para eje Tándem

$$P = 16 \text{ Ton} \times 2.2 \frac{\text{Kips}}{\text{Ton}} = 35.2 \text{ Kip}$$

Para eje Trídem

$$P = 20 \text{ Ton} \times 2.2 \frac{\text{Kips}}{\text{Ton}} = 44 \text{ Kip}$$

El FEC, se obtuvo por interpolación a excepción del eje Trídem. Este presenta un FEC estimado directamente en la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 en su apéndice D.

Eje simple.		Eje Tándem		Eje Trídem.	
Pt=2	SN=5	Pt=2	SN=5	Pt=2	SN=5
10.00	0.079	34.00	1.080	44.00	0.686
11.00	x	35.20	x		
12.00	0.174	36.00	1.380		
FEC = 0.1265		FEC = 1.2600		FEC = 0.686	

2.17. Cálculo de los ESA'L de diseño.

El cálculo de los ESAL'S se realizó utilizando los factores de daños mostrados en **Tabla 13, ver Pág. 26** de este documento. El valor de ESAL's por carril para este proyecto es de **14,613,481**, ver Tabla 14, Pág. 29.

Las cargas por carril de diseño se utilizaron para realizar el cálculo de los espesores de la estructura de pavimento.

Ejemplo de cálculo de ESAL'S de diseño.

Cálculo de ESAL'S de diseño vehículo: **T3-S3**

ESAL's de diseño = **TD** X Factor de daño (Eje simple) + **TD** x Factor daño (Eje Tándem) + **TD** x Factor de daño (Eje Trídem).

ESAL's diseño = (1,665,702 x 0.1265) + (1,665,702 x 1.26) + (1,665,702 x 0.686)

$$\text{ESAL's de diseño} = 210,711 + 2,098,785 + 1,142,672 = 3,452,168$$

Tabla 14: Cálculo de ESAL's, Periodo de diseño 20 años SN: 5 Pt: 2

Tipos de Vehículo	Peso por eje en Kips	Tipo de eje	TD	LEF's	ESAL's de Diseño
Auto	2.20	Simple	4,685,370.00	0.00040	1,874
	2.20	Simple	4,685,370.00	0.00040	1,874
Jeep	2.20	Simple	1,786,675.00	0.00040	715
	2.20	Simple	1,786,675.00	0.00040	715
Camionetas	22.00	Simple	4,657,453.00	0.00040	1,863
	4.40	Simple	4,657,453.00	0.00340	15,835
Minibus	4.40	Simple	1,688,966.00	0.0034	5,742
	8.80	Simple	1,688,966.00	0.0502	84,786
Bus Mediano	8.80	Simple	628,128.00	0.0502	31,532
	17.60	Simple	628,128.00	0.9206	578,255
Bus grande	11.00	Simple	1,484,243.00	0.1265	187,757
	22.00	Simple	1,484,243.00	2.35	3,487,971
Camión liviano	8.80	Simple	1,237,645.00	0.0502	62,130
	17.60	Simple	1,237,645.00	0.9206	1,139,376
C2	11.00	Simple	879,379.00	0.1265	111,241
	22.00	Simple	879,379.00	2.3500	2,066,541
C3	11.00	Simple	846,810.00	0.1265	107,121
	36.30	Tandem	846,810.00	1.4325	1,213,055
C2-R2	9.90	Eje sencillo llanta sencilla	55,834.00	0.0766	4,277
	19.80	Eje sencillo llanta doble	55,834.00	1.5130	84,477
	14.30	Eje sencillo llanta doble	55,834.00	0.3778	21,094
	14.30	Eje sencillo llanta doble	55,834.00	0.3778	21,094
C3-R3	11.00	Eje sencillo llanta sencilla	88,403.00	0.1265	11,183
	17.60	Eje sencillo llanta doble	88,403.00	0.6300	55,694
	17.60	Eje sencillo llanta doble	88,403.00	0.6300	55,694
	14.30	Eje sencillo llanta doble	88,403.00	0.3778	33,399
	11.00	Eje sencillo llanta doble	88,403.00	0.1265	11,183
	11.00	Eje sencillo llanta doble	88,403.00	0.1265	11,183
T2-S1	11.00	Simple	190,765.00	0.1265	24,132
	19.80	Simple	190,765.00	1.5130	288,627
	19.80	Simple	190,765.00	1.5130	288,627
T3-S3	11.00	Simple	1,665,702.00	0.1265	210,711
	35.20	Tandem	1,665,702.00	1.2600	2,098,785
	44.00	Tridem	1,665,702.00	0.6860	1,142,672
V.A	11.00	Simple	353,613.00	0.1265	44,732
	22.00	Simple	353,613.00	2.3500	830,991
V.C	11.00	Simple	111,667.00	0.1265	14,126
	22.00	Simple	111,667.00	2.3500	262,417
ESAL's por carril de tránsito					14,613,481

Fuente: Elaboración propia

3.1. Introducción

En el diseño de estructuras de pavimento, es necesario conocer las propiedades físicas - mecánicas que presentan los suelos donde se construirá la estructura de pavimento con el fin de garantizar que la estructura alcance la vida útil de acuerdo al periodo de diseño seleccionado. Los ensayos que determinan esas propiedades son los siguientes:

- Ensayo de Granulometría. (ASTM M 145).
- Ensayo de Contenido de Humedad. (AASHTO T 265).
- Ensayo de los Límites Atterberg. (ASTM D 4318 y D 4319).
- Proctor Estándar (AASHTO T 99).
- Proctor Modificado. (ASTM 1557).
- Capacidad de Soporte de los Suelos (AASHTO T 193).

Estos ensayos determinan la calidad de la subrasante donde se construirá la estructura de pavimento. Uno de los ensayos indispensable que tiene que ser considerado para el diseño de estructura de pavimento es el ensayo de C B R o Capacidad de Soporte, ya que este valor interviene en el diseño de los espesores de pavimento.

3.2. Análisis granulométrico con tamices.

Consiste en hacer pasar el suelo a través de un conjunto de mallas o tamices de alambre, pesar cada suelo retenido en cada malla y determinar en porcentaje, la cantidad que pasa o atraviesa cada malla. Luego se grafica en papel semilogarítmico; el diámetro de cada malla en las abscisas y los porcentajes que pasan en las ordenadas. La curva obtenida se llama curva de distribución granulométrica.

3.3. Contenido de humedad.

Se determina pesando el suelo en dos etapas, en estado natural y en estado seco, después de llevar una muestra al horno a una temperatura $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ durante 24 horas la fórmula para calcularla es la siguiente: $W = \frac{W_w - w_s}{w_s} \times 100$.

Donde:

W: porcentaje de humedad.

Ww: peso del suelo húmedo.

Ws: peso del suelo seco.

3.4. Límites Atterberg

Los materiales finos, componentes del suelo, tienen una estructura diferente al material granular, es decir poseen propiedades de expansión y contracción que causan problemas a las construcciones. El estado en que se presentan, depende de su contenido de humedad. Albert Atterberg, fue un ingeniero químico sueco, quien estableció los llamados: Estado de consistencia, a partir de los cuales se han establecidos ensayos para determinar dichos límites.

3.4.1. Limite Liquido

Es el contenido de humedad que tiene el suelo, por debajo del cual, tiene un comportamiento plástico. Se obtiene con la Copa de Casagrande. La copa consta con un recipiente de bronce con manivela y una base durable de hule. En la copa se coloca una muestra de suelo húmeda, a la cual se le hace una ranura, con un ranurador patrón.

El límite liquido se calcula con la siguiente ecuación: $\frac{W_w}{W_s} \times 100 \times K$

Donde:

W_w : peso del agua.

W_s : peso del suelo

K: Factor de corrección que depende del número de golpes.

3.4.2. Limite plástico

Es el contenido de humedad, por debajo del cual el suelo deja de tener un comportamiento plástico, y empieza a endurecerse para pasar al estado semisólido. Se calcula con la siguiente ecuación: $\frac{W_w}{W_s} \times 100$

Donde:

W_w : peso del agua.

W_s : peso del suelo

3.5. Clasificación de los suelos.

Dada la gran variedad de los suelos que se presenta en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación. Cada uno de estos

métodos tiene prácticamente su campo de aplicación, según la necesidad y uso que los haya fundamentados de esa manera se clasifican los suelos según el tamaño de sus partículas. Actualmente existen dos métodos representativos para clasificar los suelos, la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

3.5.1. Sistema AASHTO.

En EEUU nace en 1929 uno de los primeros sistemas de clasificación, el cual fue creado para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras, es así como nace en 1945 el sistema AASHO, el cual ha derivado en la actualidad como AASHTO.

Este sistema describe un procedimiento para clasificar a los suelos en un total de 7 grupos designados por los símbolos desde el A-1 hasta el A-7. Descripción de los grupos de clasificación:

3.5.1.1. Suelos granulares

Son aquellos que tienen 35% o menos del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos forman los grupos A-1, A-2, A-3.

Grupo A-1.

Está compuesto a su vez de dos subgrupos A-1a y A-1b, el material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de rocas, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también a este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.

Subgrupo A-1a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

Subgrupo A-1b: Comprende a aquellos materiales formados predominantemente por arenas gruesas bien graduadas, con o sin material ligantes.

Grupo A-2.

Comprende una gran cantidad de material granular que contiene menos del 35% de material fino.

Subgrupos A-2-4, A-2-5: Pertenecen a estos subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35 % y cuya fracción que pase el tamiz No.4 tiene las mismas características de los suelos A-4, A-5, respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arenas gruesas), que tengan un contenido de limo o de índice de grupo en exceso a lo indicado por el grupo A-1. Así mismo incluye a aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

Subgrupo A-2-6, A-2-7: Los materiales de este subgrupo son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa por el tamiz No.4 tiene las mismas características de los suelos A-6, A-7, respectivamente.

Grupo A-3.

En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

3.5.1.2. Suelos finos limo arcillosos

Son aquellos que contienen más del 35% de material fino que pasa en tamiz No.200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6, A-7.

Grupo A-4.

A este grupo pertenecen los suelos limosos poco nada plástico que contienen el 75% o más de material fino que pasa el tamiz No.200. Además, se incluyen a este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta un 64%.

Grupo A-5.

Los suelos comprendidos a este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen diatomita, son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

Grupo A-6.

El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos 75% de estos suelos debe pasar el tamiz No.200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados secos y húmedos.

Grupo A-7.

Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6 pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados.

Subgrupo A-7-5: Incluyen aquellos materiales cuyos índices no son muy altos con respecto a su último límite líquido.

Subgrupo A-7-6: Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a su límite líquido y que, además experimentan cambios de volumen extremadamente grandes.

3.5.1.3 Índice de grupo.

Aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo, y están representados por un determinado índice. La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pase el tamiz No.200. Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a los suelos limosos entre 8 y 12, y los de suelo arcillosos entre 11 y 20 o más. Cuando se indica el índice de grupo hay que colocarlo entre

paréntesis. Así, por ejemplo, A-2-4 (1), quiere decir un suelo A-2-4 cuyo índice de grupo es uno. El cálculo se describe mediante la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(WL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

Donde:

F: porcentaje que pasa por el tamiz N°200, expresado en números enteros.

WL: Limite Liquido

IP: índice de plasticidad

Este índice de grupo se informa en números enteros y si es negativo su valor será igual a 0 (cero). El grupo en que se clasifique, incluyendo el índice de grupo, será utilizado para determinar la calidad relativa de suelos para terraplenes, material de subrasante, subbases y bases.

3.5.2. Sistema SUCS.

El “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” deriva de un sistema desarrollado por Arthur Casagrande para agrupar e identificar en forma rápida en obras militares durante la guerra.

Este sistema divide los suelos en 2 grandes grupos, uno de granos gruesos y otro de granos finos. De esta forma el sistema comienza a darnos las nomenclaturas

Suelos de grano grueso: son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

Suelos de grano fino: Son los suelos en los cuales en 50% o más pasa la malla No.200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. Otros símbolos son también usados para la clasificación.

- **W:** bien graduado.
- **P:** mal graduado.
- **L:** baja plasticidad (límite líquido menor que 50).
- **H:** alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

3.6. Prueba de Proctor.

La prueba de proctor se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad. Esta prueba tiene por objeto:

1) Determinar el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{secamax}$) que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima (w_{optima}) a la que deberá realizarse la compactación.

2) Determinar el grado de compactación alcanzado por el material durante las construcciones de caminos, presas, aeropuertos y relleno de fundaciones, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar con el peso la densidad seca máxima obtenida en laboratorio. La ecuación para calcular la densidad seca máxima es la siguiente:

$$\gamma_s = \frac{\left(\frac{(W_{material} + W_{cilindro}) - W_{cilindro}}{Volumen_{cilindro}} \right)}{\% \text{ humedad}}$$

3.7. Capacidad de soporte (C.B.R)

El C.B.R de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” ó 0.2” de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar.

También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

El número de C.B.R, se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs/pulg²) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón con un área de 19.4 cm², dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidades dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs/pulg²) requerida para obtener la misma profundidad de penetración de una muestra estándar de material triturado. La fórmula para calcular el C.B.R es la siguiente:

$$\left(\frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \right) \times 100$$

Los esfuerzos de la carga unitaria patrón se presentan en Tabla 15.

Tabla 15: Resistencia de la muestra patrón a la penetración.

penetración del pistón		Esfuerzo producido por la carga del pistón		
mm	pulg	Mpa	Psi	kg/cm ²
2.5	0.1	6.9	1,000	70
5	0.20	0.3	1,500	105
7.5	0.30	13.0	1,900	133
10	0.40	16.0	2,300	161
12.7	0.5	18.0	2,600	182

Fuente: ASTM 1883, (C.B.R) Pág. 32.

3.8. Sondeos realizados en la línea.

Se realizaron sondeos manuales con medidas **0.3m x 0.3m x 1.5m**, a cada 100 metros en la zona de ampliación y a cada 500 metros sobre la calzada alternándose entre hombro izquierdo y derecho.

En campo se levantaron un total de 120 pozos sobre la zona de ampliación y 23 pozos sobre la calzada, obteniendo un total de 256 muestras en la zona de ampliación y 55 muestras sobre la calzada.

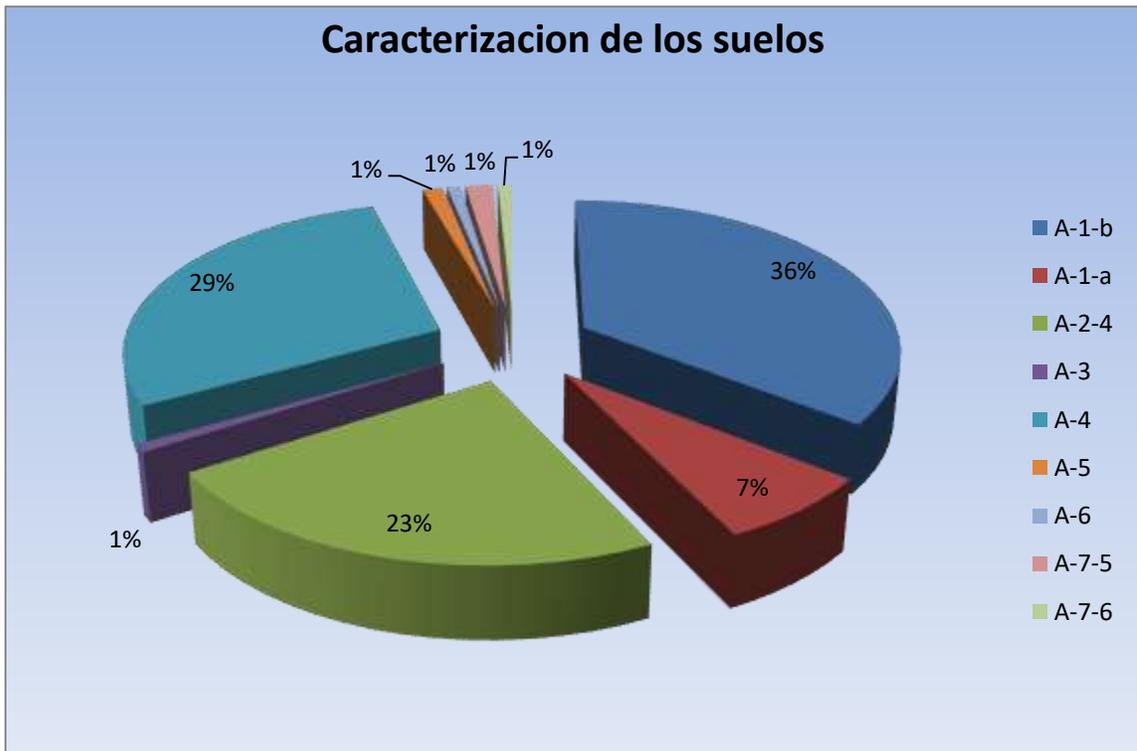
3.9. Clasificación de los suelos de la línea.

El suelo característico de estas zonas está compuesto principalmente por suelos A-1-b seguido por suelos A-2-4 el cual a su vez está compuesto por gravas y arenas limosas o arcillosas, ambos tipos de suelo poseen una buena calidad para ser utilizado como terreno de fundación.

Los suelos limosos tales como A-4, tiene una alta incidencia sobre el camino ya que compone el 29% del total de las muestras encontradas sobre el camino, y suelos arcillosos como el A-7-5 y A-7-6 se encontraron en menor grado conformando entre el 1 y 2% del total de muestras sobre el camino. Estos tipos de suelos poseen propiedades que van de regular a mala para ser utilizados como terreno de fundación.

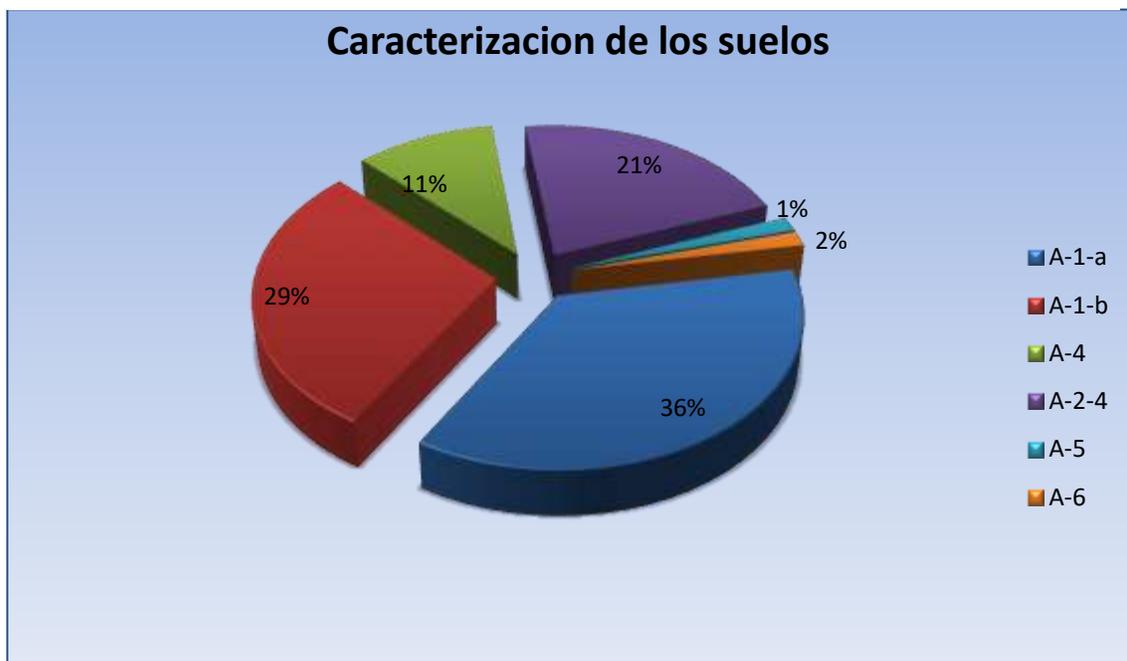
Gráfico 8 y 9, presenta un resumen de la clasificación de los suelos y el porcentaje que predomina de cada uno de ellos a lo largo del tramo de estudio. **(Ver Anexo, Pág. VII, VIII, IX, X, XI Y XII).**

Gráfico 8: Porcentaje de acuerdo al tipo de suelo



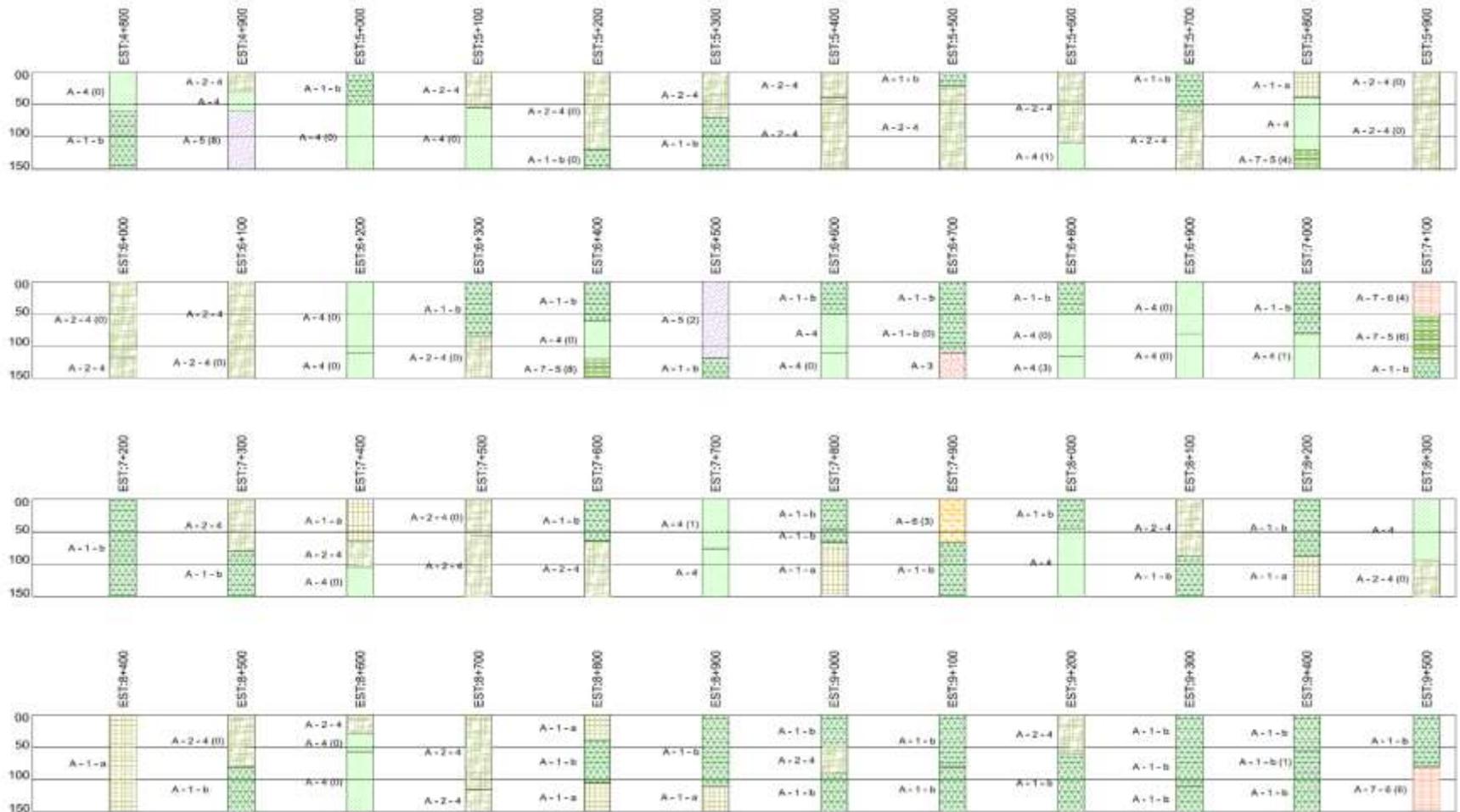
Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

Gráfico 9: Porcentaje de acuerdo al tipo de suelo



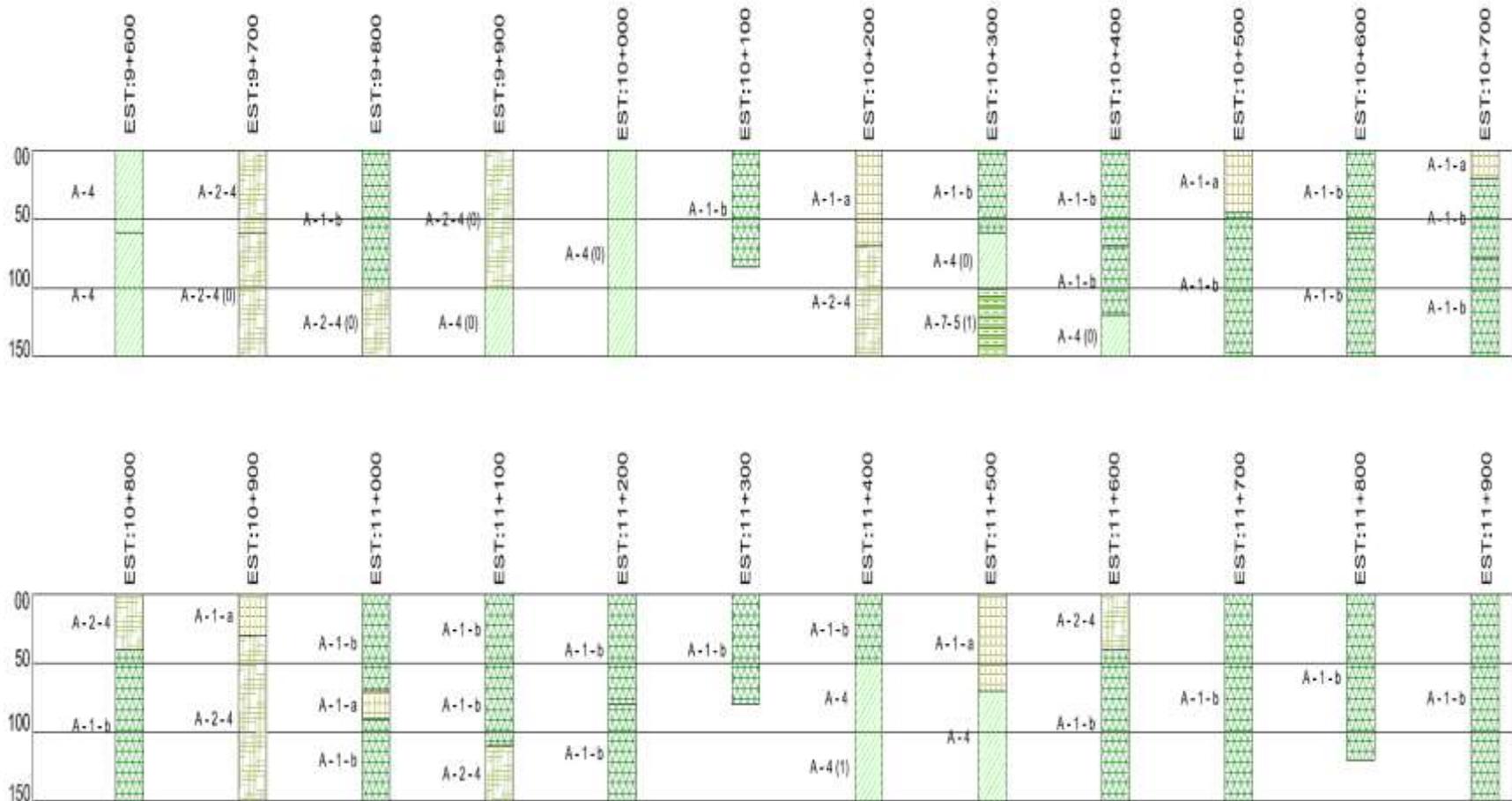
Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

Gráfico 11



Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

Gráfico 12.



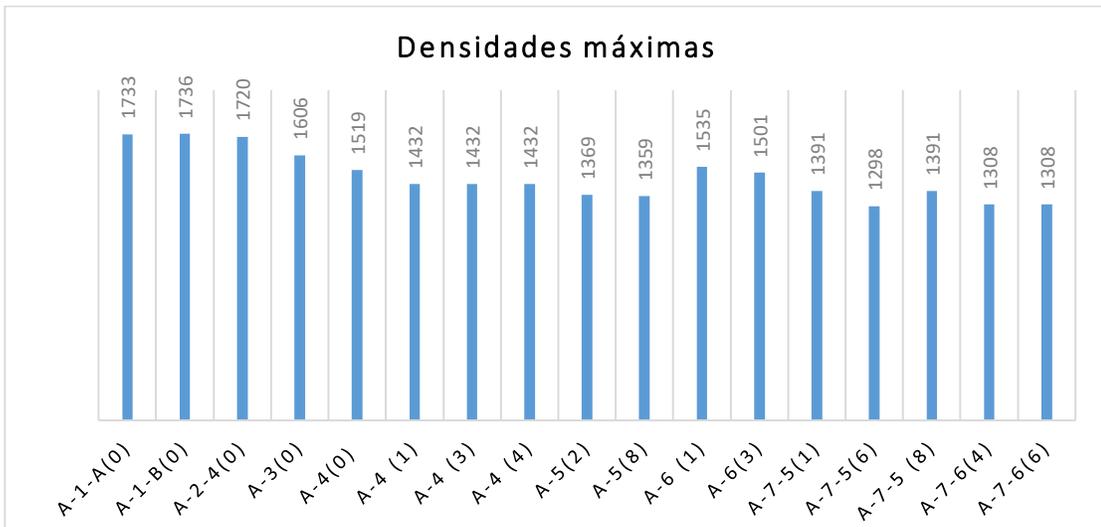
Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

3.11. Densidad de compactación máxima

Una vez conocida la estratigrafía del sitio, es de interés investigar la densidad máxima y humedad óptima que presentan los materiales.

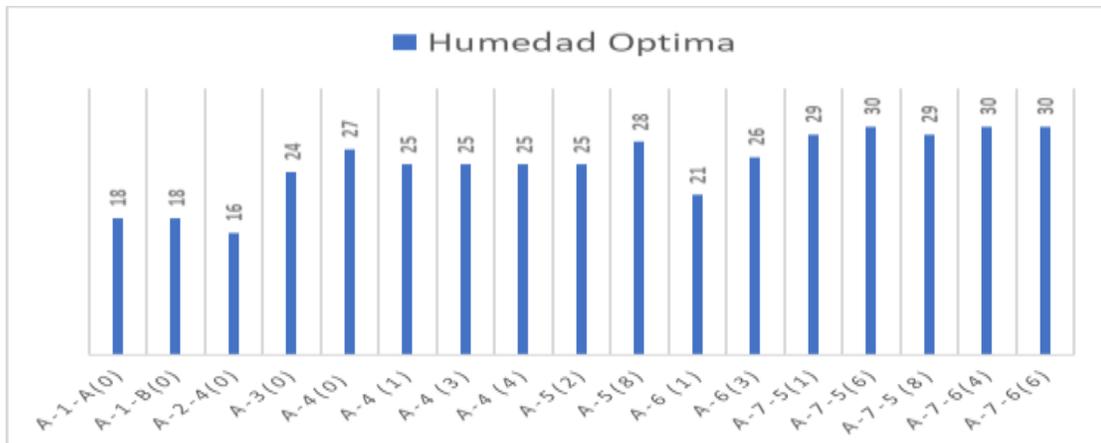
Estos valores son indispensables cuando se realiza la conformación y compactación de terraplenes. En Gráfico 13 y 14, se presentan la densidad máxima y humedad óptima alcanzada por los materiales de acuerdo a la clasificación.

Gráfico 13: Densidades máximas alcanzadas de acuerdo al tipo de suelo



Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

Gráfico 14: Humedad óptima alcanzada de acuerdo a la clasificación

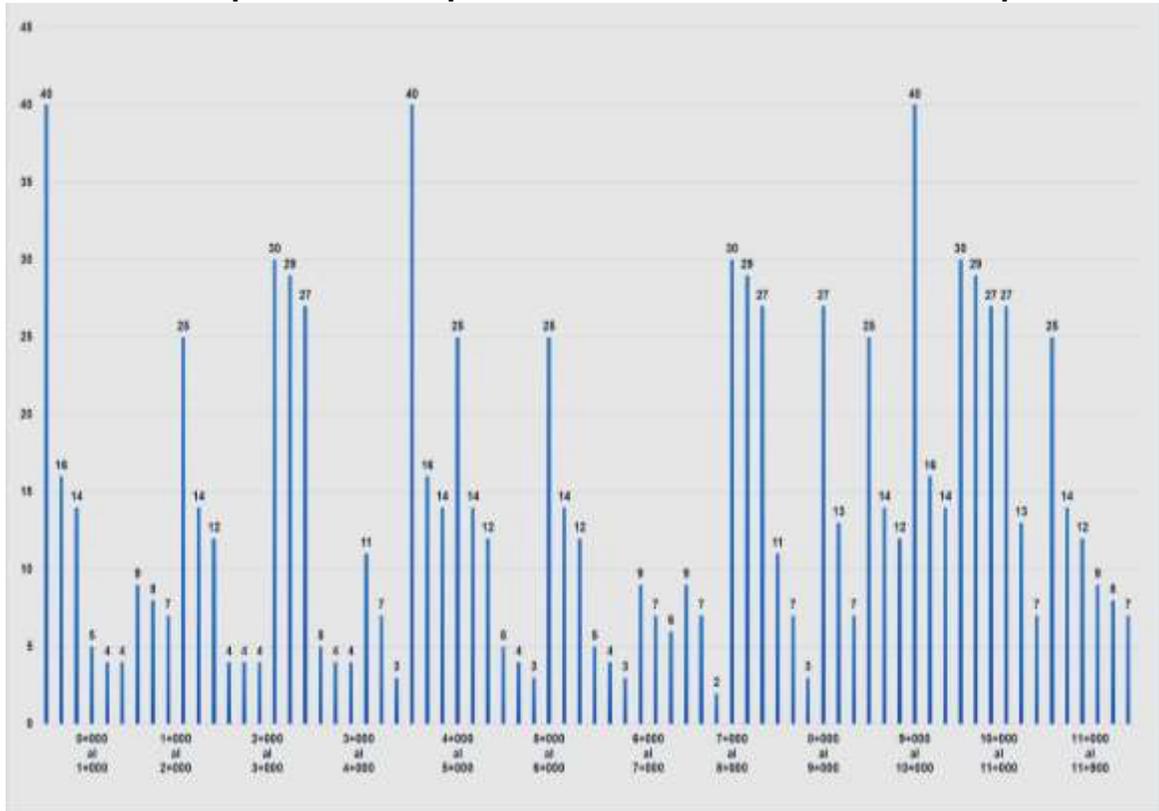


Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

3.12. Capacidad de Soporte de los suelos de la línea

El C.B.R mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad controlada, partiendo de una muestra patrón o piedra triturada, el **Gráfico 15** presenta la Capacidad de Soporte de los suelos en cada estación, (**Ver Anexo, Pág XIII, XIV, XV Y XVI**).

Gráfico 15: Capacidad de Soporte de los suelos en la zona de ampliación.



Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI).

3.13. Estudios realizados en los Bancos de materiales

Los estudios realizados en los bancos de materiales, son necesarios para encontrar las fuentes de materiales que se utilizaran en la construcción de terraplenes, material de relleno o en la construcción de la estructura de pavimento.

3.13.1. Ubicación del banco y datos generales

Ubicación: Km 13 + 300 carretera nueva a León, 7 Km al este.

Propietario: Diego Gonzales.

Coordenadas UTM WGS84: E = 573145.87 N = 1348861.99.

Observaciones: fuente de materiales explotados, arenera privada.

Material característico: cero, hormigón rojo, hormigón negro y material selecto.

3.13.2. Sondeos de banco.

Para este proyecto se tomó muestra del banco arenera Xiloá, de forma manual. distribuidos representativamente, debido a que el banco de materiales se utilizó como banco de préstamo. La delimitación y longitud aproximada del banco de materiales, se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Delimitación y longitud aproximada del banco arenera Xiloá



Fuente: Google Earth

3.13.3. Clasificación de los materiales del banco.

Para llevar a cabo la clasificación de los suelos, se analizaron las muestras tomadas de los materiales del banco arenosa de Xiloá, con el fin de conocer las propiedades mecánicas que presentan los materiales del sitio. Sin embargo, después de analizar la granulometría de los materiales y conocer el porcentaje de gravas, arena y finos; se terminó que las muestras en su estado natural no cumplen con la graduación que establece la **NIC 2000 en la sección 1003.03**. Para utilizar el material como préstamo de base y subbase.

Debido a lo mencionado anteriormente se realizó una combinación de materiales en proporción de 60% de hormigón rojo y 40% de material selecto para la capa de base, y otra combinación de 70% de hormigón rojo y 30% de material selecto para la capa de subbase. La Clasificación de los materiales se presenta en Tabla 16 y 17.

Tabla 16: Clasificación de los materiales combinación 60/40 (base)

Estación	% que pasa por el tamiz				Límites			Clasificación		Descripción del material
	N0.4	N0. 10	N0. 40	N0. 200	LL	LP	IP	HRB	SUCS	
Banco arenosa de Xiloá. Est. 13+300 7km al Este.	43	25	11	5	—	—	NP	A-1-a(1)	GW-GM	Fragmento de piedra, grava y arena.

Fuente: Elaboración propia

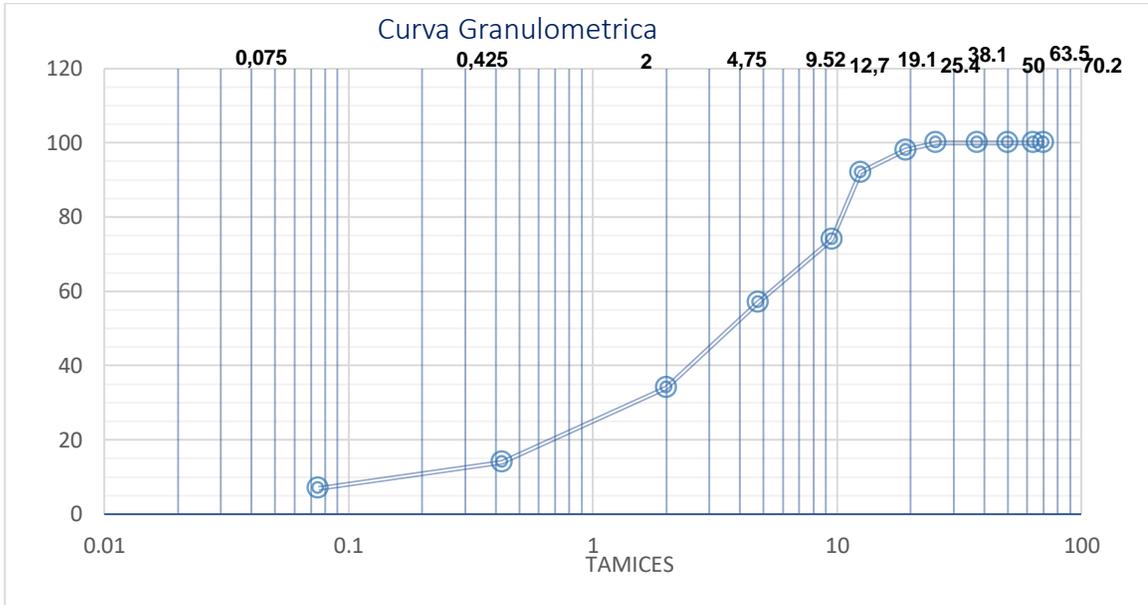
Tabla 17: Clasificación de los materiales combinación 70/30 (subbase)

Estación	% que pasa por el tamiz				Límites			Clasificación		Descripción del material
	N0.4	N0. 10	N0. 40	N0. 200	LL	LP	IP	HRB	SUCS	
Banco arenosa de Xiloá. Est. 13+300 7km al Este.	47	19	9	4	—	—	NP	A-1-a(1)	GW-GM	Fragmento de piedra, grava y arena.

Fuente: Elaboración propia

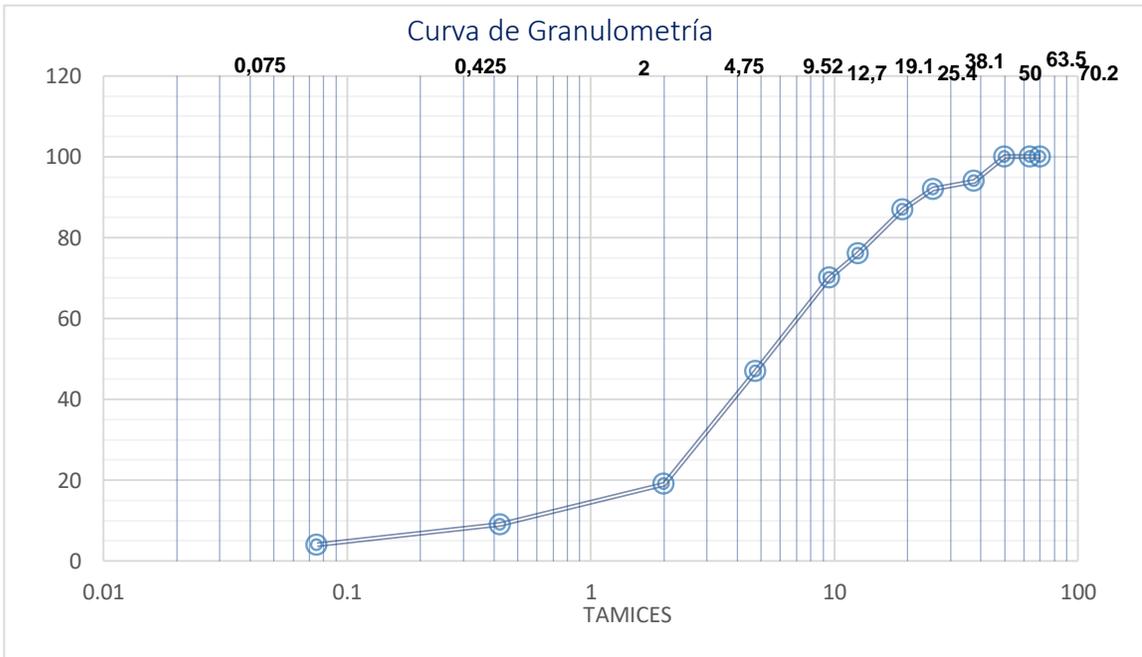
La curva granulométrica de los materiales se presenta en Gráficos 16 y 17.

Gráfico 16: curva granulométrica combinación 60/40



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17: Curva de granulometría combinación 70/30



Fuente: Elaboración propia

3.13.4. Graduación de los materiales de banco

Para analizar la graduación de los materiales se utilizó la Tabla 18, tomada de las **ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS; CALLES Y PUENTES. (NIC 2000), sección 1003.03, Pág. 521**. La graduación alcanzada por los materiales del banco arenosa de Xiloá. En la capa base fue una graduación “E” y la capa de subbase fue una graduación “B”.

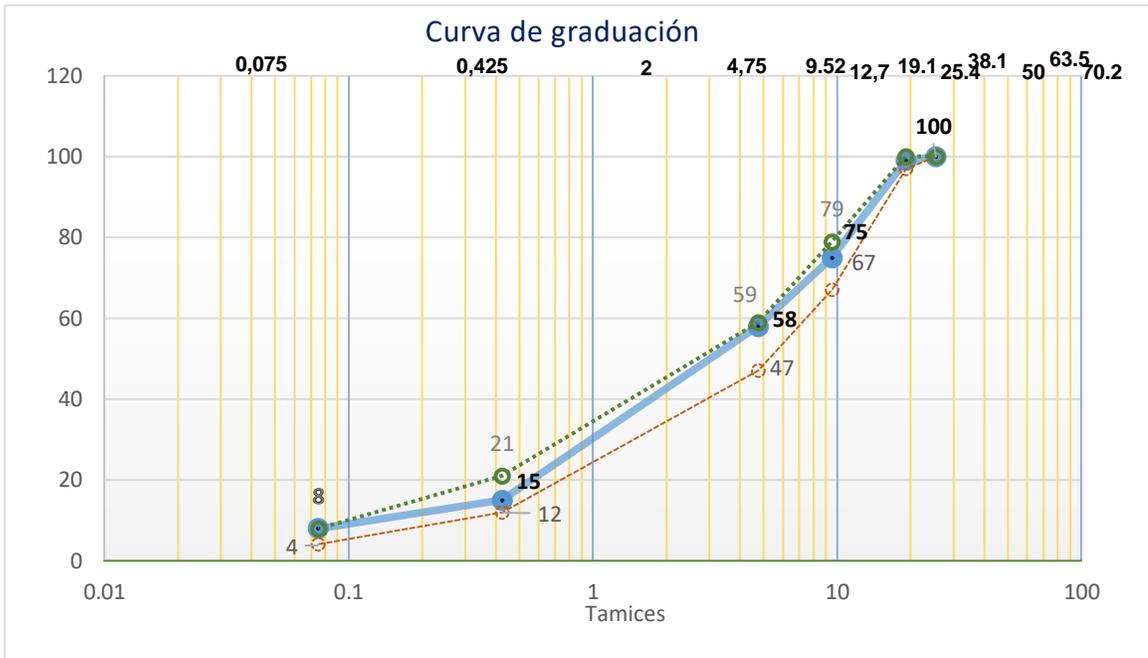
Tabla 18: Tolerancias permitidas para graduar la granulometría de los materiales.

Tamaño del tamiz (pulg)	Tamaño del tamiz (mm)	Porcentaje por peso pasando la malla cuadrada				
		AASHTO T 27 Y AASHTO T 11				
		Requerimientos de Granulometría				
		A(Sub-base)	B (Sub-base)	C (Base)	D (Base)	E (Base)
2 1/2"	63mm	100				
2"	50mm	97-100	100	100		
1 1/2"	37.5mm		97-100	97-100	100	
1"	25mm	65-79(6)			97-100	100
3/4"	19mm			67-81(6)		97-100
1/2"	12.5mm	45-59(7)	60-80(7)			
3/8"	9.5mm				56-70(7)	67-79(6)
No. 4	4.75mm	28-42(6)	40-60(8)	33-47(6)	39-53(6)	47-59(7)
No. 40	425um	9-17(4)		10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)
No. 200	75um	4-8(3)	0-12(4)	4-8(3)	4-8(3)	4-8(3)

Fuente: NIC 2000, sección 1003.03, Pág. 521.

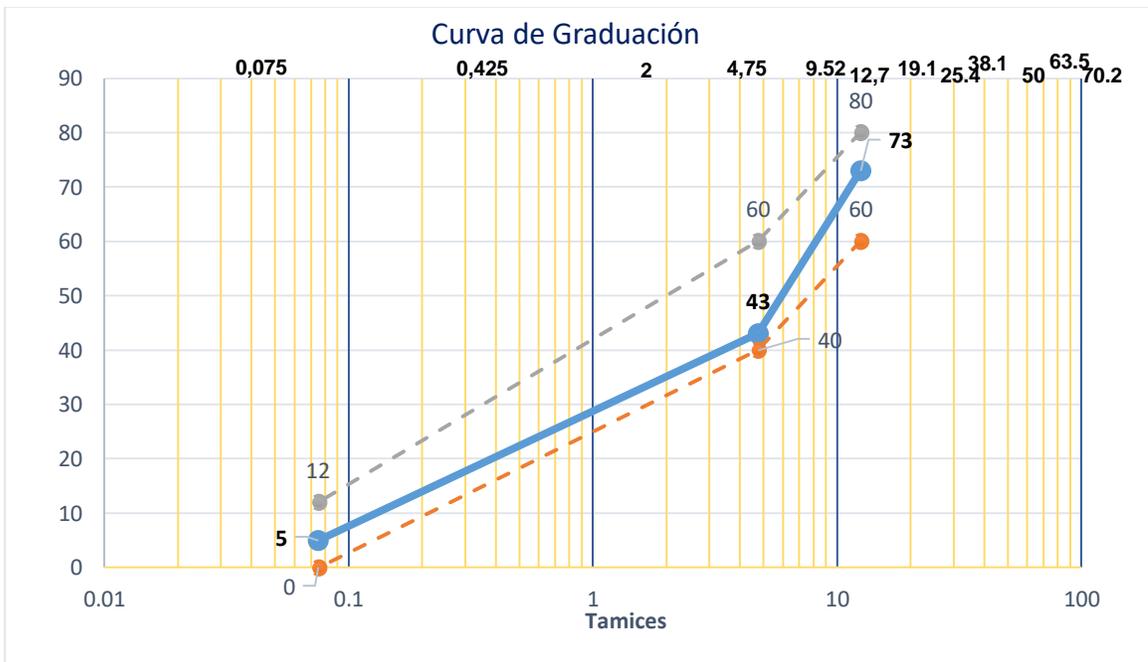
Gráfico 20 y 21, muestran los intervalos de tolerancia y el comportamiento de la granulometría alcanzada por los materiales, ver Pág 50, de este documento según la “**AASHTO T 27 Y AASHTO T 11**”. Las líneas centrales representan el comportamiento de la granulometría de los materiales de banco. Mientras que las líneas superiores e inferiores, representan las tolerancias permitidas por las normas mencionadas anteriormente.

Gráfico 18: Curva de graduación combinación 60/40 (base)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19: Curva de graduación combinación 70/30 (subbase)

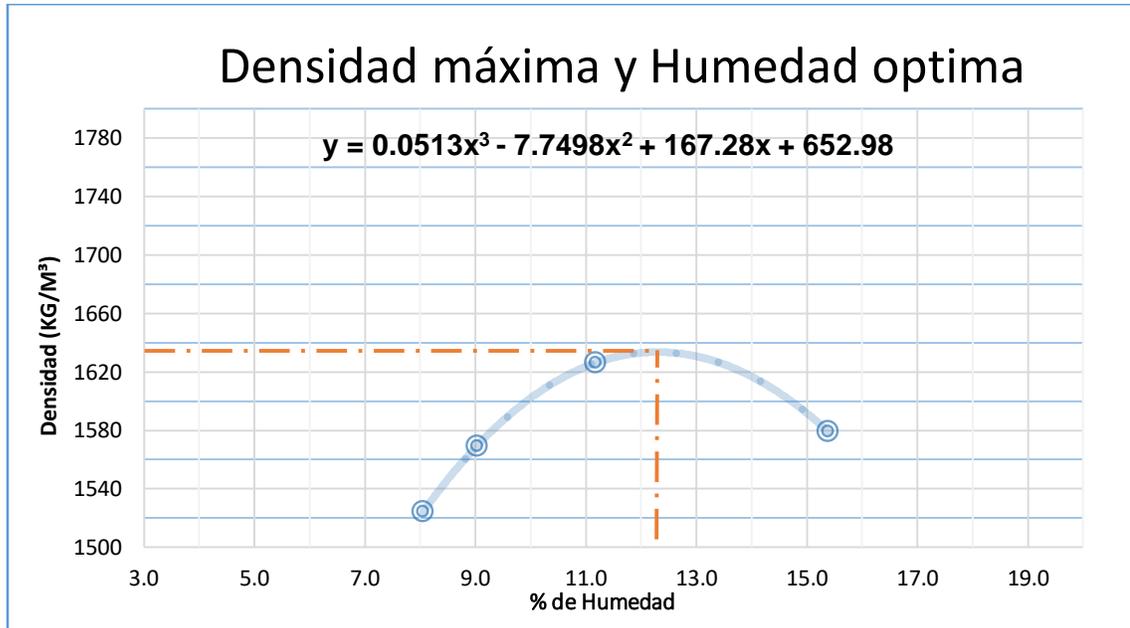


Fuente: Elaboración propia

3.14. Análisis de proctor modificado, de los materiales de banco

La densidad máxima y humedad óptima alcanzada por los materiales del banco arenosa de Xiloá. Se presenta en el Gráfico 20 y 21, para la combinación de 60/40 (base) y 70/30 (subbase).

Gráfico 20: Densidad máxima y humedad óptima, combinación 60/40



Fuente: Elaboración propia.

La densidad máxima alcanzada por los materiales es de $1638 \frac{Kg}{m^3}$ y la humedad óptima es de **12.3%**, sin embargo, derivaremos la ecuación que presenta el **Gráfico 21**, para encontrar la humedad óptima y correlacionar el resultado de la gráfica con el resultado de la ecuación.

$$Y = 0.0513x^3 - 7.7498x^2 + 167.28x + 652.98$$

$$Y' = 0.1539x^2 - 15.4996x + 167.28$$

$$Y_1 = \frac{15.4996 \pm \sqrt{(15.4996)^2 + (4 \times 0.1539 \times 167.28)}}{2 \times 0.1539}$$

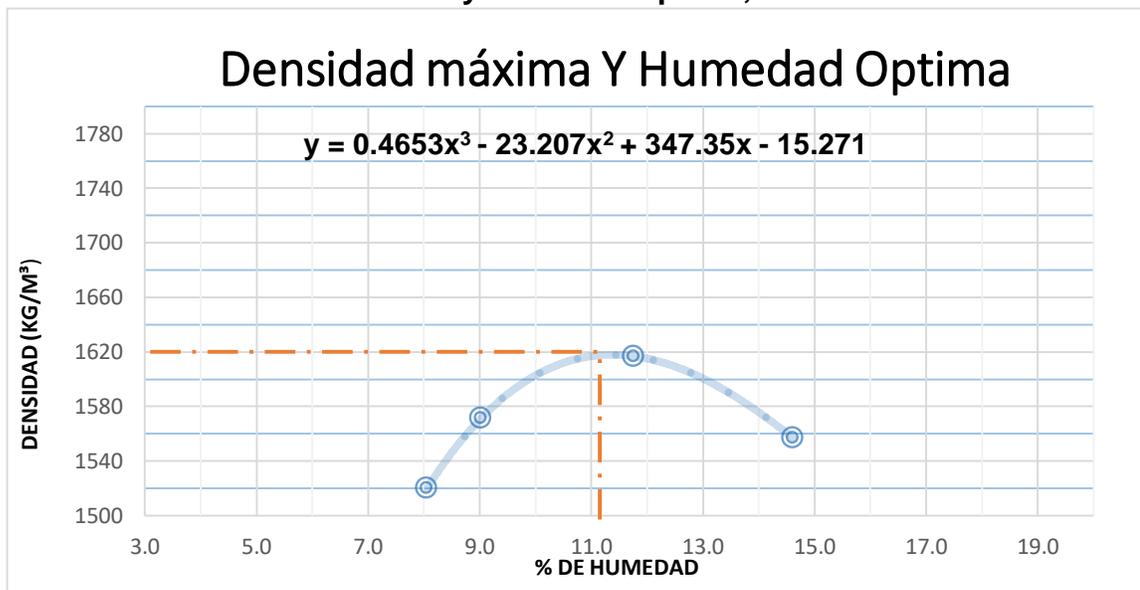
$$Y_1 = 88.4191 \quad \times$$

$$Y_2 = 12.2930 \quad \text{ok}$$

Una vez solucionada la ecuación cuadrática el valor de Y_1 , se descarta y se toma el valor de Y_2 como solución a la ecuación, el valor corresponde a la humedad optima alcanzada por los materiales.

La densidad máxima alcanzada por los materiales de combinación 70/30, es de $1620 \frac{Kg}{m^3}$ y la humedad optima es de **11.2%**, Gráfico 21 muestra los resultados del ensayo.

Gráfico 21: Densidad máxima y humedad optima, combinación 70/30



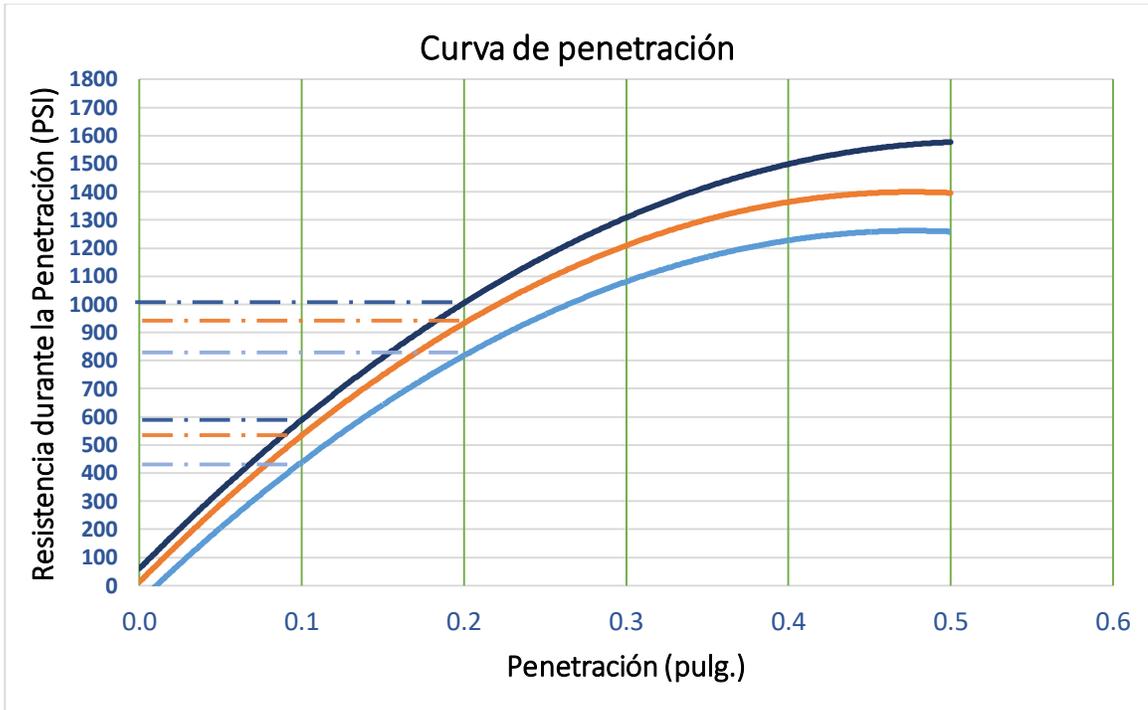
Fuente: Elaboración propia

3.15. Capacidad de soporte de los materiales de banco

La Capacidad de Soporte de los materiales, se calculó dividiendo la carga unitaria que presento el material en la curva de penetración a 0.1" y 0.2". Entre la muestra patrón multiplicando el resultado por 100. El Gráfico 22 y 23, presentan la curva

de penetración alcanzada por la combinación de materiales en proporciones de 60/40 y 70/30.

Gráfico 22: Curva de penetración combinación 60/40 (base)



Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de cálculo de la capacidad de soporte de los materiales de base, para una combinación de 60/40, la carga unitaria que presentan los materiales, se tomó del Gráfico 23.

$$C. B. R_{0.1\text{plg}} \text{ reproducido al } 90\% \text{ de su proctor modificado} = \frac{440}{1000} \times 100 = 44$$

$$C. B. R_{0.2\text{plg}} \text{ reproducido al } 90\% \text{ de su proctor modificado} = \frac{810}{1500} \times 100 = 54$$

$$C. B. R_{0.1\text{plg}} \text{ reproducido al } 95\% \text{ de su proctor modificado} = \frac{550}{1000} \times 100 = 55$$

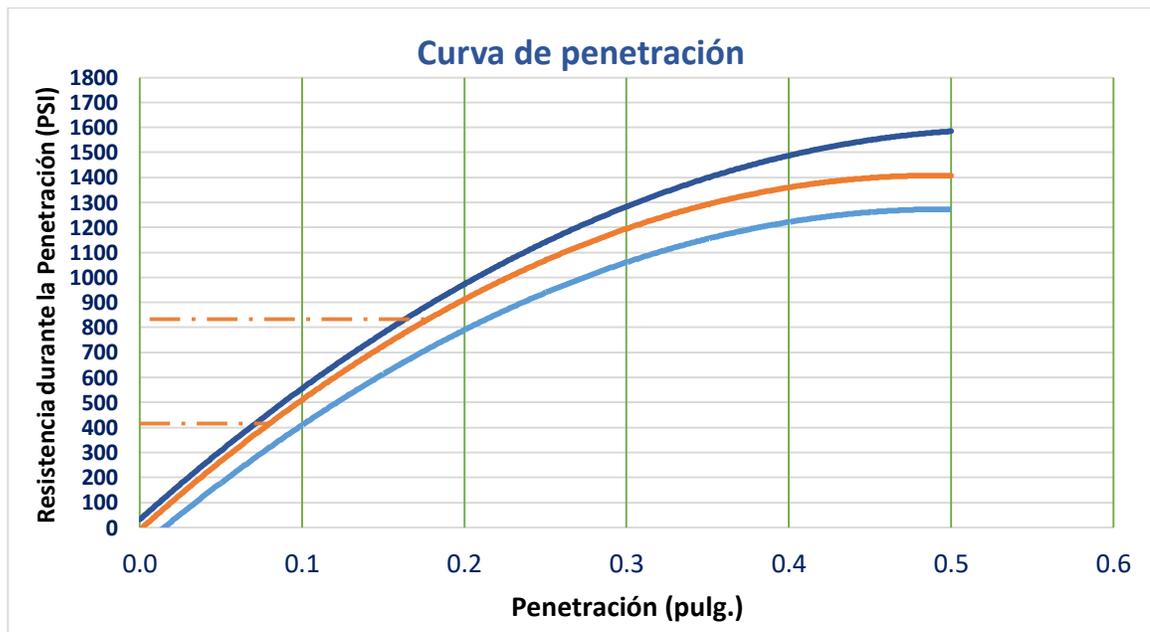
$$\text{C. B. } R_{0.2\text{plg}} \text{ reproducido al 95\% de su proctor modificado} = \frac{950}{1500} \times 100 = 63$$

$$\text{C. B. } R_{0.1\text{plg}} \text{ reproducido al 100\% de su proctor modificado} = \frac{600}{1000} \times 100 = 60$$

$$\text{C. B. } R_{0.2\text{plg}} \text{ reproducido al 100\% de su proctor modificado} = \frac{1010}{1500} \times 100 = 67$$

De los resultados obtenidos anteriormente vamos a tomar la Capacidad de Soporte de la base del promedio del CBR reproducido al 95% de su Proctor modificado, el cálculo dio como resultado “59”. Con el resultado alcanzado no cumplimos con el “80 min” de Capacidad de Soporte que establece la NIC 2000, en la sección 1003.23.II-b, Pág. 531. Por lo tanto, esto nos obliga a realizar el proceso de estabilización del material de banco con cemento, para garantizar la resistencia a la compresión mínima requerida de $1800 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$, para la capa de base.

Gráfico 23: Curva de penetración combinación 70/30 (subbase)



Fuente: Elaboración propia

Para los materiales de subbase se sigue el mismo proceso de cálculo mostrado anteriormente ver Pág. 53 y 54. El promedio de CBR reproducido al 95% de su Proctor modificado es de “55”, con este resultado cumplimos perfectamente con el valor mínimo de 40 que recomienda la NIC 2000, en la sección 1003.23.II-a, Pág. 521. Analizado lo anterior concluimos que el material se puede utilizar para subbase sin tener que estabilizarlo.

3.16. Estabilización del material del banco con cemento

Debido a que el material de banco propuesto como material de base, no cumple con la resistencia mínima requerida (**80 min**), se realizó la estabilización del material con cemento como mecanismo para incrementar su resistencia y alcanzar al menos una resistencia a la compresión de $1800 \frac{KN}{m^2}$ a los 7 días de saturación con mezcla compactadas al 95% de Proctor modificado.

Los especímenes que se realizaron para el diseño de suelo cemento tienen proporciones de 8%, 10% y 12%, la resistencia a la compresión alcanzada por cada proporción se muestra en **Tabla 19**.

Tabla 19: Resistencia a la compresión alcanzada por los materiales de base a los 7 días de curado

N° Muestra	% Cemento	Lectura KN	Factor de conversión	KN - Kgf	101.972
			Lectura kg	Esfuerzo kg/cm ²	
M-1	8%	16.624	1695.176		21.158
M-2	8%	19.651	2003.844		25.011
M-3	8%	15.677	1598.609		20.354
Promedio					22.175
M-4	10%	19.363	1974.476		24.644
M-5	10%	25.318	2581.718		32.224
M-6	10%	21.050	2146.503		27.330
Promedio					28.066
M-7	12%	32.944	3359.353		41.930
M-8	12%	28.439	2899.971		36.196
M-9	12%	30.400	3099.937		37.937
Promedio					38.688

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de **Tabla 19**, Concluimos que el porcentaje óptimo de cemento para alcanzar la resistencia mínima requerida es de “8%”, ver Pág 55. Este valor permite que alcancemos una resistencia a la compresión de $22.18 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ con los valores de 10% y 12%, se cumplen con la resistencia requerida, sin embargo, los costó de construcción serian mayores y el diseño de suelo cemento no sería viable desde el punto de vista económico.

3.16.1 Cálculo de la cantidad de bolsas de cemento

La cantidad de bolsas de cemento se calcula multiplicando el peso volumétrico seco suelto compactado al 95% de su Proctor modificado, por la proporción optima de cemento, dividido el producto resultante entre el peso del cemento.

$$\text{bolsas de cemento} = \frac{1638 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.95 \times 0.08}{42.5 \text{ kg}} = 2.93 \approx \frac{3 \text{ bolsas de cemento}}{\text{m}^3}$$

Se utilizarán aproximadamente 3 bolsas de cemento por metro cubico para llevar a cabo la estabilización del material del banco que se utilizara como base.

3.17. C.B.R de diseño

Para calcular el **C.B.R de diseño** se realizó un promedio de la Capacidad de Soporte reproducido al 95% de su Proctor estándar, este promedio se tomó de los ensayos realizados desde la estación 0+000 a la estación 11+800 en la zona de ampliación.

El promedio correspondiente de la Capacidad de Soporte de este proyecto es de “12”, ver Tabla 20, Pág. 57. Este valor se utilizará para realizar el cálculo estimado del Módulo de Resiliencia de la subrasante.

Los resultados de los ensayos de la Capacidad de Soporte de la subrasante, se pueden observar en **Anexo, Pág. XIII, XIV, XV Y XVI**.

Tabla 20: Capacidad de Soporte de la subrasante

Estacion	Clasificacion de los materiales	CBR a penetracion de		CBR reproducido al 95% de Proctor Estándar
		0.1"	0.2"	
0+000 - 1+000	A-1-b	15.55	15.55	16
	A-4	4.02	3.68	4
1+000 - 2+000	A-4	8.53	7.69	8
	A-2-4	13.3	14.04	14
2+000 al 3+000	A-4	4.02	3.638	4
	A-1-b	22.32	35.43	29
3+000 - 4+000	A-3	4.27	4.35	4
	A-4	6.53	6.69	7
4+000 - 5+000	A-1-b	15.55	15.55	16
	A-2-4	13.3	14.04	14
5+000 - 6+000	A-7-5	4.02	3.68	4
	A-2-4	13.3	14.04	14
6+000 - 7+000	A-7-5	4.02	3.68	4
	A-5	6.03	7.19	7
7+000 - 8+000	A-6	7.28	7.19	7
	A-1-b	22.32	35.43	29
8+000 - 9+000	A-4	6.53	6.69	7
	A-1-a	11.04	15.72	13
9+000 - 10+000	A-2-4	13.3	14.04	14
	A-1-b	15.55	15.55	16
10+000 - 11+000	A-1-b	22.32	35.43	29
	A-1-a	11.04	15.72	13
11+000 - 11+900	A-2-4 SM	13.3	14.04	14
	A-4 SM	8.53	7.69	8
CBR promedio				12

Fuente: Elaboración propia

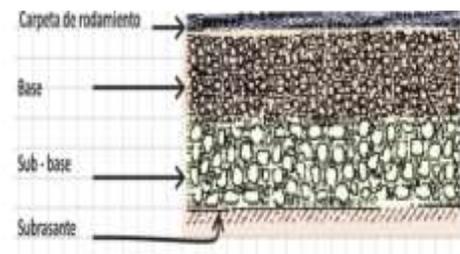
4.1. Introducción

La comparación de métodos de diseños de estructura de pavimento, permiten establecer cuál es el método que presenta mayor factibilidad para condiciones específicas de la vía en estudio. También se consideran las investigaciones de las variables que intervienen en cada método. Esto se traduce en mayor eficiencia de los recursos económicos y tecnológicos, garantizando la optimización de los recursos disponibles en cada proyecto de carretera.

4.2. Pavimentos flexibles

Un pavimento flexible está compuesto principalmente por una carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante, colocadas en un orden tal que la capa de mejor calidad se encuentra cerca de la superficie de rodamiento. Su diseño consiste en la distribución de los esfuerzos producidos

Figura 3
sección de un pavimento flexible



Fuente: AASHTO 1993

por las cargas. Los esfuerzos están dirigidos desde la superficie donde se generan las mayores tensiones hasta un nivel de carga aceptable que pueda soportar la subrasante, es decir hasta un nivel donde la Capacidad de Soporte del suelo sea mayor que el esfuerzo que se le transmite.

4.3. Método AASHTO - 1993

El actual método AASHTO - 1993, describe con detalle los procedimientos para diseñar las capas estructurales de los pavimento flexibles y rígidos, en el caso del pavimento flexible, el método establece que la superficie de rodamiento debe ser solamente con concreto Asfáltico y tratamientos superficiales, se asume que tales estructuras soportaran niveles significativos de tránsito (Mayores de 50,000 eje equivalente acumulado de 8.2 ton durante el periodo de diseño).

El diseño está basado primordialmente en encontrar un número “SN” Para el pavimento flexible que puedan soportar el nivel de carga solicitado por el Tránsito de Diseño.

4.3.1. Ecuación de diseño.

La ecuación de diseño de la AASHTO-93 para pavimento flexible toma la expresión siguiente:

$$\log_{10} W_{t18} = Z_r * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

en donde:

W_{t18}: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 18000 lbs acumuladas en el período de diseño (**n**).

Z_R: Valor del desviador en una curva de distribución normal, en función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

S₀: Desviación estándar del sistema, en función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado).

M_R: Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-base granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad de soporte (CBR) de los materiales.

SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño.

4.3.1.1. Desviación estándar (S₀).

Según la Guía de la AASHTO-93, el valor de la “**desviación estándar del sistema (S₀)**”, para pavimento flexibles, oscila entre 0.40 y 0.50, para este proyecto utilizaremos “**0.45**”. El efecto combinado de los términos Z_r y S₀ resulta en realidad en la consideración del error de proyección del tráfico y el desempeño del pavimento. **Tabla 21**, muestra los valores de distribución normal y el valor de desviación estándar.

Tabla 21: Valores de Confiabilidad y Factores de Seguridad.

VALOR DE LA CONFIABILIDAD	ZR	SO	FACTOR DE SEGURIDAD
50	0.000	0.45	1.00
60	- 0.253		1.30
70	- 0.524		1.72
75	- 0.674		2.01
85	- 1.037		2.93
95	-1.645		5.50

Fuente: American Association of state Highway and Transportation Officials, 1993, Pág. II-36.

4.3.1.2. Consideraciones de la Serviciabilidad.

Índice de Serviciabilidad inicial (**P₀**), es función del diseño de pavimento y del grado de calidad durante la construcción, el valor establecido en el experimento vial de la **AASHO** es de 4.2, para pavimento flexible.

Índice de Serviciabilidad final (**P_t**), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o pavimentación. En general se puede tomar en

cuenta de acuerdo a la clasificación funcional de la vía en este trabajo monográfico se seleccionó un valor de **Pt** de 2.

4.3.1.3 Determinación de los coeficientes estructurales **a1**, **a2** y **a3**

Para determinar los coeficientes estructurales nos basamos en la **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993**, utilizando los nomogramas propuesto por la Guide. El análisis sustenta sus bases tomando en cuenta la estabilidad Marshall, Resistencia a la Compresión (CBR) y Modulo de Resilencia que presentan los materiales.

4.3.1.4 Estabilidad de Marshall

El valor de la estabilidad de Marshall está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. Las mezclas con valores muy altos de estabilidad, son con frecuencia pocos deseables, debido a que los pavimentos contienen este tipo de mezcla tienden a ser menos durables y pueden agrietarse prematuramente debido a volúmenes grandes de tránsito. La clasificación del tránsito para el proyecto está catalogada como alto, condiciones del tránsito que resultan en un ESAL'S de diseño $> 10^6$, según serie de manuales N° 22 (MS-22), pág. 98 del Instituto del asfalto

Tabla 22: Estabilidad de Marshall

N° de Ejes Equivalentes (ESAL'S de diseño)	Estabilidad de Marshall
$< 10^4$	750
$10^4 - 10^5$	1,200
$> 10^5$	1,800

Fuente: Asphalt Institute, Serie de Manuales, N° 22 (MS-22)

a1: se determinó un valor de estabilidad de Marshall = 1,800 PSI, en función de los ESAL'S de diseño. Y se obtuvo un **a1 = 0.41 (Ver Anexo, Pág. XVII)**.

a2: Se determinó una resistencia a la compresión de 22.18 kg/ cm², para la capa de base estabilizados con cemento **ver Tabla 19, Capítulo III, Pág. 55**. Se realizó una correlación entre el coeficiente estructural y la resistencia a la compresión alcanza por los materiales, a través del nomograma 2 el valor corresponde a **0.14, (Ver Anexos, Pág. XVIII)**.

a3: Este valor se obtuvo correlacionando la Capacidad de Soporte de la subbase igual a “**55**”, y el Coeficiente Estructural de la subbase a través del nomograma 3, esta correlación brindo como resultado un valor igual a **0.127 (Ver Anexo, Pág. XIX)**.

4.3.1.6. Determinación de los coeficientes de drenaje m2 y m3

Para poder obtener los coeficientes de drenaje (m2 y m3), que corresponden a las capas de base y sub-base, la **AASHTO Guide for Desing of Pavement Structures 1993**, se basa en la capacidad que presenta el sistema de drenaje para remover la humedad interna del pavimento.

Aclarado lo anterior definimos la calidad del drenaje, según **Tabla 23**. Teniendo en cuenta que un día es suficiente para remover la humedad interna de la estructura de pavimento del tramo en estudio.

Tabla 23: Tabla de Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE:	AGUA REMOVIDA EN:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drena

Fuente: American Association of state Highway and Transportation Officials, 1993, Pág. II-25.

Además, se determina en **Tabla 24**, los valores recomendados para m2 y m3 en función de la calidad del drenaje, y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año en el que puede estar expuesta la estructura de pavimento a niveles de humedad próximos a la saturación. Aclarado lo anterior seleccionamos el valor para los coeficientes de drenaje m2 y m3 igual a 1.

Tabla 24: Porcentaje del tiempo al cual está expuesta la estructura del pavimento a niveles de humedad Próxima a la Saturación.

Calidad de Drenaje	Menor 1%	1 - 5%	5 - 25%	MAYOR DEL 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.3 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - L25	1.25 - 1.00	1.15 - 1.10	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: American Association of state Highway and Transportation Officials, 1993, Pág. II-25

4.3.1.5. Espesores mínimos de diseño

Para el cálculo de los espesores D1 y D2 en pulgadas, el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos en función de los ESAL'S, los valores se muestran en **Tabla 25**.

Tabla 25: Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes

Tránsito (ESAL's) en ejes Equivalentes	Carpeta de Concreto	Base
	Asfáltico	Granulares
Menor de 50,000	1.0	4.0
50,001-150,000	2.5	4.0
150,001-2000,001	3.0	6.0
2000,001-7000,000	3.5	6.0
Mayor de 7000,000	4.0	6.0

Fuente: American Association of state Highway and Transportation Officials, 1993, Pág. II-35.

Según Tabla 25 ver Pág. 63, para este proyecto corresponde un espesor mínimo para carpeta asfáltica de **10 cm** y un espesor mínimo de base de **15 cm**.

4.4. Consideraciones del Módulo de Resiliencia de la subrasante (MR)

El Módulo de Resiliencia se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición y por tal motivo se han establecido correlaciones para determinarlo a partir de otros ensayos, se ha encontrado una relación entre el **MR** medido en el campo y el CBR realizado en laboratorio para la misma densidad. Con las siguientes ecuaciones: **MR (psi) = 1500 x CBR**, expresión que se considera razonablemente aproximado para suelos finos con un CBR sumergido no mayor de 10. sin embargo, para suelos granulares se establece la siguiente ecuación: **MR (psi) = 4326 x Ln CBR + 241**. Esta ecuación es la que utilizamos para estimar el Módulo de Resiliencia en este proyecto, ya que el material contiene partículas granular y tiene un **CBR = 12**.

4.4.1. Cálculo del Módulo de Resiliencia de la subrasante.

Utilizando el C.B.R de diseño de la subrasante, se realiza el cálculo de la siguiente manera: “**MR = 4326 x Ln (12) + 241 = 10,991 psi**”.

4.4.2. Determinación del Módulo de Resiliencia de la base

Para estimar el Módulo de Resiliencia de la base se utilizó el **nomograma 2 (Ver Anexo, Pág. XVII)**, se realizó la correlación de la resistencia a la compresión de **22.18 kg/cm² o 315.18 PSI** y el Módulo de Resiliencia de la base, el valor encontrado para el MR fue de **56,000 PSI**.

4.4.3. Determinación del Módulo de Resiliencia de la subbase

De las mis maneras realizamos la estimación del Módulo de Resiliencia de la subbase, se utilizó el **nomograma 3 (Ver Anexo, Pág. XVIII)**, para correlacionar el **C.B.R** con un valor = 55 y el Módulo de Resiliencia, el resultado encontrado para el MR fue de **18,000 PSI**.

4.4. Variables de diseño

Las variables que intervienen en el diseño de estructuras de pavimento, se presentan en **Tabla 26**.

Tabla 26: Variables de diseño

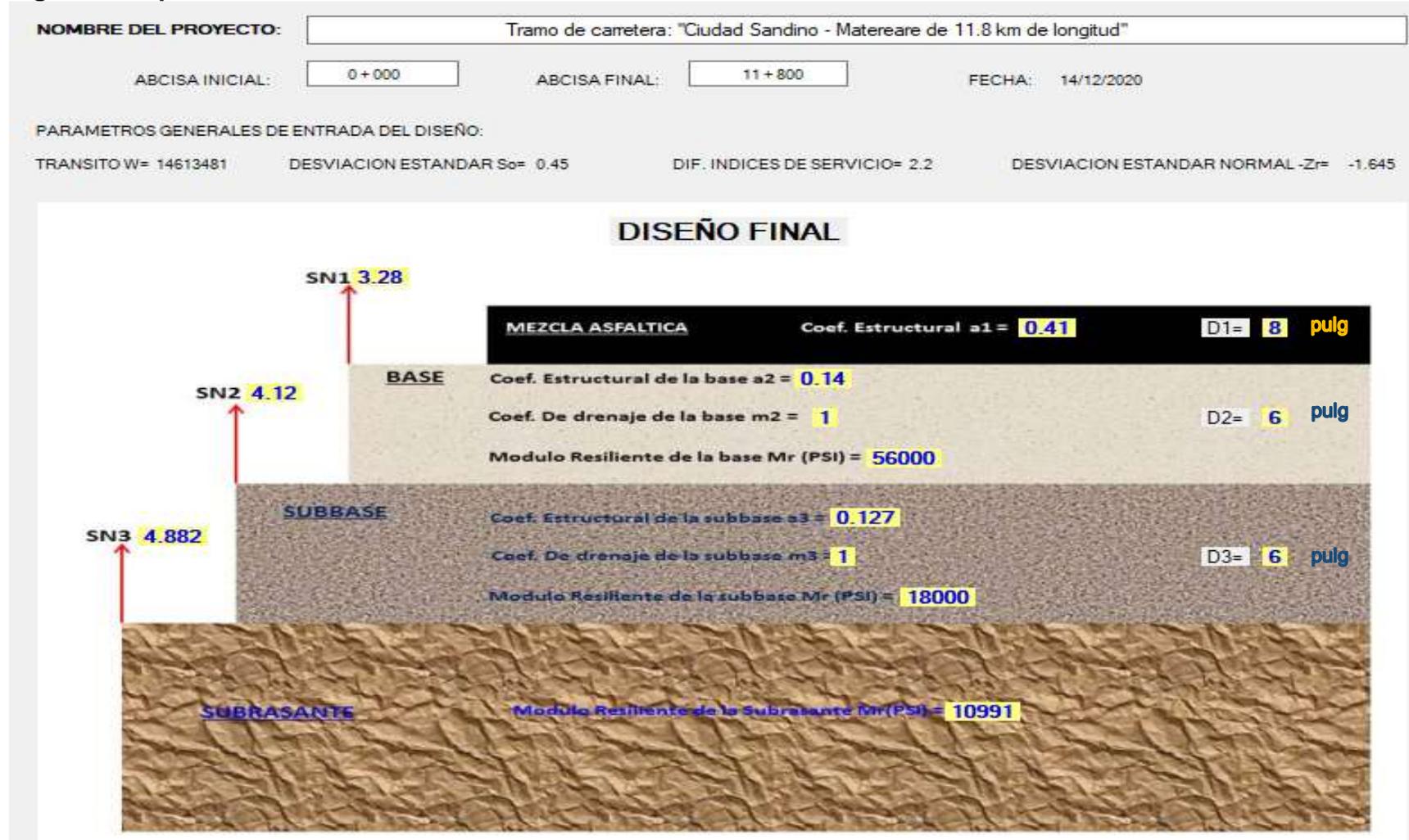
Descripción	Variables de Diseño	Valor
Carga de Diseño	W_t 18000 lbs	14,613,481
Nivel de Confiabilidad	R	95%
Desviación Estándar normal	Z_R	- 1.645
Desviación Estándar	S_0	0.45
Variación del Índice de Serviciabilidad	ΔPSI	2.2
Coeficiente Estructurales de las Capas	a1	0.41
	a2	0.14
	a3	0.127
Coeficientes de Drenaje	m1	1
	m2	1
Módulo de Resiliencia de la Base	MR	56,000 PSI
Módulo de Resiliencia de la Subbase	MR	18,000 PSI
Módulo de Resiliencia de la Sub-Subrasante	MR	10,991 PSI

Fuente: Elaboración propia

4.5. Cálculo de los espesores de pavimento método AASHTO 1993.

El cálculo de los espesores de diseño de la estructura de pavimento, se realizó empleando el software **DISAASHTO - 1993**. Esta herramienta fue desarrollada por el Ing. Andrés Ricardo García Morales, de la **UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**. **Figura 4**, muestra los espesores de la estructura de pavimento.

Figura 4: Espesores de Diseño.



Fuente: Software DISAASHTO - 1993

4.6 MÉTODO TRL ORN 31

4.6.1 Introducción

Este método de diseño de pavimento, fue desarrollado por el Laboratorio de Investigación del Reino Unido, el proceso de investigación consistió en observar el comportamiento de vías existentes. Se consideraron las cargas del tránsito y las características del clima. En más de 30 países tropicales y subtropicales.

Se utilizó como método de estudio los resultados de los experimentos a escala completa, donde todos los factores que afectan el comportamiento se han medido a escala real y su variabilidad se cuantifica en daños reales. El método toma en cuenta las consideraciones siguientes:

- Estima el tránsito acumulado durante el periodo de diseño hasta 30 millones de ejes equivalentes.
- Evalúa la capacidad de soporte de la subrasante en término de su C.B.R.
- Escoge la combinación más económica de materiales y espesores de capa que se espera que cumpla las solicitudes que generan las cargas del tránsito.

4.6.2. Categorización del tránsito

El Tránsito de Diseño se valora en términos del número de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño. Además, reconoce la dificultad de hacer proyecciones precisas y presenta estructuras fijas para rangos de tránsito específicos.

Para este proyecto el tránsito se clasifica como T 7, según los ESAL'S en el carril de diseño estos tienen un valor de **14, 613, 481, (Ver Tabla 27, Pág. 68).**

Tabla 27: Categorización de los tránsitos en el método TRL

Clases	RANGO (10⁶ Ejes equivalentes de 8.2 toneladas)
T 1	<0.30
T 2	0.30-0.70
T 3	0.70-1.5
T 4	1.50-3.00
T 5	3.00-6.00
T 6	6.00-10.00
T 7	10.00-17.00
T 8	17.00-30.00

Fuente: Montejo, A. F. Ingeniería de Pavimento para Carreteras 2002, Pág. 230

4.6.3. Categorización de la subrasante

El método categoriza la subrasante en términos del C.B.R de diseño. La categorización de la subrasante en este proyecto corresponde a una categoría **S4**, debido a que el C.B.R de Diseño de la subrasante tiene un valor de “12”, ver **Tabla 28**.

Tabla 28: Categorización de la subrasante

CATEGORIA	RANGO CBR
S1	2
S2	3-4
S3	5-7
S4	8-14
S5	15-29
S6	30+

Fuente: Montejo, A. F. Ingeniería de Pavimento para Carreteras 2002, Pág. 232

4.6.4. Consideraciones de los materiales de base y subbase

El método considera el empleo de un amplio rango de materiales, que toman en cuenta las características del tránsito, Capacidad de Soporte de los suelos y las condiciones del clima en la región del proyecto. En Tabla 29 se muestran las características que deben presentar los materiales que se utilizaron para la capa de base y subbase.

Tabla 29: Propiedades básicas de los materiales de base y subbase granular

Código	Descripción	Gradación	Pasa N° 200	LL	IP	PP
GB1,A	Roca triturada fresca	Densa	< 12			
GB1,B	que pueden contener finos naturales	Densa	< 12		< 6	< 45
GB2,A	Macadam en seco	2 capas			< 6	
GB2,B	Macadam hidráulico	2 capas			< 6	
GB3	Material granular natural incluyendo gravas procesadas	Densa	< 15		< 6	< 60
Gs	Grava natural	Densa	< 25	> 35 < 55	> 6 < 20	

Fuente: Montejo, A. F. Ingeniería de Pavimento para Carreteras 2002, Pág. 233

Para este proyecto el material de base corresponde a un material natural. Según Tabla 29 el material tiene un código GB3.

Para que el material sea utilizado como material de base, el % pasa la N° 200 debe ser < 15, el IP < 6 y PP < 60. Todos los parámetros anteriores cumplen con las características mecánicas de los materiales del banco propuesto, (**Ver Tabla 14 y 15, Capítulo III, Pág 47**). Teniendo en cuenta que El CBR < 80. Bajo esas condiciones el método recomienda la estabilización basada en los parámetros que presenta **Tabla 30**.

Tabla 30: Guía para la selección del estabilizante.

Tipo de estabilización	% Pasa tamiz N° 200 > 25				% Pasa tamiz N° 200 < 25	
	IP<10	10<IP<20	IP > 20	IP<6 PP<60 (2)	IP<10	IP>10
Cemento	SI	SI	1	SI	SI	SI
Cal	1	SI	SI	NO	1	SI
Cal - Puzolana	SI	1	NO	SI	SI	1

(1) Efectividad marginal. (2) PP = Producto Plástico = IP x Pasa Tamiz

Fuente: Montejo, A. F. Ingeniería de Pavimento para Carreteras 2002, Pág. 234

4.6.5. Consideraciones de los materiales estabilizados con cemento

Para este proyecto el estabilizante utilizado como material aglomerante de los materiales de banco, fue el cemento. Se determinó que la cantidad de bolsas de cemento por metros cúbicos correspondía a “3” con esa cantidad se alcanza una resistencia a la compresión de 22.18 kg/cm² o 2.18 Mpa. (Ver Tabla 18, Capítulo III, Pág. 55). Esta resistencia cumple con las características que deben tener los materiales estabilizados de código GB3. Según Tabla 31.

Tabla 31: Propiedades de los materiales estabilizados con cemento

Código	Descripción	Resistencia a compresión inconfiada (Mpa)
CB1	Base estabilizada	3.0 - 6.0
GB3	Base estabilizada	1.5 - 3.0
CS	Subbase estabilizada	0.75 - 1.5

Fuente: Montejo, A. F. Ingeniería de Pavimento para Carreteras 2002, Pág. 234

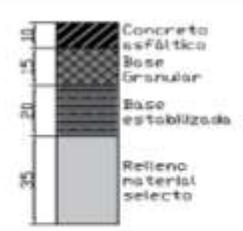
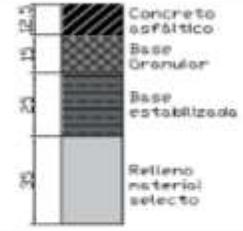
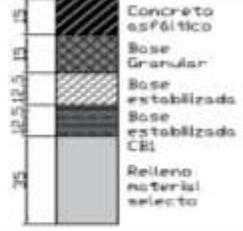
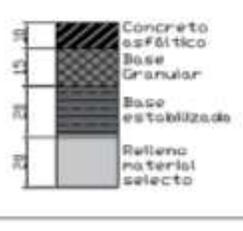
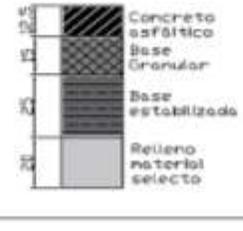
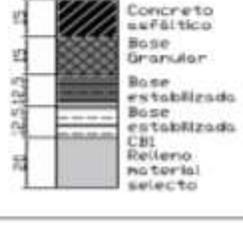
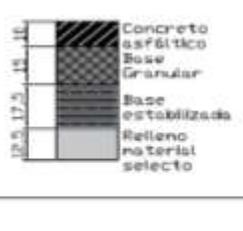
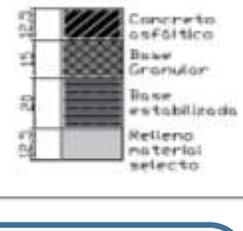
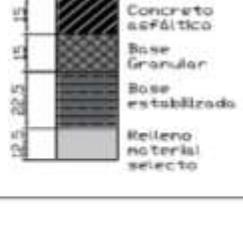
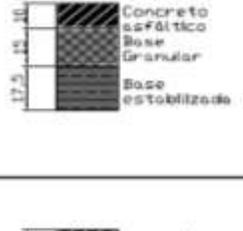
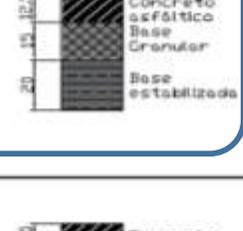
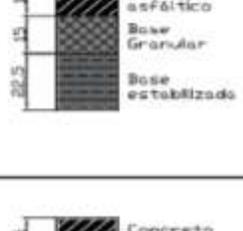
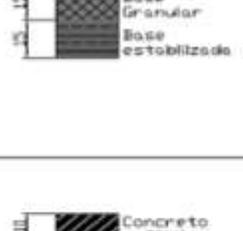
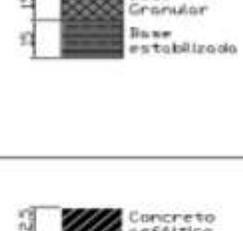
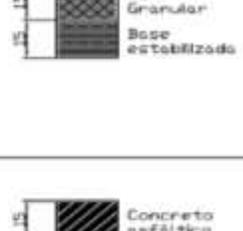
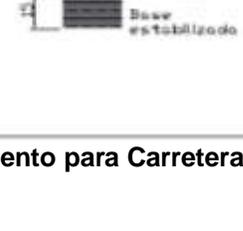
4.6.6 Cálculo de los espesores de pavimento método TRL ORN 31

Los espesores de pavimento se calculan tomando en cuenta la clase que presenta el tránsito en función de los ESAL'S en el carril de diseño, para este proyecto corresponde a una clase “T 7”. En el caso de la subrasante se categoriza, y corresponde a una categoría igual a “S4”, esta se toma en función de la Capacidad de Soporte de la subrasante.

Una vez conocido los parámetros anteriores se interceptan las filas que corresponden a las categorías de la subrasante y las columnas corresponden a las clases del Tránsito.

Los espesores de diseño son de **12.5 cm** para la carpeta asfáltica, **15 cm** de espesor de base y **20 cm** de espesor de base estabilizada, (Ver Tabla 32, Pág. 71).

Tabla 32: Catálogo de diseño de estructuras de pavimento

	T6	T7	T8
S1	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Base estabilizada CBI Relleno material selecto</p>
S2	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Base estabilizada CBI Relleno material selecto</p>
S3	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada Relleno material selecto</p>
S4	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>
S5	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>
S6	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>	 <p>Concreto asfáltico Base Granular Base Granular Base estabilizada</p>

Fuente: Montejó, A. F. Ingeniería de Pavimento para Carreteras 2002., pág. 235

5.1. Introducción

La determinación de la rentabilidad técnica - económica de un proyecto se realiza a través de la relación de costos. Esta relación debe contemplarse de forma objetiva considerando las repercusiones del proyecto sobre la economía en su conjunto.

El cálculo de la rentabilidad de un proyecto parte de la determinación de los costos y beneficios del mismo, evaluados según el sistema de valores previamente establecidos, y culmina con la obtención de los índices de rentabilidad que tratan de reflejar desde un punto de vista económico la viabilidad de un proyecto de carretera, los costos que se estiman a través de los criterios de evaluaciones financieras son los siguientes:

- Costos iniciales de construcción
- Costos de mantenimiento
- Costos de las rehabilitaciones
- Valor de residual

5.2. Costos generales de construcción

Los costos generales de construcción abarcan: costos iniciales de construcción, costos de mantenimiento y costos de rehabilitación, estos fueron proporcionados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), a través de la Dirección General de Planificación (DGP), los detalles del presupuesto de cada alternativa se encuentran en **Anexos, Pág. XX y XXI**.

5.2.1. Costos iniciales de construcción

Es un conjunto de actividades que deben ejecutarse para facilitar el inicio de todo proyecto de construcción, se determina elaborando el presupuesto general de la obra. En este trabajo los costos iniciales de construcción ascienden a **\$22,992,060.32** para la alternativa “A” y **\$19,702,152.57** para la alternativa “B”.

5.2.2. Costos de mantenimiento

Comprenden los costos asociados con el mantenimiento superficial del pavimento a un nivel predeterminado, este incluye los costos de las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Para este trabajo los costos de mantenimiento ascienden a **\$99,103.71** para la alternativa “A” y **\$84,923.07** para la alternativa “B”

5.2.3. Costos de rehabilitación

Se refiere a los costos que permiten alcanzar el mejoramiento deseado en una estructura de pavimento en su capacidad estructural, también incluye mantener la conservación del drenaje y rehabilitación si fuera necesario. Para este proyecto los costos de rehabilitación ascienden a **\$1,387,451.95** para la alternativa “A” y **\$1,188,923.00** Para la alternativa “B”.

5.2.4. Valor de residual

Corresponde al valor de rehabilitación que no se invierte en la carretera, este considera generalmente con el final del periodo de diseño. Es decir, si una carretera tiene proyectada una vida útil de 20 años, normalmente la rehabilitación se realiza cada 10 años según recomendaciones de la SIECA, entonces la inversión de rehabilitación que no se realizará a los 20 años se toma como valor de salvamento. En nuestro caso corresponde a **\$1,387,451.95** para la alternativa “A” y **\$1,188,923.00** para la alternativa “B”.

5.3. Criterios de evaluación financiera

La evaluación de un proyecto debe tener como base el análisis con el que se mide la rentabilidad económica. Para realizar las evaluaciones financieras tenemos tres indicadores principales (VAN, TIR y RCB), estos indicadores de rentabilidad económica nos sirven para analizar el comportamiento de los flujos de cajas a través del tiempo. Además, permiten analizar los costos actualizados, tasa interna de retorno y la relación de costos beneficio que brinda el proyecto. Sin embargo,

este análisis se realiza para evaluar proyectos privados que generen utilidades a los inversionistas.

En el caso de los proyectos de carreteras cuando se quiere realizar la evaluación de alternativas para saber cuál es la más viable. Únicamente se basa en la evaluación de la inversión a través del tiempo, es decir, se calcula el valor actualizados de los costos generales de construcción (costos iniciales de construcción, costos de mantenimiento, costos de rehabilitación y valor residual), esto se debe a que el proyecto es un proyecto social y las ganancias del proyecto se ven reflejadas en el desarrollo de la comunidad donde se construye o se rehabilita una carretera.

5.3.1. Valor Actual Neto (VAN)

Este método de evaluación, considera el valor del dinero a través del tiempo y mide los resultados obtenidos por el proyecto a valor presente del periodo en que se hace la evaluación, el cálculo se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{VAN} = \text{CIC} + \frac{\text{CM}}{(1+i)^t} + \frac{\text{CR}}{(1+i)^t} - \frac{\text{VR}}{(1+i)^t}$$

Donde:

CIC: Costo Iniciales de construcción del Proyecto

CM: Costos de Mantenimiento

CR: Costos de Rehabilitación

VR: Valor de Residual

i: Tasa de descuento

t: Es el tiempo en el que se realizan las rehabilitaciones

5.3.2. Criterios de evaluación del (VAN)

1. VAN > 0; Se acepta el proyecto
2. VAN = 0; Indiferente
3. VAN < 0; Se rechaza el proyecto

5.3.3. Criterio de evaluación del flujo de caja para ambas alternativas

Después de haber establecido los costos anteriores se realizó un flujo de caja proyectando un periodo de diseño de 20 años para evaluar ambas alternativas, se tomaron en cuenta los costos iniciales de construcción, costos de mantenimiento, costos de rehabilitación y valor residual. Evaluados desde el año 1 del flujo hasta el año 20. a través del indicador de rentabilidad VAN. Esto nos permite conocer la alternativa que presenta mayor viabilidad económica, y de esa forma optimizar recursos. En **Tabla 33 y 34** se presentan los flujos analizados y el resultado de los costos actualizados.

Tabla 33: Flujo de inversión alternativa “A” (AASHTO - 1993)

Descripción	Costos Córdoba	Costos Dólares
Costos iniciales de la obra	649,365,250.43	18,876,896.81
Escalamiento (5%)	32,468,262.52	943,844.84
Valor de Obra + Escalamiento	681,833,512.95	19,820,741.66
IBI	6,818,335.13	198,207.42
IR	102,275,026.94	2,973,111.25
Monto total incluyendo impuesto (CIC)	790,926,875.02	22,992,060.32
CM	3,409,167.56	99,103.71
CR	47,728,345.91	1,387,451.92
VR	47,728,346.91	1,387,451.95
i	0.12	0.12
VAN	833,997,274.74	23,993,017.11

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

Tabla 34: Flujo de inversión alternativa “B” (TRL ORN 31)

Descripción	Costos Córdobas	Costos Dólares
Costos iniciales de la obra	556,448,315.60	16,175,823.13
Escalamiento (5%)	27,822,415.78	808,791.16
Valor de Obra + Escalamiento	584,270,731.38	17,184,433.28
IBI	5,842,707.31	169,846.14
IR	87,640,609.71	2,547,692.14
Monto total incluyendo impuesto (CIC)	677,754,048.40	19,702,152.57
CM	2,921,353.66	84,923.07
CR	40,898,951.20	1,188,923.00
VR	40,898,951.20	1,188,923.00
i	0.12	0.12
VAN	714,661,553.59	20,559,883.59

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

Luego de haber calculado el VAN, para ambas alternativas se procede a calcular el cambio porcentual en los costos, esto con el fin de establecer la rentabilidad de una alternativa con respecto a la otra.

$$\text{Variación de Costo} = \left(\frac{\$23,993,017.11 - \$20,559,883.59}{\$20,559,883.59} \right) * 100 = 16.7 \%$$

El resultado nos indica que el método “B” es 16.7 %, más económico que el método “A”, ese dato nos permite conocer cuál es el método que presenta mayor factibilidad desde el punto de vista técnico - económico.

CONCLUSIONES

Una vez analizada y procesada la información se logró desarrollar este trabajo monográfico y presentar las siguientes conclusiones:

- **Estudios de tráfico**

En el estudio de tráfico se realizó un aforo vehicular que brindo como resultado una tasa de crecimiento de **4.65%**, y un TPDA = **5,530**. Además, se cuantificaron los ESAL'S de diseño para un periodo de vida de 20 años. La carga estimada fue de **14,613,481** en el carril de diseño. Los resultados que se obtuvieron son de vital importancia en el diseño de los espesores de pavimento.

- **Estudio geotécnico**

El estudio geotécnico nos permitió conocer las propiedades físicas - mecánicas de los suelos. Estas propiedades son fundamental para poder realizar el diseño de estructuras de pavimento.

La clasificación de los suelos que presento el tramo en estudio es la siguiente:

A-1-b en un 36%, **A-4** en un 29%, **A-2-4** en un 23% y **A-1-a** en un 7% esto son los suelos representativos que controlan el comportamiento de los materiales, también se encuentran suelos en menor proporción como el **A-5**, **A-6**, **A-7-5** y **A-7-6** esto representan el 1%, es decir tienen menor influencia en el comportamiento de los suelos.

Las densidades de compactación de los materiales de la sub rasante variaron en un rango de **1298 kg/m³ a 1733 kg/m³**, este dato es importante para la construcción de terraplenes. Además, la humedad optima presento un rango de **16 % a 30 %** dependiendo del tipo de material.

La Capacidad de Soporte de los suelos de la subrasante presento un rango de valores entre 2 como mínimo y 40 como máximo. Esto nos permitió encontrar un C.B.R de diseño reproducido al **95%** de su Proctor estándar de **12**.

La Capacidad de Soporte de los materiales de banco determinada en laboratorio para la base fue de **59**. El valor encontrado no cumple con la resistencia a la compresión recomendada por la NIC 2000, debido a ese inconveniente se procedió a realizar la estabilización del suelo con cemento, el valor determinado después de realizar los ensayos fue de **22.18 kg/ cm²** con ese resultado alcanzamos la resistencia a la compresión requerida.

La Capacidad de Soporte de los materiales de banco para la subbase, se determinada en laboratorio un valor de CBR = **55**. El valor encontrado cumple con la resistencia mínima requerida, recomendada por la NIC 2000.

- **Diseño de estructuras de pavimento.**

Después de haber analizado las variables externas que intervienen en el diseño de estructuras de pavimento, se calcularon los espesores de diseño por la metodología de la AASHTO - 1993, y llegamos a los siguientes resultados: carpeta asfáltica = **20cm** de espesor, base estabilizada con cemento = **15cm** de espesor y subbase = **15cm** de espesor.

También se calcularon los espesores de diseño por la metodología del **TRL ORN 31** y presenta los siguientes resultados: carpeta asfáltica = **12.5 cm** de espesor, base granular = **15 cm** de espesor y base estabilizada con cemento = **20 cm**.

- **Análisis técnico - económico**

Una vez analizados los costos del proyecto (costos iniciales de construcción, costos de mantenimiento, costos de rehabilitación y valor de

salvamento), a través de un flujo de caja proyectado a 20 años. Se concluye que el método **TRL ONR 31** es **16.7 %** más económico que el método AASHTO - 1993.

Analizado lo anterior podemos decir que el método **TRL ORN 31**, se puede aplicar en la construcción de carreteras Troncales Secundarias.

RECOMENDACIONES

- Diseñar la estructura de pavimento de acuerdo a la metodología propuesta por el **TRL ORN 31**, verificando los espesores de diseño presenten similitudes en las variables tránsito y suelos en las vías aledañas, garantizando de esta forma que el método se adapte a nuestros medios.
- Realizar la construcción de la estructura de pavimento de acuerdo a las **ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS, CALLES Y PUENTES (NIC-2019)**.
- Realizar aforos de tráfico periódicamente para conocer el comportamiento vehicular, que permita tomar decisiones que puedan garantizar la protección de la estructura de pavimento.
- Una vez construida la estructura de pavimento, realizar los mantenimientos periódicos con el objetivo de alcanzar la vida útil de diseño.
- Realizar la rehabilitación en el periodo establecido, garantizando un buen comportamiento de la estructura de pavimento

BIBLIOGRAFÍA

- **Anuario de Aforos de Tráfico**, Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008)
- **Designo of Pavement Structures**. American Association of State Higway and Transportation Officials. (1993). E.E.U.U.
- **Folleto de Mecánica de Suelo para Obra Viales**. Curso de Especializacion de Obras Horizontales, Ing. O. G. (1999)
- **Ingenieria de Pavimento para Carreteras (2° ed.)** Montejo, A. F. (2001) Colombia.
- **Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento**. Gorge, I. C. (2002) Guatemala.
- **Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos**. Ministerio de Transporte e infraestructura (2008)
- **Manual para la Revisión de Diseños de Pavimento**. Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008)
- **Manual para la Revisión de Estudio de Tránsito**. Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008)
- **Pavimento Flexible, Problematica, Metodologia de Diseño y Tendencias**. Publicacion Tecnica N°104 Sanfandila, Rodriguez Alfonso Rico, Gutierrez Tellez, R., & Garnica Anguas, P. (1998)

ANEXOS

Tabla 35: Aforo vehicular, sentido Mateare - Ciudad Sandino, día Miércoles 5 de febrero del 2020.

Hora	Vehículos Livianos					Pesados de Pasajeros			Vehículos de Carga					Vehículos Pesados		Otros	Totales		
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e			V.A	V.C
06:00 - 07:00	1	55	80	42	28	18	16	16	14	10	9	1		1	12	2	2	2	308
07:00 - 08:00	-	48	83	39	32	21	14	18	18	6	6				15	4	1	1	306
08:00 - 09:00	-	43	72	55	21	16	19	21	13	14	4			2	16	3	3	-	302
09:00 - 10:00	-	41	68	38	34	20	13	13	17	11	8	2			21	1	2	1	290
10:00 - 11:00	-	48	75	35	30	19	12	17	9	15	7		1	2	18	4	2	5	299
11:00 - 12:00	3	35	50	32	18	15	9	15	13	24	12	1		3	13		-	-	240
12:00 - 13:00	2	25	32	18	19	14	14	19	10	9	7		1	1	15	2	3	-	189
13:00 - 14:00	-	30	38	25	26	20	15	14	14	12	9				16	6	-	8	233
14:00 - 15:00	-	48	60	38	30	18	18	13	23	15	8		1		21	6	-	3	302
15:00 - 16:00	9	33	43	46	28	22	13	17	17	15	11			1	25	-	2	-	273
16:00 - 17:00	3	35	64	51	31	25	17	22	21	13	11	2	1	1	26	3	2	-	325
17:00 - 18:00	-	47	84	58	38	29	21	23	23	22	13				31	1	-	-	390
Total	18	488	749	477	335	237	181	208	192	166	105	6	4	11	229	32	17	20	3,457

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Aforo vehicular sentido Ciudad Sandino - Mateare, día Miércoles 5 de febrero del 2020.

Hora	Vehículos Livianos					Pesados de Pasajeros			Vehículos de Carga					Vehículos Pesados		Otros	Totales		
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	T3S2>5e			V.A	V.C
06:00 - 07:00	-	35	46	40	20	15	12	20	15	9	7	-	-	4	12	2	-	-	237
07:00 - 08:00	2	45	54	41	11	26	3	15	12	11	5	1	1	2	13	-	-	-	240
08:00 - 09:00	3	36	40	35	14	18	4	9	9	6	4	-	-	1	16	-	-	-	191
09:00 - 10:00	-	20	42	80	8	12	2	10	11	5	9	1	6	1	17	2	2	1	229
10:00 - 11:00	2	19	28	42	6	19	4	9	8	5	21	1	1	2	19	3	-	-	187
11:00 - 12:00	-	8	40	23	10	8	1	12	4	-	8	1	-	6	22	1	-	-	143
12:00 - 13:00	-	14	42	42	8	13	3	11	9	1	11	1	2	6	24	-	-	1	188
13:00 - 14:00	-	19	45	53	9	16	3	11	7	1	8	-	-	1	24	-	-	1	198
14:00 - 15:00	1	29	39	85	16	15	3	11	17	3	13	-	-	2	18	-	-	-	251
15:00 - 16:00	-	30	65	63	15	16	2	11	13	1	20	-	-	4	15	1	-	-	256
16:00 - 17:00	4	45	84	64	18	22	6	19	10	7	24	-	1	1	25	-	-	-	326
17:00 - 18:00	2	52	124	92	22	15	5	8	17	6	21	1	4	1	31	1	-	2	402
Total	14	352	649	660	157	195	48	146	132	54	151	6	15	30	236	10	2	5	2,848

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 37: Aforo vehicular sentido Mateare - Ciudad Sandino, día Jueves 6 de febrero del 2020.

Hora	Vehiculos Livianos					Pesados de Pasajeros				Vehiculos de Carga					Vehiculos Pesados		Otros	Totales	
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e	V.A			V.C
06:00 - 07:00	-	17	54	50	2	27	19	23	32	22	11	1	2	1	16	1	-	-	278
07:00 - 08:00	5	25	62	56	4	18	12	15	13	8	7	2	-	2	15	-	-	239	
08:00 - 09:00	1	31	53	42	6	17	11	13	18	14	15	5	4	2	17	5	6	259	
09:00 - 10:00	4	21	45	35	2	17	11	7	13	15	12	2	3	5	21	-	-	209	
10:00 - 11:00	-	19	38	35	3	22	5	12	16	15	9	3	4	2	18	-	-	201	
11:00 - 12:00	-	15	46	37	-	25	28	20	28	20	7	-	-	2	19	3	3	253	
12:00 - 13:00	-	18	35	25	3	23	18	35	25	19	5	1	1	4	16	4	4	236	
13:00 - 14:00	5	13	52	35	2	20	3	9	10	16	12	-	-	3	14	-	-	189	
14:00 - 15:00	4	19	44	45	-	37	11	30	17	22	10	1	3	1	10	2	-	253	
15:00 - 16:00	4	21	48	25	-	35	-	30	21	19	11	-	1	4	15	-	-	230	
16:00 - 17:00	6	28	64	50	13	24	29	6	22	17	15	3	1	-	18	-	-	290	
17:00 - 18:00	5	35	79	60	2	8	10	12	6	3	16	1	3	-	12	2	-	252	
Total	34	262	620	495	37	273	157	212	221	190	130	19	22	26	191	17	13	4	2,889

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Aforo vehicular sentido Ciudad Sandino - Mateare, día Jueves 6 de febrero del 2020.

Hora	Vehiculos Livianos					Pesados de Pasajeros				Vehiculos de Carga					Vehiculos Pesados		Otros	Totales	
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	T3S2>5e	V.A			V.C
06:00 - 07:00	3	35	68	35	18	16	2	6	7	1	3	-	-	1	13	-	-	205	
07:00 - 08:00	2	58	76	61	12	22	4	14	7	4	6	-	2	1	12	-	-	279	
08:00 - 09:00	1	23	43	68	4	22	6	18	14	-	3	1	4	1	13	-	-	220	
09:00 - 10:00	-	17	47	60	3	15	4	15	11	-	9	-	-	2	4	1	-	188	
10:00 - 11:00	1	20	36	45	1	12	2	16	2	4	4	-	-	-	7	1	-	151	
11:00 - 12:00	-	16	42	55	2	9	2	12	5	7	6	-	-	3	14	1	-	176	
12:00 - 13:00	1	37	44	45	-	6	4	10	5	4	4	-	-	2	20	-	1	183	
13:00 - 14:00	4	16	39	45	3	15	15	12	4	2	10	-	-	1	16	-	-	179	
14:00 - 15:00	2	16	48	64	5	14	2	16	7	6	6	-	3	1	17	1	-	207	
15:00 - 16:00	-	16	41	56	-	16	4	15	8	2	7	-	-	1	19	-	-	185	
16:00 - 17:00	2	36	44	48	3	20	3	18	16	1	5	-	1	3	24	1	-	223	
17:00 - 18:00	1	22	25	42	-	24	4	23	18	2	9	-	2	1	29	-	-	201	
Total	17	312	553	624	51	191	52	175	104	33	72	1	12	17	188	5	1	6	2,397

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Aforo vehicular sentido Mateare - Ciudad Sandino, día Viernes 7 de febrero del 2020.

Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Vehiculos de Carga						Vehiculos Pes		Otros	Totales	
			Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	xRx<4	xRx>5	xSx<4	TxSx>5e	V.A			V.C
06:00 - 07:00	6	21	47	28	25	19	15	21	21	15	2	1	-	1	25	1	-	2	244
07:00 - 08:00	7	25	51	31	15	22	17	23	19	11	3	-	-	2	21	-	-	-	240
08:00 - 09:00	-	28	49	33	12	15	19	25	18	15	5	-	-	1	25	1	1	-	247
09:00 - 10:00	4	24	39	29	15	19	17	19	13	12	1	1	3	3	26	1	3	3	228
10:00 - 11:00	15	31	41	31	13	28	12	16	15	13	2	-	-	2	28	-	-	-	232
11:00 - 12:00	5	24	35	30	15	36	10	18	12	15	4	-	-	-	31	-	-	-	230
12:00 - 13:00	11	19	38	20	18	25	9	10	16	19	3	1	1	-	25	3	-	-	207
13:00 - 14:00	6	18	35	21	21	18	15	15	18	17	1	1	3	1	26	1	3	-	214
14:00 - 15:00	11	21	42	25	25	32	12	22	21	15	4	-	2	2	21	2	-	3	249
15:00 - 16:00	-	22	41	29	28	35	13	23	22	17	5	3	1	1	18	-	-	-	258
16:00 - 17:00	-	36	51	38	31	31	19	24	24	18	6	1	1	1	25	5	3	1	315
17:00 - 18:00	-	49	55	45	41	10	21	31	24	21	8	-	-	1	32	1	-	-	339
Total	65	318	524	360	259	290	179	247	223	188	44	8	11	15	303	15	10	9	3,003

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Aforo vehicular sentido Ciudad Sandino - Mateare, día Viernes 7 de febrero del 2020.

Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Vehiculos de Carga						Vehiculos Pes		Otros	Totales	
			Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	xRx<4	xRx>5	xSx<4	T3S2>5e	V.A			V.C
06:00 - 07:00	8	45	85	49	22	15	7	25	10	18	5	-	-	1	12	-	-	-	294
07:00 - 08:00	4	14	43	49	5	16	9	13	7	11	12	-	-	2	16	1	-	1	199
08:00 - 09:00	2	32	47	46	4	18	10	21	16	20	16	-	11	1	25	-	-	-	267
09:00 - 10:00	-	31	32	53	3	24	13	20	11	4	11	-	1	-	33	1	-	1	238
10:00 - 11:00	-	16	43	54	2	21	6	18	22	10	16	-	-	-	21	2	-	1	232
11:00 - 12:00	1	21	41	49	1	11	6	4	7	5	9	-	-	1	19	1	-	-	175
12:00 - 13:00	3	36	52	50	3	9	4	7	4	3	6	1	-	-	13	-	-	1	189
13:00 - 14:00	2	24	37	48	7	17	7	10	10	3	2	-	-	1	13	-	-	-	179
14:00 - 15:00	-	30	37	47	2	8	2	10	7	15	7	-	2	-	30	-	-	2	199
15:00 - 16:00	-	17	28	52	4	28	4	23	4	12	10	-	-	-	20	-	-	1	203
16:00 - 17:00	1	30	63	82	12	28	5	16	7	8	17	-	-	-	23	-	-	-	291
17:00 - 18:00	-	34	35	11	23	6	-	4	4	6	14	-	-	3	28	-	-	-	168
Total	21	330	543	590	88	201	73	171	109	115	125	1	14	9	253	5	-	7	2,634

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Aforo vehicular sentido Mateare - Ciudad Sandino, día Sábado 8 de febrero del 2020.

Hora	Vehículos Livianos					Pesados de Pasajeros			Vehículos de Carga						Vehículos Pesados		Otros	Totales	
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e	V.A			V.C
06:00 - 07:00	12	23	45	35	18	15	7	18	10	15	2	1	1	1	25	1	-	1	218
07:00 - 08:00	6	28	50	42	15	12	5	15	11	18	1	1	-	2	24	2	-	-	226
08:00 - 09:00	-	31	49	35	13	16	4	17	15	12	4	1	1	26	1	6	3	233	
09:00 - 10:00	6	21	42	32	15	15	2	15	16	14	4	1	4	19	-	2	-	202	
10:00 - 11:00	14	25	35	21	14	18	8	16	14	19	1	1	1	21	2	2	-	199	
11:00 - 12:00	11	26	48	25	16	14	4	19	12	18	1	-	-	2	23	-	-	211	
12:00 - 13:00	5	31	42	21	18	16	6	14	14	12	4	-	-	1	21	1	1	202	
13:00 - 14:00	7	35	35	18	15	19	1	18	13	15	3	2	-	1	24	1	1	203	
14:00 - 15:00	1	28	35	17	13	18	5	16	15	12	4	-	-	1	23	-	-	187	
15:00 - 16:00	-	25	38	21	19	15	9	17	11	14	1	1	1	18	1	-	3	195	
16:00 - 17:00	-	27	38	15	15	16	5	19	14	15	2	1	-	21	1	3	1	193	
17:00 - 18:00	5	35	41	21	18	14	8	18	15	18	3	2	1	21	3	3	-	221	
Total	67	335	498	303	189	188	64	202	160	182	30	10	9	10	266	13	18	13	2,490

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Aforo vehicular sentido Ciudad Sandino - Mateare, día Sábado 8 de febrero del 2020.

Hora	Vehículos Livianos					Pesados de Pasajeros			Vehículos de Carga						Vehículos Pesados		Otros	Totales	
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e	V.A			V.C
06:00 - 07:00	-	39	54	41	3	16	7	8	14	12	5	1	-	3	12	-	-	-	215
07:00 - 08:00	1	55	78	56	10	17	11	16	25	27	22	-	1	1	7	9	-	1	336
08:00 - 09:00	2	49	80	55	20	18	7	21	18	26	21	3	-	29	4	-	-	351	
09:00 - 10:00	1	44	64	68	19	19	11	21	16	22	19	-	2	2	26	2	3	338	
10:00 - 11:00	-	37	54	58	4	15	2	21	19	18	14	-	-	16	4	1	1	264	
11:00 - 12:00	2	31	54	48	6	16	8	20	17	14	15	1	2	11	-	2	-	245	
12:00 - 13:00	3	30	45	36	6	12	9	22	10	5	10	-	-	11	-	2	-	198	
13:00 - 14:00	2	36	53	45	9	14	6	15	17	22	20	-	-	1	29	4	2	274	
14:00 - 15:00	-	52	57	43	7	16	11	26	18	19	20	-	3	2	28	-	-	304	
15:00 - 16:00	-	45	56	44	12	15	13	18	34	23	25	-	-	23	1	-	1	310	
16:00 - 17:00	-	48	59	38	14	16	16	22	20	15	11	1	-	28	-	-	-	288	
17:00 - 18:00	1	51	63	48	4	21	18	25	18	14	8	-	-	15	-	-	-	285	
Total	12	517	717	580	114	195	119	235	226	217	190	6	8	9	235	24	10	6	3,408

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Aforo vehicular sentido Mateare - Ciudad Sandino, día Domingo 9 de febrero del 2020.

Hora	Vehiculos Livianos					Pesados de Pasajeros				Vehiculos de Carga						Vehiculos Pe:		Otros	Totales
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e	V.A	V.C		
06:00 - 07:00	9	35	31	32	3	12	6	14	12	10	1	-	2	2	15	2	-	-	177
07:00 - 08:00	6	35	32	33	-	18	6	11	7	12	2	-	-	1	16	-	-	-	173
08:00 - 09:00	3	35	35	38	2	31	15	10	26	11	1	1	4	1	15	-	-	-	225
09:00 - 10:00	-	21	46	49	3	8	6	16	41	15	1	-	1	-	14	-	-	-	221
10:00 - 11:00	5	6	46	48	3	15	12	20	23	12	1	1	1	-	12	1	-	1	202
11:00 - 12:00	6	6	53	50	11	23	22	27	14	9	1	1	-	-	15	-	3	-	235
12:00 - 13:00	-	15	35	34	6	11	20	18	19	7	1	-	-	1	12	1	7	-	187
13:00 - 14:00	-	16	50	46	4	16	19	12	24	8	2	-	-	2	14	3	1	1	218
14:00 - 15:00	-	12	32	41	6	19	18	10	27	15	3	-	-	1	16	-	-	-	200
15:00 - 16:00	-	18	63	50	1	14	-	11	3	13	1	-	-	-	14	-	-	-	188
16:00 - 17:00	5	11	60	55	-	27	19	15	30	15	1	1	-	1	15	-	-	3	253
17:00 - 18:00	-	14	40	39	1	9	1	3	-	13	2	-	-	1	19	-	-	-	142
Total	34	224	523	515	40	203	144	167	226	140	17	4	8	10	177	7	11	5	2,421

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Aforo vehicular sentido Ciudad Sandino - Mateare, día Domingo 9 de febrero del 2020.

Hora	Vehiculos Livianos					Pesados de Pasajeros				Vehiculos de Carga						Vehiculos Pe:		Otros	Totales
	Bic.	Moto	Auto	Cmta	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camion L	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e	V.A	V.C		
06:00 - 07:00	-	54	57	18	8	30	10	23	8	4	3	2	2	-	6	-	-	-	225
07:00 - 08:00	2	42	45	24	5	31	-	20	11	-	3	1	1	2	3	-	-	1	189
08:00 - 09:00	2	31	53	25	7	35	15	18	3	5	2	-	1	-	12	2	1	-	210
09:00 - 10:00	1	50	27	32	3	14	4	11	5	3	2	-	-	2	23	-	-	-	176
10:00 - 11:00	1	29	33	28	15	31	8	15	9	2	2	-	-	-	9	-	-	-	181
11:00 - 12:00	2	29	28	23	15	57	8	17	15	-	-	-	-	-	10	1	-	-	203
12:00 - 13:00	1	20	37	35	4	15	7	8	3	6	2	-	-	1	29	-	-	-	167
13:00 - 14:00	-	31	29	25	12	19	5	7	10	2	2	1	-	4	11	-	3	-	161
14:00 - 15:00	3	37	25	21	7	22	4	8	12	1	3	-	-	2	-	-	-	-	142
15:00 - 16:00	2	23	20	24	8	16	9	10	14	6	11	-	-	-	3	-	-	1	145
16:00 - 17:00	1	25	23	28	4	16	10	9	12	8	11	-	1	-	15	-	-	-	162
17:00 - 18:00	-	26	34	33	6	13	6	12	3	6	8	-	1	-	-	-	-	1	149
Total	15	397	411	316	94	299	86	158	105	43	49	4	6	11	118	6	4	3	2,110

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Tráfico Promedio Diario del primer cuatrimestre del año 2020 (enero - abril).

Día	Bicicletas	Motos	Vehículos livianos		Vehículo de pasajero			Vehículos de Cargas						Vehículo Pesado		Otros	Total (vpd)		
			Auto	Cmfa	Jeep	Mbus	Mediano	Grande	Camión			Camión Remolque		Camión Articulado					
									Camion Liv	C2	C3	CxRx<4e	CxRx>5e	TxSx<4e	TxSx>5e			V.A	V.C
Miércoles	32	840	1398	1137	492	432	229	354	324	220	256	12	19	41	465	42	19	25	6,305
Jueves	51	574	1173	1119	88	464	209	387	325	223	202	20	34	43	379	22	14	10	5,286
Viernes	86	648	1067	950	347	491	252	418	332	303	169	9	25	24	556	20	10	16	5,637
Sábado	79	852	1215	883	303	383	183	437	386	399	220	16	17	19	501	37	28	13	5,892
Domingo	49	621	934	831	134	502	230	325	331	183	66	8	14	21	295	13	15	8	4,531
Total	297	3535	5787	4920	1364	2272	1103	1921	1698	1328	913	65	109	148	2196	134	86	72	27,651
TPD	59	707	1,157	984	273	454	221	384	340	266	183	13	22	30	439	27	17	14	5,530

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Clasificación de los suelos en la zona de ampliación Est 0 + 000 - 2 + 000.

Estación	Muestra	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
0+000	1	100	100	100	99	96	86	76	61	53	42	34	8	A-5 (3)
	1	100	100	98	92	87	71	54	30	18	0	0	0	A-1-b(0)
0+100	2	100	100	99	98	93	80	72	51	40	40	29	11	A-6 (1)
	1	100	97	93	87	80	72	54	33	25	0	0	0	A-1-b(0)
0+300	2	100	100	100	99	97	90	79	60	51	0	0	0	A-4(0)
	1	100	96	94	89	85	73	66	54	32	0	0	0	A-2-4(0)
0+400	1	100	99	95	86	80	66	50	22	12	0	0	0	A-1-a(0)
	2	100	98	96	92	89	80	77	59	36	0	0	0	A-4(0)
0+500	No se realizo por existencia de asfalto nuevo y puente													
0+600	1	100	94	88	80	75	65	58	43	24	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	94	89	79	77	72	62	0	0	0	A-4(0)
0+700	1	100	97	91	84	78	66	58	35	19	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	99	97	93	89	78	73	60	41	0	0	0	A-4(0)
0+800	1	100	96	88	82	77	62	51	35	24	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	95	92	82	82	79	56	0	0	0	A-4(0)
0+900	1	100	99	97	95	93	86	81	78	17	0	0	0	A-2-4(0)
1+000	1	100	97	94	87	81	69	62	57	35	0	0	0	A-2-4(0)
	2	94	91	89	85	81	73	68	64	37	0	0	0	A-4(0)
1+100	1	100	99	97	91	87	74	69	49	23	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	96	92	89	82	80	65	50	0	0	0	A-4(0)
1+200	1	100	98	97	95	92	85	81	68	51	0	0	0	A-4(0)
	2	100	96	93	90	86	75	73	70	42	0	0	0	A-4(0)
1+300	1	100	98	94	87	79	65	52	25	15	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	98	96	93	86	80	61	44	0	0	0	A-4(0)
1+400	1	100	97	92	86	82	70	59	31	15	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	95	92	88	78	70	56	36	0	0	0	A-4(0)
1+500	3	92	79	69	60	56	53	43	26	18	0	0	0	A-1-b(0)
	1	100	96	93	89	86	74	69	45	29	0	0	0	A-2-4(0)
1+600	2	100	96	94	93	91	89	88	51	38	0	0	0	A-4(0)
	1	100	96	91	85	78	68	56	38	31	0	0	0	A-2-4(0)
1+700	2	100	98	95	92	88	81	75	51	39	0	0	0	A-4(0)
	3	99	97	95	90	87	80	78	39	15	0	0	0	A-1-b(0)
1+800	1	100	98	96	94	92	84	74	14	6	0	0	0	A-1-b(0)
	2	96	95	92	99	87	80	74	36	22	0	0	0	A-1-b(0)
1+900	1	99	97	92	84	78	65	52	19	10	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	97	94	88	85	77	71	28	7	0	0	0	A-1-b(0)
2+000	1	100	100	98	95	91	82	79	65	49	0	0	0	A-4(0)
	2	97	92	89	84	81	75	73	57	42	0	0	0	A-4(0)
2+000	3	100	96	93	89	87	83	82	53	24	0	0	0	A-2-4(0)
	1	100	97	95	91	87	72	63	38	19	0	0	0	A-1-b(0)
2+000	2	100	100	99	97	95	88	87	73	40	0	0	0	A-4(0)

Fuente: MTI

Tabla 47: Clasificación de los suelos en la zona de ampliación Est 2 + 100 - 4 + 000.

Estación	Muestra	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
2+100	1	100	100	100	97	93	83	81	64	43	38	32	6	A-4(0)
	1	100	96	92	84	77	60	44	17	7	0	0	0	A-1-a(0)
2+200	2	100	97	95	91	88	79	72	53	30	0	0	0	A-2-4(0)
	3	100	100	98	93	88	79	74	63	41	0	0	0	A-4(0)
	1	100	98	97	94	90	80	75	64	58	0	0	0	A-4(0)
2+300	2	100	89	86	80	76	68	65	60	54	0	0	0	A-4(0)
	3	100	99	98	92	88	79	72	59	33	0	0	0	A-2-4(0)
	1	100	93	86	81	76	61	50	26	12	0	0	0	A-1-a(0)
2+400	2	100	100	98	95	93	84	79	59	42	34	31	3	A-4 (0)
	3	100	96	93	88	82	66	59	51	45	0	0	0	A-4 (0)
	4	100	99	97	92	86	75	72	57	42	27	22	5	A-4 (0)
2+500	1	100	99	98	95	92	85	77	40	22	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	89	84	72	68	61	54	0	0	0	A-4 (0)
	1	100	96	91	85	81	68	45	12	5	0	0	0	A-1-a(0)
2+600	2	100	90	87	81	76	64	56	33	20	0	0	0	A-1-b(0)
	3	100	100	100	98	89	74	70	56	42	31	26	5	A-4(0)
2+700	1	100	100	99	96	93	84	75	44	23	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	96	93	84	78	49	25	0	0	0	A-1-b(0)
	1	100	98	95	88	84	71	55	23	9	0	0	0	A-1-b(0)
2+800	2	100	98	96	93	91	83	71	49	31	0	0	0	A-2-4(0)
	3	100	100	97	94	86	82	78	63	46	32	24	8	A-4 (1)
2+900	1	100	99	96	93	89	79	71	47	34	29	26	3	A-2-4(0)
3+000	1	100	100	99	98	94	85	74	47	23	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	99	93	87	75	70	53	40	27	25	2	A-4 (0)
	1	97	93	89	83	77	62	47	21	9	0	0	0	A-1-a(0)
3+100	2	100	97	95	92	87	77	64	39	21	0	0	0	A-1-b(0)
	3	100	100	100	97	94	87	81	54	31	0	0	0	A-2-4(0)
3+200	1	100	100	100	99	97	88	84	60	5	0	0	0	A-3(0)
	2	100	100	100	98	95	87	77	52	34	32	27	5	A-2-4 (0)
3+300	1	100	100	99	97	94	87	81	77	16	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	99	97	93	88	72	69	59	46	38	32	6	A-4 (1)
3+400	1	100	99	97	95	91	79	68	33	22	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	94	88	77	75	63	45	29	23	6	A-4 (0)
3+500	1	100	100	100	96	91	79	78	66	53	30	26	4	A-4 (0)
	2	100	100	100	99	97	91	84	56	37	0	0	0	A-4(0)
	1	100	98	96	90	85	74	61	34	15	0	0	0	A-1-b(0)
3+600	2	100	100	98	94	89	80	69	42	22	0	0	0	A-1-b(0)
	3	100	99	95	90	84	72	66	44	30	0	0	0	A-2-4(0)
3+700	1	100	100	99	96	91	82	79	59	38	0	0	0	A-4(0)
	2	100	100	99	95	91	82	78	50	33	0	0	0	A-2-4(0)
3+800	1	100	98	97	93	90	79	65	31	19	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	96	92	87	77	67	39	21	0	0	0	A-1-b(0)
3+900	1	100	100	99	94	88	75	68	43	27	0	0	0	A-2-4 (0)
	2	100	100	99	98	96	90	81	47	31	0	0	0	A-2-4 (0)
4+000	1	100	100	98	95	90	79	75	56	40	26	21	5	A-4 (0)

De 0.96 m a mas se encontro estrato rocoso

Fuente: MTI

Tabla 48: Clasificación de los suelos en la zona de ampliación Est 4 + 100 - 6 + 000.

Estación	Muestra	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
4+100	1	100	100	98	95	90	79	75	56	40	32	30	2	A-4(0)
	2	100	100	98	94	89	74	60	10	4	0	0	0	A-1-b(0)
	3	100	100	100	99	97	89	77	41	22	0	0	0	A-1-b(0)
4+200	1	100	100	96	97	83	67	58	41	29	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	99	97	91	86	76	71	57	44	31	29	2	A-4 (0)
De 1 m a mas se encontro cable de fibra optica														
4+300	1	100	98	96	91	86	70	60	38	26	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	99	95	90	78	74	63	57	33	30	3	A-4 (1)
4+400	1	100	100	98	95	91	78	64	39	20	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	97	94	90	86	76	72	47	29	0	0	0	A-2-4(0)
	3	100	100	99	98	96	90	79	44	33	0	0	0	A-2-4(0)
4+500	1	100	97	94	87	80	67	65	62	45	0	0	0	A-4 (0)
	2	100	100	100	98	93	80	67	41	22	0	0	0	A-1-b(0)
4+600	1	100	98	97	92	87	75	70	60	51	33	28	5	A-4 (1)
	2	100	100	98	94	90	78	74	67	57	40	33	7	A-4 (3)
4+700	1	100	97	93	88	82	69	54	26	16	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	97	95	91	85	71	70	58	46	29	28	1	A-4 (0)
	3	100	98	95	91	86	76	75	70	61	36	27	9	A-4 (4)
4+800	1	100	99	96	91	87	73	62	48	36	27	23	4	A-4 (0)
	2	100	95	90	86	82	70	54	27	13	0	0	0	A-1-b(0)
4+900	1	100	100	98	95	91	74	69	47	33	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	99	97	89	81	69	64	50	38	0	0	0	A-4 (0)
	3	100	100	100	95	88	73	71	68	65	51	41	10	A-5(8)
5+000	1	100	96	94	88	84	70	59	34	21	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	99	96	90	85	74	70	53	37	28	22	6	A-4(0)
5+100	1	100	98	98	95	91	79	72	49	31	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	100	98	96	89	83	56	36	26	21	5	A-4(0)
5+200	1	100	96	95	92	89	80	76	52	28	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	100	99	99	92	81	44	22	0	0	0	A-1-b(0)
5+300	1	100	99	95	90	84	71	58	35	23	38	28	10	A-2-4(0)
	2	100	100	100	99	96	83	71	35	19	0	0	0	A-1-b(0)
5+400	1	100	97	94	89	86	76	67	45	29	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	98	96	93	83	76	53	30	0	0	0	A-2-4(0)
5+500	1	100	99	97	94	90	78	61	33	20	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	99	98	97	95	88	79	54	32	0	0	0	A-2-4(0)
5+600	1	100	96	95	90	85	74	69	51	35	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	98	95	90	86	74	70	58	46	34	27	7	A-4(1)
5+700	1	100	98	96	91	97	75	62	32	19	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	97	96	93	91	83	76	51	35	0	0	0	A-2-4(0)
5+800	1	100	93	89	84	80	70	48	19	10	0	0	0	A-1-a(0)
	2	100	95	93	86	80	68	64	47	36	27	22	5	A-4(0)
	3	96	96	94	88	81	69	66	55	45	48	34	14	A-7-5 (4)
5+900	1	100	98	96	91	84	69	56	36	26	37	31	6	A-2-4 (0)
	2	100	96	92	86	81	70	65	46	31	0	0	0	A-2-4 (0)
6+000	1	100	100	99	96	94	84	73	47	31	0	0	0	A-2-4 (0)
	2	100	98	97	94	92	84	76	49	33	0	0	0	A-2-4(0)

Fuente: MTI

Tabla 49: Clasificación de los suelos en la zona de ampliación Est 6+100 - 8+000.

Estación	Muestra	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
6+100	1	100	100	96	93	88	76	67	43	30	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	99	96	93	83	73	50	33	29	21	8	A-2-4 (0)
6+200	1	100	97	96	93	90	83	77	57	38	28	24	4	A-4 (0)
	2	100	100	100	98	95	83	73	49	38	40	33	7	A-4 (0)
6+300	1	100	98	96	92	88	75	64	37	21	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	96	91	85	71	62	44	32	31	27	4	A-2-4 (0)
6+400	1	100	99	97	94	90	78	68	41	20	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	97	94	91	81	77	61	46	34	29	5	A-4 (0)
	3	100	100	98	96	94	86	84	74	65	46	34	12	A-7-5 (8)
6+500	1	100	97	96	94	89	79	76	64	51	41	36	5	A-5(2)
	2	100	97	94	89	84	69	64	26	15	0	0	0	A-1-b(0)
6+600	1	100	99	98	95	92	84	74	39	20	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	97	91	87	76	70	53	37	0	0	0	A-4 (0)
	3	100	100	98	93	86	73	70	62	39	38	32	6	A-4 (0)
6+700	1	100	97	97	94	89	75	59	31	21	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	99	97	93	88	77	65	39	25	34	28	6	A-1-b(0)
	3	100	99	97	93	89	78	70	61	1	0	0	0	A-3(0)
6+800	1	100	94	91	87	84	75	61	34	18	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	94	91	80	70	49	36	37	29	8	A-4 (0)
	3	100	100	98	94	90	80	77	66	62	37	32	5	A-4(3)
6+900	1	100	98	97	92	88	75	70	55	44	36	31	5	A-4 (0)
	2	100	100	96	90	82	69	63	47	38	32	31	1	A-4 (0)
7+000	1	100	95	92	88	83	74	57	28	16	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	93	90	80	73	55	45	31	23	8	A-4(1)
7+100	1	100	95	93	88	85	76	70	58	49	42	29	13	A-7-6(4)
	2	100	99	97	93	88	76	72	59	52	50	35	15	A-7-5(6)
	3	100	99	98	95	92	78	57	21	14	0	0	0	A-1-b(0)
7+200	1	100	100	99	93	90	76	56	15	4	0	0	0	A-1-b(0)
7+300	1	100	97	94	90	86	76	67	45	30	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	100	96	91	74	55	14	8	0	0	0	A-1-b(0)
7+400	1	96	92	90	85	79	64	47	19	8	0	0	0	A-1-a(0)
	2	100	98	96	92	85	70	62	41	27	0	0	0	A-2-4(0)
	3	100	100	99	96	90	76	72	56	44	31	25	6	A-4 (0)
7+500	1	100	97	94	90	86	74	64	43	31	44	34	10	A-2-4(0)
	2	100	100	100	98	94	80	64	25	18	0	0	0	A-2-4(0)
7+600	1	95	90	88	85	81	66	51	24	13	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	96	90	84	69	64	45	32	0	0	0	A-2-4(0)
7+700	1	100	98	95	90	85	73	68	54	44	0	0	0	A-4 (1)
	2	100	100	100	92	90	83	77	58	46	0	0	0	A-4(0)
7+800	1	100	94	89	82	76	62	48	20	10	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	99	98	96	94	83	73	37	23	0	0	0	A-1-b(0)
	3	100	100	98	94	89	74	47	13	9	0	0	0	A-1-a(0)
7+900	1	100	98	96	93	88	77	70	55	44	39	25	14	A-6(3)
	2	100	99	98	94	88	74	58	24	17	0	0	0	A-1-b(0)
8+000	1	100	99	96	92	82	64	60	45	2	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	96	90	82	69	63	47	39	0	0	0	A-4(0)

Fuente: MTI

Tabla 50: Clasificación de los suelos en la zona de ampliación Est 8+100 - 10+000

Estación	Muestra	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
8+100	1	100	97	95	90	86	74	66	39	26	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	98	94	90	76	53	12	5	0	0	0	A-1-b(0)
8+200	1	100	99	98	95	90	80	65	27	11	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	92	87	75	40	22	8	0	0	0	A-1-a(0)
8+300	1	96	94	89	83	77	64	59	50	43	0	0	0	A-4(0)
	2	100	99	99	96	92	80	70	46	32	0	0	0	A-2-4
8+400	1	100	99	98	93	89	72	40	25	12	0	0	0	A-1-a(0)
8+500	1	100	97	97	93	89	77	66	34	14	29	22	7	A-2-4(0)
	2	100	100	99	97	95	88	75	42	25	0	0	0	A-1-b(0)
8+600	1	100	95	94	91	88	77	68	42	26	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	98	95	92	86	75	60	38	31	29	2	A-4 (0)
	3	100	100	97	93	90	84	78	61	43	34	27	7	A-4 (0)
8+700	1	100	100	98	94	91	85	68	49	29	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	99	95	84	79	75	59	47	32	0	0	0	A-2-4(0)
8+800	1	97	90	83	77	87	64	48	14	6	0	0	0	A-1-a(0)
	2	100	97	97	94	90	80	68	41	24	0	0	0	A-1-b(0)
	3	100	100	100	92	80	62	41	16	7	0	0	0	A-1-a(0)
8+900	1	97	94	89	83	78	66	54	34	19	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	96	91	81	56	31	8	1	0	0	0	A-1-a(0)
9+000	1	100	95	89	81	76	69	48	30	17	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	99	97	92	79	67	42	30	0	0	0	A-2-4(0)
	3	100	100	99	95	89	74	54	29	18	0	0	0	A-1-b(0)
9+100	1	94	90	88	80	76	65	55	33	18	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	100	96	93	78	60	18	7	0	0	0	A-1-b(0)
9+200	1	100	98	94	89	86	77	60	43	29	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	99	96	91	79	58	17	8	0	0	0	A-1-b(0)
9+300	1	100	95	93	88	85	77	55	34	18	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	93	87	73	67	44	24	0	0	0	A-1-b(0)
9+400	1	97	87	82	76	72	65	49	35	20	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	97	92	88	75	69	51	40	45	34	11	A-1-b(1)
	3	100	99	99	97	95	86	59	3	1	0	0	0	A-1-b(0)
9+500	1	100	96	96	91	93	79	63	24	14	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	98	96	91	86	78	73	66	59	41	29	12	A-7-6(6)
9+600	1	100	100	98	93	89	77	74	55	42	0	0	0	A-4(0)
	2	100	97	94	91	87	79	64	52	41	0	0	0	A-4(0)
9+700	1	100	99	97	90	87	79	62	44	27	0	0	0	A-2-4(0)
	2	100	100	99	96	93	81	72	47	32	0	0	0	A-2-4(0)
9+800	1	100	94	90	86	81	70	56	26	15	0	0	0	A-1-b(0)
	2	100	100	98	94	91	83	70	45	30	34	25	9	A-2-4(0)
9+900	1	100	99	96	91	87	80	69	54	33	30	21	9	A-2-4(0)
	2	100	100	98	92	86	71	68	53	41	40	33	7	A-4 (0)
10+000	1	100	99	97	93	91	85	77	54	36	34	26	8	A-4 (0)

Fuente: MTI

Tabla 51: Clasificación de los suelos en la zona de ampliación Est 10+100 - 11+900

Estación	Muestra	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
10+100	1	100	99	98	94	92	83	71	37	18	0	0	0	A-1-b(0)
A 0.85 mts de profundidad se encontro cables electricos														
10+200	1	100	95	91	84	81	73	48	27	12	0	0	0	A-1-a(0)
10+200	2	100	100	97	92	87	70	62	41	30	0	0	0	A-2-4(0)
10+300	1	100	97	93	86	83	74	53	31	12	0	0	0	A-1-b(0)
10+300	2	100	99	96	91	88	80	74	57	39	36	32	4	A-4(0)
10+300	3	100	100	97	92	90	81	68	53	38	60	48	12	A-7-5(1)
10+400	1	100	97	91	85	81	73	47	25	10	0	0	0	A-1-b(0)
10+400	2	98	97	93	86	82	73	61	37	24	0	0	0	A-1-b(0)
10+400	3	100	99	97	93	91	84	75	62	45	34	29	5	A-4(0)
10+500	1	95	91	86	79	72	60	44	22	8	0	0	0	A-1-a(0)
10+500	2	100	98	96	87	80	69	54	30	13	0	0	0	A-1-b(0)
10+600	1	96	91	87	81	79	73	51	25	7	0	0	0	A-1-b(0)
10+600	2	100	99	96	88	83	74	59	41	20	0	0	0	A-1-b(0)
10+700	1	93	83	74	63	58	48	32	18	7	0	0	0	A-1-a(0)
10+700	2	100	97	96	92	87	75	63	39	24	0	0	0	A-1-b(0)
10+700	3	100	100	100	97	94	81	63	21	9	0	0	0	A-1-b(0)
10+800	1	100	100	96	89	83	69	61	60	25	0	0	0	A-2-4(0)
10+800	2	100	100	98	95	91	74	54	11	7	0	0	0	A-1-b(0)
10+900	1	95	90	84	77	72	65	48	20	7	0	0	0	A-1-a(0)
10+900	2	100	99	96	91	86	73	65	41	28	0	0	0	A-2-4(0)
11+000	1	100	94	87	80	77	69	62	32	12	0	0	0	A-1-b(0)
11+000	2	100	94	86	78	74	65	50	20	7	0	0	0	A-1-a(0)
11+000	3	100	98	95	92	89	78	63	32	16	0	0	0	A-1-b(0)
11+100	1	100	99	97	91	87	77	60	22	11	0	0	0	A-1-b(0)
11+100	2	100	98	96	93	88	79	68	36	21	0	0	0	A-1-b(0)
11+100	3	100	100	99	98	96	87	74	42	26	0	0	0	A-2-4(0)
11+200	1	100	98	96	92	88	79	56	24	11	0	0	0	A-1-b(0)
11+200	2	100	100	99	96	93	86	70	28	14	0	0	0	A-1-b(0)
11+300	1	100	98	94	90	85	72	61	27	11	0	0	0	A-1-b(0)
A 0.80 mts se encontro con cable de fibra optica														
11+400	1	100	98	94	87	82	71	57	24	11	0	0	0	A-1-b
11+400	2	100	100	99	96	93	85	71	34	30	0	0	0	A-2-4(0)
11+400	3	100	99	98	95	91	80	76	59	42	38	30	8	A-4(1)
11+500	1	99	92	87	80	74	61	50	26	14	0	0	0	A-1-a(0)
11+500	2	100	99	97	93	89	78	75	57	39	0	0	0	A-4(0)
11+600	1	100	99	99	95	90	78	67	45	33	0	0	0	A-2-4(0)
11+600	2	100	97	93	87	81	67	51	26	15	0	0	0	A-1-b(0)
11+700	1	100	97	92	88	84	72	64	35	20	0	0	0	A-1-b(0)
11+800	1	100	95	93	89	85	75	66	41	25	0	0	0	A-1-b(0)
A 1,20mts de profundidad se encontró tubería de agua potable														
11+900	1	100	95	93	91	88	79	68	41	20	0	0	0	A-1-b(0)

Fuente: MTI

Tabla 52: Capacidad de Soporte de la subrasante

Estacion	%de compactacion	Resistencia a la penetracion en lb s												CBR a penetracion de		Promedio
		0.025	0.05	0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.1"	0.2"	
0+000 a 1+000	100	30	60	95	140	200	260	320	370	400	440	470	510	36.11	44.12	40
		85	161	248	361	511	662	812	938	1013	1113	1188	1288			
	95	14	30	43	58	76	89	100	110	125	137	140	155	15.55	15.55	16
		45	85	118	156	201	233	261	286	323	354	361	399			
	90	12	25	40	55	70	80	90	95	103	110	115	120	14.8	14.04	14
		40	73	110	148	186	211	236	248	268	286	298	311			
	100	6	9	11	13	20	27	31	37	41	49	58	69	4.27	5.19	5
		25	33	38	43	60	78	88	103	113	133	156	183			
	95	5	8	10	12	15	18	22	30	35	40	45	52	4.02	3.68	4
		23	30	35	40	48	55	65	85	98	110	123	140			
	90	3	5	8	11	16	20	26	34	39	44	50	56	3.77	4.02	4
		18	23	30	38	50	60	75	95	108	120	135	151			
1+000 al 2+000	100	12	15	20	35	38	46	53	66	87	93	100	115	9.79	8.36	9
		40	48	60	98	105	125	143	176	228	243	261	298			
	95	9	13	18	30	35	42	47	60	78	85	96	106	8.53	7.69	8
		33	43	55	85	98	115	128	161	206	223	251	276			
	90	5	9	15	22	34	38	42	51	70	80	90	95	6.53	7.03	7
		23	33	48	65	95	105	115	138	186	211	236	248			
	100	25	44	60	80	120	165	200	240	273	300	330	355	21.07	28.25	25
		73	120	161	211	311	424	511	612	694	762	837	900			
	95	15	28	36	49	65	80	91	101	115	128	137	150	13.3	14.04	14
		48	80	100	133	173	211	238	263	298	331	354	386			
	90	10	22	33	44	60	73	85	93	100	115	122	133	12.04	12.88	12
		35	65	93	120	161	193	223	243	261	298	316	344			
100	6	9	11	13	20	27	31	37	41	49	58	69	4.27	4.69	4	
	25	33	38	43	60	78	88	103	113	133	156	183				
95	5	8	10	12	15	18	22	30	35	40	45	52	4.02	3.638	4	
	23	30	35	40	48	55	65	85	98	110	123	140				
90	3	5	8	11	16	20	26	34	39	44	50	56	3.77	4.02	4	
	18	23	30	38	50	60	75	95	108	120	135	151				
2+000 al 3+000	100	18	45	56	87	145	220	290	349	450	560	670	710	22.82	37.44	30
		55	123	151	228	374	562	737	885	1138	1414	1690	1790			
	95	15	40	53	85	142	208	270	339	346	520	630	690	22.32	35.43	29
		48	110	143	223	366	532	687	860	877	1314	1589	1740			
	90	13	33	51	75	130	195	260	330	390	460	540	590	19.81	33.26	27
		43	93	138	198	336	499	662	837	988	1163	1364	1489			

Fuente: MTI

Tabla 53: Capacidad de Soporte de la subrasante

Estacion	%de compactación	Resistencia a la penetracion en l b s												CBR a penetracion de		Promedio
		0.025	0.05	0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.1"	0.2"	
3+000 al 4+000	90	5	7	9	11	16	20	24	29	33	36	39	44	3.77	4.02	4
		23	28	33	38	50	60	70	83	93	100	108	120			
	100	9	16	24	32	54	75	93	120	145	170	195	220	9.04	13.21	11
		33	50	70	90	146	198	243	311	374	436	499	562			
	95	6	10	15	22	29	36	43	52	61	73	81	85	6.53	6.69	7
		25	35	48	65	83	100	118	140	163	193	213	223			
4+000 al 5+000	90	3	5	6	7	12	18	23	25	28	22	35	37	2.77	3.68	3
		18	23	25	28	40	55	68	73	80	65	98	103			
	100	30	60	95	140	200	260	320	370	400	440	470	510	36.11	44.12	40
		85	161	248	361	511	662	812	938	1013	1113	1188	1288			
	95	14	30	43	58	76	89	100	110	125	137	140	155	15.55	15.55	16
		45	85	118	156	201	233	261	286	323	354	361	399			
5+000 al 6+000	90	12	25	40	55	70	80	90	95	103	110	115	120	14.8	14.04	14
		40	73	110	148	186	211	236	248	268	286	298	311			
	100	25	44	60	80	120	165	200	240	273	300	330	355	21.07	28.25	25
		73	120	161	211	311	424	511	612	694	762	837	900			
	95	15	28	36	49	65	80	91	101	115	128	137	150	13.3	14.04	14
		48	80	100	133	173	211	238	263	298	331	354	386			
5+000 al 6+000	90	10	22	33	44	60	73	85	93	100	115	122	133	12.04	12.88	12
		35	65	93	120	161	193	223	243	261	298	316	344			
	100	6	11	14	17	22	26	28	30	32	34	35	36	5.28	5.02	5
		25	38	45	53	65	75	80	85	90	95	98	100			
	95	5	6	8	12	15	18	21	22	25	26	29	30	4.02	3.68	4
		23	25	30	40	48	55	63	65	73	75	83	85			
5+000 al 6+000	90	3	5	7	9	12	14	16	18	19	20	21	22	3.27	3.02	3
		18	23	28	33	40	45	50	55	58	60	63	65			
	100	25	44	60	80	120	165	200	240	273	300	330	355	21.07	28.25	25
		73	120	161	211	311	424	511	612	694	762	837	900			
	95	15	28	36	49	65	80	91	101	115	128	137	150	13.3	14.04	14
		48	80	100	133	173	211	238	263	298	331	354	386			
90	10	22	33	44	60	73	85	93	100	115	122	133	12.04	12.88	12	
	35	65	93	120	161	193	223	243	261	298	316	344				

Fuente: MTI

Tabla 54: Capacidad de Soporte de la subrasante

Estacion	%de compactacion	Resistencia a la penetracion en l b s												CBR a penetracion de		Promedio
		0.025	0.05	0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.1"	0.2"	
6+000 al 7+000	100	6	11	14	17	22	26	28	30	32	34	35	36	5.28	5.02	5
		25	38	45	53	65	75	80	85	90	95	98	100			
	90	5	6	8	12	15	18	21	22	25	26	29	30	4.02	3.68	4
		23	25	30	40	48	55	63	65	73	75	83	85			
	100	3	5	7	9	12	14	16	18	19	20	21	22	3.27	3.02	3
		18	23	28	33	40	45	50	55	58	60	63	65			
	95	10	15	20	28	40	50	60	73	83	95	104	112	8.03	9.03	9
		35	48	60	80	110	135	161	193	218	248	271	291			
	90	7	12	16	20	30	39	45	56	62	70	85	90	6.03	7.19	7
		28	40	50	60	85	108	123	151	166	186	223	236			
	100	5	10	13	18	27	33	38	44	50	54	58	60	5.53	6.19	6
		23	35	43	55	78	93	105	120	135	146	156	161			
95	6	15	23	30	45	55	61	76	90	100	112	122	8.53	9.87	9	
	25	48	68	85	123	148	163	201	236	261	291	316				
90	4	8	16	25	32	39	47	56	63	70	77	86	7.28	7.19	7	
	20	30	50	73	90	108	128	151	168	186	203	226				
100	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	15	2.02	1.68	2	
	13	15	18	20	23	25	28	30	35	40	43	48				
95	18	45	56	87	145	220	290	349	450	560	670	710	22.82	37.44	30	
	55	123	151	228	374	562	737	885	1138	1414	1690	1790				
90	15	40	53	85	142	208	270	339	346	520	630	690	22.32	35.43	29	
	48	110	143	223	366	532	687	860	877	1314	1589	1740				
100	13	33	51	75	130	195	260	330	390	460	540	590	19.81	33.26	27	
	43	93	138	198	336	499	662	837	988	1163	1364	1489				
95	9	16	24	32	54	75	93	120	145	170	195	220	9.04	13.21	11	
	33	50	70	90	146	198	243	311	374	436	499	562				
90	6	10	15	22	29	36	43	52	61	73	81	85	6.53	6.69	7	
	25	35	48	65	83	100	118	140	163	193	213	223				
100	3	5	6	7	12	18	23	25	28	22	35	37	2.77	3.68	3	
	18	23	25	28	40	55	68	73	80	65	98	103				
95	20	50	70	90	140	180	215	255	280	320	340	375	23.57	30.76	27	
	60	135	186	236	361	461	549	649	712	812	862	950				
90	8	15	20	40	72	90	108	135	142	157	169	192	11.04	15.72	13	
	30	48	60	110	191	236	281	349	366	404	434	491				
100	6	13	18	24	30	36	45	48	50	55	60	63	7.03	6.69	7	
	25	43	55	70	85	100	123	130	135	148	161	168				

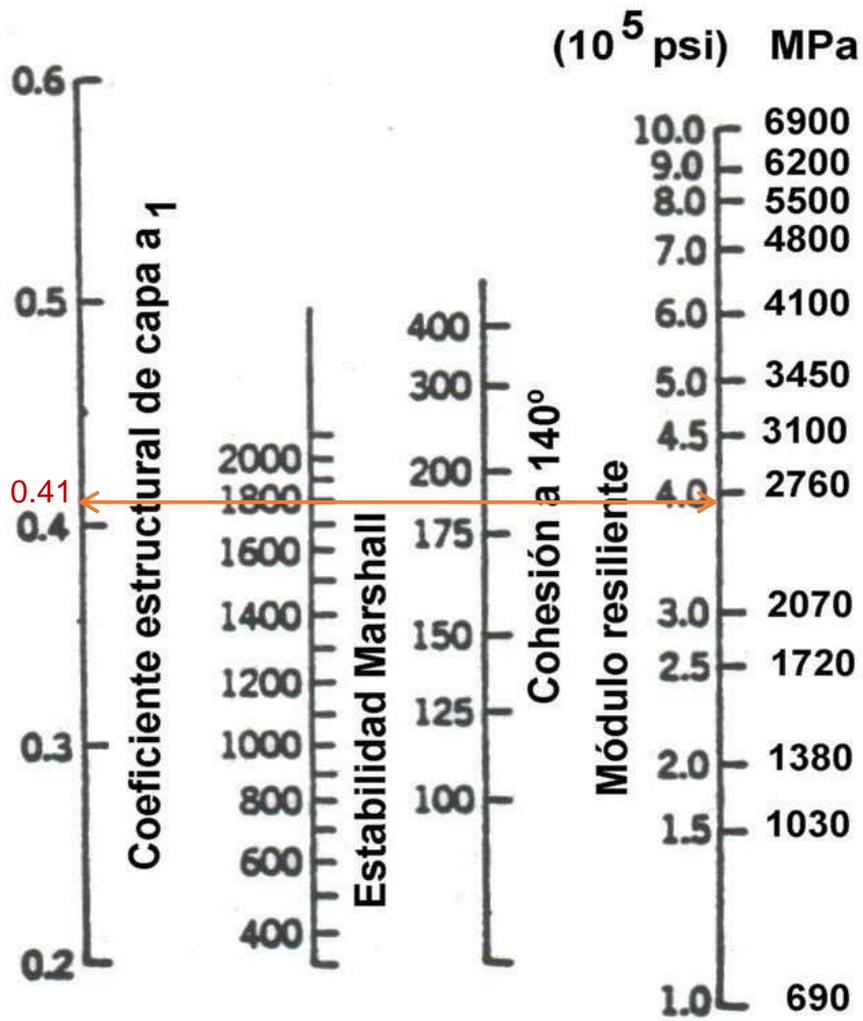
Fuente: MTI

Tabla 55: Capacidad de Soporte de la subrasante

Estacion	%de compactacion	Resistencia a la penetracion en l b s												CBR a penetracion de		Promedio
		0.025	0.05	0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.1"	0.2"	
9+000 al 10+000	100	25	44	60	80	120	165	200	240	273	300	330	355	21.07	28.25	25
		73	120	161	211	311	424	511	612	694	762	837	900			
	95	15	28	36	49	65	80	91	101	115	128	137	150	13.3	14.04	14
		48	80	100	133	173	211	238	263	298	331	354	386			
	90	10	22	33	44	60	73	85	93	100	115	122	133	12.04	12.88	12
		35	65	93	120	161	193	223	243	261	298	316	344			
	100	30	60	95	140	200	260	320	370	400	440	470	510	36.11	44.12	40
		85	161	248	361	511	662	812	938	1013	1113	1188	1288			
	95	14	30	43	58	76	89	100	110	125	137	140	155	15.55	15.55	16
		45	85	118	156	201	233	261	286	323	354	361	399			
	90	12	25	40	55	70	80	90	95	103	110	115	120	14.8	14.04	14
		40	73	110	148	186	211	236	248	268	286	298	311			
100	18	45	56	87	145	220	290	349	450	560	670	710	22.82	37.44	30	
	55	123	151	228	374	562	737	885	1138	1414	1690	1790				
95	15	40	53	85	142	208	270	339	346	520	630	690	22.32	35.43	29	
	48	110	143	223	366	532	687	860	877	1314	1589	1740				
90	13	33	51	75	130	195	260	330	390	460	540	590	19.81	33.26	27	
	43	93	138	198	336	499	662	837	988	1163	1364	1489				
100	20	50	70	90	140	180	215	255	280	320	340	375	23.57	30.76	27	
	60	135	186	236	361	461	549	649	712	812	862	950				
95	8	15	20	40	72	90	108	135	142	157	169	192	11.04	15.72	13	
	30	48	60	110	191	236	281	349	366	404	434	491				
90	6	13	18	24	30	36	45	48	50	55	60	63	7.02	6.69	7	
	25	43	55	70	85	100	123	130	135	148	161	168				
100	25	44	60	80	120	165	200	240	273	300	330	355	21.07	28.25	25	
	73	120	161	211	311	424	511	612	694	762	837	900				
95	15	28	36	49	65	80	91	101	115	128	137	150	13.3	14.04	14	
	48	80	100	133	173	211	238	263	298	331	354	386				
90	10	22	33	44	60	73	85	93	100	115	122	133	12.04	12.88	12	
	35	65	93	120	161	193	223	243	261	298	316	344				
100	12	15	20	35	38	46	53	66	87	93	100	115	9.79	8.36	9	
	40	48	60	98	105	125	143	176	228	243	261	298				
95	9	13	18	30	35	42	47	60	78	85	96	106	8.53	7.69	8	
	33	43	55	85	98	115	128	161	206	223	251	276				
90	5	9	15	22	34	38	42	51	70	80	90	95	6.53	7.03	7	
	23	33	48	65	95	105	115	138	186	211	236	248				

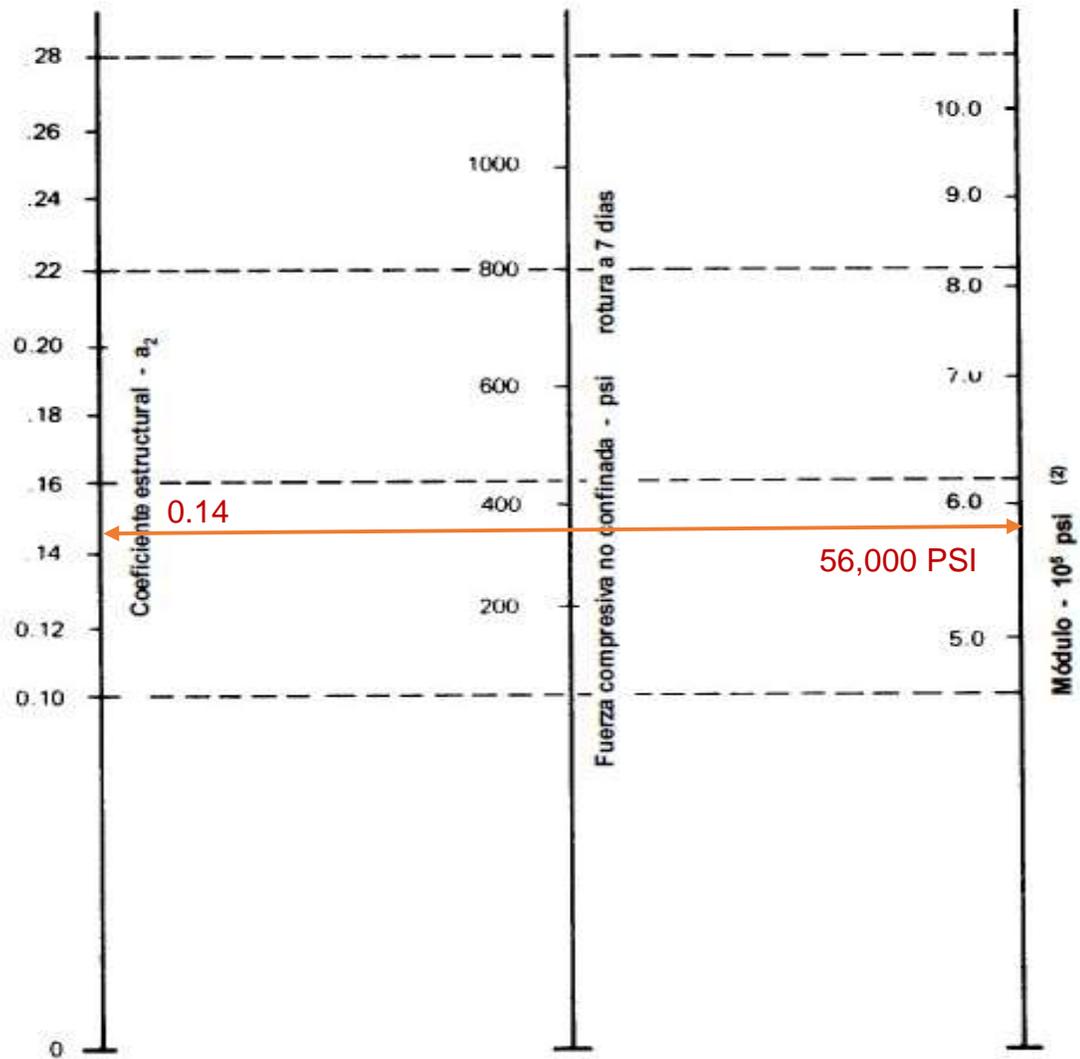
Fuente: MTI

Nomograma 1: Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1) en base a la estabilidad Marshall



Fuente: AASHTO 1993

Nomograma 2: Coeficiente estructural de base estabilizada (a2).

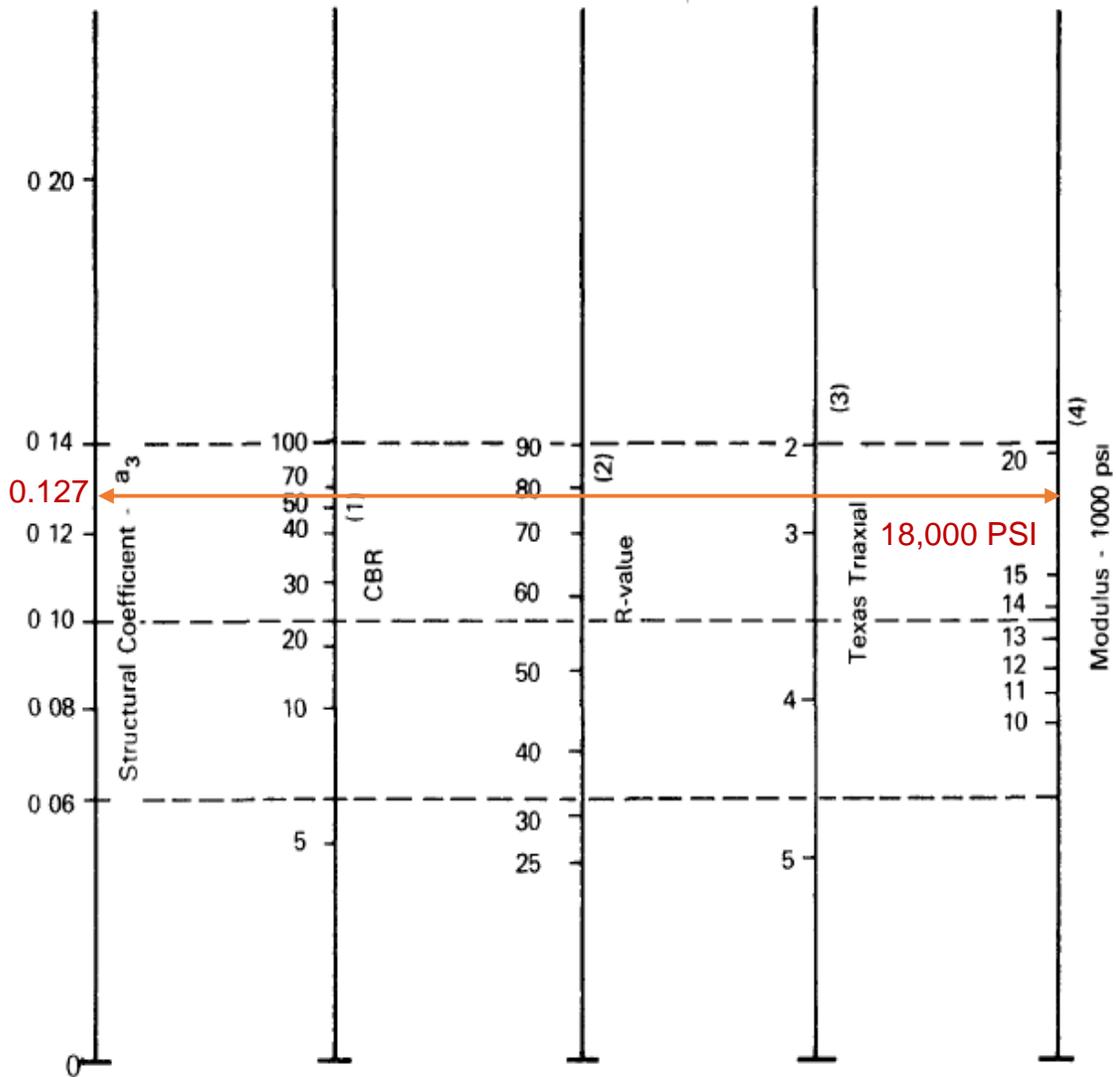


1) Escala derivada de los porcentajes obtenidos de las correlaciones de Illinois, Louisiana y Texas

2) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA2002, Capítulo 7, Pág 16.

Nomograma 3: Coeficiente estructural de la sub base (a3).



- (1) Scale derived from correlations from Illinois
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 7, Pág 17.

Tabla 56: Costos de Construcción alternativa "A"

CONCEPTO	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	Costos unitarios C\$	Costos totales C\$	PORCENTAJE (%)	Costos unitarios US \$	Costos totales US \$
TRABAJOS ADMINISTRATIVOS						3,193,119.97	0.57	92,823.25
109(6-2)	Tiempo Ocioso del Equipo de Construcción	Globa	1.00	1,712,385.36	1,712,385.36	0.308	60,792.73	49,778.64
110(6)	Trabajos por Administración	Globa	1.00	1,000,000.00	1,000,000.00	0.180	35,501.78	29,069.77
110(6)	Remoción y Reinstalación de Tubería de Agua Potable	Globa	1.00	480,734.61	480,734.61	0.086	17,066.94	13,974.84
MOVIMIENTO DE TIERRA						25,859,877.80	4.65	751,740.63
201(1)	Abra y Destronque	Ha	23.40	109,783.47	2,568,933.20	0.46	3,897.51	74,678.29
203(1)	Excavación en la Vía	M³	86,428.20	84.74	7,323,925.67	1.32	3.01	212,904.82
203(2)	Subexcavación en la Vía	M³	3,712.80	73.37	272,408.14	0.05	2.60	7,918.84
203(5)	Prestamo Selecto Caso II	M³	27,446.10	326.49	8,960,877.19	1.61	11.59	260,490.62
203(9)	Construcción de Terraplenes	M³	66,374.90	101.45	6,733,733.61	1.21	3.60	195,748.07
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO						367,657,317.42	66.07	10,687,712.72
303(6)	Sub Base, Graduación "B"	M³	38,067.82	939.31	35,757,484.00	6.426	27.31	1,039,461.74
304(2)	Capa de Agregado Tratado con Cemento, Graduación "E"	M³	38,067.82	529.23	20,146,632.09	3.621	15.38	585,657.91
304(3)	Cemento (Saco 42,5 Kg)	C/U	64,781.00	260.38	16,867,676.78	3.031	7.57	490,339.44
401(3)	Emulsión Asfáltica para Imprimación	Lts	332,219.85	28.70	9,534,709.70	1.713	0.83	277,171.79
401(5)	Material de Secado	M³	885.92	450.67	399,257.57	0.072	13.10	11,606.32
402(3)	Emulsión Asfáltica para Riego de Liga	Lts	193,486.95	27.85	5,388,611.56	0.968	0.81	156,645.68
405(1)	Carpetas de Concreto Asfáltico en Caliente	M²	50,757.09	5,507.86	279,562,945.73	50.241	160.11	8,126,829.82
DRENAJE MENOR						4,201,433.87	0.76	122,134.71
202(2)	Remoción y almacenaje de alcantarillas	C/U	16.00	16,931.90	270,910.40	0.049	601.11	7,875.30
202(2A)	Remoción de Cabezales de Alcantarillas	C/U	32.00	5,254.54	168,145.28	0.030	186.55	4,887.94
203(14)	Canales Menores de 4.0 m	M³	468.45	66.87	31,325.25	0.006	2.37	910.62
207(1)	Excavación para Estructuras	M³	1,473.75	127.19	187,446.26	0.034	4.52	5,449.02
608 (1)	Mampostería de Piedra Bruta con Mortero Arena Cemento	M³	144.93	2,733.34	396,142.97	0.071	97.04	11,515.78
701(1A)	Tubería de Concreto Reforzado 42" (1.07m), Clase II	MI	192.50	6,754.47	1,300,235.48	0.234	239.80	37,797.54
701(1B)	Tubería de Concreto Reforzado 48" (1.22m), Clase II	MI	36.25	7,992.83	289,740.09	0.052	283.76	8,422.68
701(1D)	Tubería de Concreto Reforzado 60" (1.52m), Clase II	MI	27.50	12,356.87	339,813.93	0.061	438.69	9,878.31
701(1E)	Tubería de Concreto Reforzado 72" (1.83m), Clase II	MI	52.50	16,624.58	872,790.45	0.157	590.20	25,371.82
701 (16)	Material de Lecho de Tubería Clase "B"	M³	98.07	421.48	41,334.54	0.007	14.96	1,201.59
701 (18)	Material de Relleno de Alcantarillas	M³	523.74	579.58	303,549.23	0.055	20.58	8,824.11
DRENAJE MAYOR (CAJAS Y PUENTES DE CONCRETO REFORZADO)						142,435,489.80	25.60	4,140,566.56
207(1)	Excavación para Estructuras	M³	11,468.82	210.47	2,413,842.55	0.434	7.47	70,169.84
207(3)	Relleno para Cimientos	M³	3,769.61	542.59	2,045,352.69	0.368	19.26	59,457.93
601(1)	Pilotes de Concreto Reforzado de 0,40x0,40 m	MI	1,016.00	20,692.75	21,023,834.00	3.778	734.63	611,157.97
602(3)	Concreto para Nivelación de Cimientos, f'c 130 Kg/cm2	M³	344.86	4,422.86	1,525,267.50	0.274	157.02	44,339.17
602(3A)	Concreto Estructural para Cimentaciones, Muros, Vigas, Diafragmas, Losas, Cajas, Aletones y Dientes Colada In Situ, f'c 280 Kg/cm2	M³	4,719.01	5,471.30	25,819,119.41	4.640	194.24	750,555.80
602(3C)	Concreto Estructural para Vigas y Diafragmas Colada In Situ, f'c 420 Kg/cm2	M³	63.96	6,912.25	442,107.51	0.079	245.40	12,851.96
604(1)	Acero de Refuerzo Grado 60 fy= 4200 Kg/cm2	Kg	429,049.38	29.84	12,802,833.50	2.301	1.06	372,175.39
608 (1)	Mampostería de Piedra Bruta con Mortero Arena Cemento	M³	559.35	2,733.17	1,528,798.64	0.275	97.03	44,411.82
701(18A)	Material Relleno para Cajas de Concreto Reforzado	M³	2,919.06	579.40	1,691,303.36	0.304	20.57	49,165.80
924(1)	Relleno Permeable. Filtro de Piedra Triturada de 3/4"	M³	1,461.37	1,194.69	1,745,884.13	0.314	42.41	50,752.45
924(3)	Drenes de PVC de 100 mm de diámetro	MI	1,109.86	280.30	311,093.76	0.056	9.95	9,043.42
602(5)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 3x3 m	MI	69.00	66,449.55	4,585,018.95	0.824	2,359.08	133,285.43
602(5A)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 2,15x0,80 m	MI	30.00	40,990.83	1,229,724.90	0.221	1,455.25	35,747.82
602(5B)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 2,15x1,75 m	MI	281.00	56,010.44	15,738,933.64	2.828	1,988.47	457,527.14
602(5C)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 3x2 m	MI	118.00	64,870.28	7,654,693.04	1.376	2,303.01	222,520.15
602(5D)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 4X3 m	MI	24.00	110,598.64	2,654,367.36	0.477	3,926.45	77,161.84
603(1A)	Viga Pretensada AASHTO Sección T de 12,82 ml	MI	282.04	18,060.88	5,093,890.60	0.915	641.19	148,078.21
603(1B)	Viga Pretensada AASHTO Tipo II de 18,68 ml	MI	373.60	24,444.75	9,132,558.60	1.641	867.83	265,481.35
603(1C)	Viga Pretensada AASHTO Tipo IV de 25,82 ml	MI	387.30	37,668.46	14,588,994.56	2.622	1,337.30	424,098.68
611(1A)	Placa de Neopreno Reforzado de 10"x8"x1-5/8"	C/U	44.00	16,166.30	711,317.20	0.128	573.93	20,677.83
611(1B)	Placa de Neopreno Reforzado de 20"x18"x1-5/8"	C/U	40.00	72,466.71	2,898,668.40	0.521	2,572.70	84,263.62
611(1C)	Placa de Neopreno Reforzado de 28"x25"x1-5/8"	C/U	30.00	140,791.05	4,223,731.50	0.759	4,998.33	122,782.89
704(11)	Drenes de Ho. Ga. De Ø7,62 cm x 30 cm de longitud	C/U	50.00	164.02	8,201.00	0.001	5.82	238.40
908(5)	Junta de Expansión (Neopreno) de 4 cm de ancho	MI	176.86	11,485.42	2,031,311.38	0.365	407.75	59,049.75
906 (3)	Baranda Metálica Tipo 1 (ASTM A-36)	MI	96.72	5,272.60	509,965.87	0.092	187.19	14,824.59
924(3A)	Drenes de PVC de 5,08 cm (2") de diámetro	MI	178.10	138.55	24,675.76	0.004	4.92	717.32
MISCELANEO						87,101,110.62	15.65	2,532,009.03
202(3)	Remoción de Cerca Existente	MI	4,964.43	32.23	160,003.58	0.029	1.14	4,651.27
202(4)	Remoción de Adoquines y Concreto en Andenes e Isletas	M²	1,774.62	41.80	74,179.12	0.013	1.48	2,156.37
202(2D)	Remoción de Casas	C/U	9.00	204,492.26	1,840,430.34	0.331	7,259.84	53,500.88
901(2A)	Loseta Vehicular o Tapa para Cunetas de 15 cm de espesor	M²	2,132.00	10,987.70	23,425,776.40	4.210	390.08	680,981.87
902(1)	Sistema de Guardavía, Defensa Metálica	MI	2,270.00	2,168.90	4,923,403.00	0.885	77.00	143,122.18
902(1)	Barrera de Concreto Tipo New Jersey de 0,80 m de anchura	MI	9,839.00	4,123.52	40,571,313.28	7.291	146.39	1,179,398.64
903(4)	Cerca y Portones de Alambre de Púas con Postes Prendedizos	MI	4,921.15	185.57	913,217.81	0.164	6.59	26,547.03
904(2)	Andén de Concreto de 0,10 m de espesor	M²	23,881.54	540.43	12,906,300.66	2.319	19.19	375,183.16
S/C	Caseta para Bahía de Buses	C/U	28.00	81,660.23	2,286,486.44	0.411	2,999.08	66,467.63
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL						13,810,866.99	2.48	401,478.69
801(1)	Instalación de Señales de 31,7 x 76,2 cm	C/U	12.00	1,580.21	18,962.52	0.003	56.10	551.24
801(1A)	Instalación de Señales de 38,1 x 76,2 cm	C/U	12.00	1,896.25	22,755.00	0.004	67.32	661.48
801(1B)	Instalación de Señales de 57,1 x 76,2 cm	C/U	28.00	2,844.37	79,642.36	0.014	100.98	2,315.18
801(1H)	Instalación de Señales de 45,7 x 61 cm	C/U	27.00	2,881.55	77,801.85	0.014	102.30	2,261.68
801(1I)	Instalación de Señales de 25 x 61 cm	C/U	35.00	1,301.34	45,546.90	0.008	46.20	1,324.04
801(1C)	Instalación de Señales de 76,2 x 76,2 cm	C/U	122.00	3,842.06	468,731.32	0.084	136.40	13,625.91
801(1D)	Instalación de Señales de 30 x 90 cm	C/U	34.00	2,881.55	97,972.70	0.018	102.30	2,848.04
801(1E)	Instalación de Señales de 61 x 61 cm	C/U	53.00	2,943.51	156,006.03	0.028	104.50	4,535.06
801(1F)	Instalación de Señales de 61 x 20,3 cm	C/U	12.00	1,301.34	15,616.08	0.003	46.20	453.96
801(1G)	Instalación de Señales de 91,4 x 61 cm	C/U	60.00	3,687.13	221,227.80	0.040	130.90	6,431.04
801(1J)	Instalación de Señales de 137,2 x 91,4 cm	C/U	38.00	11,397.30	433,097.40	0.078	404.62	12,590.04
801(1K)	Instalación de Señales de 85 x 85 cm	C/U	3.00	6,543.90	19,631.70	0.004	232.32	570.69
801(3)	Instalación de Señales de 100 x 60 cm	C/U	3.00	5,453.25	16,359.75	0.003	193.60	475.57
801(3A)	Instalación de Señales de 240 x 75 cm	C/U	1.00	10,999.45	10,999.45	0.002	390.50	319.75
801(3B)	Instalación de Señales de 501 x 317 cm	C/U	2.00	97,015.15	194,030.30	0.035	3,444.21	5,640.42
801(3D)	Instalación de Señales de 300 x 244 cm	C/U	18.00	21,162.32	380,921.76	0.068	751.30	11,073.31
801(3C)	Instalación de Señales de 240 x 40 cm	C/U	6.00	7,901.01	47,406.06	0.009	280.50	1,378.08
801(3E)	Instalación de Señales de 122 x 152 cm	C/U	2.00	10,751.58	21,503.16	0.004	381.70	625.09
801(3F)	Instalación de Señales de 106 x 122 cm	C/U	2.00	8,334.79	16,669.58	0.003	295.90	484.58
801(3G)	Instalación de Señales de 180 x 71 cm	C/U	10.00	8,251.44	82,514.40	0.015	292.94	2,398.67
802(1)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Amarilla. Ancho 12 cm	MI	23,600.00	89.86	2,120,696.00	0.381	3.19	61,648.14
802(1F)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Blanca. Ancho 10 cm	MI	23,600.00	89.86	2,120,696.00	0.381	3.19	61,648.14
802(1E)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Discontinua Blanca. Ancho 12 cm	MI	23,600.00	74.36	1,754,896.00	0.315	2.64	51,014.42
802(1B)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Blanca. Ancho 10 cm	MI	47,200.00	83.66	3,948,752.00	0.710	2.97	114,789.30
802(1C)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Blanca. Ancho 20 cm	MI	990.00	167.32	165,646.80	0.030	5.94	4,815.31
802(1D)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Discontinua Blanca. Ancho 20 cm	M²	953.00	154.92	147,638.76	0.027	5.50	4,291.82
802(5)	Marcas de Pavimento Resaltadas (Violetas)	C/U	9,837.00	108.45	1,066,822.65	0.192	3.85	31,012.29
914(4)	Postes Guía	C/U	34.00	1,223.27	41,591.18	0.007	43.43	1,209.05
914(6)	Postes de Kilometraje	C/U	12.00	1,394.29	16,731.48	0.003	49.50	486.38
TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES						5,106,034.19	0.92	148,431.23
915(8)	Engramado (Sembrado por medio de Estolones)	M²	29,599.50	51.48	1,523,782.26	0.274	1.83	44,296.00
915(9)	Siembra de							

Tabla 57: Costos de construcción alternativa "B"

CONCEPTO	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	Costos unitarios C\$	Costos totales C\$	PORCENTAJE (%)	Costos unitarios US \$	Costos totales US \$
TRABAJOS ADMINISTRATIVOS								
109(6-2)	Tiempo Ocioso del Equipo de Construcción	Global	1.00	1,712,385.36	1,712,385.36	0.57	60,792.73	49,778.64
110(6)	Trabajos por Administración	Global	1.00	1,000,000.00	1,000,000.00	0.180	35,501.78	29,069.77
110(6)	Remoción y Reinstalación de Tubería de Agua Potable	Global	1.00	480,734.61	480,734.61	0.086	17,066.94	13,974.84
MOVIMIENTO DE TIERRA								
201(1)	Abra y Destronque	Ha	23.40	109,783.47	2,568,933.20	0.46	3,897.51	74,678.29
203(1)	Excavación en la Vía	M³	86,428.20	84.74	7,323,925.67	1.32	3.01	212,904.82
203(2)	Subexcavación en la Vía	M³	3,712.80	73.37	272,408.14	0.05	2.60	7,918.84
203(5)	Prestamo Selecto Caso II	M³	27,446.10	326.49	8,960,877.19	1.61	11.59	260,490.62
203(9)	Construcción de Terraplenes	M³	66,374.90	101.45	6,733,733.61	1.21	3.60	195,748.07
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
303(6)	Sub Base, Graduación "B"	M³	50,757.09	939.31	47,676,644.65	8.568	27.31	1,385,948.97
304(2)	Capa de Agregado Tratado con Cemento, Graduación "E"	M³	38,067.82	529.23	20,146,632.09	3.621	15.38	585,657.91
304(3)	Cemento (Saco 42.5 Kg)	C/u	64,781.00	260.38	16,867,676.78	3.031	7.57	490,339.44
401(3)	Emulsión Asfáltica para Imprimación	Lts	332,219.85	28.70	9,534,709.70	1.713	0.83	277,171.79
401(5)	Material de Secado	M³	885.92	450.67	399,257.57	0.072	13.10	11,606.32
402(3)	Emulsión Asfáltica para Riego de Liga	Lts	193,486.95	27.85	5,388,611.56	0.968	0.81	156,645.68
405(1)	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente	M³	31,723.18	5,507.86	174,726,850.03	31.400	160.11	5,079,268.90
DRENAJE MENOR								
202(2)	Remoción y almacenaje de alcantarillas	C/u	16.00	16,931.90	270,910.40	0.049	601.11	7,875.30
202(2A)	Remoción de Cabezales de Alcantarillas	C/u	32.00	5,254.54	168,145.28	0.030	186.55	4,887.94
203(14)	Canales Menores de 4.0 m	M³	468.45	66.87	31,325.25	0.006	2.37	910.62
207(1)	Excavación para Estructuras	M³	1,473.75	127.19	187,446.26	0.034	4.52	5,449.02
608 (1)	Mampostería de Piedra Bruta con Mortero Arena Cemento	M³	144.93	2,733.34	396,142.97	0.071	97.04	11,515.78
701(1A)	Tubería de Concreto Reforzado 42" (1.07m), Clase II	MI	192.50	6,754.47	1,300,235.48	0.234	239.80	37,797.54
701(1B)	Tubería de Concreto Reforzado 48" (1.22m), Clase II	MI	36.25	7,992.83	289,740.09	0.052	283.76	8,422.68
701(1D)	Tubería de Concreto Reforzado 60" (1.52m), Clase II	MI	27.50	12,356.87	339,813.93	0.061	438.69	9,878.31
701(1E)	Tubería de Concreto Reforzado 72" (1.83m), Clase II	MI	52.50	16,624.58	872,790.45	0.157	590.20	25,371.82
701 (16)	Material de Lecho de Tubería Clase "B"	M³	98.07	421.48	41,334.54	0.007	14.96	1,201.59
701 (18)	Material de Relleno de Alcantarillas	M³	523.74	579.58	303,549.23	0.055	20.58	8,824.11
DRENAJE MAYOR (CAJAS Y PUENTES DE CONCRETO REFORZADO)								
207(1)	Excavación para Estructuras	M³	11,468.82	210.47	2,413,842.55	0.434	7.47	70,169.84
207(3)	Relleno para Cimientos	M³	3,769.61	542.59	2,045,352.69	0.368	19.26	59,457.93
601(1)	Pilotes de Concreto Reforzado de 0,40x0,40 m	MI	1,016.00	20,692.75	21,023,834.00	3.778	734.63	611,157.97
602(3)	Concreto para Nivelación de Cimientos, f'c 130 Kg/cm2	M³	344.86	4,422.86	1,525,267.50	0.274	157.02	44,339.17
602(3A)	Concreto Estructural para Cimentaciones, Muros, Vigas, Diafragmas, Losas, Cajas, Aletones y Dientes Colada In Situ, f'c 280 Kg/cm2	M³	4,719.01	5,471.30	25,819,119.41	4.640	194.24	750,555.80
602(3C)	Concreto Estructural para Vigas y Diafragmas Colada In Situ, f'c 420 Kg/cm2	M³	63.96	6,912.25	442,107.51	0.079	245.40	12,851.96
604(1)	Acero de Refuerzo Grado 60 fy= 4200 Kg/cm2	Kg	429,049.38	29.84	12,802,833.50	2.301	1.06	372,175.39
608 (1)	Mampostería de Piedra Bruta con Mortero Arena Cemento	M³	599.35	2,733.17	1,528,798.64	0.275	97.03	44,441.82
701(18A)	Material Relleno Para Cajas de Concreto Reforzado	M³	2,919.06	579.40	1,691,303.36	0.304	20.57	49,165.80
924(1)	Relleno Permeable. Filtro de Piedra Triturada de 3/4"	M³	1,461.37	1,194.69	1,745,884.13	0.314	42.41	50,752.45
924(3)	Drenes de PVC de 100 mm de diámetro	MI	1,109.86	280.30	311,093.76	0.056	9.95	9,043.42
602(5)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 3x3 m	MI	69.00	66,449.55	4,585,018.95	0.824	2,359.08	133,285.43
602(5A)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 2,15x0,80 m	MI	30.00	40,990.83	1,229,724.90	0.221	1,455.25	35,747.82
602(5B)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 2,15x1,75 m	MI	281.00	56,010.44	15,738,933.64	2.828	1,988.47	457,527.14
602(5C)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 3x2 m	MI	118.00	64,870.28	7,654,693.04	1.376	2,303.01	222,520.15
602(5D)	Caja Prefabricada de Concreto Reforzado 4x3 m	MI	24.00	110,598.64	2,654,367.36	0.477	3,926.45	77,161.84
603(1A)	Viga Pretensada AASHTO Sección T de 12,82 ml	MI	282.04	18,060.88	5,093,890.60	0.915	641.19	148,078.21
603(1B)	Viga Pretensada AASHTO Tipo II de 18,68 ml	MI	373.60	24,444.75	9,132,558.60	1.641	867.83	265,481.35
603(1C)	Viga Pretensada AASHTO Tipo IV de 25,82 ml	MI	387.30	37,668.46	14,589,994.56	2.622	1,337.30	424,098.68
611(1A)	Placa de Neopreno Reforzado de 10"x8"x1-5/8"	C/u	44.00	16,166.30	711,317.20	0.128	573.93	20,677.83
611(1B)	Placa de Neopreno Reforzado de 20"x18"x1-5/8"	C/u	40.00	72,466.71	2,898,668.40	0.521	2,572.70	84,263.62
611(1C)	Placa de Neopreno Reforzado de 28"x25"x1-5/8"	C/u	30.00	140,791.05	4,223,731.50	0.759	4,998.33	122,782.89
704(11)	Drenes de Ho. Ga. De Ø7,62 cm x 30 cm de longitud	C/u	50.00	164.02	8,201.00	0.001	5.82	238.40
908(5)	Junta de Expansión (Neopreno) de 4 cm de ancho	MI	176.86	11,485.42	2,031,311.38	0.365	407.75	59,049.75
606 (3)	Baranda Metálica Tipo 1 (ASTM A-36)	MI	96.72	5,272.60	509,965.87	0.092	187.19	14,824.59
924(3A)	Drenes de PVC de 5,08 cm (2") de diámetro	MI	178.10	138.55	24,675.76	0.004	4.92	717.32
MISCELANEOS								
202(3)	Remoción de Cerca Existente	MI	4,964.43	32.23	160,003.58	0.029	1.14	4,651.27
202(4)	Remoción de Adoquines y Concreto en Andenes e Isletas	M²	1,774.62	41.80	74,179.12	0.013	1.48	2,156.37
202(2D)	Remoción de Casas	C/u	9.00	204,492.26	1,840,430.34	0.331	7,259.84	53,500.88
901(2A)	Loseta Vehicular o Tapa para Cunetas de 15 cm de espesor	M²	2,132.00	10,987.70	23,425,776.40	4.210	390.08	680,981.87
902(1)	Sistema de Guardavía, Defensa Metálica	M	2,270.00	2,168.90	4,923,403.00	0.885	77.00	143,122.18
902(1)	Barrera de Concreto Tipo New Jersey de 0,80 m de anchura	MI	9,839.00	4,123.52	40,571,313.28	7.291	146.39	1,179,398.64
903(4)	Cerca y Portones de Alambre de Púas con Postes Prendedizos	MI	4,921.15	185.57	913,217.81	0.164	6.59	26,547.03
904(2)	Andén de Concreto de 0,10 m de espesor	M²	23,881.54	540.43	12,906,300.66	2.319	19.19	375,183.16
S/C	Caseta para Bahía de Buses	C/u	28.00	81,660.23	2,286,486.44	0.411	2,899.08	66,467.63
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL								
801(1)	Instalación de Señales de 31,7 x 76,2 cm	C/u	12.00	1,580.21	18,962.52	0.003	56.10	551.24
801(1A)	Instalación de Señales de 38,1 x 76,2 cm	C/u	12.00	1,896.25	22,755.00	0.004	67.32	661.48
801(1B)	Instalación de Señales de 57,1 x 76,2 cm	C/u	28.00	2,844.37	79,642.36	0.014	100.98	2,315.18
801(1H)	Instalación de Señales de 45,7 x 61 cm	C/u	27.00	2,881.55	77,801.85	0.014	102.30	2,261.68
801(1I)	Instalación de Señales de 25 x 61 cm	C/u	35.00	1,301.34	45,546.90	0.008	46.20	1,324.04
801(1C)	Instalación de Señales de 76,2 x 76,2 cm	C/u	122.00	3,842.06	468,731.32	0.084	136.40	13,625.91
801(1D)	Instalación de Señales de 30 x 90 cm	C/u	34.00	2,881.55	97,972.70	0.018	102.30	2,848.04
801(1E)	Instalación de Señales de 61 x 61 cm	C/u	53.00	2,943.51	156,006.03	0.028	104.50	4,535.06
801(1F)	Instalación de Señales de 61 x 20,3 cm	C/u	12.00	1,301.34	15,616.08	0.003	46.20	453.96
801(1G)	Instalación de Señales de 91,4 x 61 cm	C/u	60.00	3,687.13	221,227.80	0.040	130.90	6,431.04
801(1J)	Instalación de Señales de 137,2 x 91,4 cm	C/u	38.00	11,397.30	433,097.40	0.078	404.62	12,590.04
801(1K)	Instalación de Señales de 85 x 85 cm	C/u	3.00	6,543.90	19,631.70	0.004	232.32	570.69
801(3)	Instalación de Señales de 100 x 60 cm	C/u	3.00	5,453.25	16,359.75	0.003	193.60	475.57
801(3A)	Instalación de Señales de 240 x 75 cm	C/u	1.00	10,999.45	10,999.45	0.002	390.50	319.75
801(3B)	Instalación de Señales de 501 x 317 cm	C/u	2.00	97,015.15	194,030.30	0.035	3,444.21	5,640.42
801(3D)	Instalación de Señales de 300 x 244 cm	C/u	18.00	21,162.32	380,921.76	0.068	751.30	11,073.31
801(3C)	Instalación de Señales de 240 x 40 cm	C/u	6.00	7,901.01	47,406.06	0.009	280.50	1,378.08
801(3E)	Instalación de Señales de 122 x 152 cm	C/u	2.00	10,751.58	21,503.16	0.004	381.70	625.09
801(3F)	Instalación de Señales de 106 x 122 cm	C/u	2.00	8,334.79	16,669.58	0.003	295.90	484.58
801(3G)	Instalación de Señales de 180 x 71 cm	C/u	10.00	8,251.44	82,514.40	0.015	292.94	2,988.67
802(1)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Amarilla. Ancho 12 cm	MI	23,600.00	89.86	2,120,696.00	0.381	3.19	61,648.14
802(1E)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Blanca. Ancho 10 cm	MI	23,600.00	89.86	2,120,696.00	0.381	3.19	61,648.14
802(1F)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Discontinua Blanca. Ancho 12 cm	MI	23,600.00	74.36	1,754,896.00	0.315	2.64	51,014.42
802(1B)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Blanca. Ancho 10 cm	MI	47,200.00	83.66	3,948,752.00	0.710	2.97	114,789.30
802(1C)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Continua Blanca. Ancho 20 cm	MI	990.00	167.32	165,646.80	0.030	5.94	4,815.31
802(1D)	Marcas de Pavimento Termoplásticas Tipo H. Línea Discontinua Blanca. Ancho 20 cm	M²	953.00	154.92	147,638.76	0.027	5.50	4,291.82
802(5)	Marcas de Pavimento Resaltadas (Violetas)	C/u	9,837.00	108.45	1,066,822.65	0.192	3.85	31,012.29
914(4)	Postes Guía	C/u	34.00	1,223.27	41,591.18	0.007	43.43	1,209.05
914(6)	Postes de Kilometraje	C/u	12.00	1,394.29	16,731.48	0.003	49.50	486.38
TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES								
915(8)	Engramado (Sembrado por medio de Estolones)	M²	29,599.50	51.48	1,523,782.26	0.274	1.83	44,296.00
915(9)	Siembra de Plantas	C/U	6,290.00	195.84	1,231,833.60	0.221	6.95	35,809.12
S/C	Afectación de Derecho de Vía	Glb	1.00	1,446,851.08	1,446,851.08	0.260	51,365.79	42,059.62
S/C	Preparación de Material para Divulgación	Glb	1.00	99,787.49	99,787.49	0.018	3,542.63	2,900.80
S/C	Impresión de Material y Publicación de Spot en Diferentes Medios	Glb	1					