



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE SAN JOSE DE
LOS REMATES – LA CAÑADA (8.56 KM) POR MEDIO DEL METODO
AASHTO 93.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. William Antonio Sánchez Rodríguez.

Tutor

Ing. José Fernando Bustamante Arteaga.

Managua, Agosto 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE VIAS DE TRANSPORTE

Managua, Nicaragua
Agosto 03 del 2020

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano de la F.T.C.
Su Despacho.-

Estimado Dr. Gutiérrez

Por este medio tengo a bien informarle la conclusión del trabajo monográfico titulado "DISEÑO DE LA ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SAN JOSE DE LOS REMATES – LA CAÑADA (8.56 KM) POR MEDIO DEL METODO DE LA AASHTO 93". Presentado por el *Bachiller: William Antonio Sánchez Rodríguez*. Como último requisito exigido por esta alma mater, para optar al título de Ingeniero Civil.

La presente Monografía cumple con los objetivos establecidos, por tanto doy mi aprobación para su presentación y defensa, ante el tribunal nombrado por su persona.

Sin más que hacer referencia, aprovecho la oportunidad para desearle éxito en su gestión.

Atentamente,

Msc. Ing. Jose Fernando Bustamante Arteaga

Tutor
UNI - RUPAP

CC: Archivo. –



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.108
Managua, 21 Julio del 2020

Bachiller
WILLIAM ANTONIO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ
Estimado (as) Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: **“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE SAN JOSE DE LOS REMATES- LA CAÑADA (8.56KM) POR MEDIO DEL MÉTODO DE LA AASHTO 93.”** Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. José Fernando Bustamante A.** Sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **21 de Enero del 2021**

Esperando puntualidad en la entrega de la Monografía, me despido.



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor – Ing. José Fernando Bustamante A.
Archivo*Consecutivo

DEDICATORIA

A Jehová: Nuestro Padre celestial, Dios todo Poderoso, por haberme dado la vida, el don de saber expresarme y pensar a como corresponde, pues el guía mi Sabiduría y marca el camino a seguir en los senderos de la vida permitiéndome culminar mi carrera profesional.

A mi Abuela: María Cristina Mendoza Hernández; quien me formó con buenas costumbres, hábitos, principios y valores; forjados en roca imposible de triturar; quien más que una abuela ha sido madre, padre, amiga todo a la vez e infundió el Amor más grande a Dios, por educarme, y guiarme en el camino de la verdad, rectitud y justicia.

Br. William Antonio Sánchez Rodríguez.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Sobre todas las cosas por darme la paz, salud, inteligencia, fuerzas físicas y espirituales para culminar con mis estudios y seguir adelante en la vida.

A mi familia. Por ser pilar esencial en nuestro desarrollo moral y educativo. Quienes con sus consejos han sabido guiarme para culminar con mi carrera profesional y sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzos constantes, siendo el mayor deseo que sepan que el logro alcanzado, es el logro de ellos, gracias por el apoyo recibido durante la formación profesional porque han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, siendo la ilusión de su vida convertirnos en personas de bien.

Gracias por esto y todo lo demás que me han dado, mi triunfo es su triunfo

A mi tutor. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga por dedicar su tiempo y compartir sus conocimientos para orientarme en la realización de este trabajo.

A los Maestros. Por dar el pan de la enseñanza y transmitir sus conocimientos a través de su trabajo.

A todos los que brindaron sus importantes aportes en este proyecto.

Agradezco también a todas aquellas personas que a lo largo de todos estos años, me brindaron su ayuda incondicional y me apoyaron en los momentos más difíciles.

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”

Nelson Mandela

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio denominado “**Diseño de la estructura de pavimento flexible San José de los Remates – La Cañada (8.56 km) por medio del método AASHTO,**” presenta la información básica y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO - 93.

En este trabajo se abordaron cuatro capítulos; donde cada uno está constituido por un tema específico.

Capítulo I: Este capítulo aborda las generalidades del tema tales como: introducción, antecedentes, justificación y objetivos.

Capítulo II: En este se realizó un aforo vehicular en el cual se presenta el estudio y análisis del tránsito, necesario para determinar el número ESAL's. Describe la recopilación de datos, cantidad y tipos de vehículos de acuerdo con la configuración de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento, período de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril y el tránsito en el período de diseño.

Capítulo III: Aquí se presenta la información sobre el estudio de suelo; donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos y bancos para la determinación de su utilidad en la vía como base, sub-base y sub rasante que soportarán las cargas a las que serán sometidas, e inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación.

Capítulo IV: Este comprende el diseño de pavimento flexible de forma manual, en el cual se realizó el cálculo de los espesores de cada capa que conforman el pavimento. A la vez se detalla el procedimiento para seleccionar los parámetros de diseño tales como: Ejes equivalentes de diseño, confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño; el cual sirve como base para determinar el módulo de resiliencia y el valor de los coeficientes estructurales.

Posteriormente se determinaron los espesores requeridos en la estructura de pavimento; para lo cual se implementó la comprobación con el programa Pavement Analysis Software Pavement Desing.

Conclusiones y Recomendaciones: Producto del presente trabajo con el objetivo que sea de utilidad para la construcción del tramo en estudio.

Anexos: Se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	6
1.6.1 Macro Localización.....	6
1.6.2 Micro Localización	6

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO

2.1 ESTUDIO DE TRANSITO	7
2.2 Aforos Vehiculares	7
2.3 Análisis de Cargas Equivalentes	7
2.4 Recopilación de Datos	8
2.5 Clasificación Vehicular	8
2.5.1 Vehículos de Pasajeros	8
2.5.2 Vehículos de Carga	8
2.5.3 Equipo Pesado.....	9
2.5.4 Otros	9
2.6 Estudios de Campo	9
2.6.1 Volumen de Tránsito.....	9
2.6.2 Resumen del Aforo Vehicular.	9
2.6.3 Procesamiento de la Información.....	10
2.6.4 Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	10
2.6.5 Cálculo la Tránsito Promedio Diario (TPD) y Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA):	12

2.7 Proyección del Tránsito	14
2.7.1 Tasa de Crecimiento Vehicular (Tc).....	14
2.7.2 Producto Interno Bruto (PIB).....	14
2.7.3 Crecimiento Poblacional	15
2.7.4 Historial de Tránsito de la Zona.	16
2.7.5 Crecimiento Vehicular	16
2.8 Período de diseño (N)	18
2.8.1 Tránsito de Diseño	18
2.8.2 Tránsito Inicial en el Año 0 (To)	19
2.8.3 Determinacion del Tránsito Proyectado	19
2.8.4 Factor de Crecimiento (FC).....	20
2.8.5 Factor Direccional (FD)	20
2.8.6 Factor de Distribución por Carril (fc').....	21
2.8.7 Determinacion del Transito de Diseño	21

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO

3.1 Generalidades	23
3.2 Clasificación de los Suelos	23
3.2.1 Clasificación AASHTO	23
3.3 Propiedades Físico-Mecánicas de los Suelos	24
3.3.1 Ensayos para Determinar las Propiedades Físicas de los Suelos. ...	24
3.3.2 Análisis Granulométrico	24
3.3.3 Límites de Atterberg.....	25
3.3.4 Ensayo de Compactación.	26
3.3.5 Densidad Seca Máxima	25
3.3.6 Optimo Contenido de Humedad.....	26

3.4 Ensayos para Determinar las Propiedades Mecánicas de los Suelos.....	26
3.4.1 Valor Soporte California (CBR).	26
3.5 Análisis y Evaluación de Datos del Suelo del Tramo en Estudio.....	26
3.5.1 Investigación Efectuada.....	27
3.5.2 Resultados de los Ensayos sobre la Línea	27
3.5.3 Investigación de Fuentes de Materiales.....	35
3.5.4 Resultados de Ensayos a Muestras de Fuentes de Materiales	36
3.5.5 Fuente de Materiales de los Bancos.....	37
3.6 Especificaciones Técnicas de las Diferentes Capas que constituyen la Estructura de Pavimento.	38
3.6.1 Pavimentos Flexibles.	38
3.6.2 Superficie de Rodamiento.....	38
3.6.3 Base.....	38
3.6.4 Sub – base.....	40
3.6.5 Sub – rasante.....	40
 <u>CAPITULO IV: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</u>	
4.1 Pavimento	42
4.2 Número Estructural.	42
4.3 Índice de Serviciabilidad.....	42
4.3.1 Serviciabilidad Inicial	43
4.3.2 Serviciabilidad Final.....	43
4.3.3 Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).....	43
4.4 Análisis de Cargas y Ejes Equivalentes para el Diseño de Pavimento.	43
4.4.1 Determinación de Ejes Equivalentes de 18 Kips (W18)	44
4.5 Confiabilidad (R).....	46
4.6 Desviación Estándar (S_0)	46
4.7 Coeficiente de Drenaje.....	47
4.8 Determinación del CBR de Diseño.....	48
4.8.1 Metodología para la Elección de CBR a Utilizar en el Diseño	49
4.8.2 Módulo Resiliente (MR)	52

4.9 Coeficientes Estructurales de Capa (a)	53
4.9.1 Coeficiente Estructural para Carpeta Asfaltica a1	53
4.9.2 Coeficiente Estructural para Base Granular a2	54
4.9.3 Coeficiente Estructural para Sub - base Granular a3	54
4.9.4 Criterios de Estabilidad y Posibilidad de Construccion	55
4.9.5 Cálculo Manual de los Espesores de las Capas (D) y del Numero Estructural (SN)	54
4.9.6 Cálculo de Espesores en el Programa AASHTO '93.	56
Conclusiones	59
Recomendaciones	61
Bibliografía	62
Anexos	

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Aforo Vehicular en Ambos Sentidos, Mayo 2015 (5 días) y Calculo del Transito Promedio Diurno	10
Tabla N° 2. Factores de Ajuste de la Estación 1907 del Tramo: San José de los Remates – Las Cañadas.	11
Tabla N°3. Calculo de Transito Promedio Diario (TPD) y Transito Promedio Diario Anual (TPDA)	13
Tabla N°4. Evolución del Producto Interno Bruto (PIB), a precios Constantes.	15
Tabla N°5. Tasa de Crecimiento Poblacional (2005- 2020)	15
Tabla N°6. Historial de Transito San José de los Remates – Las Cañadas (NN-80) Est. N°1907	17
Tabla N°7. Tasa de Crecimiento del Tránsito % (i)	17
Tabla N°8. Período de Diseño (N)	18
Tabla N°9. Tránsito Inicial Proyectado hasta el Año 2035	19
Tabla N°10. Factor de Distribución por Dirección (FD)	20
Tabla N°11. Factor de Distribución por Carril (fc')	21
Tabla N°12. Tránsito de Diseño para el Tramo: San José de los Remates – La Cañada	22
Tabla N° 13. Ensayos de Laboratorios	28
Tabla N°14. Bancos de Materiales Investigados	36

Tabla N°15. Resultados de Ensayos de Laboratorio de las Fuentes de Materiales.....	37
Tabla N°16. CBR de los Bancos de Materiales.....	37
Tabla N°17. Especificaciones de Materiales para Base Granular.....	39
Tabla N°18. Comparación de Bancos de Materiales vs Especificaciones.....	39
Tabla N°19. Especificaciones de Materiales para sub-base.	40
Tabla N°20. Especificaciones para los Materiales de Terraplenes y Capa de Sub-rasante.....	41
Tabla N°21. Datos de Entrada para Determinar los Factores de Carga (LEF).	44
Tabla N°22. Factores de Carga para Pavimento Flexible.	45
Tabla N°23. Cálculo de Ejes Equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).	45
Tabla N°24. Niveles de Confiabilidad Recomendado por la AASHTO, para Clasificaciones Funcionales Diferentes.....	46
Tabla N°25. Desviación Estándar para Pavimentos Rígidos y Flexibles.....	47
Tabla N°26. Coeficientes de Drenaje para Pavimentos Flexibles.	48
Tabla N°27. Valores de CBR de la Sub rasante para Diseño.	48
Tabla N°28. Criterio del Instituto de Asfalto para Selección de CBR de Diseño.....	49
Tabla N°29. CBR de Diseño.	50
Tabla N°30. Según la AASHTO-93 los Espesores Mínimos sugeridos para Capa de Concreto Asfáltico y Base en función del Tránsito son los siguientes.....	54
Tabla N°31. Espesores de Diseño de la Estructura de Pavimento.	56
Tabla N°32. Datos Usados para Calcular Espesores en el Programa AASHTO 93.....	57
Tabla N° 33. Aforo Vehicular Inicio del Proyecto.....	VII
Tabla N° 34. Aforo Vehicular Fin del Proyecto.....	VII
Tabla N° 35. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos.....	VIII
Tabla N° 36. Diagrama de Cargas Permisibles Aplicadas en los puntos de control.....	IIX
Tabla N° 37. Diagrama de Cargas Permisibles.....	IIX
Tabla N° 38. Clasificación de Suelos, según AASHTO.....	X
Tabla N° 39. Clasificación unificada de Suelos, según SUCS.....	XII
Tabla N° 40. Correlación entre el Tipo de Material, CBR y K.....	XII

Tabla N° 41. Margenes de Valores de Graduacion Aceptable NIC-2000.....	XIII
Tabla N° 42. Sondeos de Líneas.....	XIII - XXII
Tabla N° 43. Resultados de Laboratorio del Banco El Cementerio.....	XXIII
Tabla N° 44. Resultados de Laboratorio del Banco Doña Justina.....	XXIV
Tabla N° 45. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Simples, $pt = 2$, $SN = 5$	XXV
Tabla N° 46. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Tándem, $pt = 2$, $SN = 5$	XXVI
Tabla N° 47. Criterios para Mezcla del Metodo Marshall.....	XXVII

INDICE DE GRAFICO

Grafico N° 1. Columna Estratigráfica.....	29
Grafico N° 2. Determinacion de CBR de la Sub – rasante.....	51
Grafico N° 3. Coeficiente Estructural del Concreto Asfaltico relacionado con varios Ensayos.....	XXVIII
Grafico N° 4. Nomograma Variacion en el Coeficiente de Capa Base Granular con varios Parámetros de Resistencia de Base.....	XXVIII
Grafico N° 5. Nomograma Variacion en el Coeficiente de Capa Sub-Base Granular con varios Parámetros de Resistencia de Sub – Base.....	XXVIII
Grafico N° 6. Nomograma Variacion para encontrar el Numero de Diseño Estructural (SN).....	XXVIII

INDICE DE IMAGEN

Imagen N°1. Ingreso de Datos de la Tabla N°32 al Programa AASHTO.....	57
Imagen N°2. Resultados de los Datos Procesados en Programa AASHTO.	57

ANEXOS

LISTA DE ABREVIATURAS.....	I
GLOSARIO.....	II - VI



CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

La Red Vial de Nicaragua ha ocupado un lugar preponderante y fundamental en el marco de la economía nacional, debido al servicio que prestan las carreteras y constituyen una de las más importantes formas de comunicación en el interior del país, tanto para transporte de pasajeros como de carga.

El presente trabajo consistirá en el Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible de la carretera en el tramo San José de los Remates – Las Cañadas (8.56 km), utilizando las especificaciones del Método de la AASTHO 93 en dependencia de las características físico – mecánicas del suelo existente y de las proyecciones de Transito en el tramo de carretera en estudio.

El proyecto se ubica en el departamento de Boaco comunicando los municipios de San José de los Remates que se encuentra ubicado hacia el noreste del departamento y el municipio de Esquipulas que se sitúa en el departamento de Matagalpa.

Este tramo de carretera tiene una longitud de 8.56 km inicia en el final del adoquinado saliendo del casco urbano del poblado San José de los Remates y finaliza en el empalme de la Cañada interceptando el camino que conduce hacia Puerta Viejas a la izquierda y Esquipulas a la derecha.

Está ubicado en una zona ganadera básicamente y de pequeña agricultura, sus principales rubros de producción son leche y queso, también se dedica a cultivos de granos básicos y hortalizas.

Según la clasificación funcional de carreteras del MTI el tramo de carretera en estudio está calificado como una colectora secundaria.

1.2 ANTECEDENTES.

El desarrollo del sistema Vial de nuestro país ha sido un factor importante para el crecimiento de la economía nacional. Su mayor auge en términos de construcción de vialidades se registró durante la década de los años 50 y 60 pasando de 590 Km de carreteras pavimentadas y no pavimentadas en el año 1950 a un total de 11,201 km en el año 1969, es decir que se construyeron 10,021 km en ese periodo, de los cuales 906 km fueron carreteras pavimentadas, predominando los caminos de estación seca, siendo este el periodo en que aparecen las primeras carreteras revestidas del país.

A partir de la década de los noventa se han venido presentando cambios sustanciales en la construcción y rehabilitación de los principales vías de transporte, altamente deterioradas, tanto por la falta de mantenimiento oportuno como por el crecimiento demográfico que trae como consecuencia el aumento del flujo vehicular y por ende el crecimiento dinámico en el tránsito promedio diario anual (TPDA) y por haber sobrepasado su vida útil, así como también debido a la falta de control de las cargas transportadas.

Las características que presenta el tramo son: Topográficamente se localiza en una zona montañosa, la sección de derecho de vía es variable oscilando entre 10.50 mts y 22.40 mts. Actualmente se presenta el tramo en estudio como camino de todo tiempo con daños en la infraestructura.

En lo que respecta al rodamiento en la vía se encuentra en buenas condiciones de circulación, aunque las lluvias han socavado diversos tramos, debido entre otras razones a la falta de cunetas revestidas o cunetas perfiladas que evacuen las aguas hacia los drenajes transversales. No existen taludes con características erosionables que generen inestabilidad a la vía por efectos de derrumbes o desastres naturales.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Es evidente que con la construcción de esta carretera se estaría aportando en una mejora significativa de la calidad de la vida de los pobladores de las comunidades localizadas en el área de influencia de la misma, integrándolos de forma expedita a la economía regional; de forma que este corredor servirá como otra alternativa para los desplazamientos de los pobladores y bienes que se generan o atraen, permitiendo ahorros sustanciales de tiempo, distancia de viaje, costo de operación vehicular de transporte y reduciendo los riesgos de accidentes de tránsito para el transporte vehicular en su conjunto.

El enfoque del proyecto en general está en sintonía con los recientes estudios sobre la pobreza que muestra la relación entre el crecimiento económico y la reducción de la pobreza en Nicaragua. La decisión del gobierno de Nicaragua es de promover un crecimiento equitativo que se refleje en la población que vive en áreas remotas rurales.

1.4 OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivo General:

- ✚ Diseñar la Estructura de Pavimento Flexible por el Método de la AASHTO - 93 del Tramo de la carretera San José de los Remates – La Cañada (8.56 km).

1.3.2 Objetivos Específicos:

- ✚ Realizar el estudio de tránsito para obtener el tránsito promedio diario anual (TPDA) y determinar los ejes equivalentes de diseño (ESAL's).
- ✚ Analizar las propiedades físico – mecánicas del suelo a lo largo de la vía y de los bancos de materiales cercanos al sitio del proyecto a fin de recomendar o no el uso de éstos para el diseño, ya sea como base o sub base.
- ✚ Determinar los espesores de la estructura de pavimento flexible utilizando el método AASHTO - 93.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El tramo de carretera se ubica en el Departamento de Boaco, entre los municipios de San José de Los Remates y Esquipulas, su origen, el poblado de San José de Los Remates, se encuentra a 97 km de la ciudad de Managua, pasando por el poblado de Teustepe, después de desviar a la izquierda, la carretera San Benito – El Rama, a la altura del Km 72.

El proyecto finaliza en el sitio conocido como La Cañada, que se ubica en el municipio de Esquipulas, en la intersección del proyecto con el camino de todo tiempo, Puertas Viejas – Esquipulas, a la altura del km 40.

El proyecto tiene una longitud de 8.56 km, con emplazamiento de montaña con rumbo norte y pendientes máximas del orden del 17.45%. El ancho de rodamiento varía entre 5.00 mts a 9.30 mts aproximadamente. Todo el drenaje se observa en buenas condiciones.

El tramo está ubicado en una zona ganadera su principal rubro es la leche y el queso aunque también los pequeños productores se dedican a cultivos de granos básicos y hortalizas.

Según la clasificación funcional de carretera del MTI, forma parte de la NN-80.

1.6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se realizará en el camino San José de los Remates – Las Cañadas, en el departamento de Boaco.

1.6.1 Macro Localización.



Fuente: Google Earth

1.6.2 Micro Localización.



Fuente: Alcaldía Municipal de San José de los Remates.



CAPITULO II
ESTUDIO DE TRANSITO

2.1 ESTUDIO DE TRANSITO.

El tránsito vehicular o automovilístico (también llamado tráfico vehicular o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el tránsito de personas y circulación flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.

El tránsito es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento de un pavimento, por consiguiente, es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía por medio de Aforos (Conteos Vehiculares), para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen al pavimento.

El estudio de tránsito permite determinar la cantidad de vehículos que se trasladan de un lugar a otro y se utiliza para evaluar la situación actual de una vía.

Los factores referentes al tránsito, se obtienen a través del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el porcentaje que representa cada tipo de eje, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño.

2.2 Aforos Vehiculares.

Es la cuantificación de los volúmenes actuales de tránsito, con las condiciones presentes y pronosticar los volúmenes que serán atraídos y generados como resultado de su rehabilitación y mejora.

2.3 Análisis de cargas Equivalentes.

Para el cálculo de los ejes equivalentes se consideran los tipos de vehículos obtenidos en los conteos o aforos vehiculares y los pesos sugeridos por la AASHTO para cada uno de ellos. Esto se hace cuando en el tramo de estudio no se cuenta con una báscula que permita el pesaje de los vehículos (en todo caso es el MTI).

En este estudio de tránsito se realizaron tres etapas para su correcta elaboración.

- ✓ Recopilación de datos.
- ✓ Procesamiento de información.
- ✓ Análisis de la información obtenida.

2.4 Recopilación de Datos.

En esta etapa se recopilaron los datos por medio de conteo por el método visual en un periodo de cinco días durante doce horas, iniciando a las 6:00 a.m. y concluyendo a las 6:00 p.m., se eligió un punto en la entrada y salida del tramo en estudio con el objetivo de determinar el tránsito promedio diario, tipo de vehículos, número, tipo y peso de los ejes.

2.5 Clasificación Vehicular.

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado cuatro categorías (ver Anexos, Tabla N°35, Pág. VIII)

2.5.1 Vehículos de Pasajeros.

Son motocicletas, automóviles, jeep, camionetas, microbús (capacidad menor o igual a 14 pasajeros), minibús (capacidad de 15 a 30 pasajeros), bus (capacidad mayor de 30 pasajeros).

2.5.2 Vehículos de Carga.

Estos son vehículos livianos de carga (peso máximo de 4 toneladas), camiones de carga C2 – C3 (peso mayor de 5 toneladas), camiones de carga pesada (tipo Tx-Sx \leq 4 ejes), camiones Tx-Sx \geq 5 ejes (considerados combinaciones de tracto, camión y semirremolque).

2.5.3 Equipo Pesado.

Estos son los vehículos agrícolas y vehículos de construcción.

2.5.4 Otros.

Remolques y tráileres (pequeños que sean halados por cualquier clase de vehículo automotor).

2.6 Estudios de Campo.

2.6.1 Volumen de Tránsito.

El estudio de los volúmenes de tránsito, su composición y comportamiento, forman parte de los parámetros fundamentales para el método de diseño de pavimento semi-flexible. Dicho estudio consiste en la determinación de las cantidades y características del tránsito (cantidades y tipo de vehículos).

2.6.2 Resumen del Aforo Vehicular.

Una vez obtenidos los datos recopilados en campo del aforo vehicular, se procedió al cálculo del tránsito promedio diario (TPDi) para cada vehículo, realizando una tabla resumen de ambos sentidos. Para este estudio se realizó una medición de 12 hr durante cinco días, los conteos realizados por sentido (San José de los Remates – La Cañada y La Cañada – San José de los Remates) se muestran en Anexos, Tabla N°33 y Tabla N°34, Pág. VII.

Para calcular el tráfico promedio diario en 12 hr (TPDi) se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{TPDi} = \frac{\Sigma \text{TDiurno}}{\text{N}^\circ \text{ de días del Conteo}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1)$$

Donde:

TPDi = Tránsito promedio Diario.

Σ TDi = Suma de Tránsito Diario por tipo de Vehículo.

Sustituyendo:

$$\text{TPDi}_{(\text{Motos})} = \frac{425}{5}$$

$$\text{TPDi}_{(\text{Motos})} = 85 \text{ Veh}/12\text{hrs}$$

Los valores restantes de **TPDi** se presentan en la siguiente Tabla a continuación.

Tabla N°1. Aforo Vehicular en Ambos Sentidos, Mayo 2020 (5 días) y Calculo del Transito Promedio Diurno.

AFORO VEHICULAR Y CALCULO DEL TRANSITO PROMEDIO DIURNO (TPDi)									
AMBOS SENTIDOS (Del 15-05-2020 Al 19-05-2020).									
Día	Vehículos de Pasajeros					Vehículo Carga		Equipo Pesado	Total
	Moto	Autos	Cam.	Micro bus< 15s	Bus	C2	C3	Veh. Agrícola	
Viernes	68	9	79	0	8	30	1	4	199
Sábado	85	30	108	0	7	44	2	0	276
Domingo	82	18	81	1	10	30	1	0	223
Lunes	71	11	56	0	13	27	1	0	179
Martes	119	24	112	0	7	26	1	0	289
Total	425	92	436	1	45	157	6	4	1166
TPDi	85	19	88	1	9	32	2	1	237
% Por Tipo Vehículo	36.45	7.89	37.39	0.09	3.86	13.46	0.51	0.34	100.00
%Veh. Livianos	82					%Veh. Pesados	18		100

Fuente: Elaboración Propia.

2.6.3 Procesamiento de la Información.

Se procesaron los datos recolectados del aforo vehicular, para llevar el conteo de 12 hr a 24 hrs y posteriormente obtener el tránsito promedio diario anual (TPDA) empleando los factores de ajuste correspondientes a la estación 1907 del tramo San José de los Remates – Las Cañadas del anuario de tráfico 2014; actividad que corresponde a los trabajos de gabinete, los cuales se ingresaron en hojas de Excel. El conocimiento más exacto que se pueda obtener de este estudio es indispensable para la correcta elaboración de cálculos de espesores de pavimento de este tramo de vía.

2.6.4 Determinación del Transito Promedio Diario Anual (TPDA).

En vista que los datos recolectados son una muestra representativa de un periodo de doce horas durante una semana, se hace necesario estimar el Tránsito Promedio Diario y el Tránsito Promedio Diario Anual.

Para este propósito se utilizaron factores de ajuste diario y de expansión de la estación de corta duración 1907 del tramo San José de los Remates – Las Cañadas, proporcionados por el anuario de tráfico del año 2014 de la Dirección General de Vialidad del MTI.

Estos factores permiten expandir el volumen del tránsito de la muestra del tramo de vía en estudio. Los factores de ajuste se muestran en la tabla siguiente:

Tabla N°2. Factores de Ajuste de la Estación 1907 del Tramo: San José de los Remates – Las Cañadas.

Camino: NN-80	Estación: 1907	Tramo: Sn José de los Remates - Las Cañadas										Periodo	L	Días: 3	Horas:	Mes/Año	Marzo	2014	Km: 100.000
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total		
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	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.		Otros	
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21		
TP(D)	50	4	4	31			4	16	5	0								1	116
Factor Día	1.26	1.49	1.31	1.32	1.27	1.18	1.28	1.25	1.24	1.07	1.00	1.48	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.4	
Factor Semana	0.97	1.11	1.08	1.03	0.98	0.95	0.95	0.91	0.85	0.89	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.7	
Factor Expansión	1.02	0.97	0.97	0.96	1.01	1.01	1.04	0.93	1.07	1.21	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.8	
TPDA Ene-Abr	61	6	6	41			5	17	6									3	145
% TPDA	42.07	4	4	28			3	12	4									2	100
% Vehículos Livianos		78.62%						% Vehículos Pesados						19.31%				2.07%	100.00%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico. MTI. Año 2014. Pág. 342

En la tabla N°2 se presentan los factores de ajuste para obtener el TPDA obtenidos del registro histórico de la estación de corta duración 1907 del tramo San José de los Remates – Las Cañadas.

Es notorio que dentro de los vehículos livianos las motos representan el más alto porcentaje en el TPDA (42.07%), seguido por las camionetas (28%), en menor proporción se encuentran los Jeep y los autos (4%).

En lo que respecta a vehículos pesados, se observa que los Livianos de 2-5 ton obtienen un mayor porcentaje (12%), seguido por los camiones C2 5+ton (4%) y con menos presencia están los buses (3%).

En relación a los equipos pesados se observa que en otros vehículos (2%).

En cuanto a la composición vehicular global se obtuvo que los vehículos livianos representan un 78.62% del TPDA, los vehículos pesados un 19.31% del TPDA y en otros vehículos un 2.07% del TPDA.

2.6.5 Cálculo la Tránsito Promedio Diario (TPD) y Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Para la determinación del TPD se toma el conteo del tránsito promedio diario (TPDi) y se multiplica por el factor diario del tipo de vehículo correspondiente y para la determinación del TPDA se multiplica el TPD por el factor de semana y factor expansión, ejemplo:

$$\text{TPD} = \text{TPDi} * \text{Factor Día. (Ecuación N° 2)}$$

$$\text{TPD}_{(\text{autos})} = 19 * 1.49$$

$$\text{TPD}_{(\text{autos})} = 28 \text{ vpd}$$

$$\text{TPDS} = \text{TPD} * \text{Factor Semana. (Ecuación N° 3)}$$

$$\text{TPDS}_{(\text{autos})} = 28 * 1.11$$

$$\text{TPDS}_{(\text{autos})} = 31.42 \text{ vpd}$$

$$\text{TPDA} = \text{TPDS} * \text{Factor Expansión. (Ecuación N° 4)}$$

$$\text{TPDA}_{(\text{autos})} = 31.42 * 0.97$$

$$\text{TPDA}_{(\text{autos})} = 30 \text{ vpd}$$

Los valores restantes de **TPDA** se presentan en la siguiente Tabla N°3.

Tabla N°3. Cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Calculo de Transito San José de los Remates - Las Cañadas (NN-80) Est.N° 1907									
	Vehículos de Pasajeros					Vehículos Carga		Equipos Pesado	
Grupo	Moto	Autos	Cam.	Micro bus< 15s	Bus	C2	C3	Veh. Agrícola	Total
TPDi	85	19	88	1	9	32	2	1	237
Factor Día	1.26	1.49	1.32	1.27	1.28	1.24	1.07	1	
TPD	107.10	28.31	116.16	1.27	11.52	39.68	2.14	1	307
Factor Semana	0.97	1.11	1.03	0.98	0.95	0.85	0.89	1	
TPDS	103.89	31.42	119.64	1.24	10.94	33.73	1.90	1	304
Factor Expansión	1.02	0.97	0.96	1.01	1.04	1.07	1.21	1	
TPDA(vpd)	106	30	115	1	11	36	2	1	303
%TPDA	34.91	9.93	38.09	0.32	3.76	11.77	0.89	0.33	100.00
%Veh. Livianos	83.24					%Veh. Pesados	16.75		100.00

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°3. Se presenta que el TPDA es de 303 vpd, obtenido de la aplicación de los factores de la estación permanente 1907 a los datos del conteo de 12 horas realizado en el sitio del proyecto. De manera particular es notable que dentro de los vehículos livianos las camionetas representan el más alto porcentaje en el TPDA (38.09%), seguido por las motos (34.91%) y los autos (9.93%) y en menor proporción se encuentran los Micro bus < de 15 pasajeros (0.32%).

En lo que respecta a vehículos pesados, se observa que los C2 5+ton obtienen un mayor porcentaje (11.77%), seguido por los buses (3.76%) y con menos presencia están el C3 con (0.89%) y los vehículos agrícola con (0.33%).

En cuanto a la composición vehicular global se obtuvo que los vehículos livianos representan un 83.24% del TPDA, los vehículos pesados un 16.75%.

Lo anterior indica que el porcentaje de vehículos pesados es considerablemente bajo con respecto a la cantidad de vehículos livianos, a pesar de esto, no se subestima los valores generados por vehículos livianos, ya que aunque sus pesos no muestran ser altos han contribuido en menor escala a la destrucción de la vía debido a las constantes repeticiones, lo cual no contribuye al desarrollo local.

2.7 Proyección del Tránsito.

La práctica normal de las proyecciones de tráfico indica que para un proyecto de rehabilitación y mejoramiento, estas deben ser desarrolladas en base a estimaciones de viajes basadas en el uso futuro del suelo así como de factores socioeconómicos tales como PIB (Producto Interno Bruto), el crecimiento poblacional y el historial de tránsito de la zona.

2.7.1 Tasa de Crecimiento Vehicular (Tc).

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentajes. Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta otras variables como: El Producto Interno Bruto (PIB), Tasa de Crecimiento Poblacional y el historial de Tránsito en la zona según datos del MTI.

2.7.2 Producto Interno Bruto (PIB).

Esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de una nación en un periodo. El PIB en congruencia al poder adquisitivo (PPA) de una nación es la suma de valor de todos los bienes y servicios producidos en un país. Se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo.

Según datos del banco central de Nicaragua el PIB entre los años 2008 - 2014, la economía nacional alcanzó porcentajes de crecimiento y decrecimiento de acuerdo a cifras del anuario de estadísticas económicas del Banco Central de Nicaragua obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N°4. Evolución del Producto interno bruto (PIB), a precios Constantes.

AÑO	PIB (mill C\$)	% Crecimiento PIB
2013	154,936.8	4.9
2014	162,351.3	4.8
2015	170,131.6	4.8
2016	177,894.9	4.6
2017	186,212.4	4.7
2018	179,107.0	- 3.8
2019	178,748.8	- 0.2
Promedio		2.8

Fuente: Banco Central de Nicaragua (BCN)

En la tabla N°4. Podemos ver que según el Banco central de Nicaragua la tasa promedio del PIB es de **2.8%** para el periodo comprendido de 2013 - 2019.

Para poder proyectar el PIB, el Banco Central de Nicaragua (BCN) tomo en cuenta dos aspectos fundamentales tales como la actividad económica y el enfoque de gastos entre años.

2.7.3 Crecimiento Poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando "tiempo por unidad" para su medición.

Según las estadísticas poblacionales cuantificadas por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), actualmente Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) se obtuvieron las tasas de crecimiento por municipio, las cuales fueron ajustadas a las tasas estimadas para los departamentos. Finalmente, para la proyección hasta el año 2020, se tomó la población base del año 2005 ajustándose a los techos departamentales proyectados al 30 de junio de cada año.

Tabla N°5. Tasa de Crecimiento Poblacional (2005- 2020).

AÑO	Tasa Crecimiento
2005 - 2010	0.5
2010 - 2015	0.4
2015 - 2020	0.3
Promedio	0.4

Fuente: Proyecciones de la Población. INIDE. Año 2005. Pág. 42.

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE); en el año 2010 la tasa de crecimiento poblacional en el municipio de San José de los Remates fue de **0.4**.

2.7.4 Historial de Tránsito de la Zona.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio u otras vías de naturaleza similar.

Para el presente tramo se ha encontrado información histórica o estadística de tráfico en el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) que pueda ser de utilidad.

En la tabla N°6 Se presenta los registros históricos del tránsito de la estación de control 1907 en el período (2000 – 2014), durante éste ha presentado un comportamiento variable que va de 74 vpd en el año 2000 a 145 vpd en el año 2014.

Este comportamiento irregular del flujo vehicular se debe o se considera que ha sido principalmente, producto de las diferentes condiciones físicas que ha presentado en este periodo la superficie de rodamiento a lo largo del tramo.

2.7.5 Crecimiento Vehicular.

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular aplicamos la siguiente ecuación:

$$TC = \left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (\text{Ecuación N°5})$$

Dónde:

TC : Tasa de crecimiento vehicular.

TPDA_i : Tráfico promedio diario actual.

TPDA_o : Tráfico promedio diario del año base.

n : Diferencia de años.

Para el comportamiento vehicular tomamos en cuenta el tránsito de la estación sumaria N° 1907 cubierta por el MTI; al que corresponde nuestro tramo en estudio (NN – 80) San José de los Remates – Las Cañadas.

Tabla N°6. Historial de Tránsito San José de los Remates – Las Cañadas (NN-80) Est. N°1907.

AÑO	TPDA (vpd)	Tasa de Crecimiento
2000	74	-
2004	109	0.10
2005	116	0.06
2008	138	0.06
2011	180	0.09
2014	145	-0.07
Promedio		0.048

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico año 2014 MTI. Pág. 192.

Aplicando la Ecuación N°5 para determinar la tasa de crecimiento para el período (2000 – 2004) obtenemos.

$$TC = \left(\frac{109}{74} \right)^{\frac{1}{4}} - 1$$

$$TC = 0.10 * 100$$

$$TC = 10 \%$$

Al realizar una comparación de los históricos de TPDA de la estación de conteo permanente 1907 San José de los Remates – Las Cañadas se refleja una tasa de crecimiento promedio del **4.8%** desde el año 2000 al año 2014.

Tabla N°7. Tasa de Crecimiento del Tránsito % (i).

Tasa de Crecimiento	Promedio Porcentaje
PIB	2.8
Poblacional	0.4
Vehicular	4.8
(i)	2.7%

Fuente: Elaboración Propia.

Relacionando la tasa de Crecimiento Económico, Poblacional y Vehicular se obtuvo un valor promedio 2.7% debido a este factor de Crecimiento se tomara la tasa del PIB 2.8% \approx **i = 3%** por ser esta la tasa más acorde a la economía y crecimiento del país para la proyección de tránsito.

2.8 Período de Diseño (N).

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen alterar, el funcionamiento del pavimento.

Basándonos en el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectoras rurales es de 10 a 20 años.

Hoy en día, se recomienda que se estudien los pavimentos para un período de comportamiento mayor, ya que ellos pueden dar lugar a una mejor evaluación de las alternativas a largo plazo basadas en análisis de corto-tiempo.

Tabla N°8. Período de Diseño (N).

Tipo de Carretera	Período de Diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	10 – 20
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001. Pág. 10.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de

n = 20 años.

2.8.1 Tránsito de Diseño.

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tráfico actual así como en los incrementos de tránsito que se espera utilicen la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro.

2.8.2 Tránsito Inicial en el Año 0 (T_0).

Es el TPDA inicial determinado a partir del conteo vehicular que se realiza en el tramo a diseñar.

2.8.3 Determinación del Tránsito Proyectado.

Es el volumen de tránsito para un año cualquiera, siendo el número de veces, que pasará el tránsito por la vía en (n) años, calculándose mediante la siguiente ecuación.

$$T_f = T_0 * (1 + i)^n \quad (\text{Ecuación N}^\circ 6)$$

Dónde:

To: Tránsito Inicial en el año n.

i: Tasa de crecimiento anual en % (Ver Tabla N°7)

n: Número de año en el período de diseño.

Sustituyendo valores se obtiene:

$$TPDA_{2040} = 106 * (1 + 0.03)^{20}$$

$$TPDA_{2040} = 191 \text{ Veh}$$

Los valores restantes del **TPDA** proyectado se presentan en la siguiente Tabla a continuación.

Tabla N°9. Tránsito Proyectado para el Tramo: San José de los Remates – Las Cañadas hasta el año 2040.

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₂₀	Tasa de Crecimiento	n	TPDA Proyectado 2040
Motos	106	0.03	20	191
Autos	30	0.03	20	54
Camionetas	115	0.03	20	208
Micro Bus	1	0.03	20	2
Bus	11	0.03	20	20
C2	36	0.03	20	65
C3	2	0.03	20	4
V. Agrícola	1	0.03	20	2
Total				546

Fuente: Elaboración Propia.

2.8.4 Factor de Crecimiento (FC).

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito, la tasa del incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

$$FC = \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right] * 365 \quad (\text{Ecuación N}^\circ 7)$$

Dónde:

FC : Factor de crecimiento.

365 : Días del año.

i : Tasa de crecimiento del tránsito (%). (Ver Tabla N°7)

n : Período de diseño (años).

Sustituyendo valores se obtiene:

i : 3 %.

n : 20 años

$$FC = \left[\frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} \right] * 365$$

$$FC = 9,808$$

2.8.5 Factor Direccional (FD).

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad va en otra.

Tabla N°10. Factor de Distribución por Dirección (FD).

Número de Carriles en Ambas Direcciones	FD
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de **FD = 0.5** para el tramo en estudio.

2.8.6 Factor de Distribución por Carril (fc').

Este factor se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla N°11. Factor de Distribución por Carril (fc').

Número de Carriles en una Sola Dirección	Fc'
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Para nuestro tramo en estudio asignamos el valor de **fc = 1** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

2.8.7 Determinación del Tránsito de Diseño.

Teniendo el tránsito inicial proyectado se procede a determinar el tránsito de diseño, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento que se han determinado con anterioridad, mediante la siguiente ecuación:

$$TD = To * FC * FD * fc \quad (\text{Ecuación N° 8})$$

Donde:

TD : Tránsito de diseño.

To : Tránsito Inicial en el año 0.

FC : Factor de Crecimiento.

FD : Factor de Distribución Direccional.

fc : Factor Carril.

Sustituyendo valores en Ecuación N° 8:

$$TD_{(\text{autos})} = TPDA_{(\text{autos})} * FC * FD * fc.$$

$$TD_{(\text{autos})} = 30 * 9,808 * 0.5 * 1$$

$$TD_{(\text{autos})} = 147,120 \text{ vpd}$$

Los valores restantes del Tránsito de Diseño (TD) se presentan en la Tabla a continuación.

Tabla N°12. Tránsito de Diseño para el Tramo: San José de los Remates – La Cañada.

Tipo de Vehículo	TPDA2020	FC	FD	fc	TD 2040
Autos	30	9,808	0.5	1	147,120
Camionetas	115	9,808	0.5	1	563,960
Micro Bus	1	9,808	0.5	1	4,904
Bus	11	9,808	0.5	1	53,944
C2	36	9,808	0.5	1	176,544
C3	2	9,808	0.5	1	9,808
V. Agrícola	1	9,808	0.5	1	4,904
Total					961,184

Fuente: Elaboración Propia.

El tránsito de diseño total es de **961,184** vehículos por día.



CAPITULO III
ESTUDIO DE SUELO

3.1 Generalidades.

El suelo es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos.

El suelo es un material no homogéneo y poroso cuyas propiedades son influenciadas por los cambios de humedad y densidad. Las partículas individuales de los suelos pueden ser de dos tipos:

Partículas Granulares: Son conjunto de cristales minerales se les puede observar y presentan formas redonda y angular.

Partículas Arcillosa: Son partículas laminares minúsculas que se les puede ver a través de un microscopio.

3.2 Clasificación de los Suelos.

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene prácticamente su campo de aplicación según la necesidad y el uso que los haya fundamentado. La clasificación consiste en el ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tiene semejantes propiedades.

3.2.1 Clasificación AASHTO.

La American Association of State Highway Officials adopto este sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145 - 87), en el que los suelos se agrupan en función de su comportamiento como capa de soporte es el sistema más utilizado en la clasificación de suelos en carreteras.

En esta clasificación los suelos se ordenan en siete grupos (A-1, A-2,...A-7), según su granulometría y plasticidad. Más concretamente en función del porcentaje que pasa por los tamices N°200, N°40 Y N°10 y de los límites de atterberg de la fracción que pasa por el tamiz N°40. Estos siete grupo corresponde a dos grandes categoría de suelos, suelos granulares (con no más del 35% que pasa por el tamiz N°200) suelos limo-arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N°200)

3.3 Propiedades Físico-Mecánicas de los Suelos.

Para el diseño de cualquier tipo de pavimento, es necesario tener información adecuada acerca de las características de suelo sobre el cual se construirá el pavimento para la selección de los materiales, especificaciones de construcción y el control de calidad. La medida más adecuada es por cierto, hacer ensayos de suelos ya sea tomando muestras para ser analizadas en laboratorios o ensayos in situ que también llevan a resultados satisfactorio.

Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras; posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades, a lo largo de la línea del proyecto y de los bancos de material en las inmediaciones del mismo: Granulometría, Límite de Atterberg (líquido e índice plástico), Valor Soporte (CBR), Densidad, Humedad.

3.3.1 Ensayos para Determinar las Propiedades Físicas de los Suelos.

3.3.2 Análisis Granulométrico.

La granulometría de partículas se determina por un análisis de tamices efectuados sobre las muestras de agregados. Consiste hacer pasar la muestra por una serie de tamices de diferentes aberturas.

Un Suelo conforme a su Granulometría se Clasifica así:

- **Grava:** De un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz N° 10 (2mm)
- **Arena gruesa:** De un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz N°40 (0.425mm)
- **Arena fina:** De un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz N°200 (0.075mm).
- **Limos y arcillas:** Tamaños menores de 0.075 mm

3.3.2 Límites de Atterberg.

Se conocen generalmente de esta forma a los ensayos que se realizan en los suelos para determinar el límite líquido y el índice de plasticidad. Estos ensayos se refieren a dos de los cinco límites que fueron propuestos por Atterberg para identificar y clasificar los suelos.

- **Determinación del Límite Líquido (LL):** Es el contenido de humedad que tiene un suelo al momento de pasar de estado plástico a semilíquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir.
- **Determinación del Límite Plástico (LP):** Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo. En este estado el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, existen cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento.
- **Determinación del Índice Plástico (IP):** Es la diferencia entre **LL** y **LP**, que nos indica la plasticidad del material.

3.3.3 Ensayos de Compactación.

Se llama compactación al proceso de aplicación de carga sobre una mezcla de suelo con su consecuente reducción de volumen y aumento de densidad, es conveniente la compactación de un suelo ya que reduce su compresibilidad, incrementa su resistencia al esfuerzo cortante y lo hace más impermeable.

3.3.4 Densidad Seca Máxima.

Es el peso seco máximo, obtenido cuando el material se mezcla con diferentes porcentajes de agua y se compacta de una manera normal preestablecida de acuerdo al método utilizado.

3.3.5 Optimo Contenido de Humedad.

Es el porcentaje de agua con el cual se obtiene la densidad seca máxima para el esfuerzo de compactación especificado.

3.4 Ensayos para Determinar las Propiedades Mecánicas de los Suelos.

Los ensayos de resistencia miden la capacidad actual de los materiales para resistir deformaciones. La prueba más empleada en nuestro país es el CBR (California Bearing Ratio), que clasifica a los suelos en una escala porcentual que va generalmente de 1 a 100 %.

3.4.1 Valor Soporte California (CBR).

El índice de CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Su objeto es simular las condiciones de saturación a las cuales van a estar sometidos los suelos como la sub rasante de una carretera, obteniendo de esta forma las condiciones más críticas a las que va estar sometido el suelo por acción de cargas vehiculares.

3.5 Análisis y Evaluación de Datos del Suelo del Tramo en Estudio.

El estudio de suelo para el tramo de San José de los Remates – Las Cañadas, suministrará datos suficientes del subsuelo que nos permitirá definir las propiedades geotécnicas más importantes de los suelos y materiales, De igual manera localizar los bancos de materiales para préstamos con el fin de aplicar las respectivas pruebas para determinar su volumen razonable y explotable de los suelos.

Para ello se tiene que llevar a cabo la investigación sistemática de los terrenos del trazado de la vía; junto con un estudio más detallado de los puntos en los que sea previsible la aparición de algún problema particular. Debe además suministrar información para la selección de Bancos de préstamos de materiales para terracerías, sub.-base y base.

3.5.1 Investigación Efectuada.

El estudio de los suelos y bancos estuvo a cargo de EDICRO, S.A, contratado por Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Se ubicaron de forma alterna en el centro, derecha e izquierda de la línea central y dentro de la plataforma del camino o carretera.

Los trabajos de campo consisten en la ejecución de 89 sondeos de líneas (manuales) de 1.50 mts de profundidad, a razón de 10 sondeos por kilómetro, distribuidos a lo largo de los 8.56 km del camino investigado. El trabajo consistió en ejecutar calicatas de 30 cm. de diámetro por 1.50 mts de profundidad, con el fin de obtener muestras semilaterales de cada sitio, a excepción de los sitio donde se detectó roca, que por su dureza, no fue necesario perforar más allá.

Se tomaron 274 muestras, a la que se le efectuó una clasificación visual y al tacto para determinar de manera aproximada su plasticidad y textura, a fin de conocer preliminarmente el tipo de suelo si era arcilloso, grava o roca. Posteriormente las muestras tomadas fueron trasladadas al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes.

3.5.2 Resultados de los Ensayos sobre la Línea.

Se determinó que diversos sectores de la vía, están cimentados en roca, cuyo manto se ubica a poca profundidad, oscilando entre los 0.30 mts a 0.80 mts. Los principales sitios se enumeran a continuación: de la 0+000 – 0+100, 1+003.92 – 1+081.92, 1+401.12, 1+831.42, 2+193.50 – 2+293.83, 3+200.29 – 3+868.09, 4+067.30, 4+353.22, 4+551.59, 4+847.69 – 4+943.42, 6+357.39, 6+426.42, 7+405.90 – 8+101.13, 8+397.97 – 8+489.02.

Los sondeos 73.a Estación 7+194.86, a 2.80 mts derecha de la línea central, y el sondeo 73.b Estación 7+184.86, a 2.70 mts a la izquierda de la línea central; fueron ejecutados para detectar el nivel freático, debido a presencia de lagunas en esas estaciones y no se detectó infiltración de agua provocadas por las mismas.

Del total de muestras tomadas de los estratos de suelos encontrados a lo largo de la vía, se agruparon aquellas que tenían similitud en sus características físicos mecánicos y se trasladaron al laboratorio para efectuarle los ensayos correspondientes, con el fin de determinar las características básicas de los suelos, tales como límites, índices, clasificación y CBR.

Los resultados de los ensayo de las muestras con el mismo tipo de clasificación fueron once (11) grupos, siendo éstos: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6.

A estas agrupaciones se le realizaron los siguientes ensayos para tomar su clasificación física y mecánica.

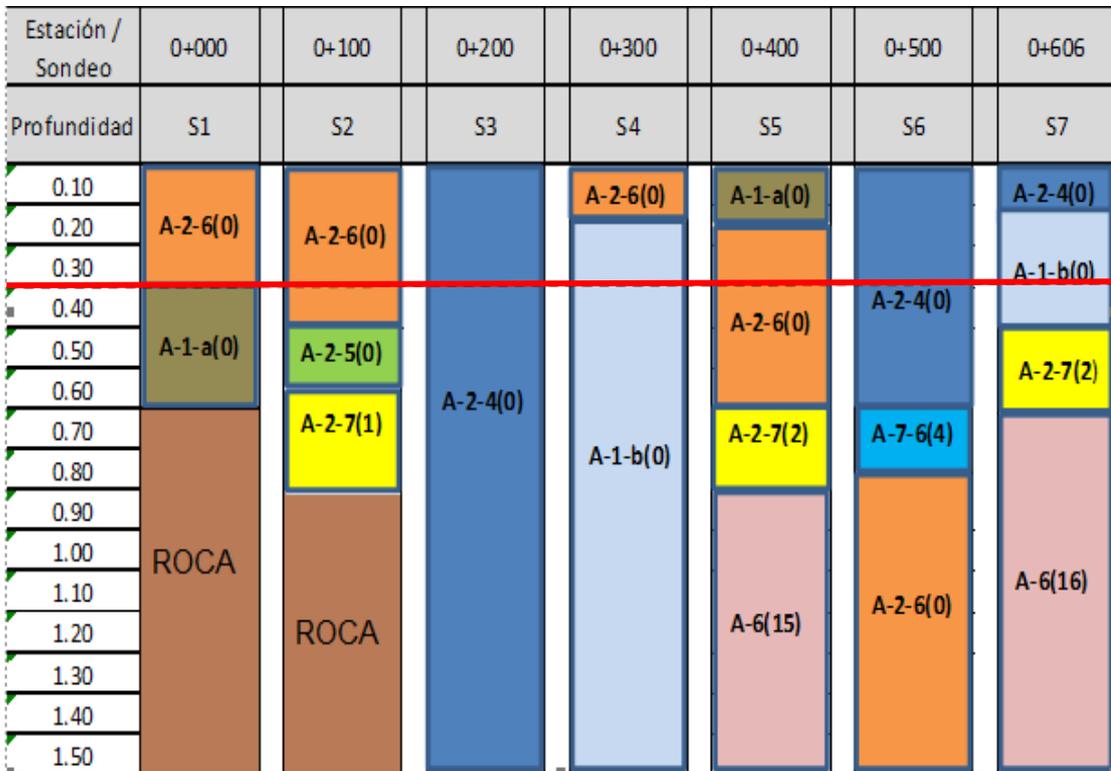
Tabla N° 13. Ensayos de Laboratorios.

Tipo de Ensayo	Designación A.A.S.H.T.O
Análisis granulométrico de los suelos	T 27 – 88
Límite líquido de los suelos	T 89 – 90
Índice de plasticidad de los suelos	T 90 – 97
Pesos Unitarios (*)	T 19 – 88
Ensayo Proctor Modificado (*)	T 180 – 90
Ensayo C.B.R. (*)	T 193 – 81

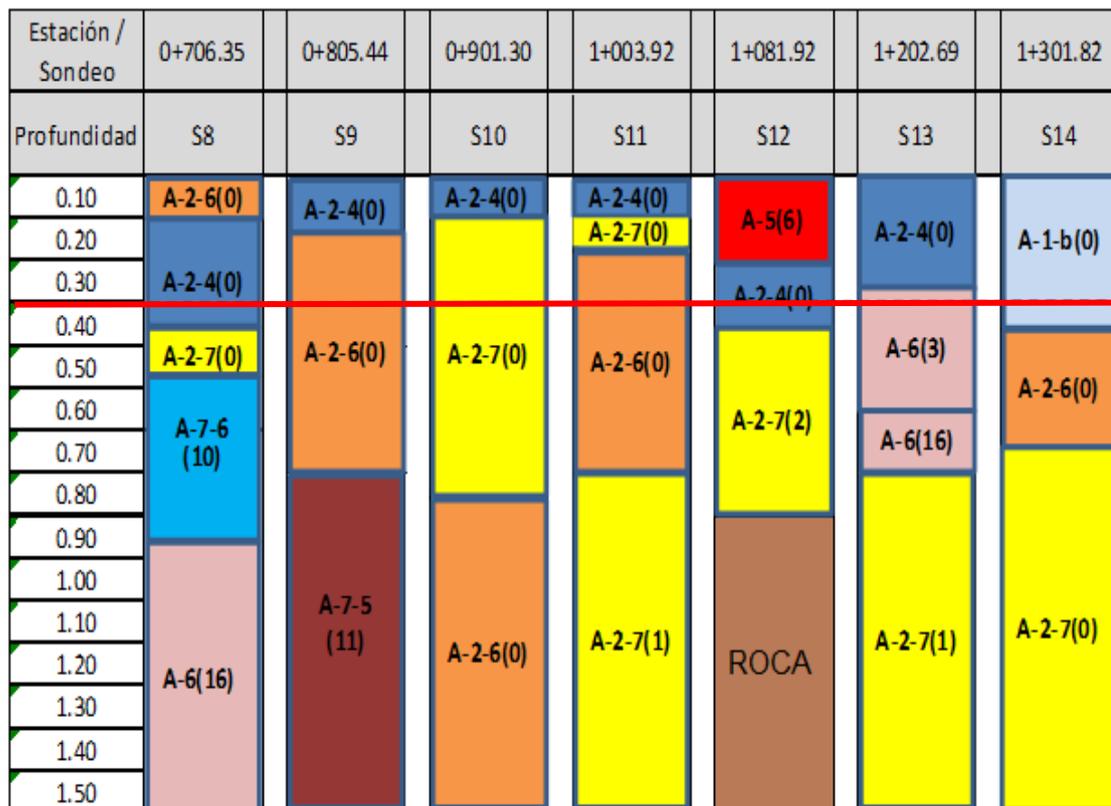
Fuente: Laboratorio EDICRO, S.A.

Grafico N° 1. Columna Estratigráfica
Tramo: San José de los Remates – La Cañada

Est. 0+000 a la Est. 8+489.02



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	1+401.12	1+525.65	1+625.45	1+731.95	1+831.48	1+930.70	2+030.62
Profundidad	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
0.10	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.20	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.30	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
0.40	A-6(8)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
0.50	A-7-6(14)	A-2-6(0)	A-7-6(3)	A-6(2)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
0.60	A-7-6(14)	A-2-6(0)	A-7-6(3)	A-6(2)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
0.70	A-7-6(14)	A-2-6(0)	A-7-6(3)	A-6(2)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
0.80	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-7-6(3)	A-6(2)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
0.90	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-7-6(3)	A-6(2)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)
1.00	ROCA	A-7-6(3)	A-7-6(3)	A-2-7(1)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-5(0)
1.10	ROCA	A-7-6(3)	A-7-6(3)	A-2-7(1)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-5(0)
1.20	ROCA	A-7-6(3)	A-7-6(3)	A-2-7(1)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-5(0)
1.30	ROCA	A-7-6(3)	A-7-6(3)	A-2-7(1)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-5(0)
1.40	ROCA	A-7-6(3)	A-7-6(3)	A-2-7(1)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-5(0)
1.50	ROCA	A-7-6(3)	A-7-6(3)	A-2-7(1)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-5(0)

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	2+095.16	2+193.50	2+293.83	2+393.20	2+493.33	2+617.08	2+717.25
Profundidad	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28
0.10	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-1-b(0)
0.20	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-1-b(0)
0.30	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-1-b(0)
0.40	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)
0.50	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)
0.60	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)
0.70	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)
0.80	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-7(0)
0.90	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(3)	A-6(15)	A-2-5(0)
1.00	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(3)	A-6(15)	A-2-5(0)
1.10	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(3)	A-6(15)	A-2-5(0)
1.20	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(16)	A-6(15)	A-2-5(0)
1.30	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(16)	A-6(15)	A-2-5(0)
1.40	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(16)	A-6(15)	A-2-5(0)
1.50	A-6(3)	ROCA	ROCA	A-6(15)	A-7-6(16)	A-6(15)	A-2-5(0)

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	2+816.07	2+917.37	3+001.48	3+101.75	3+200.29	3+300.82	3+399.33
Profundidad	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35
0.10							
0.20		A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.30	A-2-6(0)						A-2-5(0)
0.40		A-2-6(0)				A-2-7(0)	
0.50					A-2-7(0)		
0.60			A-2-4(0)				A-2-4(0)
0.70							
0.80							
0.90							
1.00	A-7-5(10)	A-7-5(19)		A-2-7(0)	ROCA	ROCA	
1.10							
1.20			A-4(0)				A-2-6(0)
1.30							
1.40							
1.50							

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	3+496.18	3+593.26	3+692.78	3+868.09	3+967.28	4+067.30	4+165.00
Profundidad	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42
0.10	A-2-4(0)		A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.20		A-2-4(0)			A-2-7(0)		A-2-5(0)
0.30	A-2-7(0)		A-2-7(0)	A-2-5(0)			
0.40			A-2-6(0)				A-2-6(0)
0.50					A-2-4(0)	A-2-7(0)	
0.60	A-2-4(0)			A-2-7(0)			
0.70							
0.80		A-2-7(1)	A-2-7(0)		A-2-7(0)		A-2-7(0)
0.90							
1.00							
1.10	ROCA			ROCA		ROCA	
1.20					A-4(5)		
1.30		ROCA	ROCA				A-4(5)
1.40							
1.50							

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	4+264.64	4+353.22	4+452.98	4+551.59	4+649.87	4+751.22	4+847.69
Profundidad	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49
0.10	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)		A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.20	A-2-5(0)						
0.30					A-2-5(0)		
0.40		A-2-5(0)	A-2-5(0)	A-2-4(0)		A-2-6(0)	A-2-7(0)
0.50	A-4(5)				A-2-4(0)		
0.60		A-2-6(0)	A-2-6(0)				
0.70		A-2-7(0)					
0.80							
0.90							
1.00	A-2-7(0)	ROCA	A-2-7(0)	A-4(5)	A-4(5)	A-4(5)	ROCA
1.10							
1.20				ROCA			
1.30							
1.40							
1.50							

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	4+943.42	5+042.62	5+137.71	5+237.97	5+333.81	5+437.00	5+532.66
Profundidad	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56
0.10		A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)
0.20	A-2-4(0)						
0.30							
0.40	A-2-6(0)		A-2-6(0)				A-2-6(0)
0.50							
0.60	A-2-7(0)			A-2-5(0)		A-2-4(0)	
0.70							A-7-5(11)
0.80		A-2-6(0)			A-2-6(0)		
0.90							
1.00							
1.10	ROCA		A-2-7(0)	A-2-7(0)		A-7-6(1)	A-2-7(0)
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	5+632.62	5+732.67	5+832.49	5+932.00	6+032.28	6+130.46	6+230.42
Profundidad	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63
0.10	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.20	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-7(0)	A-2-5(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.30	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.40	A-2-7(0)	A-2-5(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.50	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.60	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.70	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.80	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.90	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
1.00	A-7-5 (11)	A-2-4(0)	A-2-7 (16)	A-7-6 (16)	A-2-7(0)	A-7-5 (20)	A-7-5 (12)
1.10	A-7-5 (11)	A-2-4(0)	A-2-7 (16)	A-7-6 (16)	A-2-7(0)	A-7-5 (20)	A-7-5 (12)
1.20	A-7-5 (11)	A-2-4(0)	A-2-7 (16)	A-7-6 (16)	A-2-7(0)	A-7-5 (20)	A-2-7(0)
1.30	A-7-5 (11)	A-2-4(0)	A-2-7 (16)	A-7-6 (16)	A-2-7(0)	A-7-5 (20)	A-2-7(0)
1.40	A-7-5 (11)	A-2-4(0)	A-2-7 (16)	A-7-6 (16)	A-2-7(0)	A-7-5 (20)	A-2-7(0)
1.50	A-7-5 (11)	A-2-4(0)	A-2-7 (16)	A-7-6 (16)	A-2-7(0)	A-7-5 (20)	A-2-7(0)

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	6+238.47	6+357.39	6+426.42	6+521.08	6+619.35	6+719.40	6+819.68
Profundidad	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70
0.10	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)
0.20	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)
0.30	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)
0.40	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)
0.50	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)
0.60	A-7-5 (12)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
0.70	A-7-5 (12)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
0.80	A-7-5 (12)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
0.90	A-7-5 (12)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
1.00	A-7-5 (12)	ROCA	A-2-5(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
1.10	A-2-7(0)	ROCA	ROCA	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-4(0)	A-7-5 (12)
1.20	A-2-7(0)	ROCA	ROCA	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-4(0)	A-7-5 (12)
1.30	A-2-7(0)	ROCA	ROCA	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-4(0)	A-7-5 (12)
1.40	A-2-7(0)	ROCA	ROCA	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-4(0)	A-7-5 (12)
1.50	A-2-7(0)	ROCA	ROCA	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-4(0)	A-7-5 (12)

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	6+919.68	7+019.37	7+119.61	7+194.86	7+184.86	7+214.86	7+310.94
Profundidad	S71	S72	S73	S73.a	S73.b	S74	S75
0.10	A-2-7(0)	A-2-7(0)				A-2-7(0)	
0.20							
0.30							
0.40	A-2-6(0)						A-2-7(0)
0.50		A-2-6(0)	A-2-4(0)				
0.60				A-2-4(0)	A-2-4(0)		
0.70							
0.80						A-2-4(0)	
0.90							
1.00	A-7-5(20)						
1.10		A-7-5(20)					
1.20			A-7-5(7)				ROCA
1.30							
1.40				A-7-6(7)	A-7-6(7)		
1.50							

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	7+405.90	7+801.60	7+604.93	7+705.72	7+804.28	7+903.32	8+001.49
Profundidad	S76	S77	S78	S79	S80	S81	S82
0.10							
0.20					A-2-6(0)	A-2-4(0)	
0.30			A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)		A-2-4(0)
0.40	A-2-4(0)	A-2-4(0)				A-2-7(0)	
0.50				A-2-4(0)			
0.60							
0.70							
0.80							A-2-7(0)
0.90							
1.00			ROCA		ROCA	ROCA	
1.10				ROCA			
1.20	ROCA	ROCA					
1.30							
1.40							ROCA
1.50							

Fuente: Elaboración Propia.

Estación / Sondeo	8+101.13	8+200.11	8+299.14	8+397.97	8+489.02
Profundidad	S83	S84	S85	S86	S87
0.10	A-2-4(0)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
0.20		A-2-4(0)			
0.30			A-2-4(0)	A-2-4(0)	
0.40		A-2-6(0)	ROCA	ROCA	
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3 Investigación de Fuentes de Materiales.

La investigación de fuentes de materiales aptas para el uso de la construcción del espesor de pavimento, es una actividad que se realiza como parte de la búsqueda de obtener costos menores en la construcción de las vías disminuyendo en lo posible, la longitud de acarreo del material de préstamo. La investigación de las posibles fuentes de materiales se realizó a lo largo de la vía, tomando las muestras necesarias para un análisis correspondiente. En cada banco se realizaron calicatas de 3.0 mts de profundidad distribuidas en el área del banco.

Se investigaron 2 bancos de materiales en los cuales se obtuvieron 6 muestras tomadas de exploraciones a cielo abierto de 2 mts x 2 mts x 2 mts y hasta 3 mts de profundidad.

Tabla N°14. Bancos de Materiales Investigados.

Nº. Nombre	Ubicación	Coordenadas Geográficas	Estimado de Reservas (m ³)
Nº 1. El Cementerio	A 1,200 m de la Est.0 + 000	X= 633539	20,000
		Y= 1392780	
Nº 2. Justina Jarquín	A 1,600 izq del Empalme la Cañada	X= 630268	20,000
		Y= 1398632	

Fuente: Laboratorio LAMSA Ingenieros Consultores.

En total fueron dos los sitios de bancos investigados, pero se detectó la existencia de otro sitio con aparente presencia de materiales adecuados para el proyecto, siempre ubicados cerca del camino. De tal manera que la selección de los dos sitios investigados se hizo en base a lo que se observaron con mejor calidad y mayor potencial de explotación.

Para cada sitio la Tabla N°15 presenta su propietario, ubicación respecto al estacionamiento de la línea del camino con su respectiva distancia de desviación derecha o izquierda de dicha línea. Además las coordenadas de ubicación geográfica en WS-84 tomadas en el eje del camino al frente del banco; también se incluye la estimación de los volúmenes de reservas o de explotación probable, obtenidos mediante consideraciones geomorfológicas y de mediciones de las dimensiones del banco y/o estimaciones visuales, en combinación a consideraciones y criterios basados en la experiencia del ingeniero de campo.

3.5.4 Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.

Con relación a la investigación en fuentes de materiales, se logró muestrear dos bancos de materiales, cuyos resultados presentamos en la Tabla N°16. Los resultados de laboratorio comprenden la distribución de tamaños o granulometría del material, su plasticidad, clasificación AASHTO.

En general los bancos de materiales investigados poseen de excelente a buena calidad para su uso en el proyecto. La resistencia o valor relativo soporte (CBR) de estos materiales varía entre 76% y 80 % al 95 % de compactación, de acuerdo con la metodología Proctor Modificado.

Tabla N°15. Resultados de Ensayos de Laboratorio de las Fuentes de Materiales.

Densidad Maxima Kg/m ³	CBR 95%	Humedad Optima %	% Que Pasa por el Tamiz											L.L (%)	I.P (%)	Clasificacion AASHTO
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
Fuente de Materiales: N°1. El Cementerio																
2,351	80	6	100	90	79	62	56	50	40	34	18	10	23	4	A-1-a (0)	
Fuente de Materiales: N°2. Doña Justina																
2,324	76.4	8.7	100	99	88	76	62	50	34	24	14	8	21	2	A-1-a (0)	

Fuente: Laboratorio LAMSA Ingenieros Consultores.

Tabla N°16. CBR de los Bancos de Materiales.

Banco de Materiales	CBR	L.L	I.P	Humedad Optima %	Clasificacion	
	95%	%	%		SUCS	AASHTO
N°1. El Cementerio	80	23	4	6	GW	A-1-a (0)
N°2. Doña Justina	76.4	21	2	8.7	GW	A-1-a (0)

Fuente: Laboratorio LLAMSA Ingenieros Consultores.

3.5.5 Fuente de Materiales de los Bancos.

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio de suelos, se observa que el banco N°1 y el banco N°2 contienen un material según las normas AASTHO (A.S.T.M) que se clasifica como A-1-a (0), estos son suelos que contienen Gravas limo Arenosas color café claro.

Los análisis de laboratorio de suelos demuestran que el material de ambos banco cumple con las especificaciones granulométricas exigidas para material de base de la norma Nic-2000. Sección 1003, Cuadro 1003-3. (Ver Anexo Tabla N°40, Pág. XII)

La Capa de base, se construirá haciendo uso del banco de material **N°1. El Cementerio**, este material se considera como muy bueno para base.

3.6 Especificaciones Técnicas de las Diferentes Capas que constituyen la Estructura de Pavimento.

3.6.1 Pavimentos Flexibles.

Un pavimento flexible está compuesto principalmente por una capa asfáltica (Carpeta de rodamiento), la base, sub – base y sub – rasante, colocadas en un orden tal como que la capa de mejor calidad se encuentra cerca de la superficie. Su diseño consiste en una distribución de esfuerzos de las cargas, dirigidas desde la superficie donde se generan las mayores tensiones hasta que llegue a un nivel aceptable para la sub – rasante, es decir hasta un nivel donde la capacidad de soporte del suelo sea mayor que el esfuerzo que se le transmite.

3.6.2 Superficie de Rodamiento.

La superficie de rodamiento consistirá de una estructura flexible constituida por materiales endurecidos para reducir los esfuerzos hacia las terracerías, pueden ser materiales granulares o comúnmente de concreto asfáltico o hidráulico. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos.

Su función primordial será de proteger la base impermeabilizando la superficie para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores, además evita que se desgaste o desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

3.6.3 Base.

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta asfáltica es colocada sobre ella, la base normalmente se construyen con espesores relativamente altos (20 a 30 cms), con lo cual se logra adsorber parte de los esfuerzos y distribuirlos a las capas inferiores en una magnitud tal que puedan ser soportados por materiales de menor calidad, como son los que conforman las capas de sub – base o de sub – rasante.

La base estará constituida por agregados seleccionados, compuestos preferiblemente de grava o de agregados triturados. La base se deberá colocar en una capa y compactarse a un mínimo de 95% Próctor Modificado (ASTM D 1557).

Tabla N°17. Especificaciones de Materiales para Base Granular.

N°	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	CBR	80% min.	AASHTO-193
4	Desgaste de los Angeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

Tabla N°18. Comparación de Bancos de Materiales vs Especificaciones.

Banco de Prestamos	Especificacion de los Materiales Nic 2000			Tamaño del Tamiz	Porcentaje en peso que pasa por tamiz (AASHTO T - 27 y T - 11)				
	L.L %	I.P %	CBR %		Designacion de Graduacion				
	25 Max	6 Max	80 Min		Banco 1	Banco 2	C Base	D Base	E Base
N° 1. El Cementerio	23	4	80	2"	100	100	100(1)		
				1 1/2"	90	99	97-100(1)	100(1)	
				1"	79	88		97-100(1)	100(1)
				3/4"	62	76	67-81(6)		97-100(1)
N° 2. Doña Justina	21	2	76.4	3/8"	50	50		56-70(7)	67-79(6)
				N 4	40	34	33-47(6)	39-53(8)	47-59(7)
				N 10	34	24			
				N 40	18	14	10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)
				N 200	10	8	4-8(3)	4-8(3)	4-8(3)

Fuente: Especificaciones Nic-2000.

3.6.4 Sub – base.

Esta capa impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evita que el pavimento sea adsorbido por la sub – rasante. Normalmente es construida con materiales granulares sin procesar, con espesores relativamente mayores a los de la capa base (no siempre se emplea en el pavimento).

Esta deberá ser colocada sobre la terracería en una capa compactada hasta alcanzar el 95% mínimo de su peso volumétrico seco máximo (ASTM D 1557).

Tabla N°19. Especificaciones de Materiales para Sub-base.

N°	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	CBR	40% min	AASHTO-193
4	Desgaste de los Angeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (a).

3.6.5 Sub – rasante.

Es la capa que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento, en otras palabras es meramente el suelo preparado y compactado para soportar las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Tabla N°20. Especificaciones para los Materiales de Terraplenes y Capa de Sub - rasante.

N°	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% máx.	10% máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10% min	20% máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO-T-191 Y/O T- 238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g).



CAPITULO IV
DISEÑO DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO

4.1 Pavimento.

Un pavimento es una estructura conformada por capas de diferentes espesores, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año, de manera segura, cómoda y económica. Cada capa recibe las cargas de la capa superior, las distribuye, luego pasa estas cargas a la capa inmediatamente inferior. Por lo tanto, cuanto más abajo este una capa menor es la carga que recibe.

El diseño de pavimentos consiste en determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. El método utilizado para efectuar el diseño fue el de la A.A.S.H.T.O - 93.

El diseño de la estructura de pavimento está basado en los estudios del tránsito (cantidad de ejes equivalente a 18,000 lbs), las propiedades físicas y mecánicas del suelo (valor de soporte del suelo) en el área del proyecto y drenaje así como otras variables descritas a continuación en este capítulo:

4.2 Número Estructural.

El SN se denomina número estructural y es el número que expresa la resistencia estructural del pavimento, en términos del valor del soporte del suelo, los coeficientes adecuados convierten el valor SN en el espesor real de la carpeta, de la base y de la sub base, el SN inicial asumido es de 5.

4.3 Índice de Serviciabilidad.

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final la mejor forma para evaluar esto es por el índice servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tráfico. Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial, ρ_0 , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción y la serviciabilidad final o terminal, ρ_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista.

Los valores recomendados dependiendo del tipo de pavimento son los que se obtuvieron en el AASHTO Road Test:

4.3.1 Serviciabilidad Inicial:

$p_o = 4.5$ Para pavimentos rígidos.

$p_o = 4.2$ Pavimento Flexible.

4.3.2 Serviciabilidad Final:

$p_t = 2.5$ Lo más para caminos muy importantes.

$p_t = 2.0$ Para Caminos de Menor Transito.

4.3.3 Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la inicial y la final. (Diseño de pavimentos AASHTO - 93. Edición 2006, Pág.172). Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t \quad (\text{Ecuación N}^\circ 9)$$

$$\Delta\text{PSI} = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta\text{PSI} = 2.2$$

4.4 Análisis de Cargas y Ejes Equivalentes para el Diseño de Pavimento.

Para el análisis de carga se utiliza la clasificación de los ejes de carga de cada vehículo, debido a que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento.

Definiremos como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18,000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, haciendo uso del factor de equivalencia de carga (LEF), acumulados durante el período de diseño, se hará uso de las cargas por ejes por cada tipo de vehículo permitidas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (ver Anexo, Tabla N° 36 y Tabla N° 37, Pág. IX)

Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) existe un factor correspondiente que se obtienen de las tablas de la AASHTO 93 de los ejes sencillos y dobles, para cada eje de los vehículos la cual a su vez se sugiere utilizar el valor de **SN 5**, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes (ver Anexos, Tabla N°45, Pág. XXV y Tabla N°46, Pág. XXVI), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{Factor de Carga (LEF)} \quad (\text{Ecuación N° 10})$$

Para realizar el cálculo del ESAL's de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el período de diseño, y el factor de equivalencia de carga. Para obtener dicho factor se considera una **Serviciabilidad Final de 2.0**, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un **Coefficiente Estructural de Carga SN = 5**.

Calculamos el factor equivalente de carga (LEF) para cada tipo de vehículo según su peso por eje. Para un auto el eje delantero y el eje trasero pesan lo mismo, según diagrama de carga de vehículos livianos. Peso de eje: 2200 lbs.= 2.2 Kips.

4.4.1 Determinación de Ejes Equivalentes de 18 Kips (W18).

a) **Tabla N°21.** Datos de Entrada para Determinar los Factores de Carga (LEF):

Variables	Valores
SN	5.0
Pt	2.0
Tipo de Vehículo	Auto
Tipo de Eje	Sencillo
Peso por Eje (Kips)	2.2

Fuente: Elaboración Propia.

El peso por eje de cada vehículo es retomado del diagrama de cargas permisible emitido por el MTI (ver Anexos, Tabla N°37, Pág. IX)

Las tablas para determinar los LEF podrán encontrarse en Anexos, Tabla N°45 y Tabla N°46, Pág. XXV y XXVI.

Interpolarse entre 2.0 y 4.0 Kips para encontrar el LEF equivalente a un peso por eje de 2.2 Kips.

Tabla N°22. Factores de Carga para Pavimento Flexible.

Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavement, Tandem Axles and Ptof 2.0						
Axle Load (Kips)	Paviment structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009

Fuente: Elaboración Propia.

LEF =	0.00038
-------	---------

b) Aplicando Ecuación N°10:

$$\text{ESALS de Diseño} = \text{TD} * \text{Factor de Carga}$$

$$\text{ESAL's de Diseño (Autos)} = 147120 * 0.00038$$

$$\text{ESAL's de Diseño (Autos)} = 56$$

Aplicar paso **a** y **b** para los otros tipos de Vehículos.

Tabla N°23. Cálculo de Ejes Equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).

Tipo de Vehículo	TO	Peso x Eje Lbs	Tipo de Eje	TD	F.ESAL	ESAL Diseño
Autos	30	2200	Simple	147,120	0.00038	56
		2200		147,120	0.00038	56
Camionetas	115	2200	Simple	563,960	0.00038	214
		4400		563,960	0.0034	1,917
Mc Bus <15	1	4400	Simple	4,904	0.0034	17
		8800		4,904	0.0502	246
Bus	11	11000	Simple	53,944	0.1265	6,824
		22000		53,944	2.35	126,768
C2	36	11000	Simple	176,544	0.1265	22,333
		22000		176,544	2.35	414,878
C3	2	11000	Simple	9,808	0.1265	1,241
		36300	Doble	9,808	1.4325	14,050
Veh. Agrícola	1	8800	Simple	4,904	0.0576	282
		12000		4,904	0.189	927
Total Ejes Equivalente por Carril de Diseño						589,809

Fuente: Elaboración Propia.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor total ESAL's de:

$$\text{ESAL o W18} = 589,809 \text{ ejes equivalentes de 8.2 ton en el carril de diseño.}$$

4.5 Confiabilidad (R).

Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño. De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, la guía de la AASHTO - 93 recomienda diferentes niveles de confiabilidad.

Tabla N°24. Niveles de Confiabilidad Recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes.

Tipo de Camino	Confiabilidad Recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rurales interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Pág. 137.

Se asume un valor de confiabilidad de **R = 85%** por estar en el rango propuesto por la AASHTO para la **zona Rural y para tipo de Camino Colector**. Además porque el tránsito que utilizará esta vía es liviano y nos permitirá diseñar un pavimento con un nivel de confiabilidad óptimo entre el costo inicial del proyecto y el mantenimiento del mismo.

4.6 Desviación Estándar (S₀)

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. Es un valor representativo de las condiciones locales particulares, este parámetro está ligado directamente y depende del nivel de confiabilidad (R) seleccionado; en este paso deberá seleccionarse un valor S₀. “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

La guía de la AASHTO 1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

Tabla N°25. Desviación Estándar para Pavimentos Rígidos y Flexibles.

Condiciones de Diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35 pavimento Rígido
	0.45 Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40 Pavimento Rígido
	0.50 Pavimento Flexible

Fuente: Libro de Diseños para Pavimentos. AASHTO 93. Tercera edición. Pág. 135.

En el presente estudio se utilizará un valor de desviación estándar de $S_o = 0.45$ para este diseño.

4.7 Coeficiente de Drenaje.

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

A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje. El método deja en libertad al ingeniero de diseño para identificar cual nivel o calidad de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje. Por lo antes mencionado es bueno tener un buen sistema de drenaje en las carreteras así se aumenta la capacidad portante de las sub-rasante.

La A.A.S.H.T.O - 93 recomienda los siguientes coeficientes de drenaje, dichos factores serán usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se demuestran en el siguiente cuadro:

Tabla N°26. Coeficientes de Drenaje para Pavimentos Flexibles.

Calidad de Drenaje	% de tiempo en el que el Pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 – 5 %	5 – 25%	< 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.40

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Pág. 148.

El valor asumido en este diseño fue del **m = 1.00**, ya que presenta una calidad de drenaje bueno.

4.8 Determinación del CBR de Diseño.

Una vez obtenidos los CBR en los ensayos de laboratorio en las muestras tomadas a lo largo del camino se observa que estos resultados como es de suponer no son constantes dado a las características granulométricas, es por eso que es necesario seleccionar un CBR de diseño para todo el tramo que tome en cuenta la capacidad de soporte de los materiales existentes en el camino.

Tabla N°27. Valores de CBR de la Sub - rasante para Diseño.

Clasificación	Densidad Máxima (KG/M3)	Humedad Optima %	% Compact. Reprod.	% CBR	Índice de Grupo	Hinchamiento
A – 1 – a	1,840	15	95	46	0	0
A – 1 – b	1,722	15.5	95	26.48	0	0
A – 2 – 4	1,827	13.5	95	15.85	0	0.32
A – 2 – 5	1,302	21.5	95	30	0	0.18
A – 2 – 6	1,782	15.2	95	14.62	0	0.4
A – 2 – 7	1,674	17.5	95	9.15	0	0.54
A – 4	1,703	19.2	95	14.6	0	0.44
A – 5	1,350	26.1	95	8.9	0	0.56
A – 6	1,571	22.5	95	6.14	0	1.04
A – 7 – 5	1,344	29.6	95	7.58	0	1.14
A – 7 – 6	1,354	31.5	95	1.87	0	0.95

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°28. Criterio del Instituto de Asfalto para selección de CBR de Diseño.

Límites para Selección de Resistencia.	
Número de ejes de 8.2 ton en el Carril de Diseño (n)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
< 10 ⁴	60
10⁴ a 10⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Ing. Alfonso Montejo Fonseca. Segunda Edición 2001. Pág. 68.

Para este estudio en particular el valor ESAL's es de **589,809** por tanto el valor percentil a utilizar corresponde **75%.**

4.8.1 Metodología para la Elección de CBR a Utilizar en el Diseño

Disponiendo de los resultados obtenidos en el laboratorio de las múltiples clasificaciones encontradas, escogeremos las que sin duda son más acertadas y completas en lo que respecta al estudio, para este caso como nuestra profundidad de sub-rasante será de 0.30 mts. para la determinación del CBR tomaremos los tipos de suelos en las profundidades que se encuentren en este margen de profundidad.

Presentamos una tabla de resumen con los datos de CBR de la sub.-rasante considerando una profundidad de 0.30 mts. de la superficie.

1. Se ordenaron los valores de CBR de menor a mayor y se determinó el número y porcentaje de valores mayores o iguales a cada uno, como se muestra a continuación en la siguiente tabla N°29.

Tabla N°29. CBR de Diseño.

Tipo de Suelo	CBR (95%)	Frecuencia	Número de Valores Iguales o Mayores que	% de Valores Iguales o Mayores
A – 7 - 6	1.87	1	105	$(105/105)*100 = 100$
A – 6	6.14	2	104	$(104/105)*100 = 99$
A – 7 - 5	7.58	3	102	$(102/105)*100 = 97$
A – 2 - 7	9.15	21	99	$(99/105)*100 = 94$
A – 4	14.60	1	78	$(78/105)*100 = 74$
A – 2 - 6	14.62	30	77	$(77/105)*100 = 73$
A – 2 - 4	15.85	34	47	$(47/105)*100 = 45$
A – 1 - b	26.48	3	13	$(13/105)*100 = 12$
A – 2 - 5	30.00	9	10	$(10/105)*100 = 10$
A – 1 - a	46.00	1	1	$(1/105)*100 = 1$
		105		

Fuente: Elaboración Propia.

2. Se graficó la relación CBR versus los porcentajes de valores iguales o mayores obteniendo la curva que se muestra en la gráfico N°2.
3. Para este diseño, de acuerdo al criterio de Ingeniería de Pavimento para carretera, el percentil a seleccionar será de **75%**, según Ejes Equivalentes (ESAL's) calculados en la tabla N°23 que corresponden a **58.9809 x 10⁴**.

Gráfico N°2. Determinación del CBR de la Sub-rasante.



Fuente: Elaboración Propia.

El resultado obtenido del gráfico realizado al interceptar el percentil de 75% con la curva, da como resultado un CBR de diseño de **14.5**.

CONSIDERACION

CBR > 10%

ECUACION N°12

$$MR = 4,326 * \ln (CBR) + 241$$

CBR

14.5

MR

11,809 PSI

4.8.2 Módulo Resiliente (MR)

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas. Es la propiedad utilizada para caracterizar los materiales de la sub rasante.

Para su determinación se ha establecido correlaciones a partir de otros ensayos como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes ecuaciones de correlación para encontrar el MR de la Sub-rasante.

- Para materiales de sub-rasante con CBR igual o menor a 10%

$$MR = 1,500 * CBR \quad (\text{Ecuación N}^\circ 11)$$

- Para materiales de sub-rasante con valores de CBR mayores a 10 %

$$MR = 4,326 * \ln(CBR) + 241 \quad (\text{Ecuación N}^\circ 12)$$

Como se determinó que el CBR de diseño de la sub-rasante de la vía en estudio es de 14.5, el MR será:

$$MR = 4,326 * \ln(CBR) + 241$$

$$MR = 4,326 * \ln(14.5) + 241$$

$$MR = 11,809 \text{ PSI}$$

Hay que destacar que el material a utilizar en el diseño de la base pertenece al banco de materiales **Nº 1 El Cementerio** con CBR de 80% y si es requerido en el diseño sub-base ser uso del banco **Nº 2 Doña Justina** con CBR de 76.4%.

El módulo resiliencia de la base dio un resultado de **28500 PSI** y el de la Sub-base dio **19000 PSI**, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente estructural para base granular y el nomograma para sub – base granular (Ver Anexos, Grafico N°4, Pág. XXIX y Anexos Grafico N°5, Pág. XXX).

4.9 Coeficientes Estructurales de Capa (a).

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento. Los coeficientes estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a los números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de nomogramas de la guía AASHTO; se determina el coeficiente estructural de cada capa.

4.9.1 Coeficiente Estructural de la Carpeta de Rodamiento (a_1).

Se determina a través de la Estabilidad Marshall en libras, la cual se obtiene mediante el ensayo de la Estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica, tomando en consideración distintas propiedades de la misma. La estabilidad es una de las propiedades más importantes que debe buscarse en una mezcla asfáltica, ya que de ella dependerá en gran parte el que la mezcla que se diseñe logre un comportamiento adecuado, garantizando una mezcla que no se deforme o desplace ante las cargas pesadas y que sea resistente ante el efecto de la repetición de cargas (W18) a la cual un pavimento se ve sometido durante su vida de servicio.

Según los criterios para mezcla del método Marshall se ubica al ESAL's de diseño del proyecto como tránsito mediano por estar entre 10^4 y 10^6 (ESAL's = 589,809) considerando este criterio obtenemos un valor de **Estabilidad Marshall de 1200 Lbs.** (Anexos Cap. IV, Tabla N°47, pág. XXVII).

El coeficiente estructural de la capa de asfalto a_1 es **0.34** el cual se obtuvo a través de la Estabilidad Marshall (Ver Anexos, Gráfico N°3, Pág. XXVIII).

4.9.2 Coeficiente Estructural para Base Granular (a_2).

El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (tal como es el caso de las bases de piedra picada, grava triturada, etc.).

El coeficiente estructural a_2 es **0.133**, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares no-tratadas de la AASHTO - 93, correlacionando el CBR de la base que es igual a 80 (Ver Anexos, Grafico N°4, Pág. XXIX).

4.9.3 Coeficiente Estructural para Sub - base Granular (a_3).

El coeficiente estructural a_3 es **0.131**, el cual se obtiene del nomograma para sub-bases granulares no-tratadas de la AASHTO - 93, correlacionando el CBR de la base que es igual a 80 (Ver Anexos, Grafico N°5, Pág. XXX).

4.9.4 Criterios de Estabilidad y Posibilidad de Construcción.

Es normalmente impráctico y antieconómico el extender y compactar capas que tengan un espesor menor a determinados mínimos. El tráfico por otra parte puede dictaminar otros espesores mínimos recomendables para lograr que las mezclas tengan estabilidad y cohesión satisfactorias.

La Tabla que se presenta a continuación, sugiere algunos espesores mínimos para capas de rodamiento y bases, en función de los valores de cargas equivalentes en el periodo de diseño.

Tabla N°30. Según la AASHTO - 93 los espesores mínimos sugeridos para capas de concreto asfáltico y base en función del tránsito son los siguientes:

Número de ESALs	Concreto Asfáltico	Base Granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 – 150,000	5,0 cm	10 cm
150,000 – 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía de Diseño AASTHO 93, Capítulo 3, pág. 46.

4.9.5 Cálculo Manual de los Espesores de Capa (D) y del Número Estructural (SN).

Para el cálculo de SN utilizamos el nomograma para resolver la ecuación AASHTO (Ver Anexos, Grafico N°6, Pág. XXXI). Obteniendo un resultado de $SN_1 = 1.9$, $SN_2 = 2.3$ y $SN_3 = 2.6$.

$$SN = a_1 * D_1 * m_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad (\text{Ecuación 13})$$

Espesor de Capa Asfáltica (D_1):

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1 * m_1} \quad (\text{Ecuación 13.1})$$

$$D_1 \geq \frac{1.9}{0.34 * 1} = 5.6 \text{ plg}$$

Si Cumple con el espesor mínimo (Ver Tabla N°30) adoptar $D_1 = 6$ plg

SN_1^* Adsorbido por la Capa Asfáltica:

$$SN_1^* = a_1 * m_1 * D_1^* \quad (\text{Ecuación 13.2})$$

$$SN_1^* = 0.34 * 1 * 6 = SN_1^* = 2.0$$

Espesor de Capa Base (D_2):

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2} \quad (\text{Ecuación 13.3})$$

$$D_2 \geq \frac{2.3 - 2.0}{0.33 * 1} = 2.3 \text{ plg}$$

No cumple con el espesor mínimo (Ver Tabla N°30) adoptar $D_2 = 6$ plg

SN_2^* Adsorbido por la Capa Base:

$$SN_2^* = a_2 * m_2 * D_2^* \quad (\text{Ecuación 13.4})$$

$$SN_2^* = 0.133 * 1 * 6 = SN_2^* = 0.8$$

Espesor de Capa Sub - base (D_3^*):

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 * m_3} \quad (\text{Ecuación 13.5})$$

$$D_3^* \geq \frac{2.6 - (2.0 + 0.8)}{0.131 * 1} = D_3^* = -1.53$$

El valor negativo significa que no hay necesidad en el diseño de construir un espesor de Sub-base de - 1.53 plg, por lo tanto solamente el espesor de base que será de 6 pulgadas.

Verificación:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN \quad (\text{Ecuación 13.6})$$

$$2.0 + 0.8 \geq 2.6$$

$$2.8 \geq 2.6 \text{ OK CUMPLE}$$

Como resumen de resultado se tienen:

- El **SN Requerido** para las cargas de Diseño es de **2.6**.
- El **SN Calculado** en base a nuestra propuesta de espesores es de **2.8**, que será el **SN de Diseño** para la Estructura de Pavimento.

En base al análisis y a los resultados obtenidos la estructura de pavimento del tramo de carretera San José de los Remates – Las Cañadas quedara conformado de la siguiente manera:

Tabla N°31. Espesores de Diseño de la Estructura de Pavimento.

Capa	Material	Espesor
Superficie de Rodamiento	Asfalto	6 "(15 cms)
Base	Material Granular (Banco N°1)	6 "(15 cms)
Espesor Total Requerido		12 "(30 cms)

Fuente: Elaboración Propia.

Estructura Final de Pavimento Flexible.

6.0 plg	ASFALTO
6.0 plg	BASE
No Requiere	SUB – RASANTE

Fuente: Elaboración Propia.

4.9.6 Cálculo de Espesores en el Programa AASHTO - 93.

Se utiliza el programa AASHTO 93 para comprobar los resultados manuales, siguiendo el procedimiento indicado:

1. Ejecutar el programa AASHTO 93.
2. Introducir al programa datos de tabla N°32.
3. Calcular los espesores.

Tabla N°32. Datos Usados para Calcular Espesores en el Programa AASHTO - 93.

Variables	Valores
ESALs (W18)	589,809 Ejes Equivalentes por Carril de Diseño.
Confiabilidad (R)	85%
Desviacion Estandar (S _o)	0.45
MR Sub - Rasante (MR)	11,809 PSI
Servicialidad Inicial (P _o)	4.2
Servicialidad Final (P _t)	2
Coeficiente de Capa (a ₁)	0.34
Coeficiente de Capa (a ₂)	0.133
Coeficiente de Drenaje (m ₁)	1

Fuente: Cálculos Propios.

Imagen N°1. Ingreso de Datos de la Tabla N°32 al Programa AASHTO - 93.

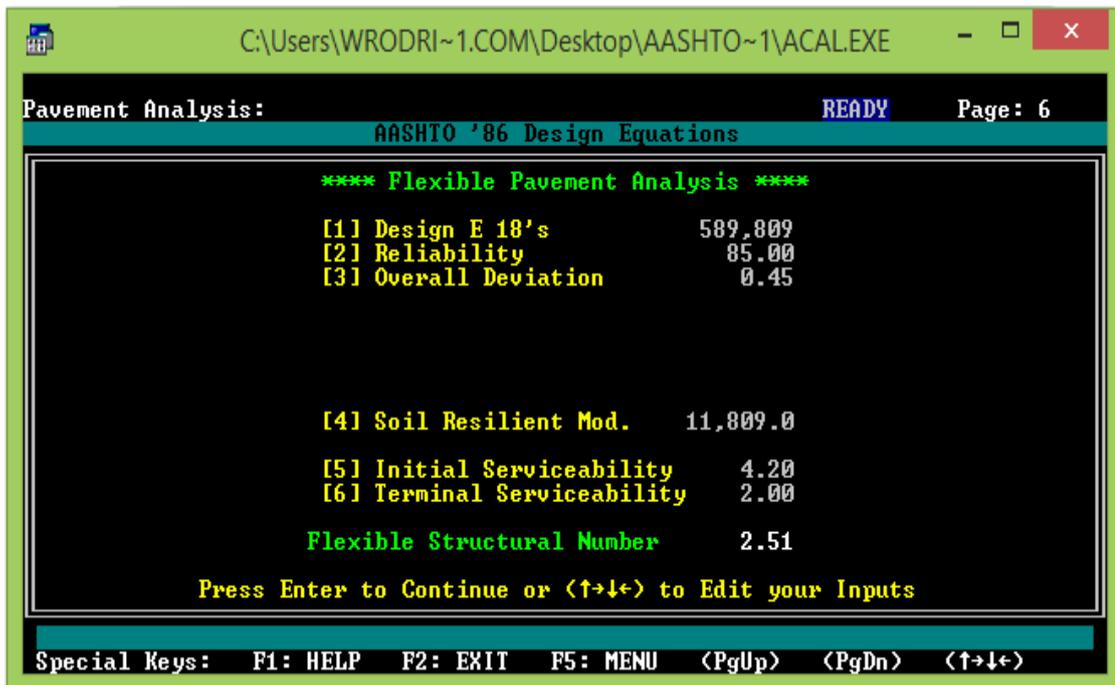


Imagen N°2. Resultados de Datos Procesados en Programa AASHTO - 93.

Pavement Analysis: READY Page: 7

Flexible Thickness Determination

Layer Number	Layer Coefficient == a (i) ==	Drainage Coefficient == m (i) ==	Layer Thickness === t ===	a(i)*Cd*t =====	Thickness Needed =====
Upper	0.34	1.00	6.00	2.04	
2	0.13	1.00	6.00	0.80	
3					
4					
5					
6					

=====
SN Required = 2.84 <Ok>
 2.51

Press [F10] to Clear an Input & <PgDn> to Continue when finished.

Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <↑+↓+←>

El número estructural calculado es de 2.84 mayor que el requerido de 2.51, lo que significa que el diseño es adecuado.

A 3D perspective view of a grid of white rectangular blocks. The blocks are arranged in a regular pattern, receding into the distance. The central block in the foreground is highlighted with a bright orange color, while the others are white with soft shadows. The text 'CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES' is centered over the orange block.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Luego de recopilar, procesar y analizar la información requerida para el desarrollo de los objetivos propuestos en este trabajo se concluye que:

- El estudio de tránsito presenta que el TPDA es de 303 vpd, reflejando que la composición vehicular es de 83.24% del TPDA para vehículos livianos, y de 16.75% del TPDA para los vehículos pesados de pasajeros y carga, presentando mayoritariamente la incidencia de vehículos livianos. En los vehículos livianos las camionetas representan el más alto porcentaje del TPDA con un 38.09%.
- Dentro de los factores de diseño se encuentra la tasa de crecimiento para la que se consideró la tasa de crecimiento vehicular, de crecimiento poblacional y del producto interno bruto (PIB). La adoptada en el presente fue de 3%. El ESAL's obtenido fue 589,809 ejes equivalentes por carril de diseño.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de suelos del tramo (105 muestras agrupadas), predominaron los suelos grava limo arcillosos, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, con CBR de 15.85%, 30%, 14.62% y 9.15%. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se caracteriza de bueno para material de cimentación de terracería.
- En menor cantidad existen suelos granular A-1-a y A-1-b con CBR de 46% y 26.48% respectivamente. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se caracteriza de excelente a bueno para material de cimentación de terracería.
- También existen suelos limosos A-4, A-6, A-7-5, A-7-6 con CBR de 14.60%, 6.14%, 7.58% y 1.87% estos suelos son calificados de regular a malo para material de cimentación de terracería según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO.

➤ Además se determinó que diversos sectores de la vía, están cimentados en roca, cuyo manto se ubica a poca profundidad, oscilando entre los 0.30 mts. a 0.80 mts.

➤ Se analizaron 2 bancos de préstamos, el banco **Nº 1 El Cementerio**, los análisis de laboratorio de suelos demuestran que el material de este banco tiene un CBR de 80%, un L.L de 23% y un I.P de 4% y el banco **Nº2 Doña Justina** presenta un CBR de 76%, un L.L de 21% y un I.P de 2%, ambos cumpliendo con las especificaciones granulométricas exigidas para material de base y sub base respectivamente de la norma Nic-2000 Sección: 1003.09 (a y b), 1003.23 II (a y b).

➤ De acuerdo al estudio de suelo de los bancos el material para la capa de base se extraerá del banco **Nº1 El Cementerio** propiedad de doña Mercedes Treminio, el cual cumple con las especificaciones para material de base de la norma NIC-2000 y por ser el más cercano al tramo San José los Remates – Las Cañadas lo cual reducirá los costos de transporte del material que será utilizado en la estructura de pavimento.

➤ Para el cálculo de la estructura de pavimento se utilizó el método de la AASHTO 93, se hizo de manera manual y a través del programa computarizado AASHTO Pavement Analysis Software versión 3.3 obteniendo los siguientes resultados:

Una estructura de pavimento constituida por 2 capas: la de rodadura con asfalto y la capa base con material extraído del banco **Nº1 El Cementerio**.

Espesores calculados:

- Una capa de asfalto de 6 pulgada.
- Una capa de base de 6 pulgadas.

Recomendaciones.

Con el objetivo de garantizar que la infraestructura vial propuesta, cumpla con la vida útil, se recomiendan las siguientes especificaciones técnicas:

- Utilizar el banco de préstamo N°1 El Cementerio ya que cumple con las especificaciones del NIC- 2000 (A.S.T.M D-3283/A).
- Se deberá llevar un estricto control de compactación de campo al momento de colocar el material de banco.
- Garantizar que los materiales tales como los agregados y asfalto que serán utilizados en el diseño de la mezcla asfáltica sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.
- Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que vehículos fuera de diseño (que exceden el límite de carga) transiten y provoquen daño prematuro de la vía.
- Garantizar el buen funcionamiento y duración de la vida útil de la carpeta y estructura de pavimento, construyendo un buen sistema de drenaje pluvial además de realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.
- Dar un buen seguimiento al proceso de ejecución para asegurar que los materiales colocados y los espesores de los mismos sean los obtenidos en el diseño.

Bibliografía.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO-93). Desing Procedure For New Paviments, Tercera Edición.

Coronado Iturbide Jorge Ing. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. (Sistema de Integración Económica Centroamericana-SIECA).

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), Proyecciones de la población año 2005.

Montejo Fonseca Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carretera. 2da Edición, año 2001.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Anuario de aforos de Tráfico 2014 DGP-DAV.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000. Año 1999.

Programa computarizado (AASHTO 93).

PAVEMENT DESINGS & ANALISIS: Created by Thomas P. Harman, M.S. C.E In Conjunction with Randell C. Riley. P.E & William Feltz. F.E. American Concrete Pavement Association. The Ohio Ready Mixed Concrete Association. <Versión 3.3><Copyright 1988>



ANEXOS

LISTA DE ABREVIATURAS.

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

CBR: California Bearing Ratio.

CREC: Crecimiento.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

FC= Factor de Crecimiento

FD= Factor de Distribución Direccional

Fc= Factor Carril

GC: Grava arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

IMS: Ingeniería de Materiales y Suelos. Laboratorio de suelos.

INEC: Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos.

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR= Módulo resiliente.

NP: No Plástico.

N°: Número.

OL: Limos y arcillas orgánicas. Clasificación SUCS de los suelos.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI= Libras por pulgada cuadrada.

SC: Arena arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

SN= Coeficiente estructural.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

TAC: Tasa Anual de Crecimiento.

TPD: Tránsito Promedio Diurno.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

VPD: Volumen Promedio Diario.

GLOSARIO.

Aglomerante. Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

Agregado. Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Arcillas. Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 μm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

Arena. Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

Asentamiento. Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

Banco de materiales. Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor o menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

Base. Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub-base o de la sub-rasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

Berma. Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

Bombeo. Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Calicata. Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Carretera. Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes e Infraestructura.

Carretera no pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Portland (rígida) o de adoquín (semiflexible).

Carril. Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CBR (California Bearing Ratio). Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

Cemento portland. Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

Cimentación. Parte de una estructura que transmite cargas al terreno de fundación.

Cohesión. La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

Compactación. Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland.

Concreto. Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

Corte (directo). Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.

Cota: Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

Derecho de vía. Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento.

Eje de la carretera. Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

Escorrentía. Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

Estabilización de suelos. Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

Fatiga. Reducción gradual de la resistencia de un material debido a sollicitaciones repetidas.

Fisura. Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

Flujo de tránsito. Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

Fraguado. Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.

Granulometría. Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

Grava. Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

Impermeabilidad. Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

Inestabilidad. Pérdida de resistencia a las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura del pavimento.

Intersección. Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Junta. Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes.

Límite líquido. Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Límite plástico. Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Limos. Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

Malla. Abertura cuadrada de un tamiz.

Módulo resiliente (Suelos). Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

Mortero. Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento portland), agua y puede contener aditivos.

Muestreo. Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.

Paso de peatones. Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

Pavimento. Estructura construida sobre la sub-rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: sub-base, base y rodadura.

Pavimento flexible. Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.

Pavimento rígido. Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregado y de ser el caso aditivo.

Peralte. Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Permeabilidad. Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Porosidad. Propiedad de un cuerpo que se caracteriza por la presencia de vacíos en su estructura.

Rasante. Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Red vial. Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural)

Sección transversal. Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Socavar. Erosión de la cimentación de una estructura u otro elemento de la vía por la acción del agua.

Sub-base. Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

Sub rasante. Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Talud. Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

Tamiz. Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

Tramo. Parte continúa de una carretera.

Tránsito. Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

Usuario. Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la vía pública.

Vehículo. Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

Vehículo liviano. Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

Vehículo pesado. Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t

Velocidad de diseño. Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

Velocidad de operación. Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

Vía. Camino, arteria o calle.

Vía urbana. Arterias o calles conformantes de un centro poblado.

Vida útil. Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

Tabla N°33. Aforo Vehicular Inicio del Proyecto.

AFORO VEHICULAR									
Sentido: San José de Los Remates - Las Cañadas (Del 15-05-2020 al 19-05-2020)									
Día	Vehículos de Pasajeros					Veh. Carga		Equipo Pesado	Total
	Motos	Autos	Cam.	Micro bus< 15s	Bus	C2	C3	Veh. Agrícola	
Viernes	34	4	48	0	3	12	0	2	103
Sábado	40	13	48	0	4	20	0	0	125
Domingo	32	7	37	0	5	16	0	0	97
Lunes	36	0	20	0	5	13	1	0	75
Martes	62	10	53	0	3	9	0	0	137
Sub - total	204	34	206	0	20	70	1	2	
TOTAL									537

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°34. Aforo Vehicular Fin del Proyecto.

AFORO VEHICULAR									
Sentido: Las Cañadas – San José de los Remates (Del 15-05-2020 al 19-05-2020)									
Día	Vehículos de Pasajeros					Veh. Carga		Equipo Pesado	Total
	Motos	Autos	Cam.	Micro bus< 15s	Bus	C2	C3	Veh. Agrícola	
Viernes	34	5	31	0	5	18	1	2	96
Sábado	45	17	60	0	3	24	2	0	151
Domingo	50	11	44	1	5	14	1	0	126
Lunes	35	11	36	0	8	14	0	0	104
Martes	57	14	59	0	4	17	1	0	152
Sub - total	221	58	230	1	25	87	5	2	
TOTAL									629

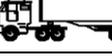
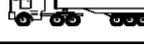
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°35. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracillos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA T ₁ S ₁ X=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T ₁ S ₁ X=4.
	T ₁ S ₁ X=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C ₁ R ₁ X=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C ₁ R ₁ X=4
	C ₁ R ₁ X=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2011. Pág. 28.

Tabla N°36. Diagrama de Cargas Permisibles Aplicadas en los Puntos de control.

PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS								
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 aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV.

Tabla N°37. Diagrama de Cargas Permisibles.

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.

Tabla N°38. Clasificación de Suelos, según AASHTO.

Clasificación de suelos por el método AASHTO											
Clasificación general	Materiales granulares (35%, ó menos, pasa el tamiz No. 200)						Materiales limo-arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz No. 200)				
Grupos	A-1		A-2								A-7
Subgrupos	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz:											
No. 10 (2.00 mm)	50 máx.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 40 (0.425 mm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 200 (0.075 mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm):											
Límite líquido	—	—	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual ó menor a LI-30.
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LI-30.

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, Pág.46.

Tabla N°39. Clasificación Unificada de Suelos, según SUCS.

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			SIMBOLOS DEL GRUPO
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº200 (φ) (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (Usese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº4	GW
		GRAVAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	GP
		GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	GM
		GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	GC
		ARENAS LIMPIAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	SW
		ARENAS CON FINOS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	SP
SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº200 (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50		SM
			SC
			ML
			CL
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50			OL
			MH
			CH
			OH
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			P _t

<p>DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - NULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUIEN</p> <p>MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC</p>	<p>COEF DE UNIFORMIDAD (C_u) COEF DE CURVATURA (C_c)</p> <p>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW</p> <p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6</p> <p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6</p>
<p>DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - NULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUIEN</p> <p>MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC</p>	<p>COEF DE UNIFORMIDAD (C_u) COEF DE CURVATURA (C_c)</p> <p>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW</p> <p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6</p> <p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6</p>

<p>EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS</p> <p>G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGÁNICOS W. BIEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD S. ARENA C. ARCILLA P_t TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD</p>
<p>COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO</p> <p>INDICE PLASTICO</p> <p>LÍMITE LÍQUIDO</p> <p>CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO</p>

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, Pág. 53.

Tabla N°40. Correlación entre el Tipo de Material, CBR y K.

Clasificación ASSHTO	Descripción	Clasif. S. U.	Densidad Seca (kg/m ³)	CBR (%)	Valor K (psi/in)
Suelos granulares:					
A-1-a, bien graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 - 450
A-1-a, mal graduada			120 - 130	35 - 60	300 - 400
A-1-b	Arena Gruesa	SW	110 - 130	20 - 40	200 - 400
A-3	Arena Fina	SP	105 - 120	15 - 25	150 - 300
A-2 Material granular con alto contenido de finos					
A-2-4 gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40-80	300 - 500
A-2-5, gravoso	Grava Arena Limosa				
A-2-4, arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
A-2-5, arenoso	Arena Gravo Limosa				
A-2-6, gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
A-2-7, gravoso	Grava Arena Arcillosa				
A-2-6, arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
A-2-7, arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos finos:					
A-4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 - 165*
	Mezclas de Limo/Arena/ Grava		100 - 125	5 - 15	40 - 220 *
A - 5	Limo mal graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 - 190*
A - 6	Arcilla plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 - 255*
A-7-5	Arcilla Elástica moderadamente plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 - 125 *
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	80 - 110	3 - 5	40 - 220*

Fuente: Diseño de pavimentos, AASHTO 93, Cap. 4, Pág. 86.

Tabla N°41. Márgenes de Valores de Graduación aceptable según la NIC -2000

Tamaño del Tamiz	Designación de la Graduación					
	A (Subbase)	B (Subbase)	C (Base)	D (Base)	E (Base)	F (Superficie)
63 mm	100(1)					
50 mm	97-100(1)	100(1)	100(1)			
37.5 mm		97-100(1)	97-100(1)	100(1)		
25.0 mm	65-79(6)			97-100(1)	100(1)	100(1)
19.0 mm			67-81(6)		97-100(1)	97-100(1)
12.5 mm	45-59(7)					
9.5 mm				56-70(7)	67-79(6)	
4.75 mm	28-42(6)	40-60(8)	33-47(6)	39-53(6)	47-59(7)	41-71(7)
425 µm	9-17(4)		10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)	12-28(5)
75 µm	4.0-8.0(3)	0.0-12.0(4)	4.0-8.0(3)	4.0-8.0(3)	4.0-8.0(3)	9-16(4)

Fuente: NIC - 2000, Sección 1003 , Cuadro 1003-3

Tabla N°42. Sondeos de Líneas.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)																
SONDEOS EN: EJE DE CAMINO																
RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS																
Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
0+000	L.C.			SONDEO No. 1												
		0 - 30	1	29	25	18	12	28	17	11	A-2-6 (0)	GP-GC	10.48	14.62	23.44	
		30 - 60	2	26	21	13	9	33	29	4	A-1-a (0)	GP-GM	35.00	46.00	57.00	Roca
0+100	1.5 Der L.C.			SONDEO No. 2												
		0 - 40	3	43	16	26	19	36	25	11	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		40 - 55	4	44	38	31	26	41	34	7	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		55 - 80	5	45	37	30	27	56	40	16	A-2-7 (1)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
0+200	1.5 Izq L.C.			SONDEO No. 3												
		0 - 18	6	39	34	27	19	35	25	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		18 - 68	7	37	31	20	12	27	20	7	A-2-4 (0)	GP-GC	9.15	15.85	25.21	
		68 - 150	8	46	39	30	24	39	32	7	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
0+300	L.C.			SONDEO No. 4												
		0 - 13	9	41	35	26	18	39	23	13	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		13 - 53	10	36	31	25	20	37	34	3	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
		53 - 150	11	44	37	29	21	20	15	5	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
0+400	1.3 Der L.C.			SONDEO No. 5												
		0 - 13	12	28	25	20	15	39	33	6	A-1-a (0)	GM	35.00	46.00	57.00	
		13 - 60	13	45	40	32	25	30	16	14	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		60 - 80	14	50	45	39	34	54	32	22	A-2-7 (2)	GM	6.14	9.15	11.82	
		80 - 150	15	100	97	90	74	57	38	19	A-6(15)	MH	4.86	6.14	8.26	ARC NEGRA

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)																
SONDEOS EN: EJE DE CAMINO																
RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS																
Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
0+500	1.3 Izq L.C.			SONDEO No. 6												
		0 - 15	16	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		15 - 34	17	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		34 - 60	18	39	33	26	23	36	28	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		60 - 75	19	58	54	46	43	44	26	18	A-7-6 (4)	GC	1.31	1.87	3.19	ARC NEGRA
		75 - 150	20	50	44	35	29	38	26	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
0+606	L.C.			SONDEO No. 7												
		0 - 10	21	27	22	17	15	37	30	7	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 40	22	34	29	21	16	26	24	2	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
		40 - 60	23	50	45	39	34	54	32	22	A-2-7 (2)	GM	6.14	9.15	11.82	
		60 - 150	24	100	96	89	75	59	38	21	A-6(16)	MH	4.86	6.14	8.26	ARC NEGRA
0+706.35	1.3 Der L.C.			SONDEO No. 8												
		0 - 10	25	42	38	32	29	39	27	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		10 - 35	26	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		35 - 48	27	50	45	39	34	54	32	22	A-2-7 (2)	GM	6.14	9.15	11.82	
		48 - 85	28	76	73	67	64	49	31	18	A-7-6 (10)	ML	1.31	1.87	3.19	
		85 - 150	29	100	96	89	75	59	38	21	A-6(16)	MH	4.86	6.14	8.26	ARC NEGRA
0+805.44	1.3 Izq L.C.			SONDEO No. 9												
		0 - 12	30	27	22	17	15	37	30	7	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		12 - 70	31	24	19	13	11	36	24	12	A-2-6 (0)	GP-GC	10.48	14.62	23.44	
		70 - 150	32	76	73	67	64	49	31	18	A-7-5(11)	ML	1.31	1.87	3.19	ARC NEGRA

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
0+901.30	L.C.			SONDEO No. 10												
		0 - 10	33	30	24	18	13	39	30	9	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 75	34	10	9	7	5	41	24	17	A-2-7 (0)	GP-GC	6.14	9.15	11.82	
		75 - 150	35	50	44	35	29	38	22	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
1+003.92	1.0 Der L.C.			SONDEO No. 11												
		0 - 10	36	27	22	17	15	37	30	7	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 18	37	40	35	26	18	46	30	16	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		18 - 70	38	42	36	25	17	37	23	14	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		70 - 80	39	45	37	30	27	56	40	16	A-2-7 (1)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
1+081.92	1.0 Izq L.C.			SONDEO No. 12												
		0 - 21	40	94	86	69	55	60	53	7	A-5 (6)	MH	6.90	8.90	12.20	
		21 - 37	41	27	22	17	15	37	30	7	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		37 - 80	42	45	37	30	27	56	40	16	A-2-7 (1)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
1+202.69	L.C.			SONDEO No. 13												
		0 - 8	43	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		8 - 28	44	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		28 - 55	45	59	52	43	40	40	33	7	A-6 (3)	GM	4.86	6.14	8.26	
		55 - 70	46	100	96	89	75	59	38	21	A-6(16)	MH	4.86	6.14	8.26	ARC
		70 - 150	47	45	37	30	27	56	40	16	A-2-7 (1)	GM	6.14	9.15	11.82	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
1+301.82	1.2 Der L.C.			SONDEO No. 14												
		0 - 36	48	34	29	21	16	26	24	2	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
		36 - 66	49	42	38	32	29	39	27	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		66 - 150	50	45	37	30	27	56	40	16	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
1+401.12	1.0 Der L.C.			SONDEO No. 15												
		0 - 16	51	30	24	18	13	39	30	9	A-2-4 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		16 - 28	52	42	38	32	29	39	27	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		28 - 50	53	92	89	78	65	40	26	14	A-6 (8)	ML	4.86	6.14	8.26	
		50 - 63	54	91	88	81	79	49	28	21	A-7-6 (14)	ML	1.31	1.87	3.19	ARC
		63 - 90	55	50	44	35	29	38	26	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	Roca
1+525.65	L.C.			SONDEO No. 16												
		0 - 10	56	30	26	20	15	35	24	11	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		10 - 20	57	38	29	19	15	37	28	9	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		20 - 95	58	29	24	17	13	38	27	11	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		95 - 150	59	63	57	48	43	44	29	15	A-7-6 (3)	SM	1.31	1.87	3.19	
1+625.45	1.50 Izq L.C.			SONDEO No. 17												
		0 - 24	60	34	29	21	16	26	24	2	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
		24 - 45	61	37	32	23	18	36	23	13	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		45 - 150	62	63	57	48	43	44	29	15	A-7-6 (3)	SM	1.31	1.87	3.19	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
1+731.95	1.3 Der L.C.			SONDEO No. 18												
		0 - 12	63	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		12 - 48	64	42	38	32	29	39	27	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		48 - 85	65	84	81	73	69	38	29	15	A-6 (2)	CL	4.86	6.14	8.26	
		85 - 150	66	45	37	30	27	56	40	16	A-2-7 (1)	GM	6.14	9.15	11.82	
1+831.48	L.C.			SONDEO No. 19												
		0 - 10	67	34	29	21	16	26	24	2	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
		10 - 43	68	32	25	18	14	35	24	11	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		43 - 70	69	38	33	25	20	39	36	3	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	Roca
1+930.70	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 20												
		0 - 8	70	49	39	28	20	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		8 - 18	71	52	47	37	30	42	31	11	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		18 - 40	72	52	47	37	30	42	31	11	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		40 - 70	73	52	47	37	30	42	31	11	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		70 - 150	74	89	79	54	31	43	40	3	A-2-5 (0)	SM	23.00	30.00	36.00	
2+030.62	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 21												
		0 - 20	75	40	32	22	19	35	8	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		20 - 150	76	89	79	54	31	43	40	3	A-2-5 (0)	SM	23.00	30.00	36.00	N.F. 75 cm

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
2+095.16	L.C.			SONDEO No. 22												
		0 - 18	77	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		18 - 46	78	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		46 - 150	79	79	75	68	67	39	23	16	A-6 (2)	CL	4.86	6.14	8.26	ARC NEGRA
2+193.50	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 23												
		0 - 15	80	40	32	22	19	35	27	8	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		15 - 80	81	48	42	30	20	47	31	16	A-2-7 (0)	GM	5.15	9.11	16.85	Roca
2+293.83	1.50 Der L.C.			SONDEO No. 24												
		0 - 28	82	40	34	26	19	36	24	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		28 - 43	83	52	47	37	30	42	31	11	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		43 - 80	84	45	38	28	23	45	31	14	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
2+393.20	L.C.			SONDEO No. 25												
		0 - 60	85	40	33	25	20	36	24	12	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		60 - 150	86	100	97	90	74	57	38	19	A-6 (15)	MH	4.86	6.14	8.26	ARC NEGRA
2+493.33	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 26												
		0 - 23	87	36	29	21	15	28	19	9	A-2-4 (0)	GC	9.15	15.85	25.21	
		23 - 75	88	33	28	21	17	40	29	11	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		75 - 100	89	63	57	48	43	44	29	15	A-7-6 (3)	SM	1.31	1.87	3.19	
		100 - 150	90	100	97	90	86	45	29	16	A-7-6 (16)	ML	1.31	1.87	3.19	ARC NEGRA

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8,56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
2+617.08	1.30 Izq L.C.	SONDEO No. 27														
		0 - 26	91	44	32	23	20	40	25	15	A-2-6 (0)	GC	10.48	14.62	23.44	
		26 - 93	92	21	18	14	12	38	26	12	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		93 - 150	93	100	97	90	74	57	38	19	A-6 (15)	MH	4.86	6.14	8.26	ARC NEGRA
2+717.25	L.C.	SONDEO No. 28														
		0 - 34	94	34	29	21	16	26	24	2	A-1-b (0)	GM	23.52	26.48	34.47	
		34 - 70	95	48	42	30	20	47	31	16	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		70 - 150	96	26	20	15	11	42	34	8	A-2-5 (0)	GP-GM	23.00	30.00	36.00	
2+816.07	1.00 Der L.C.	SONDEO No. 29														
		0 - 20	97	42	36	27	20	38	27	11	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		20 - 50	98	38	31	24	18	37	26	11	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		50 - 150	99	100	100	98	95	45	33	12	A-7-5 (10)	ML	1.31	1.87	3.19	ARC NEGRA
2+917.37	1.00 Izq L.C.	SONDEO No. 30														
		0 - 28	100	36	32	24	10	49	34	15	A-2-7 (0)	GP-GM	6.14	9.15	11.82	
		28 - 43	101	46	38	27	18	40	28	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62	23.44	
		43 - 150	102	100	99	92	78	52	30	22	A-7-5 (19)	MH	1.31	1.87	3.19	ARC NEGRA
3+001.48	L.C.	SONDEO No. 31														
		0 - 28	103	36	32	24	10	49	34	15	A-2-7 (0)	GP-GM	6.14	9.15	11.82	
		28 - 98	104	31	24	17	12	38	28	10	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		98 - 150	105	73	70	58	45	38	28	10	A-4 (0)	SM	7.00	14.60	24.00	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8,56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
3+101.75	1.00 Der L.C.	SONDEO No. 32														
		0 - 10	106	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 38	107	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		38 - 150	108	31	26	19	12	48	33	15	A-2-7 (0)	GP-GM	6.14	9.15	11.82	
3+200.29	1.00 Izq L.C.	SONDEO No. 33														
		0 - 10	109	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 40	110	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		40 - 57	111	31	26	19	12	48	33	15	A-2-7 (0)	GP-GM	8.20	9.70	13.40	Roca
3+300.82	L.C.	SONDEO No. 34														
		0 - 20	112	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		20 - 43	113	21	17	12	9	46	27	19	A-2-7 (0)	GP-GC	6.14	9.15	11.82	Roca
3+399.33	1.00 Der L.C.	SONDEO No. 35														
		0 - 10	114	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 20	115	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		20 - 35	116	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		35 - 70	117	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		70 - 150	118	55	51	45	40	38	25	13	A-2-6 (4)	GM	10.48	14.62	23.44	N.F 1.12 cm

Notas: * N.F = 1.12m

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8,56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
3+496.18	1.20 Izq L.C.			SONDEO No. 36												
		0 - 15	119	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		15 - 35	120	50	41	28	15	46	37	9	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		35 - 70	121	36	29	20	13	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	Roca
3+593.26	L.C.			SONDEO No. 37												
		0 - 24	122	49	40	28	19	37	27	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		24 - 60	123	62	49	26	3	43	30	13	A-2-7 (0)	SP	6.14	9.15	11.82	
		60 - 120	124	57	49	34	24	43	30	13	A-2-7 (1)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
3+692.78	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 38												
		0 - 12	125	42	33	21	12	34	26	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		12 - 30	126	50	41	28	15	46	37	9	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		30 - 40	127	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		40 - 68	128	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		68 - 104	129	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
3+868.09	1.30 Izq L.C.			SONDEO No. 39												
		0 - 10	130	38	26	17	10	37	27	10	A-2-4 (0)	GP-GM				
		10 - 40	131	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		40 - 70	132	32	28	18	12	41	29	12	A-2-7 (0)	GP-GM	6.14	9.15	311.8	Roca

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8,56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
3+967.28	L.C.			SONDEO No. 40												
		0 - 10	133	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 25	134	50	41	28	15	46	37	9	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		25 - 60	135	57	49	36	24	34	24	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		60 - 92	136	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		92 - 150	137	70	67	56	40	40	28	12	A-4 (5)	SM	7.00	14.60	24.00	
4+067.30	1.30 Der L.C.			SONDEO No. 41												
		0 - 12	138	57	49	36	24	34	24	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		12 - 30	139	62	49	26	3	43	30	13	A-2-7 (0)	SP	6.14	9.15	11.82	
		30 - 75	140	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
4+165.00	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 42												
		0 - 10	141	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		10 - 25	142	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		25 - 50	143	34	23	15	10	34	22	12	A-2-6 (0)	GP-GC	10.48	14.62	23.44	
		50 - 100	144	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		100 - 150	145	70	67	56	40	40	28	12	A-4 (5)	SM	7.00	14.60	24.00	
4+264.64	L.C.			SONDEO No. 43												
		0 - 13	146	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		13 - 20	147	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		20 - 70	148	70	67	56	40	40	28	12	A-4 (5)	SM	7.00	14.60	24.00	
		70 - 150	149	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
4+353.22	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 44												
		0 - 25	150	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		25 - 50	151	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		50 - 74	152	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		74 - 90	153	39	34	25	18	46	61	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
4+452.98	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 45												
		0 - 23	154	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		23 - 55	155	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		55 - 74	156	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		74 - 150	157	41	35	28	22	46	30	16	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
4+551.59	L.C.			SONDEO No. 46												
		0 - 18	158	47	39	29	23	40	31	99	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		18 - 40	159	42	33	21	12	34	26	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		40 - 75	160	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		75 - 115	161	70	67	56	40	40	28	12	A-4 (5)	SM	7.00	14.60	24.00	Roca
4+649.87	1.30 Der L.C.			SONDEO No. 47												
		0 - 24	162	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		24 - 33	163	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		33 - 60	164	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		60 - 150	165	70	67	56	40	40	28	12	A-4 (5)	SM	7.00	14.60	24.00	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
4+751.22	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 48												
		0 - 20	166	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		20 - 45	167	34	25	17	11	38	26	12	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		45 - 150	168	70	67	56	40	40	28	12	A-4 (5)	SM	2.70	8.86	15.34	
4+847.69	L.C.			SONDEO No. 49												
		0 - 27	169	39	27	18	19	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		27 - 50	170	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca, NF=50 cm
4+943.42	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 50												
		0 - 30	171	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		30 - 45	172	34	25	17	11	38	26	12	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		45 - 70	173	62	44	24	13	50	28	22	A-2-7 (0)	SC	6.14	9.15	11.82	Roca, N.F=70 cm
5+042.62	1.30 Izq L.C.			SONDEO No. 51												
		0 - 10	174	27	20	14	9	43	33	10	A-2-5 (0)	CH	23.00	30.00	36.00	
		10 - 150	175	34	23	15	10	34	22	12	A-2-6 (0)	GP-GC	10.48	14.62	23.44	N.F= 87 cm
5+137.71				SONDEO No. 52												
		0 - 28	176	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		28 - 70	177	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		70 - 150	178	40	35	27	19	50	35	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	

Notas: *N.F=87cm

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
5+237.97	1.30 Der L.C.			SONDEO No. 53												
		0 - 38	179	34	25	17	11	38	26	12	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		38 - 87	180	27	20	14	9	43	33	10	A-2-5 (0)	GP-GM	23.00	30.00	36.00	
		87 - 150	181	54	46	33	20	54	39	45	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
5+333.81	1.30 Izq L.C.			SONDEO No. 54												
		0 - 22	182	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		22 - 150	183	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
5+437.00	L.C.			SONDEO No. 55												
		0 - 38	184	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		38 - 70	185	49	44	38	28	38	28	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		70 - 150	186	62	58	47	36	41	26	15	A-7-6(1)	GM	1.31	1.87	3.19	
5+532.66	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 56												
		0 - 13	187	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		13 - 54	188	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		54 - 76	189	80	75	60	48	63	31	32	A-7-5(11)	SC	1.31	1.87	3.19	
		76 - 150	190	15	12	8	6	42	27	15	A-2-7(0)	GP-GM	6.14	9.15	11.82	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
5+632.62	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 57												
		0 - 12	191	39	28	19	11	35	25	10	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		12 - 43	192	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		43 - 75	193	40	35	27	19	50	35	15	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		75 - 150	194	80	75	60	48	63	31	32	A-7-5(11)	SC	1.31	1.87	3.19	
5+732.67	L.C.			SONDEO No. 58												
		0 - 20	195	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		20 - 44	196	27	20	14	9	43	33	10	A-2-5 (0)	GP-GM	23.00	30.00	36.00	
		44 - 150	197	33	27	21	15	40	30	10	A-2-4 (0)	GM	9.15	15.85	25.21	
5+832.49	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 59												
		0 - 19	198	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		19 - 33	199	50	42	33	25	41	27	14	A-2-7 (0)	GC	6.14	9.15	11.82	
		33 - 150	200	100	97	78	62	80	41	39	A-2-7 (16)	MH	1.31	1.87	3.19	
5+932.00	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 60												
		0 - 15	201	42	33	21	12	34	32	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		15 - 25	202	55	40	32	22	42	32	10	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00	36.00	
		25 - 52	203	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		52 - 150	204	100	97	78	62	80	41	39	A-7-6(16)	MH	1.31	1.87	3.19	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
6+032.28	L.C.	SONDEO No. 61														
		0 - 15	205	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15		11.82
		15 - 38	206	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62		23.44
		38 - 85	207	38	30	24	19	39	27	12	A-2-6 (0)	GM	10.48	14.62		23.44
		85 - 150	208	53	46	38	30	51	36	15	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
6+130.46	1.00 Der L.C.	SONDEO No. 62														
		0 - 38	209	39	37	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		38 - 150	210	100	94	78	62	88	41	47	A-7-5(20)	MH	1.31	1.87	3.19	
6+230.42	1.00 Izq L.C.	SONDEO No. 63														
		0 - 28	211	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		28 - 97	212	100	95	71	49	66	34	32	A-7-5(12)	SM	2.71	3.16		5.21
		97 - 150	213	29	26	22	17	60	38	22	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
6+238.47	L.C.	SONDEO No. 64														
		0 - 28	214	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		28 - 100	215	100	95	71	49	66	34	32	A-7-5(12)	SM	1.31	1.87		3.19
		100 - 150	216	29	26	22	17	60	38	22	A-2-7 (0)	GM	6.14	9.15	11.82	
6+357.39	1.00 Izq L.C.	SONDEO No. 65														
		0 - 23	217	34	23	15	10	34	22	12	A-2-6 (0)	GP-GC	10.48	14.62		23.44
		23 - 43	218	32	27	21	14	41	31	10	A-2-5(0)	GM	23.00	30.00	36.00	Roca

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
6+426.42	1.00 Izq L.C.	SONDEO No. 66														
		0 - 16	219	48	38	26	14	44	35	9	A-2-5 (0)	GM	23.00	30.00		36.00
		16 - 50	220	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		50 - 83	221	15	14	10	6	50	43	7	A-2-5 (0)	GP-GM	23.00	30.00	36.00	Roca
6+521.08	L.C.	SONDEO No. 67														
		0 - 14	222	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		14 - 150	223	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
6+619.35	1.00 Der L.C.	SONDEO No. 68														
		0 - 13	224	39	27	18	11	31	23	11	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		13 - 40	225	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		40 - 150	226	34	25	17	11	38	26	12	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
6+719.40	1.00 Izq L.C.	SONDEO No. 69														
		60 - 100	227	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		13 - 30	228	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		30 - 60	229	35	26	19	12	38	28	10	A-2-4 (0)	GP-GM	9.15	15.85		25.21
		60 - 100	230	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6 (0)	GP-GM	10.48	14.62		23.44
		100 - 150	231	63	60	55	45	37	25	9	A-4(0)	GM	7.58	15.16	25.22	N.F= 130 cm

Notas: *N.F=130 cms

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
6+819.68	L.C.			SONDEO No. 70												
		0 - 52	232	28	20	14	9	37	36	11	A-2-6(0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		52 - 80	233	28	20	14	9	37	36	11	A-2-6(0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		80 - 150	234	100	95	71	49	66	34	32	A-7-5(12)	SM	1.31	1.87	3.19	
6+919.68	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 71												
		0 - 10	235	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		10 - 60	236	34	25	17	11	38	26	12	A-2-6(0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		60 - 150	237	100	97	80	63	80	34	46	A-7-5(20)	CH	1.31	1.87	3.19	
7+019.37	1.40 Izq L.C.			SONDEO No. 72												
		0 - 10	238	52	44	34	25	41	27	14	A-2-7(5)	GM	6.14	9.15	11.82	
		10 - 88	239	28	20	14	9	37	26	11	A-2-6(0)	GP-GW	10.48	14.62	23.44	
		88 - 150	240	100	91	78	62	80	41	39	A-7-5(20)	MH	1.31	1.87	3.19	
7+119.61	L.C.			SONDEO No. 73												
		0 - 90	241	44	37	28	18	37	28	9	A-2-4(0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		90 - 150	242	100	87	66	49	51	30	21	A-7-5(7)	SM	1.31	1.87	3.19	N.F=1.28 cm
7+194.86	2.80 Der L.C.			SONDEO No. 73.a												
		0 - 120	241	44	37	28	18	37		9	A-2-4(0)		9.15	15.85	25.21	**
		120 - 150	242	100	87	66	49	51		21	A-7-6(7)		1.31	1.87	3.19	

Notas: **Sondeo especial para comprobar N.F en laguna (no se encontró el nivel freático)

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
7+184.86	2.70 Izq L.C.			SONDEO No. 73.b												*
		0 - 120	241	44	37	28	18	37		9	A-2-4(0)		9.15	15.85	25.21	
		120 - 150	242	100	87	66	49	51		21	A-7-6(7)		1.31	1.87	3.19	
7+214.86	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 74												
		0 - 18	243	53	46	31	17	49	30	19	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		18 - 64	244	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		64 - 150	245	34	27	16	8	36	30	6	A-2-4(0)	GP-GC	9.15	15.85	25.21	
7+310.94	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 75												
		0 - 40	246	53	46	31	17	49	30	19	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		40 - 68	247	47	41	29	19	45	33	12	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca, NF=0.68
7+405.90	L.C.			SONDEO No. 76												
		0 - 60	248	34	27	16	8	36	30	6	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		60 - 87	249	62	55	45	35	39	30	9	A-2-4(0)	GM	11.00	15.41	23.89	Roca
7+801.60	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 77												
		0 - 38	250	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		38 - 78	251	62	55	45	35	39	30	9	A-2-4(0)	GM	10.48	14.62	23.44	Roca=70 cm
7+604.93	1.30 Izq L.C.			SONDEO No. 78												
		0 - 30	252	40	30	20	18	30	26	4	A-2-4(0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		30 - 40	253	24	17	11	7	39	29	10	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	Roca

Notas: **Sondeo especial para comprobar N.F en laguna (no se encontró el nivel freático)

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
7+705.72	L.C.			SONDEO No. 79												
		0 - 37	254	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		37 - 70	255	54	48	35	24	36	30	6	A-2-4(0)	GW	9.15	15.85	25.21	Roca
7+804.28	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 80												
		0 - 20	256	29	22	15	10	37	25	12	A-2-6(0)	GP-GM	10.48	14.62	23.44	
		20 - 34	257	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	Roca
7+903.32	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 81												
		0 - 18	258-112	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		18 - 56	259	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7(0)	GM	6.79	9.83	12.55	Roca
8+001.49	L.C.			SONDEO No. 82												
		0 - 52	260	35	25	16	9	28	22	6	A-2-4(0)	GP-GC	9.15	15.85	25.21	
		52 - 107	261	39	34	25	18	46	31	15	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	Roca
8+101.13	1.00 Der L.C.			SONDEO No. 83												
		0 - 70	262	36	27	16	9	38	28	10	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		70 - 150	263	34	27	16	8	36	30	6	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
8+200.11	1.00 Izq L.C.			SONDEO No. 84												
		0 - 10	264	34	28	21	14	46	35	11	A-2-7(0)	GM	6.14	9.15	11.82	
		10 - 50	265	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		50 - 150	266	39	29	20	14	40	28	12	A-2-6(0)	GM	10.48	14.62	23.44	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

CAMINO: SAN JOSÉ DE LOS REMATES - LA CAÑADA (8.56 KM)

SONDEOS EN: EJE DE CAMINO

RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS

Estación Km	Desviación metros	Profund. cms	Muestra No	que pasa por tam				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Clasificación		CBR a Compact.			NOTAS
				# 4	# 10	# 40	# 200				H.R.B	S.U.C.S	90	95	100	
8+299.14	L.C.			SONDEO No. 85												
		0 - 30	267	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		30 - 36	268	19	15	9	5	36	27	9	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	Roca
8+397.97	1.30 Der L.C.			SONDEO No. 86												
		0 - 41	269	39	27	18	11	31	23	8	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		41 - 60	270	19	15	9	5	36	27	9	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	Roca
8+489.02	L.C.			SONDEO No. 87												
		0 - 17	271	34	27	16	8	36	30	6	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		17 - 38	272	34	27	16	8	36	30	6	A-2-4(0)	GP-GM	9.15	15.85	25.21	
		38 - 70	273	57	50	38	27	36	26	10	A-2-4(0)	GM	9.15	15.85	25.21	
		70 - 150	274	19	15	9	5	36	31	5	A-2-4(0)	GP-GM	5.99	13.01	20.23	

Notas:

Fuente: EDICRO S.A.

Tabla N°43. Resultados de Laboratorio del Banco El Cementerio.



Teléfono PBX (505) 2266-4380 FAX (505) 2266-1138

Apartado 3864

Calle Bolívar 2c. Lago, 1/2c. Arriba Managua, Nicaragua

Email: lamsa@alfanumeric.com.ni

FECHA :	06/07/2016
CLIENTE:	M.T.I
PROYECTO :	San José de los Remates - Las Cañadas

DATOS DE LA MUESTRA		
Banco	El Cementerio	ESPECIFICACION AASHTO T-27 GRADUACION "C" BASE
Calicata	2,3	
Muestra N°	3,5	
Profundidad mts	0.00 - 1.40 mts	
Dueño del Banco:	Mercedes Treminio	
Estación:	0+000	

GRANULOMETRIA AASHTO T- 88		
3"		
2"	100	100
1 1/2"	90	97-100 (1)
1"	79	-
3/4"	62	67-81 (6)
1/2"	56	-
3/8"	50	-
N° 4	40	33-47 (6)
N° 10	34	-
N° 40	18	10-19 (4)
N° 200	10	4-8 (3)

ENSAYES ADICIONALES			
Limite Líquido	23	AASHTO T-89	
Índice Plasticidad	4	AASHTO T-90	
H.R.B (AASHTO M-145)	A-1-a (0)		
CBR	90	95	100
	49.66	80.00	103.74
Peso Vol. Max kgs/m3	Modificado		
	2,351.00		
Descripción	Grava arenosa con limo color café claro.		

Tabla N°44. Resultados de Laboratorio del Banco Doña Justina.



Teléfono PBX (505) 2266-4380 FAX (505) 2266-1138

Apartado 3864

Calle Bolívar 2c. Lago, 1/2c. Arriba Managua, Nicaragua

Email: lamsa@alfanumeric.com.ni

FECHA :	06/07/2016
CLIENTE:	M.T.I
PROYECTO :	San José de los Remates - Las Cañadas

DATOS DE LA MUESTRA		
Banco	Doña Justina	ESPECIFICACION AASHTO T-27 GRADUACION "C" BASE
Calicata	2,3	
Muestra N°	2,6	
Profundidad mts	0.00 - 3.00 mts	
Dueño del Banco:	Doña Justina	
Estación:	105+600	

GRANULOMETRIA AASHTO T- 88		
3"		
2"	100	100
1 1/2"	99	97-100 (1)
1"	88	-
3/4"	76	67-81 (6)
1/2"	62	-
3/8"	50	-
N° 4	34	33-47 (6)
N° 10	24	-
N° 40	14	10-19 (4)
N° 200	8	4-8 (3)

ENSAYES ADICIONALES			
Limite Líquido	21	AASHTO T-89	
Indice Plasticidad	2	AASHTO T-90	
H.R.B (AASHTO M-145)	A-1-a (0)		
CBR	90	95	100
	43.37	76.39	105.60
Peso Vol.Max kgs/m3	Modificado		
	2,324.00		
Descripción	Grava arenosa con limo color café claro.		

Tabla N°45. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Simples, $\rho_t = 2$, SN= 5

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA. Capítulo 3. Pág. 6.

Tabla N°46. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Tándem, $\rho_t = 2$, SN= 5.

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo3. Pág. 6.

Tabla N°47. Criterios para Mezcla del Método Marshall.

Criterios para Mezcla del Metodo Marshall	Transito Liviano Carpeta y Base		Transito Mediano Carpeta y Base		Transito Pesado Carpeta y Base	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Compactación, numero de golpes en cada cara de la probeta		35		50		75
Estabilidad, N (lb.)	3336 (750)		5338 (1200)		8006 (1800)	
Flujo, 0.25 mm (0.01 pulgadas)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de Vacios	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de Vacios en el Agregado Mineral (VMA)	Ver Figura 3.20					
Porcentaje de Vacios llenos de Asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

NOTAS

¹ Todos los criterios y no solo estabilidad, deben ser considerados al diseñar una mezcla asfáltica de pavimentación. Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60°C, se consideraran satisfactorias si cumplen los criterios cuando se ensayen a 38°C, y si se colocan a 100 mm o mas por debajo de la superficie. Esta recomendación se aplica solamente a las regiones que tengan una variedad de condiciones climáticas similar a la que prevalece en casi todas las regiones de Estados Unidos. En las regiones que tengan condiciones climáticas mas extremas puede ser necesario usar temperaturas mas bajas de ensayo.

² Clasificaciones del Transito

→ Liviano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño < 104

→ Mediano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño entre 104 y 106

→ Pesado Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño > 106

³ Los esfuerzos de compactación en el laboratorio deberán aproximarse a la densidad máxima obtenida en el pavimento bajo el transito.

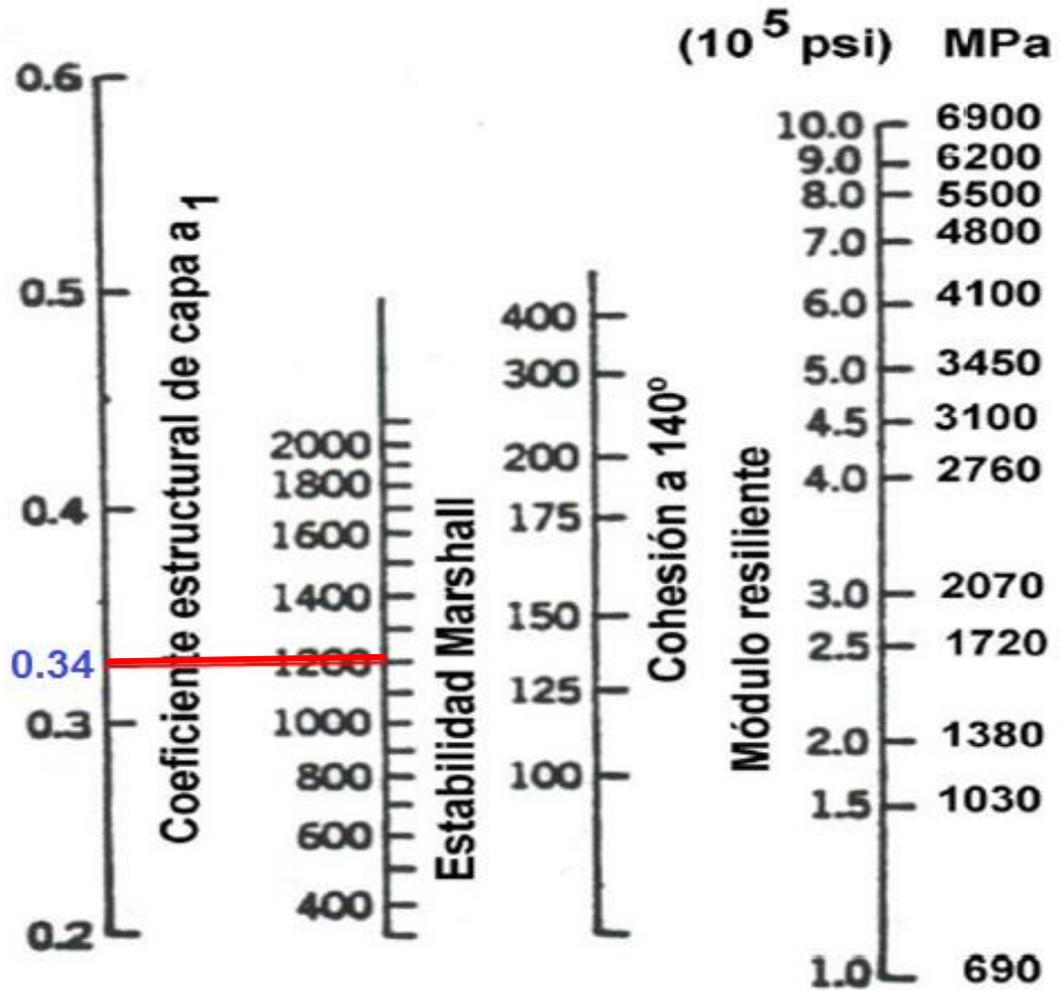
⁴ Los valores de fluencia se refieren al punto en donde la carga comienza a disminuir.

⁵ Cuando se este calculando el porcentaje de vacios, deberá permitirse cierta tolerancia en la porción de cemento asfáltico perdida por absorción en las partículas de agregado

⁶ El porcentaje de vacios en el agregado mineral debe ser calculado con base en el peso específico total ASTM del agregado.

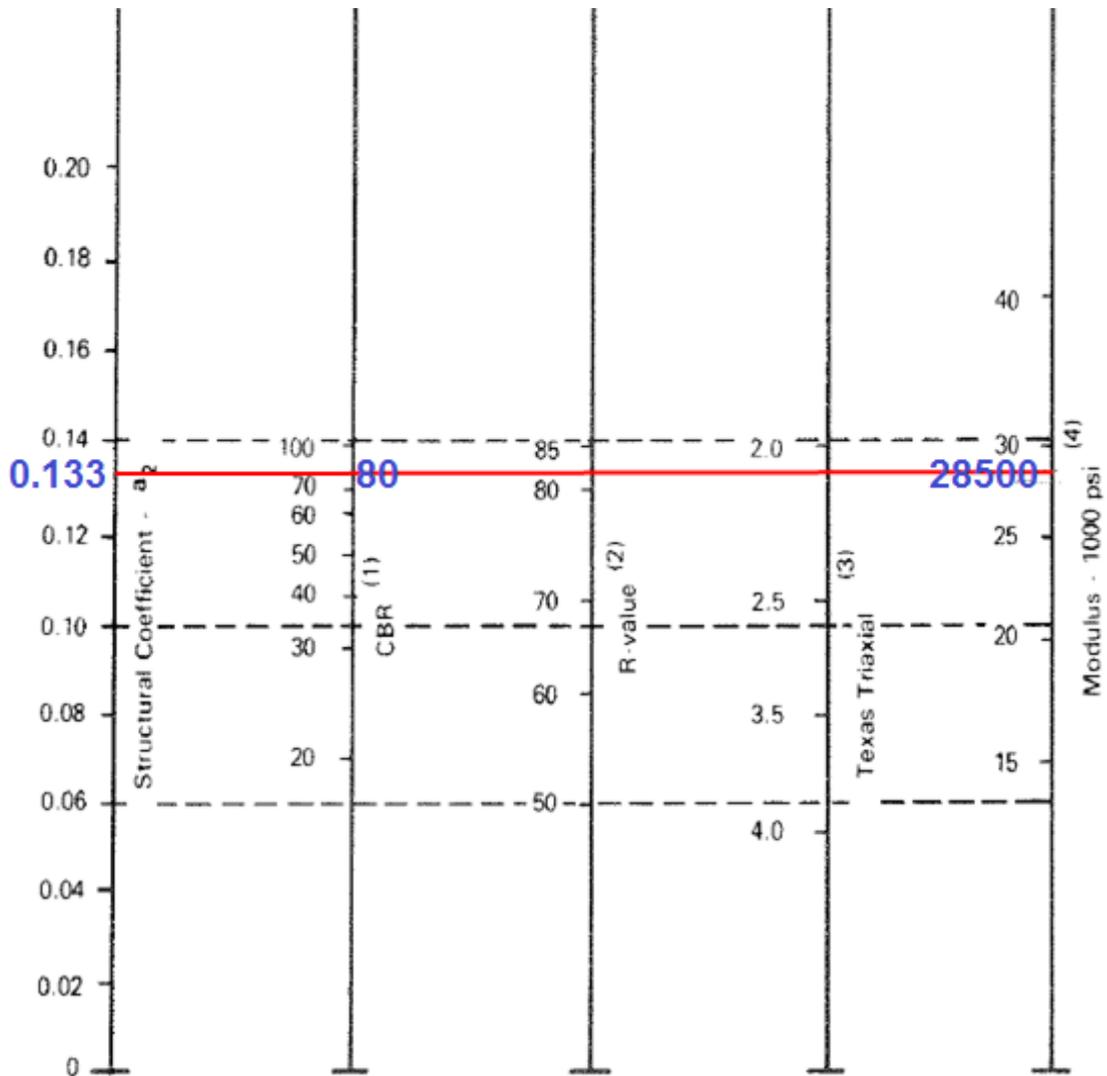
Fuente: Manual del Instituto del Asfalto.

Grafico N°3. Coeficiente Estructural del Concreto Asfáltico (a_1) Relacionado con Varios Ensayos.



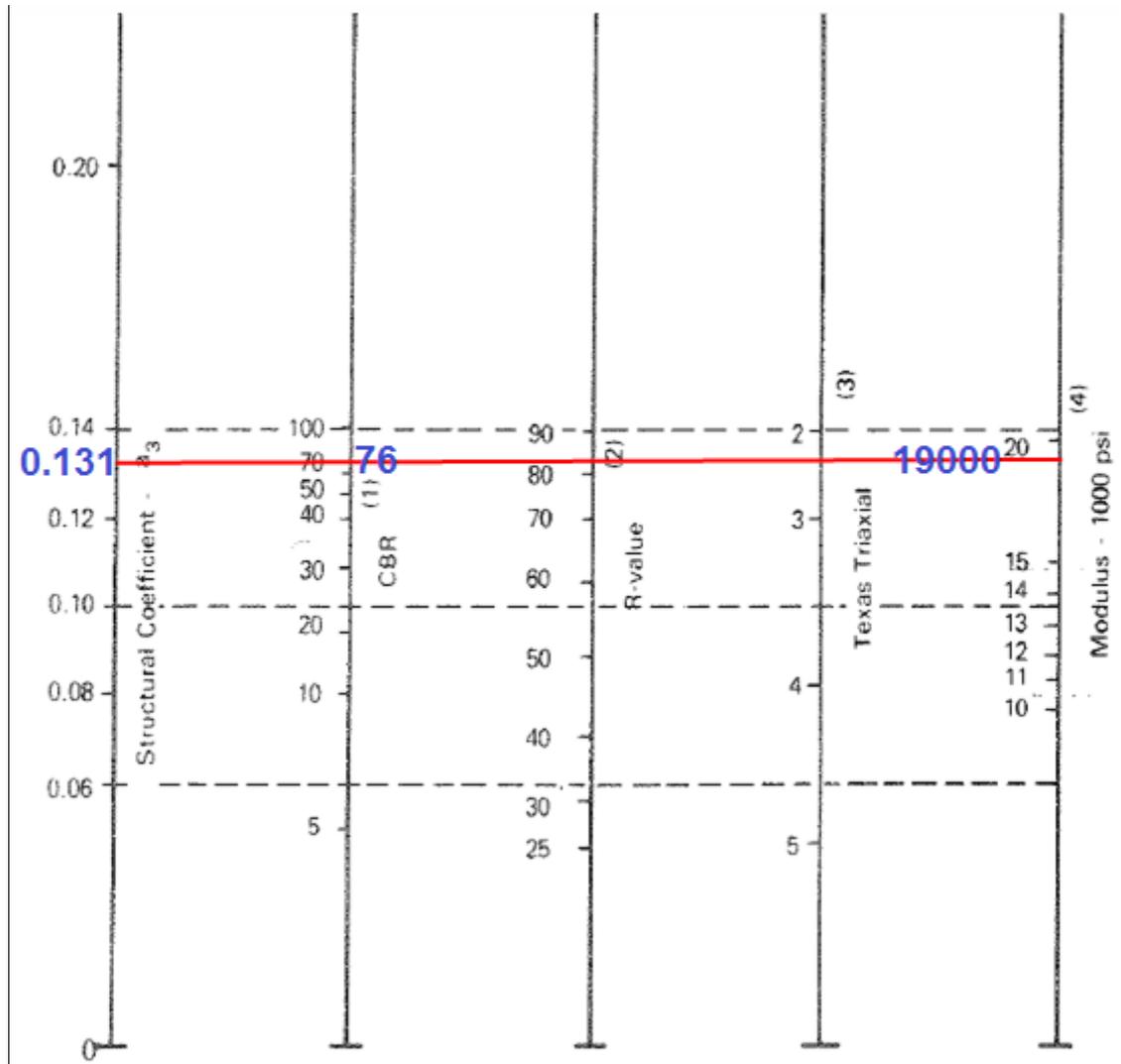
Fuente: Guía para Diseño Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Grafico N°4. Nomograma Variación en el Coeficiente (a_2) de Capa Base Granular con Varios Parámetros de Resistencia de Base.



Fuente: Guía de Diseño de Estructura de Pavimento AASHTO 93, Cap. 2, Pág. 105.

Grafico N°5. Nomograma Variación en el Coeficiente (a_3) de Capa Sub-base Granular con Varios Parámetros de Resistencia de Sub – base.



Fuente: Guía de Diseño de Estructura de Pavimento AASHTO 93, Cap.2, Pág. 107.

Grafico N°6. Nomograma para Encontrar el Numero de Diseño Estructural SN

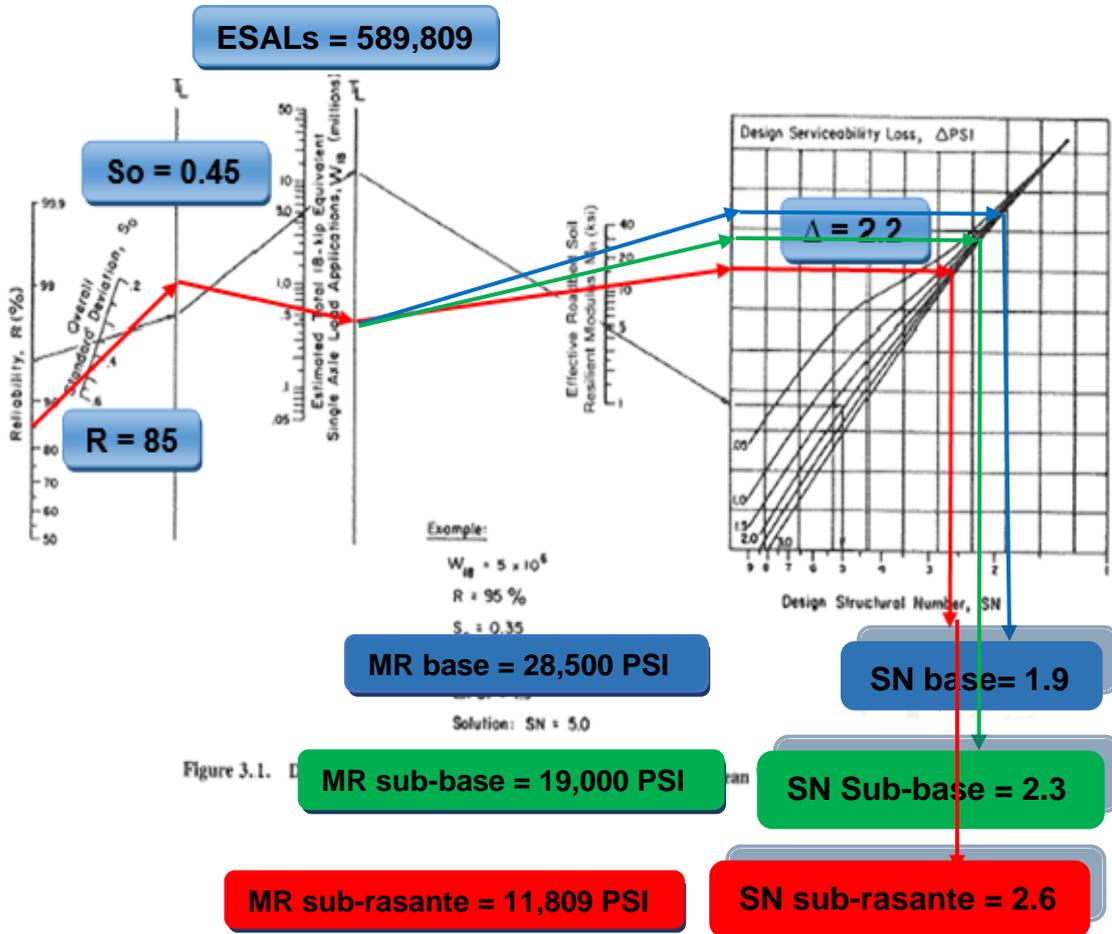


Figure 3.1.

Fuente: Guía de Diseño de Estructura de Pavimento AASHTO 93, Cap.3, Pág. 118.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION hace constar que:

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ WILLIAM ANTONIO

Carne: 2003-18127 Turno Nocturno Plan de Estudios 97 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERIA CIVIL.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de abril del año dos mil veinte.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2020

No. Recibo **94033** No. Inscripción **1243**

NOMBRES Y APELLIDOS: William Antonio Sánchez Rodríguez
CARRERA: INGENIERIA CIVIL CARNET: 2003-18127 TURNO:
PLAN DE ESTUDIO: 97 SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2020 FECHA: 30/04/2020

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

AJIMENEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 30-abr-2020

