



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción.

Monografía

“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 1.9 KILÓMETROS DEL TRAMO DE CALLES DEL RANCHÓN A ESTADIO ANTIGUAS GLORIAS EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE OCOTAL”.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Adrián Antonio Calderón Maldonado.

Tutor

Ing. Claudia Verónica Reyes Romero

Managua, Noviembre 2020

Managua, 04 de noviembre del 2020

Doctor

ING. OSCAR ISAAC GUTIÉRREZ SOMARRIBA

Decano

Facultad de Tecnología de la Construcción – UNÍ

Su Oficina.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la monografía que lleva por nombre: **“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 1.9 KILÓMETROS DEL TRAMO DE CALLES DEL RANCHÓN A ESTADIO ANTIGUAS GLORIAS EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE OCOTAL”**, está lista para entrar en el proceso de defensa final, la cual fue realizada por el Bachiller: **Adrián Antonio Calderón Maldonado**, Bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha monografía, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

Ing. Claudia verónica Reyes Romero.

CC: Archivo

CARTA DE APROBACIÓN

DEDICATORIA.

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy por iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio a mi madre Floridalma Dalma Maldonado:

Por dedicarse a mi familia por completo, por amarme, estar conmigo en todo momento brindándome sus consejos.

Las veces que juntos nos hemos quedado despierto hasta que termine mis deberes por su preocupación y el deseo de que cumpla todas mis aspiraciones.

A mi padre Edgar Alfredo Calderón:

Por cada día educar en mí la perseverancia y constancia aquellos valores que los tengo muy presentes en la vida diaria. Por enseñarme que con esfuerzo y dedicación puedo conseguirlo todo.

A mi hermano que han sido y seguirán siendo mis compañeros toda la vida, cada día aprendo más de ellos.

A mis amigos por apoyarme y estar conmigo de manera incondicional.

Muchas gracias a todos por ayudarme en mi formación personal y académica.

Br. Adrián Antonio Calderón Maldonado

AGRADECIMIENTO.

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

Sí así quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta de este sueño qué es tan importante para mí agradecer toda su ayuda sus palabras motivadoras conocimiento sus consejos y su dedicación.

Le muestro mi más sincero agradecimiento a mí tutora Claudia Verónica Reyes quien con su conocimiento fue una pieza fundamental para que pudiera desarrollar una clave de hechos que fueran imprescindibles para cada etapa de desarrollo del trabajo.

Quiero agradecer principalmente a la base de todo a mi familia en especial a mis padres Floridalma Maldonado y Edgar Calderón, que quienes vs fueron el motor de arranque y me constante motivación muchas gracias por su paciencia y comprensión sobre todo por su amor.

¡Muchas gracias por todo!

Br. Adrián Antonio Calderón Maldonado

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene como objetivo realizar una propuesta de diseño de estructura de pavimento articulado de 1.9 kilómetros, ubicado en el departamento de Ocotál - Municipio de Nueva Segovia, para el tramo de calles El Ranchón a Estadio Antiguas Glorias, aplicando el método de la AASHTO-93.

Estructura del contenido.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto como dónde estará ubicado, una breve introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de 1.9 kilómetros de pavimento articulado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

En este capítulo 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, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento (T_c), período de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento (FC), factor de distribución direccional (Fd), factor carril (Fc), y tránsito de Diseño (TD), en un periodo de años (n).

CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Aquí se presenta la información sobre el estudio de suelo suministrado por la alcaldía de Ocotál de un estudio realizado por el laboratorio Estudios y Diseño Ingenieros Consultores (**IDISA**), donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación; para la determinación de su utilidad en la vía como base, subbase y subrasante que soportarán las cargas a las que serán sometidas, inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

Después de conocer las propiedades del suelo y realizar las proyecciones del tráfico se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas y luego el software WinPAS, para la comprobación del Diseño.

Los principales parámetros asumidos para determinar los espesores del tramo a adoquinar fueron: Confiabilidad (**R**), Desviación Estándar (**So**), Capacidad de Servicio Inicial (**Po**), Capacidad de Servicio Final (**Pt**), Pérdida de serviciabilidad (Δpsi), Coeficiente de drenaje (m_i), Coeficientes de capa (a_n), Número de Ejes Equivalentes **ESAL's W18** o número de aplicaciones equivalente a 18 KN, por último, Modulo resiliente de la Sub-Rasante (**MR**). Estos parámetros brindarán los espesores de la estructura de pavimento.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINAS
CAPÍTULO I - GENERALIDADES	
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1. Localización del proyecto.	2
1.1.1.1. Macro-Localizacion.....	2
1.1.1.2. Micro-Localizacion.....	3
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.	6
CAPÍTULO II - ESTUDIO DE TRÁNSITO	
2.1. Generalidades.	7
2.2. Recopilación de Datos.....	7
2.2.1. Tipos de Vehículos.	8
2.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la Disposición de sus ejes.	9
2.3. Procesamiento de Información.	9
2.4. Análisis de la Información Obtenida.	9
2.5. Estación de Conteo Vehicular.....	9
2.6. Procesamiento de Datos.	10
2.6.1. Resumen del aforo vehicular.	11
2.6.2. Cálculo del TPDA.	14
2.6.3. Composición Vehicular.	18
2.7. Determinación de las Tasas de Crecimiento.	19
2.7.1. Tasas de Crecimiento.....	19
2.7.2. Correlación de Datos entre ECD N°112 y Producto Interno Bruto....	21
2.7.3. Correlación de Datos entre ECD 112 y Población.....	24
2.7.4. Cálculo de Proyección de Tráfico.	27
2.8. Selección de la Tasa de Crecimiento.	29
2.9. Determinación del Tránsito de Diseño.....	30
2.9.1. Período de Diseño (PD).....	30

2.9.2. Factor de Crecimiento (FC).	31
2.9.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).	31
2.9.4. Factor Distribución Por Carril (fc).....	32
2.9.5. El Índice de Serviabilidad Inicial (Po).	33
2.9.6. El Índice de Serviabilidad Final (Pt).	33
2.9.7. Pérdida de Serviabilidad (Δ PSI).....	33
2.9.8. Número Estructural Asumido (SN).....	34
2.9.9. Factor de Equivalencia (FESAL).....	34
2.9.10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).	36

CAPÍTULO III - ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. Generalidades.	38
3.2. Metodología.	38
3.2.1. Evaluación de la Sub-Rasante.	39
3.2.2. Estudios de laboratorio.	39
3.2.3. Sondeos efectuados.	40
3.2.4. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.....	41
3.2.5. Análisis de los Resultados.....	46
3.2.6. Resultados de la Estratigrafía del Suelo.	46
3.2.7. Evaluación de la Sub-Rasante.	51
3.2.8. Ensayos de Bancos.	51
3.2.8.1. Banco de Préstamo N°1 (Álvaro Cruz).	52
3.2.8.2. Banco de Préstamo N°2 (Iván Araúz).	52
3.2.9. Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N°1	55
3.2.10. Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N°2.	55
3.2.11. Análisis de Bancos de préstamos.....	55
3.3. CBR de Diseño.	57

CAPÍTULO IV - DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Metodología de Diseño AASHTO 93.	61
4.2. Variables de Diseño para considerarse en el Método AASHTO 93.....	62
4.2.1. Variables en Función del Tiempo.	62
4.2.1.1. La vida útil del Pavimento.....	62
4.2.2. Variables en Función del Tránsito.	62
4.2.2.1. Factores Equivalente de Carga (FEi).	62

4.2.2.2. Peso por Ejes Simples Equivalentes.....	63
4.2.2.3. Confiabilidad (R).....	63
4.2.2.4. Desviación Estándar (So).....	64
4.2.2.5. Serviciabilidad.	65
4.3. Características de los Materiales que Conforman el Pavimento.	65
4.3.1. Módulo de Resiliencia (MR).....	65
4.3.2. Coeficiente de Drenaje (mi).	66
4.3.3. Coeficientes Estructurales de Capa (ai).	67
4.3.4. Números Estructurales (SN).....	70
4.3.5. Cálculo de los Números Estructurales (SN ₁ , SN ₂ , SN ₃).....	70
4.4. Cálculo de los espesores del Pavimento.	74
4.4.1. Espesores finales de Diseño.	76
4.5. Uso del programa WinPAS-12.....	77
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS.	
GLOSARIO.	

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1: TRÁFICO PROMEDIO DIURNO (TPDI) EST 0+600, EST: 1+400.	11
TABLA 2: TRÁFICO PROMEDIO DIURNO PROMEDIADO.....	12
TABLA 3: PROMEDIO DE VEHÍCULOS SEGÚN SU COMPOSICIÓN	13
TABLA 4: VECTOR GEOGRÁFICO DE CORRESPONDENCIA.	14
TABLA 5: DEPENDENCIA DE ESTACIONES	15
TABLA 6: FACTORES /2DO CUATRIMESTRE DEL AÑO (EMC-200)	16
TABLA 7: CÁLCULO DEL TPDA, APLICANDO FACTORES DE AJUSTE.....	17
TABLA 8: REGISTROS HISTÓRICOS DEL TPDA-ECD 112, PIB, Y POB.....	19
TABLA 9: EVOLUCIÓN TPDA DE LA ESTACIÓN ECD 112.....	20
TABLA 10: TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PARA PIB.	22
TABLA 11: DATOS LN TPDA ECD-112 Y LN PIB.	23
TABLA 12: RESULTADOS DE CORRELACIÓN TPDA (ECD-112) Y PIB.....	24
TABLA 13: DATOS ECD-112 Y TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL.....	25
TABLA 14: DATOS LN TPDA ECD-112 Y LN POB.....	26
TABLA 15: RESULTADOS DE CORRELACIÓN TPDA (ECD-112) Y POB.....	27
TABLA 16: TC PROMEDIO UTILIZANDO REGISTROS HISTÓRICOS	27
TABLA 17: CONSOLIDADO DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO (TPDA, PIB, POB). ..	29
TABLA 18: CÁLCULO DEL PROMEDIO DE TASAS DE TPDA ECD-112, PIB.....	29
TABLA 19: PERÍODO DE DISEÑO (N).	31
TABLA 20: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN (FD).	31
TABLA 21: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (FC).	32
TABLA 22: TRÁNSITO DE DISEÑO.	32
TABLA 23: FACTORES DE EJES KIPS A INTERPOLAR.....	34
TABLA 24: INTERPOLACIÓN LINEAL (2.2 KIPS, 4.4 KIPS, 8.8 KIPS).....	35
TABLA 25: INTERPOLACIÓN LINEAL (11 KIPS).	35
TABLA 26: INTERPOLACIÓN LINEAL (17.60 KIPS, 36.30 KIPS).....	35
TABLA 27: TIPOS DE VEHÍCULOS A LOS CUALES SE INTERPOLÓ	35
TABLA 28: CÁLCULO ESAL ´S DEL CARRIL DE DISEÑO.	37
TABLA 29: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	39
TABLA 30: TIPOS DE SUELO AASHTO.....	40
TABLA 31: UBICACIÓN DE LOS SONDEOS EFECTUADOS.	40

TABLA 32: RESUMEN DE SONDEOS REALIZADOS (SM-1, SM-2, SM-3).	43
TABLA 33: RESUMEN DE SONDEOS REALIZADOS (SM-4, SM-5, SM-6).	44
TABLA 34: RESUMEN DE SONDEOS REALIZADOS (SM-7, SM-8, SM-9).	45
TABLA 35: BANCOS DE PRÉSTAMO.....	51
TABLA 36: DIMENSIONES DE LOS BANCOS DE PRÉSTAMO.	52
TABLA 37: GRANULOMETRÍA Y CLASIFICACIÓN DE BANCOS IDENTIFICADOS. ...	53
TABLA 38: PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BANCOS IDENTIFICADOS.	54
TABLA 39: ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR.	55
TABLA 40: ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PARA SUB-BASE GRANULAR...	56
TABLA 41: ESPECIFICACIONES PARA TERRAPLENES Y PARA SUB- RASANTE...	58
TABLA 42: CRITERIO DEL INSTITUTO DE ASFALTO.	58
TABLA 43: VALORES PARA DETERMINAR CBR DE DISEÑO.	59
TABLA 44:CLASIFICACIÓN DEL CBR.	59
TABLA 45: NIVELES DE CONFIABILIDAD R.	63
TABLA 46: VALORES DE ZR EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD R.....	64
TABLA 47: DESVIACIÓN ESTÁNDAR	64
TABLA 48: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y SUBRASANTE.....	66
TABLA 49: CÁLCULO DE MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE.....	66
TABLA 50: CAPACIDAD DEL DRENAJE PARA REMOVER LA HUMEDAD.	66
TABLA 51: NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A LA SATURACIÓN.	67
TABLA 52: ESPESORES MÍNIMOS SUGERIDOS POR CAPA.....	74
TABLA 53: ESPESORES DE DISEÑO.	76
TABLA 54: ESPESORES EN EL SOFTWARE WINPAS-12.....	78

ÍNDICE DE IMÁGENES.

IMAGEN 1: MACRO-LOCALIZACIÓN DEL TRAMO EN ANÁLISIS. _____	2
IMAGEN 2: MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. _____	3
IMAGEN- 3: UBICACIÓN DEL PUNTO DE CONTEO VEHICULAR. _____	10
IMAGEN 4: COMPROBACIÓN DEL SN ₃ . _____	72
IMAGEN 5: COMPROBACIÓN DEL SN ₂ . _____	72
IMAGEN 6: COMPROBACIÓN DEL SN ₁ . _____	73
IMAGEN- 7: ESTRUCTURA DE FINAL DE PAVIMENTO ARTICULADO. _____	76
IMAGEN- 8: SOFTWARE DE DISEÑO WINPAS. _____	77
IMAGEN- 9: SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO A DISEÑAR. _____	77
IMAGEN- 10: INTRODUCCIÓN DE DATOS EN WINPAS. _____	78
IMAGEN- 11: CÁLCULO DE SN REQUERIDO EN WINPAS. _____	79
IMAGEN- 12: SN REQUERIDO. _____	79
IMAGEN- 13: INTRODUCCIÓN DE LAYERS DE DISEÑO. _____	80
IMAGEN- 14: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO _____	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

GRÁFICO 1: COMPORTAMIENTO DEL TRÁNSITO DIURNO . _____	13
GRÁFICO 2: COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO DIURNO/ AMBAS ESTACIONES. ____	13
GRÁFICO 3: COMPOSICIÓN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA). _	18
GRÁFICO 4: CORRELACIÓN TPDA DE LA ESTACIÓN 112 ECD _____	21
GRÁFICO 5: CORRELACIÓN TPDA (EDC-112) VS PIB (MILLONES \$). _____	22
GRÁFICO 6: CORRELACIÓN LN TPDA (ECD-112) Y LN PIB (MILLONES \$). _____	23
GRÁFICO 7: CORRELACIÓN TPDA (ECD-112) Y POBLACIÓN (MILES \$). _____	25
GRÁFICO 8: CORRELACIÓN LN TPDA (ECD 112) Y LN POBLACIÓN (MILES \$). __	26
GRÁFICO- 9: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA (EST. 0+000 A 0+750). _____	49
GRÁFICO- 10: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA (EST. 1+000 A 1+900). _____	50
GRÁFICO- 11: CALCULO DEL CBR DE DISEÑO. _____	60
GRÁFICO- 12: COEFICIENTE ESTRUCTURAL A ₂ Y MR,. _____	68
GRÁFICO-13: COEFICIENTE ESTRUCTURAL A ₃ Y MR, TRATADA _____	69
GRÁFICO 14: OBTENCIÓN DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN ₁ , SN ₂ Y SN ₃ . _____	71

ABREVIATURAS.

ΔPSI: Índice de serviciabilidad.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials /

ai: Coeficiente estructural de capas.

Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

ASTM: American Society for Testing and Materials / Sociedad Americana para

BCN: Banco Central de Nicaragua.

CBR: California Bearing Ratio.

CD: Carril derecho.

CI: Carril Izquierdo.

Di: Espesor de capa.

ECD: Estación de Corta Duración.

EMC: Estación de Mayor Cobertura

ESAL'S: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

fc: Factor carril.

FC: Factor Crecimiento.

FD: Factor direccional.

FE: Factor expansión.

IG: Índice de grupo.

IP: Índice de plasticidad.

LL: Límite líquido.

LP: Límite plástico.

mi: Coeficiente de drenaje.

MR: Módulo resiliente.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

PIB: Producto Interno Bruto.

Po: Serviciabilidad inicial.

POB: Población.

pruebas y materiales.

PSA: Pérdida de sello arenoso.

PSI: lb/in².

Pt: Serviciabilidad final.

R: Confiabilidad.

SIECA: Sistema de Integración Económica Centroamericana.

SN: Número estructural.

So: Error estándar combinado.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

TD: Tránsito de diseño.

Ton: Toneladas.

TPD: Tránsito promedio diario.

TPDA: Tránsito promedio diario anual.

TPDi: Tránsito promedio diurno.

VPD: Vehículos por día.

Zr: Desviación estándar.



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

2020

1.1 INTRODUCCIÓN.

Esta monografía titulada “Diseño de la estructura de pavimento articulado de 1.9 kilómetros del tramo de calles el Ranchón a Estadio Antiguas Glorias en la zona urbana de la ciudad de Ocotol” presenta una propuesta a la construcción de un tramo de calles que ayude a contribuir con el desarrollo del país.

La ciudad de Ocotol es un municipio y cabecera del departamento de Nueva Segovia en la República de Nicaragua(Centroamérica). Tiene una superficie de 85,23 Km² y una población de 46,932 habitantes según (INIDE), con una densidad poblacional de 372 hab/Km², la ciudad de Ocotol es conocida como la Sultana del Norte.

Debido al gran crecimiento poblacional que ha venido experimentando la ciudad de Ocotol en los últimos años, se han establecido nuevos barrios en la periferia de la ciudad. La Alcaldía de Ocotol ha venido desarrollando diferentes proyectos en beneficio de este sector poblacional, y en este periodo su departamento de evaluación y formulación de proyectos realiza estudios para ejecutar un proyecto de adoquinado en principales calles del tramo el Ranchón hasta el Estadio Municipal Antiguas Glorias del Béisbol Segoviano, ubicado en la zona oeste del casco urbano de la ciudad.

La metodología utilizada es el método AASHTO- 93, ya que, éste considera las cargas a las que está expuesta la estructura de pavimento, debido al tráfico que circula por ella, Este trabajo se basará en la recopilación de datos de campo para los estudios tránsito, suelo y el diseño de pavimento, para luego realizar las debidas proyecciones, calcular CBR, cargas de diseño y posterior con estos datos determinar los espesores de la estructura del pavimento.

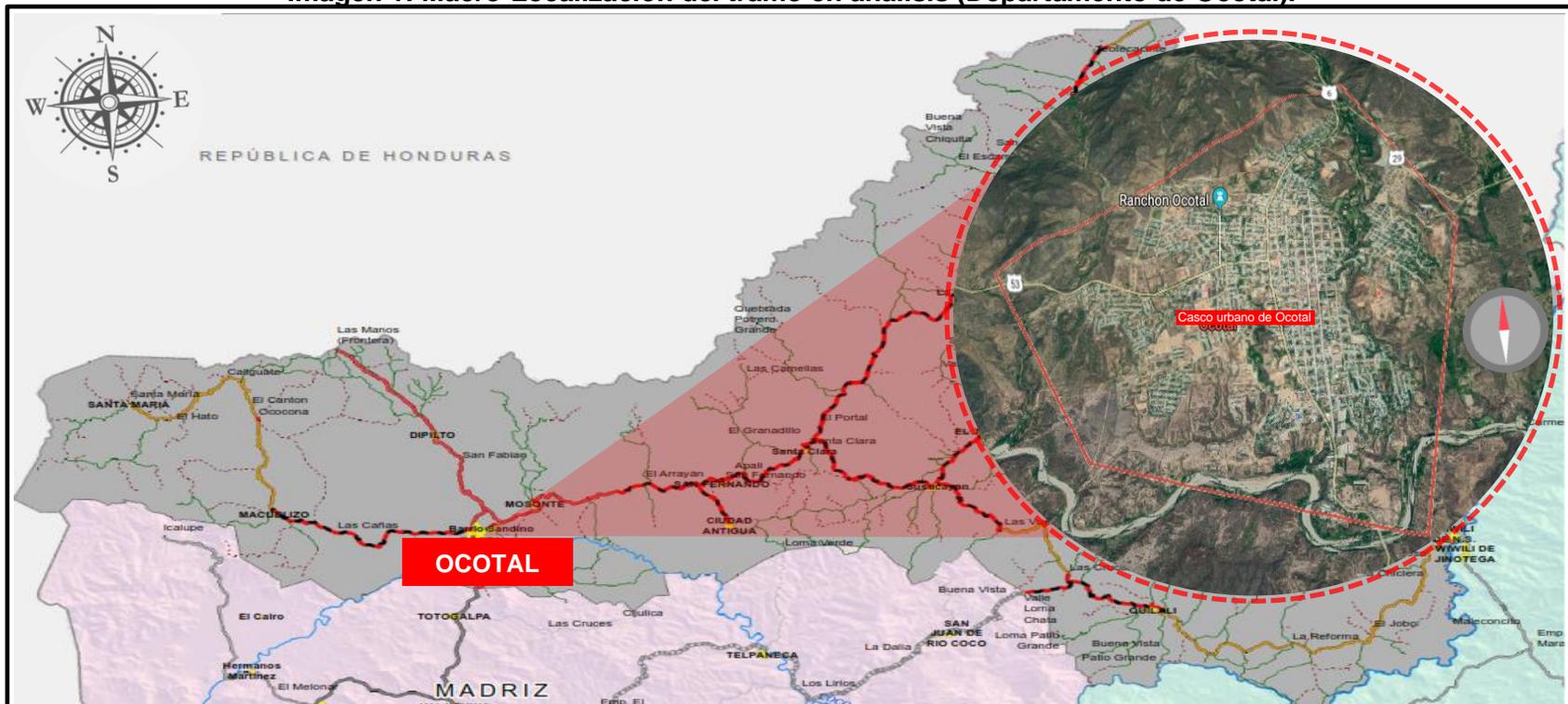
El diseño cumple con los criterios y especificaciones de la NIC-2000, el cual aporta elementos técnicos que se debe de tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad, seguridad y comodidad de los usuarios.

1.1.1. Localización del proyecto.

1.1.1.1. Macro-Localización.

El proyecto está localizado en el municipio de Ocotal, del departamento de Nueva Segovia zona norte de Nicaragua entre las coordenadas 13°37'42.2" Norte 86°29'05.2" Oeste.

Imagen 1: Macro-Localización del tramo en análisis (Departamento de Ocotal).

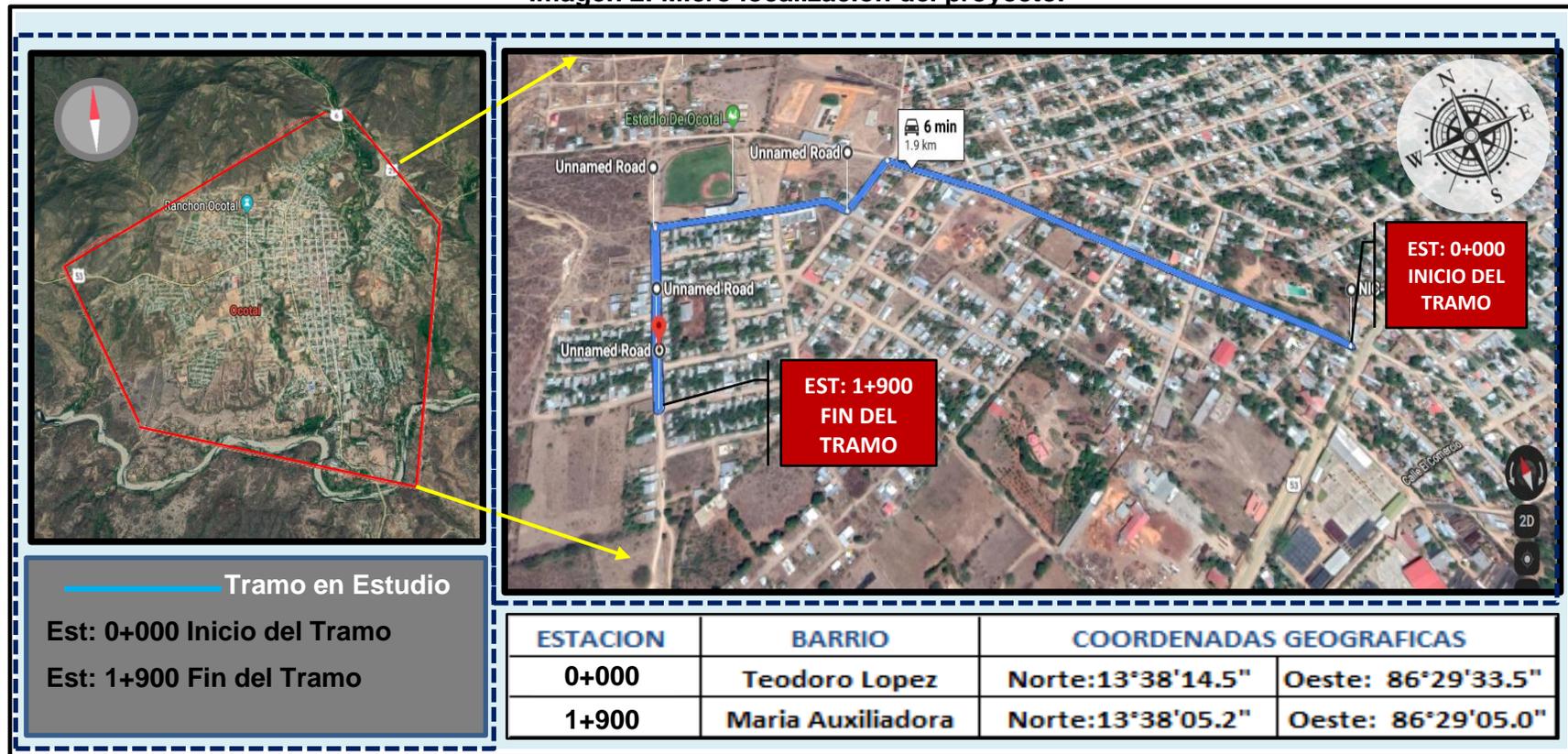


Fuente: Google Maps (2019).

1.1.1.2. Micro Localización.

Este proyecto está ubicado a 227 kilómetros de la capital Managua, su longitud es de 1.9 kilómetros, el tramo en análisis comunica los barrios María Auxiliadora, Nicarao, Teodoro López, Santa Ana y Pueblos Unidos.

Imagen 2: Micro localización del proyecto.



Fuente: Google Maps (2019).

1.2 ANTECEDENTES.

El tramo en estudio se encuentra en mal estado por lo que los pobladores han demandado desde hace 9 años la mejora de este tramo. Su último recarpeteo de material selecto fue realizado en el año 2012 según datos proporcionados por la Alcaldía Municipal de Ocotál.

La ciudad de Ocotál posee algunos sectores cuyo relieve es accidentado, debido al crecimiento urbano, en este sector son barrios nuevos por eso sus calles en su mayoría no poseen obras de drenajes ni un buen revestimiento de la superficie de rodamiento, en consecuencia, existe la dificultad del acceso del transporte público y privado, lo que empeora en el periodo de invierno por el estancamiento de las aguas superficiales.

La empresa encargada de acueductos y alcantarillados ENACAL en 2010 excavó todas las calles de este sector para instalar tuberías de aguas negras y agua potable, lo que provocó que la capa de rodamiento quedara en condiciones desfavorables y su drenaje pluvial en malas condiciones.

La falta de un mantenimiento adecuado y la construcción de una estructura de pavimento adecuada hace que las condiciones desfavorables persistan ocasionando graves daños a los diferentes vehículos que transitan por la vía, estos daños van en aumento especialmente en los meses de invierno. **(Ver Anexos (Fotos), págs. I-III)**

En los últimos años la población ha venido aumentando la necesidad de tener en buenas condiciones las calles de este barrio, ya que la zona está experimentando un gran avance económico debido al asentamiento de empresas y fábricas que se dedican al procesamiento del tabaco así mismo este sector está rodeado de áreas deportivas, los que se beneficiarían directamente con la mejora de esta vía que utilizan para transportar su producción y su accesibilidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Para lograr un desarrollo socioeconómico sostenible en toda ciudad es importante contar con una red vial en buenas condiciones, por tanto, es de carácter prioritario dar mantenimiento a las vías de la ciudad, así como impulsar la construcción de nuevas calles y caminos. La razón más esencial para la elaboración del proyecto es debido al crecimiento poblacional de la ciudad de Ocotlán que requiere de servicios básicos y buena accesibilidad.

Los pobladores que se encuentran alrededor son 450 Familias ubicadas a lo largo de los barrios que se beneficiarán de manera directa, ya que habrá una reducción en ahorro de los costos de operación para que el transporte público y privado tenga acceso a los barrios con mayor facilidad; y de manera indirecta a los barrios colindantes zona norte y oeste de la ciudad.

Los barrios beneficiados directamente serán: María Auxiliadora (286 Hab), Nicarao (242 Hab), Teodoro López (625 Hab), Santa Ana (530 Hab), Dinamarca (115 Hab), y pueblos unidos 515 (Hab), para un total de 2,113 habitantes, según datos de (INIDE, 2018).

Este trabajo servirá de apoyo a la Alcaldía Municipal de Ocotlán para gestionar fondos y poder llevar a cabo la construcción de esta vía, lo que permitirá una utilización óptima del tramo, de una forma sostenida.

Con la ejecución de este proyecto se pretende, además, crear una oportunidad de trabajo a la población local, debido a que por la naturaleza del trabajo se requiere de mucha participación de mano de obra no especializada. Además de contribuir notablemente en el fortalecimiento de la actividad económica y social de la región y en consecuencia en el desarrollo del país.

El presente trabajo monográfico estará dirigido a la propuesta de un diseño de estructura de pavimento articulado que responda eficientemente ante las condiciones climáticas, volumen de tráfico, comodidad y ahorro de tiempo, auxiliados del método AASHTO-93 para diseño de pavimento flexible.

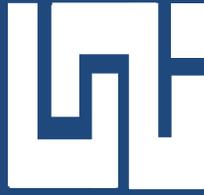
1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

- Diseñar la estructura de pavimento articulado de 1.9 kilómetros del tramo de calles del Ranchón a Estadio Antiguas Glorias en la zona urbana de la ciudad de Ocotlán, aplicando el método de la AASHTO 93

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un aforo vehicular para calcular el TPDA actual y así poder obtener las cargas que actuarán sobre la vía durante el periodo de diseño.
- Analizar el estudio geotécnico existente de suelo de línea del proyecto y bancos de materiales, para conocer sus características físico-mecánicas.
- Diseñar la estructura de pavimento articulado que soportará las cargas de diseño, aplicando el método de la AASHTO 93, empleando nomogramas y Software WinPAS (1.0.4).



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO II

Estudio de Tránsito

2020

2.1. Generalidades.

El tránsito posiblemente es la variable más importante para el diseño de una vía, pues si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento para poder calcular los espesores de pavimento.

Para la elaboración de este capítulo se dividió en las siguientes etapas:

2.2. Recopilación de Datos.

Se realizó por medio de conteo vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un período de tiempo durante 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó en dos etapas y dos puntos de conteo vehicular en vista de que el tramo se divide en calles y avenidas, cada etapa constó de 3 días, (miércoles, jueves, y sábado), seleccionando estos días ya que se puede registrar el flujo alto y bajo de vehículos, la primera etapa en las fechas 08, 09 y 11 mayo del año 2019, la segunda etapa el 15, 16 y 18 de mayo del año 2019, en los días (miércoles, jueves, y sábado) entre las 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2018. Para realizar el aforo, se utilizó el formato mostrado en el **Anexo, Tabla 55, pág. IV.**

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete, la estación de conteo vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del Conteo y Clasificación por Día (12.0 horas), del tramo en estudio se muestran en el **Anexo, Tablas 56– 61, págs. IV-VI.**

2.2.1. Tipos de Vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías. **(Ver Anexo, Tabla 65, pág. X)**

2.2.1.1. Motocicletas.

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, motonetas y otros triciclos a motor.

2.2.1.2. Vehículos Livianos.

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

2.2.1.3. Vehículos Pesados de Pasajeros.

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

2.2.1.4. Vehículos Pesados de Carga.

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2), los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos especiales, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

2.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la Disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. **(Ver Anexo Tablas 69 - 70, pág. XIV)**

2.3. Procesamiento de Información.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos toda la información obtenida de los conteos mediante el Software Microsoft Excel, esto con el fin de obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2018.

2.4. Análisis de la Información Obtenida.

En este proceso se usó los criterios de la AASHTO-93 y NIC-2000 para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

2.5. Estación de Conteo Vehicular.

La estación de conteo vehicular, se ubicó en dos puntos del tramo, ya que, nos encontramos en una zona urbana con una vía que presenta varios accesos, el primero punto se ubicó en la estación: 0+600 en las coordenadas geográficas "13°38'19.6" Norte 86°29'17.5" Oeste y el segundo en la estación: 1+400 en las coordenadas geográficas "13°38'22.7" Norte 86°29'32.0" Oeste a fin de determinar el volumen de tráfico que circula en la vía, las estaciones se ubicaron en un lugar estratégico, que permitiera captar el 100% de los vehículos en ambos sentidos de la vía.

En la **Imagen 3, pág. 10** se puede observar el tramo en estudio el cual se encuentra clasificado como colector suburbana, su punto inicial la Est. 0+000 a la Est. 1+900 final del tramo, con una longitud de **(1.9 kilómetros)**.

Imagen- 3: Ubicación del punto de Conteo Vehicular.



Fuente: Google Earth (2019).

En la Est: 0+600 y la Est: 1+400 se realizó un aforo vehicular que consistió en dos etapas, cada etapa de 3 días (miércoles jueves y sábado), para un total de 6 días, iniciando la actividad a partir del miércoles 8 de mayo y concluyendo esta actividad el sábado 11 de mayo del año 2019, el segundo conteo se realizó el miércoles 15 de mayo y finalizó el sábado 18 de mayo realizando un conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas diurnas. Se establecieron dos estaciones considerando que el tramo en estudio es una zona urbana con varios accesos.

2.6. Procesamiento de Datos.

Se refiere a la tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete, luego de haberse realizado el trabajo de campo, siendo esta procesada en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo. De la información recogida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico vehicular diurno de 12 horas para ambas estaciones de conteo, durante 3 días (miércoles, jueves, sábado). En la **Tabla 1**, se presentan los conteos del tráfico, composición vehicular; así como el consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio. **(Ver Anexo, Tablas 56– 61, págs. IV-VI).**

2.6.1. Resumen del aforo vehicular.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularon en ambas direcciones para ambas estaciones donde se aforaron los vehículos (**Est: 0+600**) y **Est: 1+400**).

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno (TPDi) fue necesario aplicar la **ecuación 1**:

$$TPDi = \frac{\text{Total Diurno}}{3 \text{ dias}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Tabla 1: Tráfico Promedio Diurno (TPDi) /Ambos Sentidos Est 0+600, Est: 1+400.

ESTACION: EST: (0+600) PUNTO DEL CONTEO VEHICULAR													
Días	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				V.A.	TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3-S2≥5		
MIERCOLES	146	112	35	135	6	5	15	31	25	20	0	0	530
JUEVES	136	97	23	101	9	3	15	23	22	17	0	0	446
SABADO	94	84	30	93	4	4	12	26	17	16	0	0	380
Total	376	293	88	329	19	12	42	80	64	53	0	0	1356
TPDi(Vehículos/12 hrs)	125	98	29	110	6	4	14	27	21	18	0	0	452
%	27.65%	21.68%	6.42%	24.34%	1.33%	0.88%	3.10%	5.97%	4.65%	3.98%	0.0%	0.0%	100%
ESTACION: EST: (1+400) PUNTO DEL CONTEO VEHICULAR													
Días	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				V.A.	TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3-S2≥5		
MIERCOLES	133	98	30	120	4	6	11	27	22	23	0	0	474
JUEVES	118	93	24	93	7	4	11	21	18	18	0	0	407
SABADO	99	72	20	79	5	2	11	16	14	16	0	0	334
Total	350	263	74	292	16	12	33	64	54	57	0	0	1215
TPDi(Vehículos/12 hrs)	117	88	25	97	5	4	11	21	18	19	0	0	405
%	28.89%	21.73%	6.17%	23.95%	1.23%	0.99%	2.72%	5.19%	4.44%	4.69%	0.00%	0.00%	100%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Al finalizar el conteo de 3 días (miércoles, jueves y sábado) durante 12 horas diurnas en la **estación #1, Est: 0+600** y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel se tiene una perspectiva bastante clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en esta parte del tramo, para luego calcular el Tránsito Promedio Diurno (TPDi) en base a la **ecuación 1**, obteniendo un valor de total de **452** vehículos por 12 horas diurnas.

Luego procedimos a realizar el mismo cálculo en base a la **ecuación-1**, del Tránsito Promedio Diurno (TPDi), utilizando los datos aforados en la **estación #2, Est: 1+400**, dándonos un valor de total de **405** vehículos por 12 horas diurnas, revelando que en esta parte del tramo hay una variación en cuanto a la cantidad de los vehículos, la cual no es considerable. Posterior se procedió a calcular el promedio del Tránsito Promedio Diurno para ambas estaciones (**0+600, 1+400**) donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno promediado para el tramo en análisis completo. **(Ver Tabla #2)**

Tabla 2: Tráfico Promedio Diurno Promediado para Ambas Estaciones.

Cálculo Del Tráfico Promedio Diurno (TPDi_{12 horas}). Ambas Estaciones											
Conteos	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mic bus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
TPDi Estación 0+600	125	98	29	110	6	4	14	27	21	18	452
TPDi Estación 1+400	117	88	25	97	5	4	11	21	18	19	405
Total Diurno	242	186	54	207	11	8	25	48	39	37	857
PROMEDIO TPD_{i12 horas}	121	93	27	104	6	4	13	24	19	18	429
% TPD_i	28.21%	21.68%	6.29%	24.24%	1.40%	0.93%	3.03%	5.59%	4.43%	4.20%	100%
% vehículos	Veh Livianos =80.42%				Veh Pasajeros =5.36%			Veh Pesados =14.22%			100%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Se decidió realizar el promedio dividiendo entre el número de estaciones, ya que, el tráfico promedio diurno para cada estación mantiene un comportamiento del flujo vehicular similar. Para obtener el Tráfico Promedio Diurno (TPDi) para ambas estaciones (Est: 0+600 y Est: 1+400), solo fue necesario aplicar la **Ecuación 2:**

$$TPDi = \frac{\text{Total Diurno}}{\text{Nº de estaciones}} \quad TPDi = \frac{857}{2} = 429 /12hrs. \quad (\text{Ec. 2})$$

Se obtiene un TPD_{i12hrs} global para todo el tramo en análisis de **429 vehículos /12 horas**.

A continuación, se realizó el cálculo del promedio de composición de vehículos que transitan a lo largo de todo el tramo, considerando los levantamientos de las dos estaciones (0+600 y 1+400) donde se realizaron los conteos volumétricos.

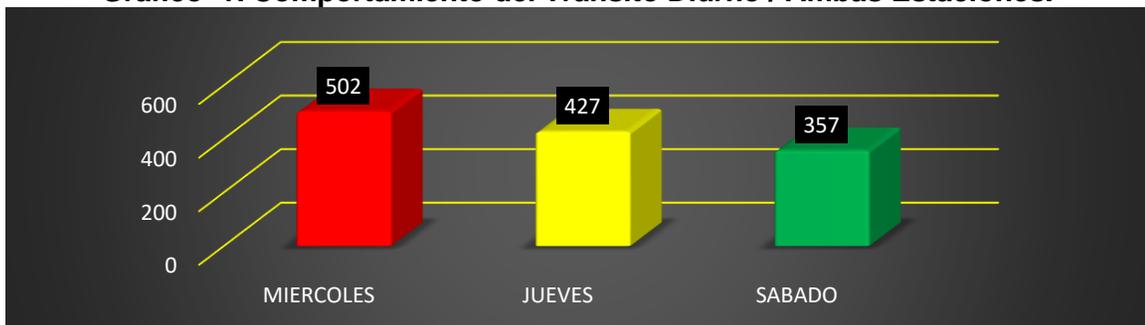
Tabla 3: Promedio de Vehículos según su composición ambas estaciones.

Promedio De Vehículos Según Su Composición				
Días	Vehículos Livianos	Pesados de Pasajeros	Pesados de Carga	Total
Miércoles: Est (0+600 y 1+400)	404.5	23.5	74.0	502
Jueves: Est (0+600 y 1+400)	342.5	24.5	59.5	427
Sábado: Est (0+600 y 1+400)	285.5	19.0	52.5	357
COMPOSICIÓN	Vehículos Livianos	Pesados de Pasajeros	Pesados de Carga	TOTAL
Valores redondeados Total	1033	67	186	1286 Veh
% Vehículos	80.33%	5.21%	14.46%	100%
Comprobación: Ver Tabla- 1 : $(1,356 + 1,215) = (2,571 \text{ veh} / 2) = 1,286 / 3 \text{ días} = 429 \text{ vehículos}$				

Fuente: Elaborado por Sustentante.

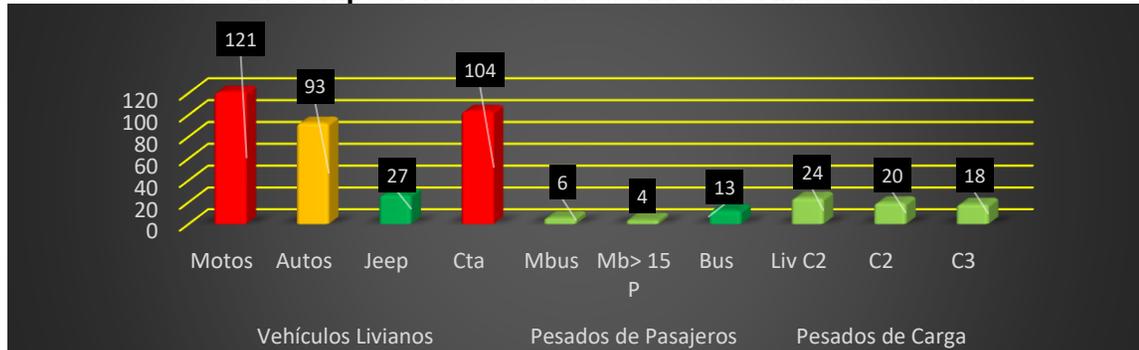
Una vez obtenidos los valores para cada composición vehicular se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno para todo el tramo, de igual manera otro gráfico donde se muestra su composición en un periodo de 12 horas. **(Ver gráficos a continuación).**

Gráfico 1: Comportamiento del Tránsito Diurno / Ambas Estaciones.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Gráfico 2: Composición del Tránsito Diurno/ Ambas Estaciones.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

En el **Gráfico 1** **pág. 13** se muestra el comportamiento del tránsito vehicular diurno, donde se aprecia que los días con mayor demanda de vehículos es el miércoles seguido del jueves y por último el sábado.

En el **Gráfico 2** **pág. 13** se aprecia claramente, el comportamiento de la composición vehicular predominando los Vehículos Livianos (motos, autos, camionetas, jeep) seguido de los vehículos pesados (Livc2, C2>5, C3), y en menor cantidad los vehículos de pasajeros (Bus, Mb>15p y micro bus).

2.6.2. Cálculo del TPDA.

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajustes diarios, semanales y de expansión, obtenidos del anuario de aforos de tráfico del MTI año 2018, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura–DAV. Para expandir (TPDi_{12 hrs} a TPDA), se consideró utilizar una estación que cumpla con características similares al tramo de estudio. para ello se hizo uso de los vectores de correspondencia (vector geográfico, volumen de tránsito vehicular (TPDA) y el porcentaje de tránsito vehicular).

Utilizando la metodología del (Anuario de tráfico-2018 del MTI), el vector geográfico para el tramo de estudio departamento de Nueva Segovia (ubicación del proyecto), corresponde a la región central norte entre ellos encontramos varios departamentos. Ver Tabla a continuación

Tabla 4: Vector Geográfico de Correspondencia.

Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de Tráfico 2018. MTI, *pág. 16 pdf*

Según el vector geográfico el tramo de estudio localizado en el departamento de Nueva Segovia se ubica en la región central norte vector R3. En base al vector de correspondencia identificamos dos estaciones de corta duración **ECD** cercanas al tramo como la ECD **1501** Yalagüina Ocotal y la ECD **1502** Ocotal Las Manos, sin embargo, estas estaciones poseen registros muy escasos, por lo cual, no podría realizarse una correlación de variables que sea confiable, para estimar una tasa de crecimiento acorde a la actividad económica del país. **Ver Anexo (Tabla 66 pág. XI).**

Debido a lo anteriormente expuesto y utilizando el vector geográfico R3 se identificó la estación de corta duración ECD N° 112 Emp. Yalagüina -Somoto la cual se encuentra situado en el departamento de Madriz, bajo la dependencia de la EMC-200 Entrada al INCAE -El Crucero. El Anuario de tráfico del MTI-2018 indica, que se deberá trabajar con una estación de corta duración cuando el vector volumen de su TPDA sea de 300 a 5000 vehículos por día / en este caso el estudio da como resultado un **TPDA de 610 Vehículos por día.** Ver Tabla 7

Tabla 5: Dependencia de Estaciones (Estación Emp. –Yalagüina-Somoto).

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
200 Entrada al INCAE - El Crucero	NIC-1	108	ECD	Emp. San Isidro - La Trinidad
	NIC-1	112	ECD	Emp. Yalagüina - Somoto ✓ Aplica
	NIC-2B	215	ECD	Hotel Nejapa - Km.10 1/2 Carretera Sur (Ida)
	NIC-2	209	ECD	Km. 10 1/2 Carretera Sur - Entrada al INCAE
	NIC-2	202	ECD	El Crucero - Cuatro Esquinas Posee
	NIC-2	203	ECD	Cuatro Esquinas - Diriamba 17 ECD y 2 ECS
	NIC-2	204	ECD	Diriamba - Jinotepe
	NIC-4	404	ECD	Granada - Emp. Guanacaste
	NIC-4B	432	ECD	Rtda.Nindiri - Rtda. Coyotepe (circunvalación)
	NIC-8	802	ECD	El Salto - San Rafael del Sur

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2018) pág. 49 pdf.

Si bien la estación ECD-112 Empalme Yalagüina-Somoto se encuentra en la región central norte, la dependencia se rige en base al perfil de flujo vehicular que presente mayor grado de similitud posible con el tramo en estudio, en este caso nuestra estación seleccionada para la expansión de nuestro $TPDi_{12hrs}$ a TPDA se encuentra bajo la dependencia de la EMC-200 Entrada al INCAE- El Crucero la cual se encuentra ubicada en occidente.

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12.0 horas ($TPDi_{12hrs}$), se realizó en base a factores de ajuste, estos factores se aplican para estaciones de corta duración o conteo sumario (ECD o ECS) que se encuentran bajo la dependencia de una estación de mayor cobertura.

El anuario de tráfico del MTI-2018 presenta factores para tres cuatrimestres del año ya que éstos se realizan en tres periodos enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre. Los factores de ajuste utilizados en este estudio para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), comprenden los del segundo cuatrimestre del año (mayo-agosto), ya que, los conteos de aforo vehicular se realizaron en el mes de mayo-2019. Ver tabla a continuación

Tabla 6: Factores /2do cuatrimestre del año (EMC-200) Entrada INCAE- El Crucero.

<i>Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto</i>										
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3
Factor Día →	1.25	1.28	1.22	1.25	1.20	1.14	1.26	1.20	1.24	1.13
Factor Semana →	0.96	1.01	1.05	0.98	0.98	0.91	0.97	0.89	0.90	0.97
Factor Fin de Semana →	1.11	0.98	0.90	1.04	1.05	1.33	1.10	1.42	1.36	1.10
Factor Expansión a TPDA	1.04	1.23	1.30	1.18	1.20	1.18	1.11	1.20	1.31	1.13

Fuente: Anuario de Tráfico 2018. MTI pág. 290 pdf.

Para expandir el Tráfico Promedio Diurno $TPDi_{12hrs}$, solo fue necesario utilizar el Factor Día (FD), Factor Semana (FS) y Factor Expansión (FE).

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se utilizó la **ecuación 3**:

$$TPDA = TPDi_{12hrs} * FD * FS * FE \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

TPDi₁₂: Tráfico Promedio Diurno 12 horas.

FD: Factor Día.

FS: Factor Semana.

FE: Factor Expansión (Expansión a TPDA).

Tabla 7: Cálculo del TPDA, Aplicando Factores de Ajuste (FD, FS, FE) / Ambas Estaciones (0+600, 1+400).

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA). EST: 0+600 - Est: 1+400											
Factor / Tipo de Vehículo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			total
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Micbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
TPDi _{12 horas} promedio ambas estaciones	121	93	27	104	6	4	13	24	19	18	429
FACTOR DÍA	1.25	1.28	1.22	1.25	1.20	1.14	1.26	1.20	1.24	1.13	
FACTOR SEMANA	0.96	1.01	1.05	0.98	0.98	0.91	0.97	0.89	0.90	0.97	
FACTOR EXPANSIÓN	1.04	1.23	1.30	1.18	1.20	1.18	1.11	1.20	1.31	1.13	
TPDA VERANO Estación 0+600 y 1+400	152	148	45	151	9	5	18	31	28	23	610
% TPDA	24.92%	24.26%	7.38%	24.75%	1.48%	0.82%	2.95%	5.08%	4.59%	3.77%	100%
% Vehículos	81.31%				5.25%			13.44%			100%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

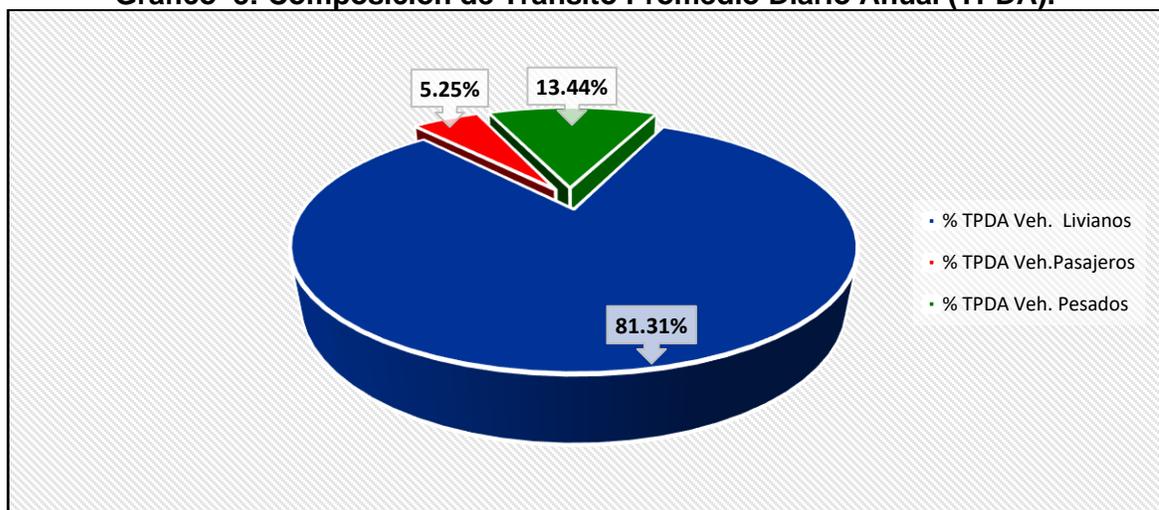
El cálculo resultante corresponde a un TPDA global para las estaciones (0+600) y (1+400), en las cuales se realizó los conteos volumétricos del tramo en estudio.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 3**. El cálculo para el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resultó de: **610 vpd** (vehículos por día), se trabajó con la estación de corta duración ECD-112 Emp. Yalagüina-Somoto para realizar la estimación de una tasa de crecimiento acorde al desarrollo económico del país y proyectar el TPDA calculado a un periodo de años.

2.6.3. Composición Vehicular.

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra de los conteos realizados en las dos estaciones (0+600, 1+400) la cual quedo conformada de la siguiente manera obteniendo una composición vehicular de: vehículos livianos **81.31%**, vehículos de pasajeros **5.25%**, vehículos de carga **13.44%**, para un total del 100% **Ver Gráfico a continuación**

Gráfico 3: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).



Fuente: Elaborado por Sustentante.

El tramo está clasificado como una vía colectora suburbana ya que está situado en una zona urbana y se encuentra ubicado dentro de centros escolares, panaderías e instituciones gubernamentales, predomina un tránsito promedio de **610 vpd** vehículos por día. Además, este se encuentra en el rango de 500 a 3000 vehículos según la clasificación funcional de la vía (SIECA-2004). tal como se muestra. **(Ver Anexos, Tabla-63, pág. VIII).**

2. 7. Determinación de las Tasas de Crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento del tráfico vehicular futuro, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA de la ECD-112” y el producto interno bruto “PIB”, así como con la población “POB”, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos. Partiendo del informe anual del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del Producto interno Bruto (PIB), Población (POB) y el TPDA de la estación seleccionada, en los últimos 11 años. **(Ver Anexos, Tabla-64, pág. IX)**

Tabla 8: Registros Históricos del TPDA-ECD 112, PIB, y POB.

AÑO	TPDA- ECD 112	PIB (Miles \$)	POB (Miles de habitantes)
2008	2173	8497	5779
2009	-	8299	5850
2010	1869	8759	5923
2011	-	9774	5997
2012	2749	10533	6071
2013	-	10983	6134
2014	-	11880	6198
2015	3083	12757	6263
2016	-	13286	6328
2017	2848	13844	6394
2018	2972	13118	6460

Fuente: BCN Informe Anual 2018 pág. 8 y Anuario de Tráfico MTI-2018 pág. 108 .

2.7.1. Tasas de Crecimiento.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio. Para el presente tramo se utilizaron los datos históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA” de la Estación N°112 de corta duración (ECD Emp. Yalagüina-Somoto), la cual fue seleccionada en base a los vectores de correspondencia. **(Ver Anexos, Tabla-67, pág. XII)**. Los registros de la ECD-112 fueron obtenidos del anuario de tráfico 2018.

En los registros de la estación N°112 ECD (Empalme Yalagüina-Somoto), podemos observar crecimientos moderados, iniciando en el año 2008 con un TPDA de 2,173 vehículos por día y finalizando en el año 2018 con 2,972, obteniendo una tasa promedio de crecimiento de **3.68%**, y un promedio de **2,616** vehículos con relación a los últimos 11 años (2008-2018). **Ver Tabla 9.**

En los registros de la ECD-112, algunos años no poseen conteos volumétricos, ya que, en esos años no se realizaron, por lo tanto, se hicieron correlaciones utilizando dichos datos, para conocer si son confiables para la determinación de una tasa de crecimiento que se ajuste al crecimiento económico del país.

Las tasas de crecimiento se calcularon usando la **ecuación 4**:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad (Ec-4)$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual

TPDA_o: Año anterior.

n= La diferencia de años.

Tabla 9: Evolución TPDA de la Estación ECD 112 Empalme Yalagüina-Somoto.

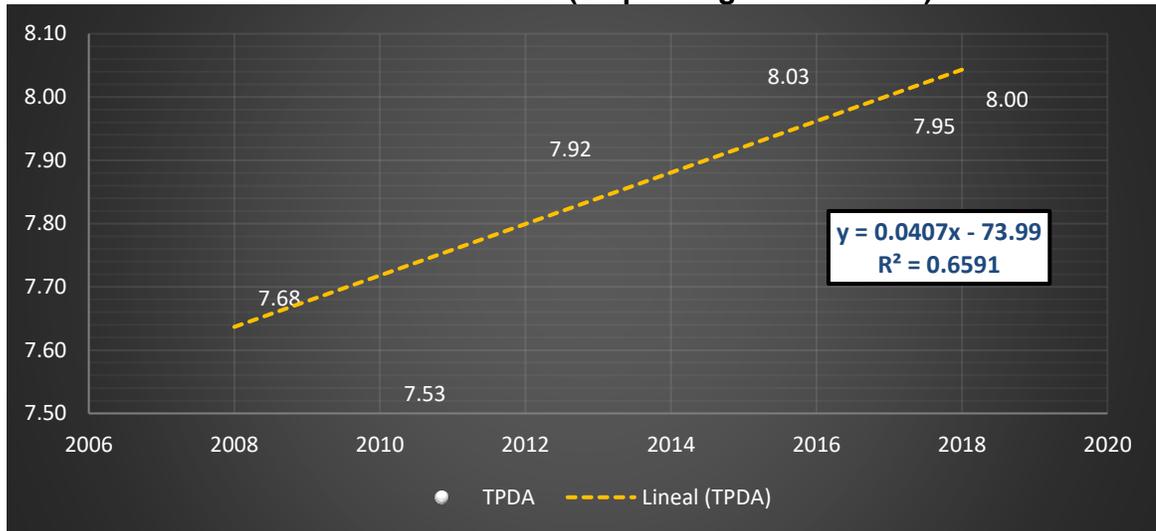
AÑO	TPDA ECD-112	Diferencia de años	TCA	ln TPDA ECD 112	
2008	2173			7.68	TCA Aplicando la Ec-4
2009	-			-	
2010	1869	2	-7.26%	7.53	
2011	-			-	
2012	2749	2	21.28%	7.92	
2013	-			-	
2014	-			-	
2015	3083	3	3.90%	8.03	
2016	-			-	
2017	2848	2	-3.89%	7.95	
2018	2972	1	4.35%	8.00	
Promedio	2,616		3.68%		

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2018, MTI- DAV pág. 108).

Los registros de la estación ECD-112 se tomaron del anuario de tráfico-2018.

A partir de los registros históricos de la estación ECD-112 se dispuso a realizar una correlación de sus variables no sin antes aplicar logaritmo natural (ln), esto para ver la confiabilidad de sus datos, utilizando los registros de los últimos 11 años desde el año 2008 hasta el año 2018. **(Ver Gráfico 4 a continuación)**

Gráfico 4: Correlación de años ECD (Emp. Yalagüina -Somoto).Vs LNTPDA



Fuente: Elaborado por Sustentante.

La correlación de los años de la estación Emp. Yalagüina-Somoto ECD-112 versus lnTPDA, da como resultado un coeficiente de determinación $R^2=0.6591$, se utilizó dicha estación para el cálculo de las tasas de crecimiento y proyectar nuestro tráfico a un periodo de años.

2.7.2. Correlación de Datos entre ECD N°112 y Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo del informe anual del Banco Central de Nicaragua (BCN), se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del producto interno bruto (PIB), de los últimos 11 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2008 al año 2018. **Ver Tabla: 10 Pág. 22**

El PIB promedio de los últimos 11 años que presenta el informe de Banco Central de Nicaragua BCN corresponde a 11,066 \$ Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 4.55%. La determinación de esta se calculó usando la **ecuación N° 4. (Ver Pág. 20).**

Tabla 10: Tasas de Crecimiento Anual para PIB.

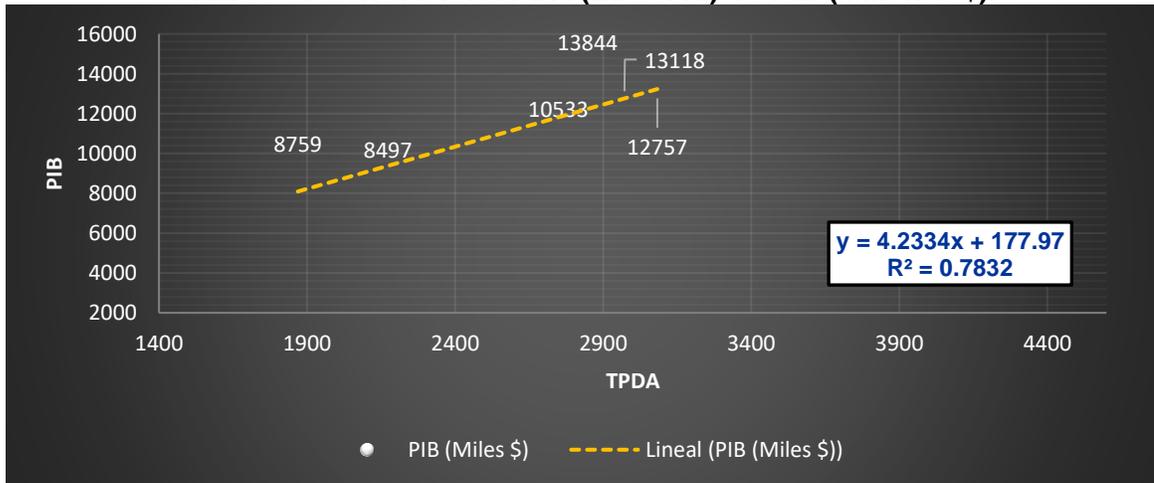
AÑO	TPDA ECD-112	PIB (Miles \$)	Diferencia de años	Tasa Crecimiento Anual (PIB)
2008	2173	8497.0	1	-
2009	-	8298.7	1	-2.33%
2010	1869	8758.6	1	5.54%
2011	-	9774.3	1	11.60%
2012	2749	10532.5	1	7.76%
2013	-	10983.0	1	4.28%
2014	-	11880.4	1	8.17%
2015	3083	12756.7	1	7.38%
2016	-	13286.0	1	4.15%
2017	2848	13843.7	1	4.20%
2018	2972	13117.9	1	-5.24%
Promedio	2,616 Veh/ día	11,066 millones \$		TC PROMEDIO 4.55%

Aplicando la Ec-4

Fuente: BCN Informe Anual 2018 pág. 8 y Anuario de Tráfico MTI-2018 pág. 108.

Se obtendrá la elasticidad de los indicadores como lo son TPDA de la estación de corta duración ECD-112 Emp. Yalagüina-Somoto y el producto interno bruto del país de los últimos 11 años. Estas variables serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación que existe entre ellas. **(Ver Gráfico -5)**

Gráfico 5: Correlación TPDA (EDC-112) Vs PIB (Millones \$).



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Como se muestra en el **Gráfico-5** la correlación entre los datos de TPDA Vs PIB genera un coeficiente de correlación de R^2 de **0.7832** y una elasticidad de **4.2334**, la línea de tendencia es ascendente y presenta continuidad lo que significa que los datos correlacionados son confiables.

Posterior se procedió a mejorar la fórmula de correlación R^2 , realizando el mismo procedimiento no sin antes aplicar Logaritmo Natural (ln) a los datos de la **Tabla 10**, con ellos se elaboran rectas de regresión y se calcula el coeficiente de correlación entre las variables en cuestión. A continuación, se muestra el cálculo de los logaritmos naturales necesarios previo al cálculo de la correlación:

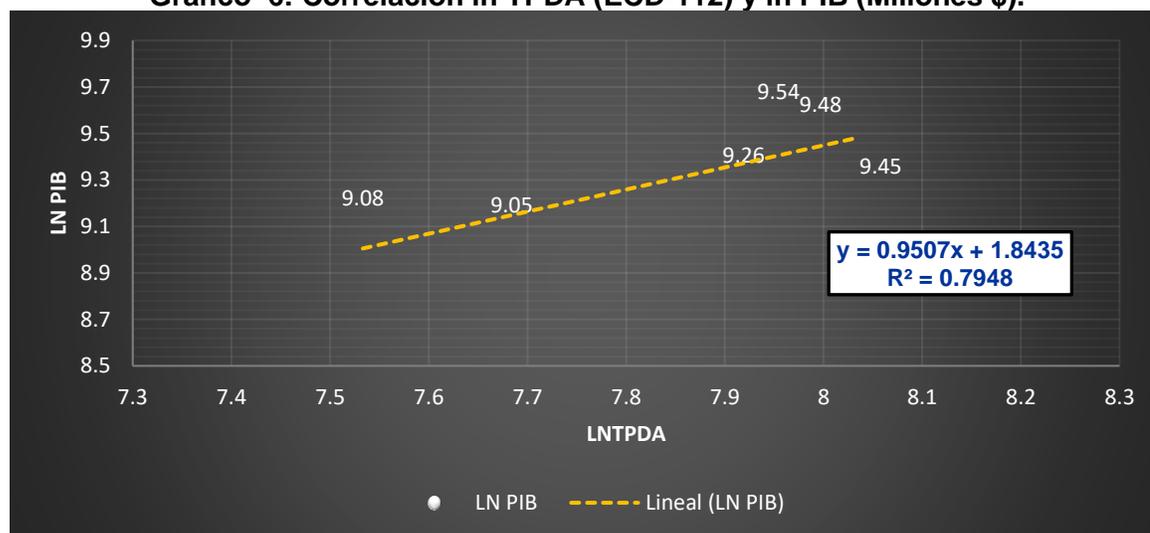
Tabla 11: Datos ln TPDA ECD-112 y ln PIB.

AÑOS	TPDA ECD 112	PIB	ln TPDA ECD 112	ln PIB (Miles \$)
2008	2173	8497.0	7.68	9.05
2009	-	8298.7	-	9.02
2010	1869	8758.6	7.53	9.08
2011	-	9774.3	-	9.19
2012	2749	10532.5	7.92	9.26
2013	-	10983.0	-	9.30
2014	-	11880.4	-	9.38
2015	3083	12757.0	8.03	9.45
2016	-	13286.0	-	9.49
2017	2848	13844.0	7.95	9.54
2018	2972	13117.9	8.00	9.48

Fuente: BCN Informe Anual 2018 pág. 8 y Anuario de Tráfico MTI-2018 pág. 108.

A continuación, en el **Gráfico-6** se muestra el resultado de la correlación entre las variables de los datos **ln TPDA Vs ln PIB** de la **Tabla 11**, el cual dio como resultado un coeficiente de determinación $R^2=0.7948$ y una elasticidad de **0.9507**, en un periodo de 11 años del año 2008 al año 2018.

Gráfico 6: Correlación ln TPDA (ECD-112) y ln PIB (Millones \$).



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el coeficiente de determinación más alto (R^2). De la correlación de las variables **TPDA Vs PIB** y **In TPDA Vs In PIB** se obtiene lo siguiente:

Tabla 12: Resultados de Correlación TPDA (ECD-112) y PIB

Correlación de TPDA ECD-112 Vs PIB (Ver Gráfico -5)		
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.7832	$y = 4.2334x + 177.97$ $R^2 = 0.7832$
Elasticidad	4.2334	
Correlación de In TPDA ECD-112 Vs In PIB (Ver Gráfico -6)		
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.7948	$y = 0.9507x + 1.8435$ $R^2 = 0.7948$
Elasticidad	0.9507	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Como se aprecia en la **Tabla-12**, se escoge la segunda elasticidad de la correlación de las variables de **InTPDA Vs InPIB**, ya que, el coeficiente de determinación (R^2) es más alto que la correlación de variables entre **TPDA Vs PIB** así que esta se utilizará para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

2.7.3. Correlación de Datos entre ECD 112 y Población (POB).

Partiendo de la información del informe anual del Banco Central de Nicaragua BCN, se elaboró una tabla con los registros históricos existentes de población (POB), de los últimos 11 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2008 al año 2018. Ver **Tabla 13**.

El POB promedio de los últimos 11 años que presenta el BCN corresponde a 6,127 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de **1.12%**. Las tasas de crecimiento de los últimos 11 años se calcularon usando la **ecuación Nº 4. Pág. 20**.

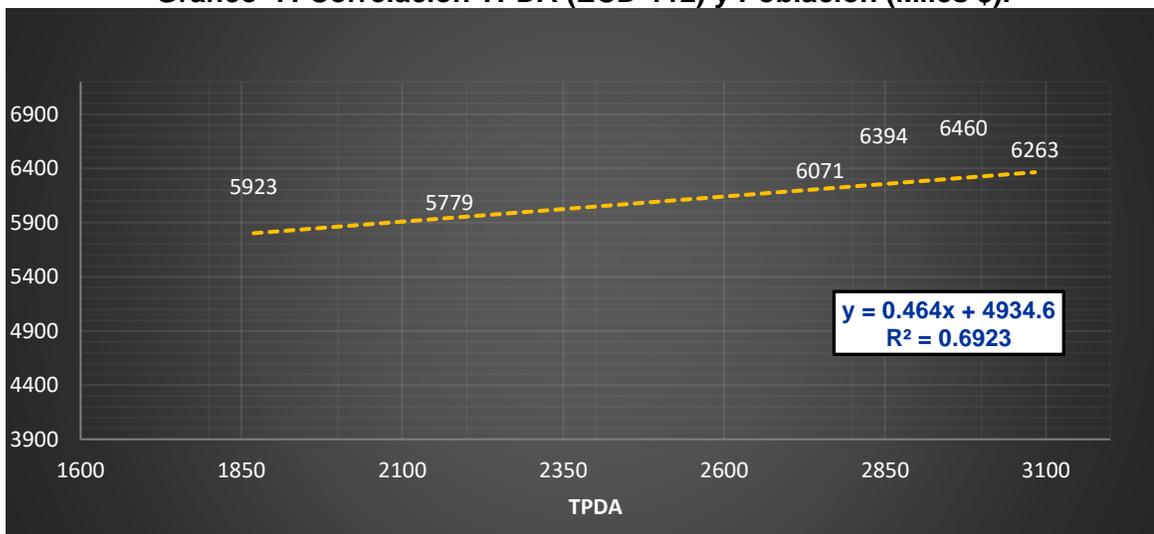
Tabla 13: Datos ECD-112 y Tasas de Crecimiento Anual para Población.

AÑO	TPDA ECD 112	POB (Miles/hab)	Diferencia de años	Tasa Crecimiento Anual (Pob)	Tc calculados Aplicando la Ec-4
2008	2173	5778.8	1	1.24%	
2009	-	5850.5	1	1.24%	
2010	1869	5923.1	1	1.24%	
2011	-	5996.6	1	1.24%	
2012	2749	6071.0	1	1.04%	
2013	-	6134.3	1	1.04%	
2014	-	6198.2	1	1.04%	
2015	3083	6262.7	1	1.04%	
2016	-	6327.9	1	1.04%	
2017	2848	6393.8	1	1.04%	
2018	2972	6460.4	1	1.24%	
Promedio	2,616 Veh/día	6,127 miles/hab		TC PROMEDIO 1.12%	

Fuente: BCN Informe Anual 2018 pág. 8 y Anuario de Tráfico MTI-2018 pág. 107.

Las variables de TPDA de la ECD 112 Emp-Yalagüina -Somoto y de Población serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación entre ellas, de forma que se establezca su crecimiento con los diferentes tipos de tráfico a los cuales se deben realizar proyecciones. A continuación, en el **Gráfico-7** se muestra el resultado de la correlación entre datos de la **Tabla-13**:

Gráfico 7: Correlación TPDA (ECD-112) y Población (Miles \$).



Fuente: Elaborado por Sustentante.

A continuación, se presenta en el **Tabla -14** el cálculo de los logaritmos naturales necesarios previo al cálculo de la correlación **In TPDA ECD-112 y In POB**.

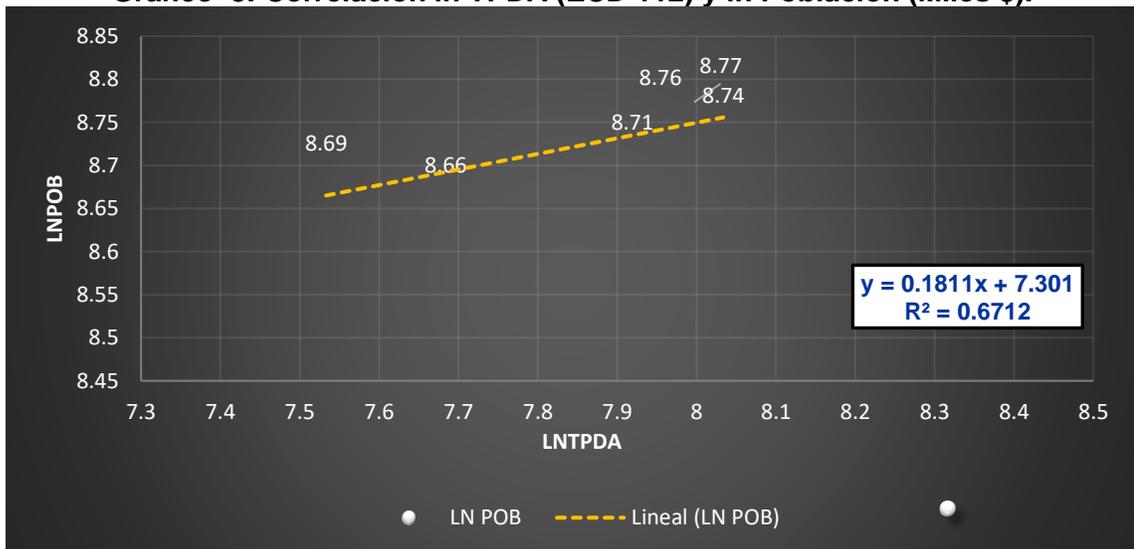
Tabla 14: Datos In TPDA ECD-112 y In POB.

AÑO	TPDA ECD 112	POB	In TPDA ECD 112	In POB (Miles/Hab)
2008	2173	5778.8	7.68	8.66
2009	-	5850.5	-	8.67
2010	1869	5923.1	7.53	8.69
2011	-	5996.6	-	8.70
2012	2749	6071.0	7.92	8.71
2013	-	6134.3	-	8.72
2014	-	6198.2	-	8.73
2015	3083	6262.7	8.03	8.74
2016	-	6327.9	-	8.75
2017	2848	6393.8	7.95	8.76
2018	2972	6460.4	8.00	8.77

Fuente: BCN Informe Anual 2018 pág. 8 y Anuario de Tráfico MTI-2018 pág. 107 .

En el **Gráfico-8** se muestra el resultado de la correlación entre datos del **Tabla: 14**:

Gráfico 8: Correlación In TPDA (ECD 112) y In Población (Miles \$).



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el coeficiente R^2 más alto.

De la correlación de las variables **TPDA Vs Población** y **InTPDA Vs InPOB** se obtiene lo siguiente:

Tabla 15: Resultados de Correlación TPDA (ECD-112) y POB (Miles/Hab).

Correlación de TPDA ECD-112 Vs POB (Ver Gráfico -7)		
Coeficiente de Correlación (R ²)	0.6923	$y = 0.464x + 4934.6$ $R^2 = 0.6923$
Elasticidad	0.464	
Correlación de lnTPDA ECD-112 Vs lnPOB (Ver Gráfico -8)		
Coeficiente de Correlación (R ²)	0.6712	$y = 0.1811x + 7.301$ $R^2 = 0.6712$
Elasticidad	0.1811	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Como se muestra en la **Tabla-15**, se escoge la primera elasticidad , ya que, el coeficiente (R²) de la correlación de las variables de **TPDA Vs POB** es más alto, por ende, hay más confiabilidad en su correlación que **lnTPDA Vs lnPOB** así que esta se utilizará para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos (laborales, compras, estudios, recreativos y de otras índoles).

2.7.4. Cálculo de Proyección de Tráfico.

Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando las elasticidades obtenidas anteriormente, así como el promedio de TC para **TPDA ECD-112, PIB, POB**.

Tabla 16: TC promedio utilizando registros históricos (TPDA, PIB, POB).

AÑO	TPDA ECD-112	TC	PIB (Miles \$)	TC	POB (miles)	TC
2008	2173		8497.0		5778.8	
2009	-		8298.7	-2.33%	5850.5	1.24%
2010	1869	-7.26%	8758.6	5.54%	5923.1	1.24%
2011	-		9774.3	11.60%	5996.6	1.24%
2012	2749	21.28%	10532.5	7.76%	6071.0	1.24%
2013	-		10983.0	4.28%	6134.3	1.04%
2014	--		11880.4	8.17%	6198.2	1.04%
2015	3083	3.90%	12757.0	7.38%	6262.7	1.04%
2016			13286.0	4.15%	6327.9	1.04%
2017	2848	-3.89%	13844.0	4.20%	6393.8	1.04%
2018	2972	4.35%	13117.9	-5.24%	6460.4	1.04%
TC Promedio Histórico		3.68%		4.55%		1.12%

Fuente: BCN Informe Anual 2018 pág. 8 y Anuario de Tráfico MTI-2018 pág. 108.

- **Tasa de crecimiento Vehículos Livianos:** se obtuvo aplicando la **ecuación-4** **pág. 20** a cada uno de los años que presenta registro y posterior realizando un promedio de las tasas de crecimientos calculadas, como lo dispone el anuario de tráfico del MTI-2018 **pág. 25**. **Ver tabla 16**, la cual resultó de:

$$T_{CTPDA} = 3.68\%$$

- **Tasa de crecimiento Vehículos de Carga:** se obtuvo aplicando la **ecuación-4** **pág. 20** a cada uno de los años de **PIB** y posterior realizando un promedio de las tasas de crecimientos calculadas, como lo dispone el anuario de tráfico del MTI-2018 **pág. 25**. **Ver tabla 16**, la cual resultó de:

$$T_{CPIB} = 4.55\%$$

Posterior se afectó el resultado con la elasticidad escogida de **0.9507 del PIB**.

$$TC = T_{CPIB} * \text{Elasticidad PIB}$$

$$TC = 4.55\% * 0.9507$$

$$TC = 4.32\%$$

- **Tasa de crecimiento Vehículos de Pasajeros** se obtuvo aplicando la ecuación -4 para cada uno de los años de **POB** y posterior realizando un promedio de las tasas de crecimientos calculadas, como lo dispone el anuario de tráfico del MTI-2018 **pág. 25**. **Ver tabla 16**, la cual resultó de:

$$T_{CPOB} = 1.12\%$$

Afectando la Tasa crecimiento resultante con Elasticidad escogida de **0.4640 del POB**.

$$TC = T_{CPOB} * \text{Elasticidad POB}$$

$$TC = 1.12 \% * 0.4640 =$$

$$TC = 0.52\%$$

A continuación, se realizó el consolidado de las tasas de crecimientos calculadas (TPDA-ECD112, PIB, POB), las cuales fueron afectadas por las elasticidades o coeficiente de ajustes. Ver la siguiente tabla

Tabla 17: Consolidado de las Tasas de Crecimiento Calculadas (TPDA, PIB, POB).

TC = (TPDA, PIB, POB) Afectadas Por Elasticidad de las Correlaciones		
Calculado TC TPDA= 3.68%	Calculado TC PIB= 4.32%	Calculado TC POB= 0.52%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Para elegir que tasa de crecimiento que se utilizaría para proyectar el tráfico del tramo en estudio se calculó el promedio de las tasas de crecimiento de (TPDA y PIB,) la cual resultó de **4.0%**. La tasa de POB no se tomó en consideración porque es muy baja. (**Ver a continuación**)

Tabla 18: Cálculo Del Promedio de Tasas de TPDA ECD-112, PIB.

Tasas de crecimientos promedio TPDA ECD-112 -PIB - (2008-2018)	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">TC_{TPDA}= 3.68%</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">TC_{PIB}= 4.32%</div>
$TC = \frac{TC_{TPDA} + TC_{PIB}}{2} \quad TC = \frac{3.68 + 4.32}{2} = TC_{PROMEDIO} : 4.0\%$	
TPDA= 4.0% ✓ ACEPTABLE	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Para seleccionar la tasa más acorde al crecimiento económico del país y realizar la proyección del tráfico, se realizó un promedio de las tasas de crecimiento promedio de TPDA ECD-112 y PIB, las cuales fueron afectadas con las elasticidades o coeficiente de ajuste. Obteniendo una **Tc= 4.0%**.

2.8. Selección de la Tasa de Crecimiento.

La tasa de (4.0%), se ajusta al comportamiento económico de los últimos 10 años (2010-2018 Anuario BCN 2018), el cual presenta un valor promedio de 4.13% similar al promedio calculado de (TPDA ECD-112 y PIB). **Ver anexos (Tabla: 68 Pág. XIII)**. En base a esta tasa se realizó la proyección del tránsito en un periodo de 15 años la cual se definió de acuerdo a la clasificación funcional de la vía.

Determinación del Tránsito de Diseño.

El tránsito de Diseño (TD), determina la cantidad de vehículos que circularán en una vía, para obtener un acumulado de vehículos y proyectar su vida útil. De manera general el Tránsito de diseño a emplear para fines de este proyecto está dada por la ecuación:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

FC: Factor Crecimiento.

FD: Factor Dirección.

Fc: Factor Carril

365: Días del año.

2.9.1. Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. En este caso el tramo tiene una clasificación funcional **Colectora suburbana** (SIECA 2004 Pág. 13). El **TPDA** debe estar en un rango de 500 a 3000 vpd, el cálculo de TPDA de este estudio es de: **TPDA 610 vpd**, en dependencia a este criterio el diseño de la vía será de **n=15 años. (Ver Anexos, Tabla-63, pág. VIII)**

Tabla 19: Período de Diseño (N).

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

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

2.9.2. Factor de Crecimiento (FC).

Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación N°6**:

$$FC = \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right) \quad (\text{Ec. 6})$$

Dónde:

F_c: Factor de Crecimiento

i: Tasa de crecimiento anual: **4.0 %**

n: Periodo de Diseño: **15 años**

$$F_c = \left(\frac{(1 + 0.040)^{15} - 1}{0.040} \right) = \mathbf{20.02}$$

2.9.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos.

Tabla 20: Factor de Distribución por Dirección (FD).

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

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

2.9.4. Factor Distribución Por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En el **Tabla-21** se presenta el factor carril.

Tabla 21: Factor de Distribución por Carril (FC).

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1.00
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 2004.

Se tomó el valor de **Fc' = 1.00** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional. En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la **Ecuación N° 5 de la pág. 30**, tal como se muestra en la **Tabla -22**:

Tabla 22: Tránsito de Diseño.

<i>Tipo de vehiculos</i>	<i>Tránsito Actual (2019)</i>	<i>F.C.</i>	<i>Factor de Dirección (FD)</i>	<i>Factor por carril(Fc)</i>	<i>Dias del año</i>	<i>Tránsito para el carril de diseño</i>
Autos	148.00	20.02	0.50	1.00	365	540,741.00
Jeep	45.00	20.02	0.50	1.00	365	164,415.00
Camionetas	151.00	20.02	0.50	1.00	365	551,702.00
McBus<15 pas	9.00	20.02	0.50	1.00	365	32,883.00
MnBus 15-30 pas	5.00	20.02	0.50	1.00	365	18,269.00
C2 liv	18.00	20.02	0.50	1.00	365	65,766.00
Bus	31.00	20.02	0.50	1.00	365	113,264.00
C2 5 +ton	28.00	20.02	0.50	1.00	365	102,303.00
C3	23.00	20.02	0.50	1.00	365	84,034.00
TOTAL, DE DISEÑO EN UN PERIODO DE 15 AÑOS						1,673,377.0

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Los resultados de la **Tabla -22** para el tramo de calles El Ranchón a Estadio Glorias utilizando un factor de crecimiento de **20.02**, con un periodo de diseño de **15** años, dio como resultado un tránsito por carril de diseño de **1,673,377.0 Vehículos/día**. Este cálculo no toma en consideración el TPDA de las motos.

2.9.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexible fue de 4.2 según el manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento SIECA (Sistema de Integración Económica Centroamericana Capitulo 3 Pág. 4). En el diseño de la estructura de pavimento articulado del tramo de calles El Ranchón a Estadio Glorias se trabajó con un valor de **Po=4.2**.

2.9.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes: Para camino vecinal y colectora suburbana se toma un valor de $pt = 1.8 - 2.0$ según el manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento, SIECA, (Secretaria de Integración Económica centroamericana Capitulo 3 Pág. 4).

En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0**.

2.9.7. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el Δ PSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación N°7**:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ec. 7})$$

En el diseño de la estructura de pavimento articulado del tramo de calles El Ranchón a Estadio Glorias se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 = \Delta PSI = 2.2$$

2.9.8. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

2.9.9. Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO– 93 apéndice D, para ejes sencillos y dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final (Pt=2.0) y un número estructural recomendado (SN=5) para pavimento articulado, los pesos de las tablas están dados en kips en números enteros, **(Ver Anexos, (Tablas: 71 y 72), págs. XV y XVI)**. Sin embargo, la mayoría de los factores para este estudio no son valores enteros, por lo cual se tuvieron que interpolar, ya que, no se encuentran representados en las tablas. A continuación, se muestran dichos valores una vez ya conocidos los pesos por ejes en toneladas, **(Ver Anexos, Tablas 69 y 70 pág. XIV)**.

Se procede a interpolar los pesos en Kips para cada eje por tipo de vehículo:

Tabla 23: Factores de ejes Kips a Interpolar.

Tipo de vehículos	Peso x eje ton	Ejes simples en Kips	Tipo vehículo	Peso x eje (Ton)	Ejes Doble en Kips
Autos Jeep Camioneta	1.0	2.2 Kips	C3	16.50	36.30 Kips
Camioneta, McBus<15 pas	2.0	4.4 Kips			
McBus<15 pas, MnBus 15-30 pas	4.0	8.8 Kips			
Bus	5.0	11 Kips			
MnBus 15-30 pas	8.0	17.6 Kips			
Ver la tabla 71 en Anexos págs. XV			Ver la tabla 72 en Anexos págs. XVI		

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Para realizar el cálculo de interpolación de los ejes simples, se utilizó la tabla 71 de factores de carga, mientras que para conocer los factores de carga de ejes dobles se utilizó la tabla 72, utilizando en ambos casos un SN=5 asumido.

Tabla 24: Interpolación Lineal (2.2 Kips, 4.4 Kips, 8.8 Kips).

EJE SIMPLE= 2.2 kips		EJE SIMPLE= 4.4 kips		EJE SIMPLE= 8.8 kips	
(kips)	SN=5	(kips)	SN=5	(kips)	SN=5
2.0	0.0002	4.0	0.002	8.0	0.031
2.2	X	4.4	X	8.8	X
4.0	0.002	6.0	0.009	10.0	0.079
X = 0.00038		X = 0.0034		X = 0.0502	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 25: Interpolación Lineal (11 Kips).

EJE SIMPLE= 11 kips	
(kips)	SN=5
10.0	0.079
11	X
12.0	0.0174
X = 0.1265	

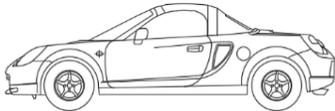
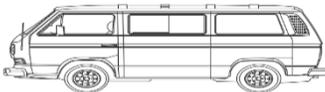
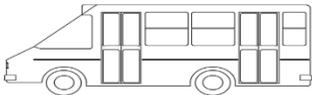
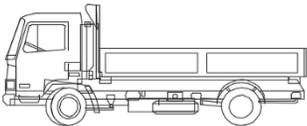
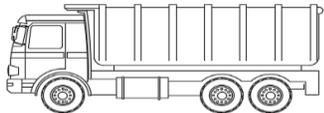
Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 26: Interpolación Lineal (17.60 Kips, 36.30 Kips).

EJE SIMPLE= 17.60 kips		EJE DOBLE= 36.30 kips	
(kips)	SN=5	(kips)	SN=5
16.0	0.603	36.0	1.38
17.60	X	36.30	X
18.0	1.00	38.0	1.73
X = 0.9206		X = 1.43	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 27: Tipos de Vehículos a los cuales se interpoló los ejes en Kips.

Auto 	Camioneta 
Micro Bus 	Micro bus >15 
Camión de Carga C2,C3 	

Fuente: Elaborado por Sustentante.

2.9.10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

En el Método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos del cálculo, se los transforma un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 KN o 18 Kips, los cuales se les denomina “equivalent simple axial load” o ESAL.

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad (\text{Ec.8})$$

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia de carga por eje.

Ya conocido los valores del Tránsito de Diseño (TD) por tipo de vehículo cuyos resultados se muestran en la **Tabla -22** de la pág. 32. En donde el TPDA para motos no se tomó en cuenta en el cálculo del tránsito de Diseño, ya que se considera que el daño causado por este tipo de vehículo es imperceptible.

El cálculo de los ejes equivalentes a 18 KIPS para cada vehículo se estimó en base al tránsito de diseño y los factores **ESAL** para cada eje, este último se determinó utilizando las **tablas 71 y 72 pág. XV, XVI de Anexos**, considerando una serviciabilidad final de $pt=2.0$ y un $SN=5$, para lo cual se debió conocer los pesos de cada eje en toneladas y luego pasarlo a Kips se utilizó las **Tablas 69 y 70** de diagramas de carga permisibles para la conversión **pág. XIV**.

Los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), los cuales se tuvieron que interpolar fueron cinco (5) valores de FESAL para ejes Simples (2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.60), y un (1) valor de FESAL para ejes Dobles (36.30). Solo el peso de 22 Kips no se interpoló ya que el FESAL (2.35), sí se muestra en el cuadro AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos. El cálculo del **ESAL o W18** se muestra a continuación, en la **Tabla-28**:

Tabla 28: Cálculo ESAL´S del Carril de Diseño.

TIPOLOGÍA	Peso X eje (Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	TPDA 2019	TD	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	148	540,741	0.00038	205
	1.00	2.20	Simple			0.00038	205
Jeep	1.00	2.20	Simple	45	164,415	0.00038	62
	1.00	2.20	Simple			0.00038	62
Camionetas	1.00	2.20	Simple	151	551,702	0.00038	210
	2.00	4.40	Simple			0.0034	1876
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	9	32,883	0.0034	112
	4.00	8.80	Simple			0.0502	1651
MnBus > 15 pas	4.00	8.80	Simple	5	18,269	0.0502	917
	8.00	17.60	Simple			0.9206	16818
Bus	5.00	11.00	Simple	18	65,766	0.1265	8319
	10.00	22.00	Simple			2.3500	154550
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	31	113,264	0.0502	5686
	8.00	17.60	Simple			0.9206	104271
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	28	102,303	0.1265	12941
	10.00	22.00	Simple			2.35	240412
C3	5.00	11.00	Simple	23	84,034	0.1265	10630
	16.50	36.30	Doble			1.433	120379
TOTAL				458 de 610	1,673,377.0		679,307.00

Nota: Se tomó un TPDA de 458 vehículos por día del total resultante que fue de 610 vehículos por día, ya que, las motos no se tomaron en cuenta por no ejercer una carga considerable al pavimento.

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Para el tramo de calles El Ranchón a Estadio Gloria se obtuvo un ESAL´S **6.793 +05** repeticiones equivalentes a 18 Kips o 80 KN acumuladas en un periodo de diseño de 15 años, trabajando con una **P₀=4.2**, **P_t=2.0**, **ΔPsi=2.2** y un **SN=5** recomendado.



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO III

Estudio Geotécnico

2020

3.1. Generalidades.

Este estudio comprende lo concerniente a investigaciones llevadas a nivel de campo, de laboratorio, así como de gabinete los cuales fueron realizados en el mes de octubre del 2018, dicho estudio fue proporcionado por la alcaldía de Municipal Ocotál.

Estas investigaciones fueron solicitadas en el área de Planificación urbana, dichos estudios fueron realizados por la empresa IDISA (ingeniería Desarrollo e Inversiones S. A), quien realizó los trabajos correspondientes para los fines propuestos, en el cual se analizó la clasificación de los suelos existentes de acuerdo con su CBR, índice de grupo y cada uno de estos factores nos ayudó a identificar qué tipo de suelo era apto para aplicarlo como subrasante, base o subbase.

3.2. Metodología.

La metodología implementada para la ejecución del estudio de suelos comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo de 1.9 kilómetros definido por la carretera del proyecto; mediante la ejecución de prospecciones de exploración se observaron las características del terreno de fundación, para luego obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo para la ejecución de este estudio, así como los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio practicados sobre las muestras de suelo.

Se realizó un análisis del suelo, con el objetivo de conocer sus características físicas, mecánicas condiciones de soporte, y de esta manera se establecerán los parámetros básicos necesarios para el diseño de la estructura. Seguidamente estas muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar sus propiedades.

3.2.1. Evaluación de la Sub-Rasante.

El factor más importante en la determinación de los espesores de diseño del pavimento es la respuesta del suelo de su subrasante ante las cargas de tránsito. Para ello se ejecutaron 9 sondeos manuales con una profundidad de 1.50 m, obteniéndose un total de 19 muestras representativas de los suelos y materiales existentes en el tramo de estudio, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 (Inicio del Tramo en Estudio) hasta llegar a la estación 1+900 (Fin del Tramo en Estudio).

3.2.2. Estudios de laboratorio.

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración se reagruparon y fueron sometidas a ensayos de laboratorio. A continuación, se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación A.A.S.H.T.O. correspondiente:

Tabla 29: Ensayos de Laboratorio.

TIPO DE ENSAYE	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
Ensaye Proctor (*)	T 180 - 90
Ensaye C.B.R. (*)	T 193 - 81

Fuente. Libro de diseño de pavimento AASHTO -93.

Las muestras para el ensaye CBR se saturaron por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el ensaye. Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema AASHTO, en su designación M 145-87.

3.2.2.1. Clasificación de suelos.

En la actualidad el sistema más utilizado para la clasificación de los suelos de estudio para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas es la: AASHTO-145. (Ver Anexos (Tabla 73), pág. XVII)

Tabla 30: Tipos de suelo AASHTO.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO M-145
A-1-a
A-1-b
A-2
A-3
A-4
A-5
A-6
A-7

Fuente: US Army corps Engineers.

3.2.3. Sondeos efectuados.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron In Situ por el personal de campo, tomándose muestras alteradas cada 250 metros, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios. (Ver Anexos (Imagen 15), pág. XVIII)

Tabla 31: Ubicación de los sondeos efectuados.

SONDEO MANUAL	UBICACIÓN	SONDEO MANUAL	UBICACIÓN
Sm - 1	0+000, Lado derecho	Sm - 2	0 +250, Lado izquierdo
COORD. UTM	555,809.58 E 1,507,329.44 N	COORD. UTM	555,709.60 E 1,507,576.81 N
Sm - 3	0+500, Lado izquierdo	Sm - 4	0+750, Lado derecho
COORD. UTM	555,569.04 E 1,507,779.58 N	COORD. UTM	555,404.39 E 1,507,870.35 N
Sm - 5	1+ 000, Lado izquierdo	Sm - 6	1 + 250, Lado derecho
COORD. UTM	555,245.46 E 1,507,967.63 N	COORD. UTM	555,100.95 E 1,507,892.43 N
Sm - 7	1+500, Lado izquierdo	Sm - 8	1+750, Lado derecho
COORD. UTM	554,974.76 E 1,507,676.62 N	COORD. UTM	554,848.57 E 1,507,460.81 N
Sm - 9	1+900, Lado izquierdo	SISTEMA DE COORDENADAS: WGS-84 ZONA: 16P	
COORD. UTM	554,726.15 E 1,507,251.45 N		

Fuente: Elaborado por Sustentante.

3.2.4. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.

Sobre la base de los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que a lo largo del tramo en estudio predominan los tipos de suelo que a continuación se describen:

A-7-5: Materiales elásticos, los que se encuentran constituidos por limos arcillosos inorgánicos, de color variable negro a café claro. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, corresponde a la clasificación del tipo **A-7-5**, se encuentra dentro del grupo de suelos **A-7** con índice de grupo de 17 y 20.

Este material es de baja compresibilidad y de media a alta plasticidad. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza como malo para ser utilizado en estructuras de pavimento.

A-6 (7): Material fino, el cual está conformado por arcilla arenosa, de color gris claro. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, corresponde a la clasificación del tipo **A-6(7)**, con índice de grupo de 7. Este material es de baja compresibilidad y de media a alta plasticidad. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza como malo para ser utilizado en estructuras de pavimento.

A-2-4: Esta conformado por arena limo gravosa con arcilla de baja plasticidad color café claro con pintas amarillas. En el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, corresponde a la clasificación del tipo **A-2-4(0)**, con índice de grupo de 0. Este material es de baja compresibilidad y de baja plasticidad. En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza como regular, está dentro del grupo de suelos **A-2**.

A-2-5: según la clasificación de la **AASHTO** como un suelo de regular a deficiente calidad, este se encuentra dentro del grupo **A-2**, presenta una grava pobremente gradada con arcilla y arena, su límite líquido determinado es de 45%, y su índice de plasticidad de 9%, su CBR al 95% próctor modificado es de 18%.

A-2-6: según la clasificación de la **AASHTO** como un suelo de regular a deficiente calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2, presenta una grava pobremente gradada con arcilla y arena, su límite líquido determinado varía entre 31% y 35%, y su índice de plasticidad varía entre 11% y 16%, su CBR al 95% próctor modificado es variable de 11 a 15%.

En base al sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza como regular a deficiente.

Se establece que en la rasante actual del terreno presenta una capa de relleno de material selecto, de clasificación **A-2-4(0)** y **A-2-6(0)**. Finalmente se realizó la columna estratigráfica para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. **Ver Gráfico 9 y 10, pág. 49-50.**

A continuación, se presentan los sondeos realizados a lo largo del tramo donde se muestra su clasificación, propiedades físico-mecánicas, límite líquido, límite plástico y su valor CBR al 95% Proctor modificado.

Tabla 32: Resumen de Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-1, SM-2, SM-3).

															
INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.															
PROYECTO: Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotál										FECHA: 12/10/2018					
Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo															
Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.															
E-mail: idisa@turbonett.com.ni															
UBICACIÓN: Municipio de Ocotál, Departamento de Nueva Segovía										PROCEDENCIA: Sondeos Manuales					
RESULTADOS DE ENSAYES DE SONDEOS MANUALES															
SONDEO N°	ESTACIÓN UBICACIÓN	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	% QUE PASA POR EL TAMIZ								L.L. (%)	I.P. (%)	AASHTO	CBR 95%
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
1	0+000, Lado derecho	1	0.00 – 20	68	50	45	35	27	20	12	8	28	10	A-2-4 (0)	33
1		2	20 – 80	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
1		3	80 – 150					100	100	99	96	62	32	A-7-5 (20)	4
2	0 +250, Lado izquierdo	4	0.00 – 10	100	98	97	94	85	73	36	25	36	7	A-2-4 (0)	24
2		5	10 – 150	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	13
3	0+500, Lado izquierdo	6	0.00 – 15	80	64	50	31	20	15	11	7	33	8	A-2-4 (0)	22
3		7	15 – 60	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	13
3		8	60 - 150					100	97	86	62	35	14	A-6(7)	11
OBSERVACIONES:															
L.L. : Límite Líquido I.P. : Índice Plástico I.G. : Índice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico															

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál–IDISA S.A.

Tabla 33: Resumen de Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-4, SM-5, SM-6).

IDISA		INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.										PROYECTO: Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotál		FECHA: 12/10/2018	
Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo		Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.										UBICACIÓN: Municipio de Ocotál, Departamento de Nueva Segovia		PROCEDENCIA: Sondeos Manuales	
E-mail: idisa@turbonett.com.ni		RESULTADOS DE ENSAYES DE SONDEOS MANUALES													
SONDEO N°	ESTACIÓN UBICACIÓN	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	% QUE PASA POR EL TAMIZ								L.L. (%)	I.P. (%)	AASHTO	CBR 95%
				1"	3/4"	1/2 "	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
4	0+750, Lado derecho	9	0.00 – 40					100	52	30	15	29	10	A-2-4 (0)	31
4		10	40 – 150	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18
5	1+ 000, Lado izquierdo	11	0.00 – 50	100	98	97	94	85	73	36	25	36	7	A-2-4 (0)	34
5		12	50 – 150	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18
6	1 + 250, Lado derecho	13	0.00 – 28	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4 (0)	34
6		14	28 – 150	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18
OBSERVACIONES:															
L.L. : Limite Líquido I.P. : Índice Plástico I.G. : Índice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico															

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál-IDISA S.A.

Tabla 34: Resumen de Sondeos Realizados a lo largo del Tramo (SM-7, SM-8, SM-9).

IDISA															
INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.															
PROYECTO: Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotál										FECHA: 12/10/2018					
Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo															
Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.															
E-mail: idisa@turbonett.com.ni															
UBICACIÓN: Municipio de Ocotál, Departamento de Nueva Segovia										PROCEDENCIA: Sondeos Manuales					
RESULTADOS DE ENSAYES DE SONDEOS MANUALES															
SONDEO N°	ESTACIÓN UBICACIÓN	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	% QUE PASA POR EL TAMIZ								L.L. (%)	I.P. (%)	AASHTO	CBR 95%
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
7	1+500, Lado izquierdo	15	0.00 – 30	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6(0)	11
7			30 – 150	MATERIAL ROCOSO DE COLOR ROJISO.											
8	1+750, Lado derecho	16	0.00 – 30	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6(0)	11
8			17	30 – 150					100	100	99	96	62	32	A-7-5(20)
9	1+900, Lado izquierdo	18	0.00 – 35	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6(0)	11
9			19	35 – 150					100	100	99	98	68	22	A-7-5(17)
OBSERVACIONES:															
L.L. : Límite Líquido I.P. : Índice Plástico I.G. : Índice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico															

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál-IDISA S.A.

3.2.5. Análisis de los Resultados.

En base a lo descrito anteriormente, podemos concluir que predominan los suelos **A- 2- 4, A- 2- 5, A- 2- 6 y A- 7- 5**. Si bien son suelos de baja resistencia y calidad, con límites líquidos e índices de plasticidad altos según su clasificación y características físico-mecánicas de la AASHTO. También tenemos suelos de buena calidad como lo es el suelo **(A-2-4)**.

3.2.6. Resultados de la Estratigrafía del Suelo.

La estratigrafía del tramo en estudio se describe a continuación, iniciando desde la superficie hasta la profundidad investigada.

Estación 0+000 hasta 0+500 (Sm1, Sm2, Sm3):

En el **primer estrato** se encontró un tipo de suelo **A-2-4(0)**, con índice de grupo cero (0), este suelo presenta un espesor mínimo 0.10 metros y un espesor máximo de 0.20 metros, de acuerdo con la AASHTO es un suelo de buena calidad, posee un límite líquido variable entre 28% a 36% máximo, un índice de plasticidad variable entre 7% a 10% máximo, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 22% mínimo y 33% máximo.

En el **segundo Estrato** se encontró el suelo tipo **A-2-6 (0)**, con índice de grupo cero, este se encuentra a una profundidad que varía desde 0.10 metros a 0.20 metros, de acuerdo con la AASHTO es un suelo de regular calidad, su límite líquido es de 34%, un Índice de Plasticidad de 11%, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 13% mínimo y 15% máximo.

En el **tercer Estrato** se encontró dos tipos de suelos el **A-6 (7)** y **A-7-5 (20)**, estos se encuentran a una profundidad que varía entre 0.60 metros a 0.80 metros, de acuerdo con la AASHTO son suelos de deficiente calidad, el **A-6 (7)** posee límite líquido de 35% y un Índice de Plasticidad de 14%, su CBR al 95% próctor modificado es de 11%.

Con respecto al tipo de clasificación **A-7-5 (20)**, este posee límite líquido de 62% y un Índice de Plasticidad de 32%, su CBR al 95% próctor modificado es de 4%.

Estación 0+750 hasta 1+250 (Sm4, Sm5, Sm6):

En el **primer estrato** se encontró un tipo de suelo **A-2-4(0)**, con índice de grupo cero (0), este suelo presenta un espesor mínimo 0.28 metros y un espesor máximo de 0.50 metros.

De acuerdo con la AASHTO es un suelo de buena calidad, posee un límite líquido variable entre 26% a 36% máximo, un índice de plasticidad variable entre 7% a 10% máximo, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 31% mínimo y 34% máximo.

En el **segundo Estrato** se encontró el suelo tipo **A-2-5 (0)**, con índice de grupo cero, este se encuentra a una profundidad que varía desde 0.28 metros a 0.50 metros. De acuerdo con la AASHTO es un suelo de buena calidad, su límite líquido es de 45%, un Índice de Plasticidad de 9%, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 18%.

Estación 1+500 (Sm7):

En el **primer estrato** se encontró un tipo de suelo **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero (0), este suelo presenta un espesor de 0.30 metros, de acuerdo con la AASHTO es un suelo de regular calidad, posee un límite líquido de 31%, un índice de 13% máximo, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 11%.

En el **segundo Estrato** no se tomó más muestras ya que se encontró material rocoso de color rojizo a partir de una profundidad de 0.30 metros, el cual no permitió profundizar, en esta estación 1+500 (Sm7), solamente se tomó una muestra (Nº15), esta pertenece al primer estrato.

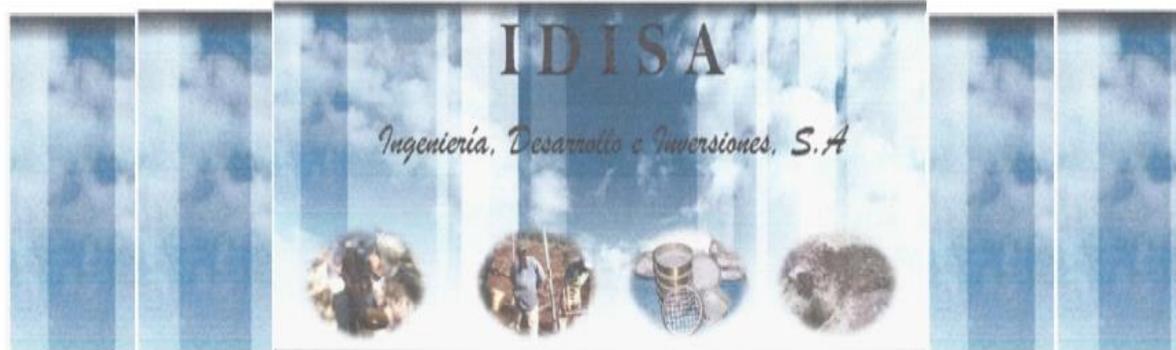
Estación 1+750 hasta 1+900 (Sm8, Sm9):

En el **primer estrato** se encontró un tipo de suelo **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero (0), este suelo presenta un espesor mínimo 0.18 metros y un espesor máximo de 0.20 metros, de acuerdo con la AASHTO es un suelo de regular calidad, posee un límite líquido variable entre 31% a 35% máximo, un índice de plasticidad variable entre 13% a 16% máximo, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 11%.

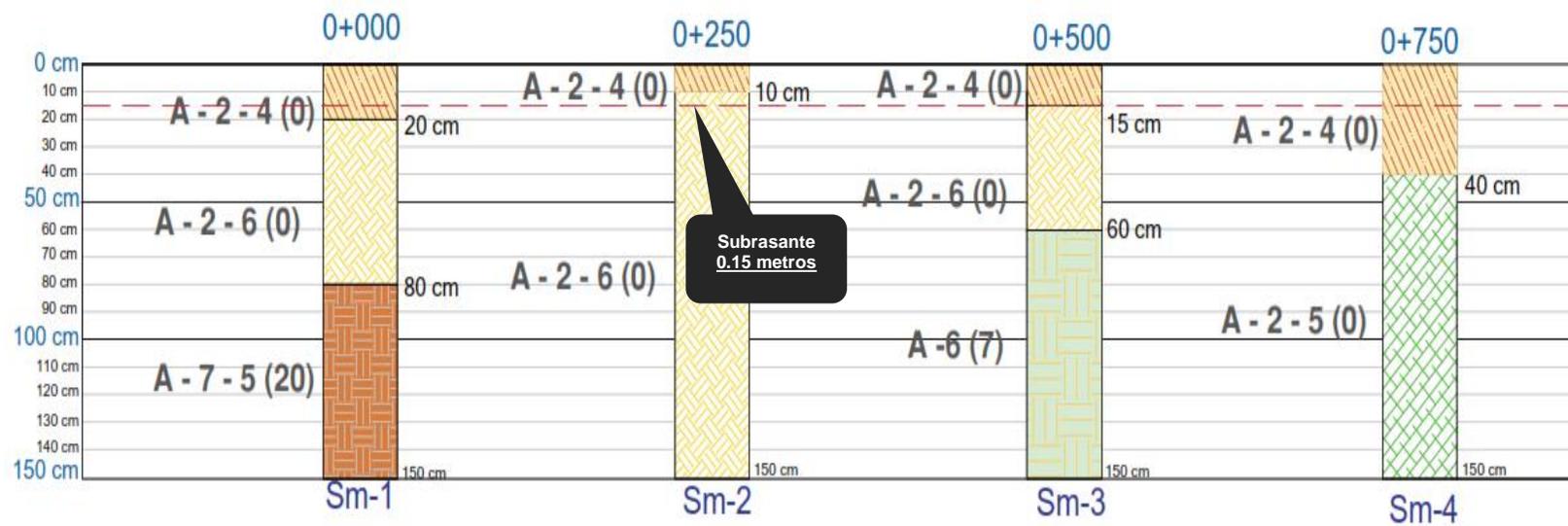
En el **segundo Estrato** se encontró el suelo tipo **A-7-5**, con índice de entre 17 y 20, este se encuentra a una profundidad que varía desde 0.18 metros a 0.20 metros, de acuerdo con la AASHTO es un suelo de deficiente calidad, posee un límite líquido variable entre 62% a 68% máximo, un índice de plasticidad variable entre 22% a 32% máximo, presenta un CBR al 95% próctor modificado de 3%.

Finalmente se realizó la columna estratigráfica para detallar los tipos de suelo y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. **(Ver Gráficos 9 y 10, págs. 49-50).**

Gráfico- 9: Columna Estratigráfica (Est. 0+000 a 0+750).

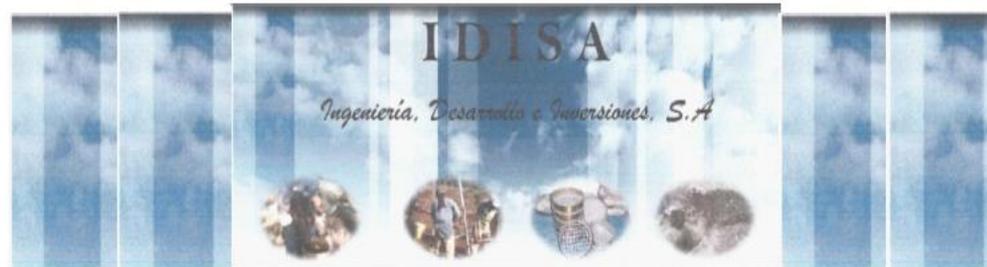


ESTRATIGRAFÍA (EST. 0+000- 0+750)

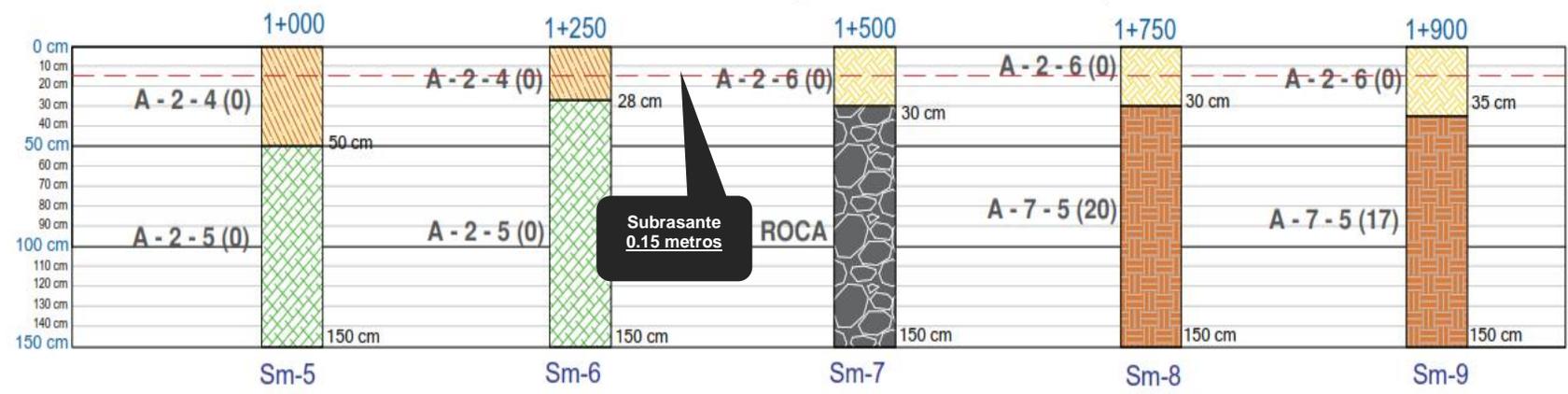


Fuente: Elaborado por Sustentante.

Gráfico- 10: Columna Estratigráfica (Est. 1+000 a 1+900).



ESTRATIGRAFÍA (EST. 1+000- 1+900)



Fuente: Elaborado por Sustentante.

3.2.7. Evaluación de la Sub-Rasante.

El subsuelo natural o subrasante a lo largo del tramo predominantemente formado por un material grava y arcilla de clasificación AASHTO **A-2-4**, **A-2-5** y **A-2-6**. (Est 0+000 a 1+500). Todos estos son suelos granulares que poseen un Limite liquido máximo de 40 y su índice de plasticidad máximo de 10, catalogados como materiales que van de buena a regular calidad. **(Ver tabla 32-33 Pág. 43,44)**

En menor cantidad en la parte final de tramo se identificó un material limo-arcilloso de clasificación AASHTO **A-7-5**, catalogado como un material de mala calidad (Est 1+750 a 1+900). Estos Limos y Arcillas comúnmente poseen un comportamiento geotécnico típico de los suelos finos compresibles, deformables y con notoria influencia de la humedad en sus propiedades. **(Ver tabla 34 Pág. 45)**

La resistencia o valor relativo soporte (CBR), para los suelos granulares **A-2-4**, **A-2-5** y **A-2-6**, se obtuvo un valor mínimo de 11% y un valor máximo de 34%. En cuanto a los suelos arcillosos **A-7-5**, se obtuvo un valor máximo de 3% de CBR al 95%.

3.2.8. Ensayos de Bancos.

Se tomaron 2 de los bancos de material más cercano a la zona, bancos de préstamo material selecto. Los Bancos son de uso conocido en la zona y se encuentran en explotación, por lo que presentan cortes. En la siguiente tabla se plasma nombre y ubicación.

Tabla 35: Bancos de Préstamo.

BANCO DE PRESTAMOS IDENTIFICADOS						
NO.	UBICACIÓN	DUEÑO	VOLUMEN APROXIMADO (M ³)	COORD. UTM		USO PROBABLE
				ESTE	NORTE	
Nº 1	Est. 0+000, 3.4 kilómetros a l Sureste.	Álvaro Cruz	36,000	555,134.40	1,508,385.84	Material Selecto
Nº 2	Est. 0+710, 1.8 kilómetros al Norte	Iván Araúz	135,000	553,866.47	1,506,809.59	Material Selecto

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Tabla 36: Dimensiones de los Bancos de Préstamo.

DIMENSIONES DE LOS BANCOS DE PRESTAMOS		
NO. DEL BANCO	BANCO DE PRÉSTAMO	DIMENSIONES EN METROS (LARGO X ALTO X ANCHO)
N.º 1	Álvaro Cruz	75x12x40
N.º 2	Iván Araúz	100x15x90

Fuente: Elaborado por Sustentante.

En las **Tablas 35 y 36** podemos observar la ubicación de cada uno de los bancos de préstamo, uso probable, así como su nombre o el propietario de dicho banco y sus dimensiones.

El **Banco N°1** se encuentra localizado a 3.4 kilómetros al Suroeste, de la estación inicial (0+000). El **Banco N°2** se encuentra localizado a 1.8 kilómetros al Norte del proyecto, de la estación inicial (0+710).

3.2.8.1. Banco de Préstamo N°1 (Álvaro Cruz).

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 75x12x40 m, para un Vol.± de 36, 000 m³. El material de descapote de la roca en las catas 1 y 2, tiene un descapote de 0.7 metros de espesor. **(Ver Anexo (Imagen 16), Pág. XXIII).**

3.2.8.2. Banco de Préstamo N°2 (Iván Araúz).

Las dimensiones aproximadas (largo x alto x ancho) del Banco, son de 100x15x90 m, para un Vol.± de 135,000 m³. El descapote tiene un espesor de 0.85 metros. **(Ver Anexo (Imagen 17), Pág. XXIV).**

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo, de acuerdo con la exploración realizada y a los ensayos de laboratorio efectuados, presentan de manera resumida las siguientes características:

Tabla 37: Resultados de Granulometría y Clasificación de bancos Identificados.

		PROYECTO: <u>Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona</u>		FECHA: <u>12/10/2018</u>							
INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A. Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095. E-mail: idisa@turbonett.com.ni		UBICACIÓN: <u>Municipio de Ocotol, Departamento de Nueva Segovia</u>		PROCEDENCIA: <u>Banco #1, Banco #2</u>							
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS											
SONDEO N°	ESTACIÓN UBICACIÓN	DUEÑO	P.V.S.S. (kg/m3)	P.V.S.C. (kg/m3)	P.V.S. Max. (Kg/m3)	Humedad Optima (%)	VOLUMEN EXPLOTABLE (m³)	CBR			USO POSIBLE (Nic-2000)
								90%	95%	100%	
1	Est. 0+000, 3.4 kilometros al Sur-Oeste.	Álvaro Cruz	1,013	1,141	1,637	16.3	36,000	41	61	86	Subbase
2	Est. 0+980, 1.8 kilometros al Norte	Ivan Arauz	1,233	1,348	1,977	8.3	135,000	48	84	100	Base
OBSERVACIONES: PVSS= Peso Volumetrico Seco Suelto, PVSC= Peso Volumetrico Seco Compacto											

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotol–IDISA S.A.

Tabla 38: Propiedades físico-Mecánicas de bancos Identificados.

<p>IDISA INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A. Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095. E-mail: idisa@turbonett.com.ni</p>	PROYECTO: <u>Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotol</u>	FECHA: <u>12/10/2018</u>																																																							
	UBICACIÓN: <u>Municipio de Ocotol, Departamento de Nueva Segovia</u>	PROCEDENCIA: <u>Banco #1, Banco #2</u>																																																							
	GRANULOMETRÍA (A.S.T.M. C 136-46 o D 422-54 T) y CLASIFICACIÓN H.R.B.																																																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SONDEO N°</th> <th rowspan="2">ESTACIÓN UBICACIÓN</th> <th rowspan="2">DUEÑO</th> <th colspan="8">% QUE PASA POR EL TAMIZ</th> <th>L.L.</th> <th>I.P.</th> <th rowspan="2">CLASIF. AASHTO</th> <th rowspan="2">CBR 95%</th> </tr> <tr> <th>1"</th> <th>3/4"</th> <th>1/2"</th> <th>3/8"</th> <th>N°4</th> <th>N°10</th> <th>N°40</th> <th>N°200</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Est. 0+000, 3.4 kilometros al Sur-Oeste.</td> <td>Álvaro Cruz</td> <td>85</td> <td>67</td> <td>58</td> <td>42</td> <td>35</td> <td>27</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>37</td> <td>9</td> <td>A-2-4 (o)</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Est. 0+980, 1.8 kilometros al Norte</td> <td>Ivan Arauz</td> <td></td> <td>100</td> <td>84</td> <td>70</td> <td>48</td> <td>14</td> <td>7</td> <td>2</td> <td>..</td> <td>NP</td> <td>A-1-a (o)</td> <td>84</td> </tr> </tbody> </table>			SONDEO N°	ESTACIÓN UBICACIÓN	DUEÑO	% QUE PASA POR EL TAMIZ								L.L.	I.P.	CLASIF. AASHTO	CBR 95%	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200	(%)	(%)	1	Est. 0+000, 3.4 kilometros al Sur-Oeste.	Álvaro Cruz	85	67	58	42	35	27	15	10	37	9	A-2-4 (o)	61	2	Est. 0+980, 1.8 kilometros al Norte	Ivan Arauz		100	84	70	48	14	7	2	..	NP	A-1-a (o)
SONDEO N°	ESTACIÓN UBICACIÓN	DUEÑO	% QUE PASA POR EL TAMIZ								L.L.	I.P.	CLASIF. AASHTO	CBR 95%																																											
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200	(%)	(%)																																													
1	Est. 0+000, 3.4 kilometros al Sur-Oeste.	Álvaro Cruz	85	67	58	42	35	27	15	10	37	9	A-2-4 (o)	61																																											
2	Est. 0+980, 1.8 kilometros al Norte	Ivan Arauz		100	84	70	48	14	7	2	..	NP	A-1-a (o)	84																																											
OBSERVACIONES: L.L.: Límite Líquido I.P.: Índice Plástico I.G.: Índice de Grupo N.P.: Suelo No Plástico																																																									

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotol–IDISA S.A.

3.2.9. Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N°1 (Álvaro Cruz).

En el banco de préstamo **Álvaro Cruz**, el material se describe como una grava pobremente graduada con arcilla y arena, Según la AASHTO su clasificación general es un material regular a pobre este se encuentra entre los suelos con fragmentos grava y arena arcillosa **A-2-4 (0)** con índice de grupo “cero”, se encuentre dentro del grupo de suelo **A-2**, este posee una humedad óptima de 16.3%, su densidad seca es de 1,637 Kg/m³ y con un Próctor Modificado al 95% de **61%**. Sus partículas pasan 35% el tamiz N° 4, 27% el tamiz N° 10, 15% el tamiz N° 40 y 10% el tamiz N° 200. **(Ver Tablas 37-38, págs. 53-54)**

3.2.10. Clasificación y Descripción del Banco de préstamo N°2 (Iván Araúz).

En el banco de préstamo **Iván Araúz**, el material se describe como una Grava bien graduada con fragmentos de piedra y arena. Según la AASHTO su clasificación general es un material de excelente calidad se encuentra entre la clasificación de suelos granulares dentro del grupo **A-1**, el material está clasificado dentro del subgrupo como un suelo **A-1-a (0)** con índice de grupo “cero”, una humedad óptima de 8.3%, su densidad seca es de 1,977 Kg/m³, y con un Próctor Modificado al 95% de **84%**. Sus partículas pasan 48% el tamiz N° 4, 14% el tamiz N° 10, 7% el tamiz N° 40 y 2% el tamiz N° 200. **(Ver Tablas 37-38, págs. 53-54)**

3.2.11. Análisis de Bancos de préstamos.

El material de la **base** debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Tabla 39: Especificaciones de Materiales para Base Granular.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	METODOLOGÍA
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% Proctor Modificado	AASHTO-191

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

De acuerdo con la **Tabla- 39 (Criterio de la Nic 2000)** el banco de préstamo **N°2 Iván Araúz** se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que su CBR (**84%**) es mayor al mínimo requerido (80%). además, este cumple con los ensayos de limite líquido, índice de plasticidad desgaste de los ángeles e Intemperismo acelerado. El ensayo de Desgaste Los Ángeles para el **Banco #2** dio un resultado de 38%, y el ensayo de Intemperismo Acelerado tuvo resultado de 8%. **(Ver Anexos (Tablas 75 y 77), Pág. XX y XXII).**

El material de **subbase** deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de subrasante y su espesor serán variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000:

Tabla 40: Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	METODOLOGÍA
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	40% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
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).

De acuerdo con la **Tabla-40 (Criterio de la Nic 2000)** el banco de préstamo **N°1 Álvaro Cruz**, puede ser utilizado como fuente de material para la capa subbase, debido a que su CBR (**61%**) es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la Nic 2000. Además, este cumple con los ensayos de limite líquido, índice de plasticidad desgaste de los ángeles e Intemperismo acelerado. El ensayo de Desgaste Los Ángeles dio un resultado de 27%, y el ensayo de Intemperismo Acelerado tuvo resultado de 7.4%. **(Ver Anexos (Tablas 74 y 76), Pág. XIX y XXI).**

Es necesario ver, si los bancos se ajustan a las condiciones mínimas granulometría y resistencia (CBR), establecidas en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC– 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado. **(Ver Anexos (Tablas 78 y 79), Pág. XXV y XXVI).**

3.3. CBR de Diseño.

Es necesario recordar que el Ensayo CBR (California Bearing Ratio): mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) en suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193.

A partir de la información obtenida de los sondeos de línea en donde se muestran las diferentes profundidades del terreno existente, se propuso una profundidad subrasante de **0.15 metros** para el diseño del CBR, ya que esta permitirá reutilizar gran parte de los suelos en su condición actual, como lo son los estratos superiores que presentan suelos de buena a regular calidad, que según el sistema unificado de clasificación de suelos AASHTO son **A-2-4** y **A-2-6**, que forman parte de la superficie de rodamiento actual.

Además, dicha profundidad evitará que suelos de mala calidad que según el sistema unificado de clasificación de suelos AASHTO son **A-7-5**, presentes en el tramo queden subyacentes a la estructura de pavimento articulado a diseñar.

Tabla 41: Especificaciones para terraplenes y materiales para sub- rasante.

PROPIEDAD	TERRAPLENES	CAPA SUB-RASANTE	METODOLOGÍA
% de malla N° 200	40 % Max	30 % Max	AASHTO-11
Limite Liquido	40 % Max	30 % Max	AASHTO-89
Índice Plástico	15 % Max	10 % Max	AASHTO-90
CBR	10 % Min	20 % Max	AASHTO-193
Compactación	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/0 T238 (in situ)

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

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de **60%, 75% o el 87.5%**, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento, se determinó el percentil a utilizar como se muestra en la **Tabla-42:**

Tabla 42: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.

CARGAS EQUIVALENTES TOTALES (ESAL'S)	PERCENTIL DE DISEÑO (%)
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991.

Se eligió el percentil de Diseño **75%** ya que el **ESAL's** es de **679,307.00**. Tal y como se muestra en la **tabla-43** donde se presentan los valores escogidos para el cálculo del CBR de diseño de la subrasante.

Tabla 43: Valores para determinar CBR de Diseño.

CLASIFICACIÓN AASHTO	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJES
A-7-5	3	2	13	100.0%
A-2-6	11	3	11	84.6%
	13	2	8	61.5%
A-2-6	15	1	6	46.2%
A-2-5	18	1	5	38.5%
A-2-4	31	1	4	30.8%
A-2-4	33	1	3	23.1%
A-2-4	34	2	2	15.4%
Muestras utilizadas	13 muestras			
Nota: En este caso del sondeo (S1 al S9) se tomaron un total de 13 de 19 muestras totales, ya se tomaron las muestras de las capas inmediatas por debajo de la línea de subrasante propuesta (0.15 metros de profundidad).				

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Teniendo los **Valores CBR** de menor a mayor y los **porcentajes** de las cantidades iguales o mayores y definido el percentil a tomar (75%), se procede a graficar el CBR de Diseño de la Subrasante, iniciando con una línea horizontal se intercepta la curva de la Subrasante luego con una línea vertical en 90 grados se intercepta el valor calculado en este caso el CBR resultante es de **12.0%**. (Ver Gráfico-11 Pág. 60)

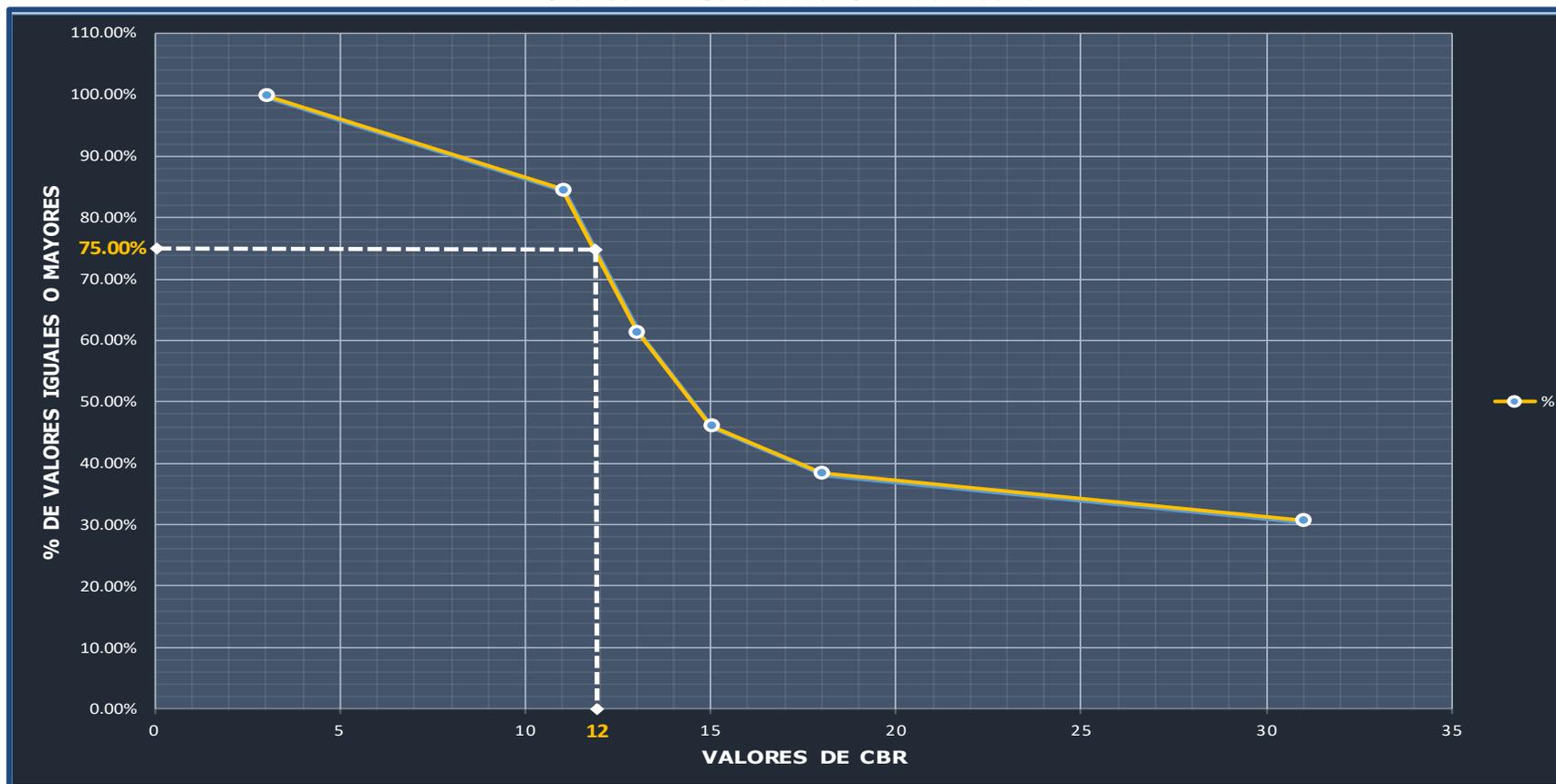
El cual de acuerdo con la clasificación de CBR (California Bearing Ratio), de la **Tabla 44**, clasifica a la subrasante existente como de **Buena Calidad**, ya que anda en el rango de (10-20) como se muestra a continuación:

Tabla 44: Clasificación del CBR.

CBR	Clasificación
0-5	Subrasante mala
5-10	Subrasante regular
10-20 (CBR: 12)	Subrasante buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz, C. (2008).

Gráfico- 11: Cálculo del CBR de Diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

Se puede demostrar en el gráfico el resultado del CBR de diseño para la sub-rasante fue de **12.0 %**. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO IV

Diseño de Pavimento

2020

4.1. Metodología de Diseño AASHTO 93.

El método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{(\Delta PSI)}{4.2-1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

(Ec. 9)

Dónde:

Wt18: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 KN acumuladas en el período de diseño (**n**).

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

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

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la plenitud (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (**po**)) y su plenitud al final del periodo de diseño (Serviciabilidad *Final* (**pt**)).

MR: Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y subbases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

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

4.2. Variables de Diseño para considerarse en el Método AASHTO 93.

4.2.1. Variables en Función del Tiempo.

4.2.1.1. La vida útil del Pavimento.

Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción de este y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El periodo de diseño no debe ser confundido con la vida útil del pavimento, ni con el periodo de análisis; este último puede comprender varios periodos de diseño, como en el caso de la pavimentación por etapas.

Por otra parte, la vida útil de un pavimento puede extenderse indefinidamente con la colocación de carpetas de refuerzo y otras medidas de rehabilitación, o durar mucho menos que lo estimado en el periodo de diseño, debido a fallas prematuras, o sub-diseños del pavimento.

4.2.2. Variables en Función del Tránsito.

4.2.2.1. Factores Equivalente de Carga (FE_i).

Una carga estándar para diseño de pavimentos flexibles de carreteras y calles es el eje de 8.2 Ton equivalente a (18,000 LBS).

El efecto de cargas diferentes a esta se tiene en cuenta para el diseño aplicado los llamados Factores de Equivalencia de Carga por Ejes, los cuales se obtienen en base a los resultados de AASHTO Road Test.

Existen para el pavimento flexible diferentes factores equivalentes (FE_i) para distintos tipos de cargas por eje, y distintos índices de serviciabilidad, para este caso un índice de serviciabilidad final de $P_t = 2.0$.

4.2.2.2. Peso por Ejes Simples Equivalentes.

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño $F=1$.

En el tramo en estudio, el ESAL de diseño calculado es **679,307.00 (Ver Capítulo II, Tabla 28, pág. 37)**

4.2.2.3. Confiabilidad (R).

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño y 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 periodo de diseño.

Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para el tipo de vía, como colectoras suburbanas la cual se muestra a continuación.

Tabla 45: Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-95	75-95
Colectora suburbana	<u>50-80</u>	50-80

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2002.

Una vez seleccionado el valor de confiabilidad (**R = de 80%**), se busca el valor de desviación normal estándar (ZR) en dependencia de la Confiabilidad, el valor escogido se muestra a continuación en la **Tabla 46:**

Tabla 46: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	<u>-0.841</u>
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

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

4.2.2.4. Desviación Estándar (So).

La desviación estándar del sistema toma en cuenta las variaciones en las ecuaciones, las mediciones y los materiales. Se selecciona un nivel de confiabilidad para determinar con que confianza se espera que el pavimento dure el periodo de tiempo para el que fue diseñado. La AASHTO 93 recomienda para construcciones nuevas de pavimentos flexibles una desviación estándar (So), de **0.45**.

Tabla 47: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
En construcción nueva	0.35	<u>0.45</u>
En sobre capas	0.39	0.49

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

4.2.2.5. Serviciabilidad.

Se define como la manera en que un pavimento cumple su función de ser cómoda, fácil, rápida y segura para la circulación de los vehículos. El índice de serviciabilidad varía de 5 (Excelente) a 0 (Pésimo).

El método AASHTO 93 predice el porcentaje de pérdidas de serviciabilidad (Δ PSI), para varios niveles de tránsito y cargas de ejes, entre mayor sea la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI), mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar. Los valores recomendados por la AASHTO y por experiencia son:

- **Serviciabilidad Inicial:**

Po = 4.5 para pavimentos rígidos. **Po** = 4.2 para pavimentos flexibles.

- **Serviciabilidad Final:**

Pt = 2.5 ó más para caminos principales. **Pt** = 2.0 para caminos de tránsito menor.

Para el presente diseño se utilizó:

- **Serviciabilidad Inicial** **Po** = 4.2 y **Pt** = 2.0
- **Perdida de serviciabilidad** Δ PSI = 4.2 – 2 Δ PSI = 2.2

4.3. Características de los Materiales que Conforman el Pavimento.

4.3.1. Módulo de Resiliencia (MR).

El CBR de diseño estimado para el tramo de estudio es de **12%**. Este se obtuvo con un percentil de **75%**. (Ver del Capítulo III, Gráfico-11, pág. 60)

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la subrasante.

Tabla 48: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Subrasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$ (Ec. 10)
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$ (Ec. 11)

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

Se utilizó la segunda correlación conociendo que el CBR de la Subrasante calculado resultó de **12%**.

Tabla 49: Cálculo de Modulo Resiliente de la Subrasante

Aplicando Ecuación. 11		
$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$	$Mr = Mr = 4326 * \ln(12\%) + 241$	$Mr = 10,990.7 \text{ psi}$

Fuente: Elaborado por Sustentante.

4.3.2. Coeficiente de Drenaje (mi).

El drenaje del agua en los pavimentos es un aspecto importante para considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento. La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de diseño ver a continuación

Tabla 50: Capacidad del Drenaje para Remover la Humedad.

Capacidad del drenaje para remover la humedad		
Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

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

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de **mi = 1.00**.

Tabla 51: Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.

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

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

4.3.3. Coeficientes Estructurales de Capa (a_i).

Los Coeficientes Estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a 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 las figuras de la guía AASHTO se determina el coeficiente estructural de cada capa del pavimento, según el método de diseño.

Se presentan tres categorías de estos coeficientes de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada:

a_1 : Para la capa de rodamiento (Adoquín).

a_2 : Para la base granular (Banco de préstamo Iván Araúz)

a_3 : Para la sub– base. (Banco de préstamo Álvaro Cruz)

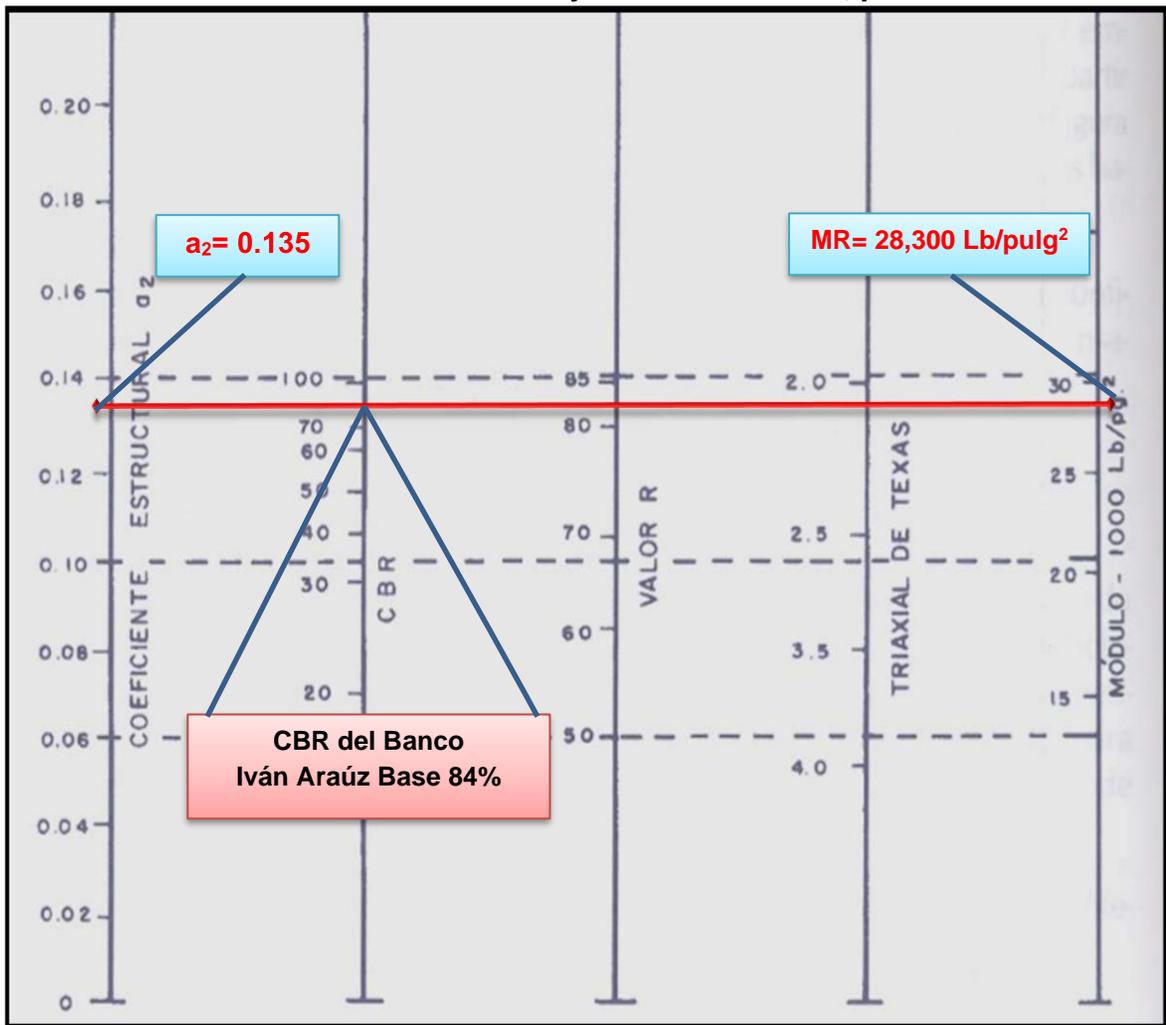
4.3.3.1. Capa de rodamiento: (a_1)

Se considera el coeficiente de $a_1 = 0.45$ cuando se utiliza adoquín como capa de rodamiento, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

4.3.3.2. Base Granular No Tratada (a_2).

El valor del coeficiente estructural de capa base no tratada con cemento (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO-93 figura 8 (Ver Gráfico 12). Tomando como parámetro de entrada el valor CBR al 95% próctor modificado del **Banco de préstamo** seleccionado **No.2 (Iván Araúz)**, el cual posee un CBR de **84%** en base a este valor se estima el valor (a_2), se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha e izquierda el valor de **$a_2 = 0.135$** y un **MR=28,300 Lb/Pulg²**. Ver gráfico a continuación

Gráfico- 12: Coeficiente estructural a_2 y Módulo Resiliente, para Base no tratada.

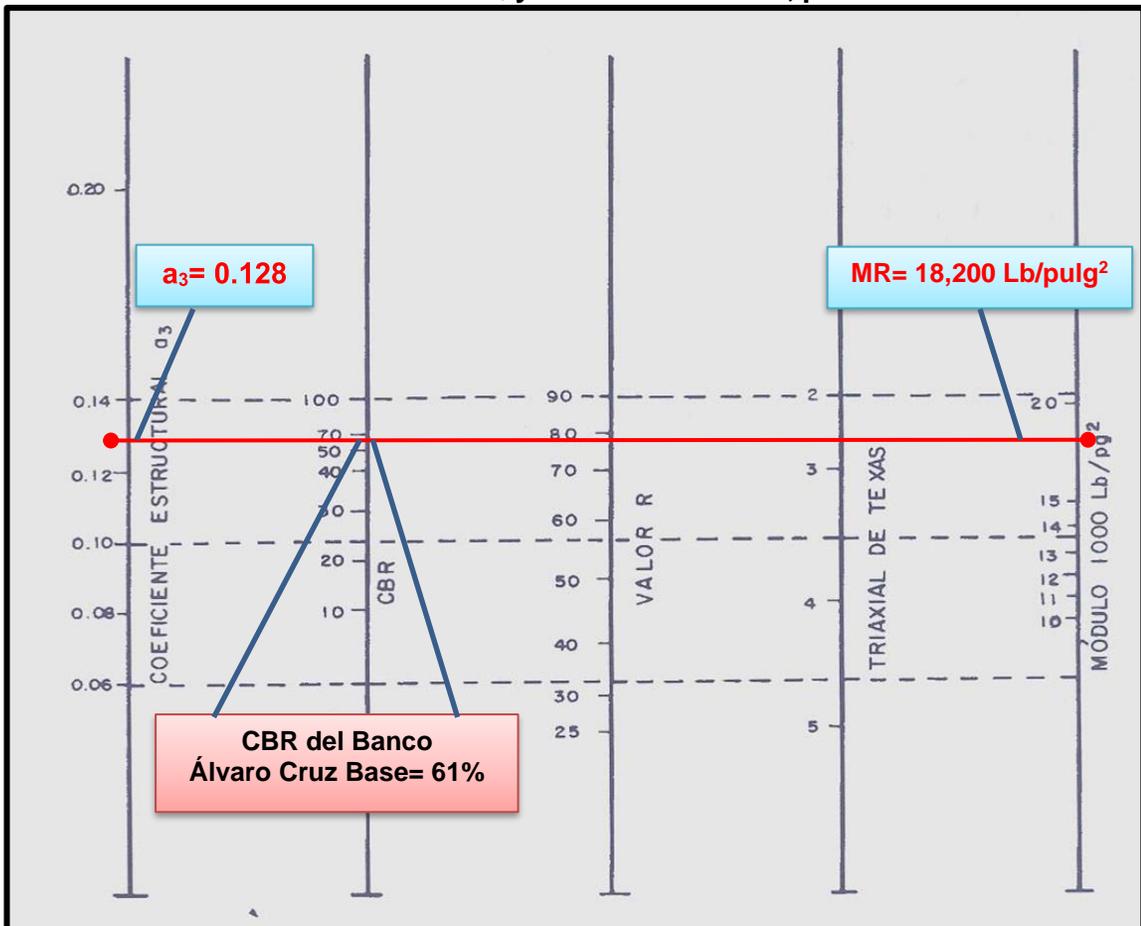


Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993 pág. 76 pdf.

4.3.3.3. Subbase (a_3).

El valor del coeficiente estructural de capa de subbase granular no tratada con cemento (a_3) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO-93 figura 9 (Ver Gráfico-13). Tomando como parámetro de entrada el valor del CBR al 95% próctor modificado de la subbase del **Banco** seleccionado **No.1 (Álvaro Cruz)**, de **61%**, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha e izquierda con el valor de $a_3 = 0.128$ y un $MR=18,200 \text{ Lb/Pulg}^2$.

Gráfico-13: Coeficiente estructural a_3 y Módulo Resiliente, para Sub-Base no tratada



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993 pág. 77 pdf.

Al trabajar con un valor CBR de subbase menor al de la base se obtiene un coeficiente de capa a_3 menor con respecto al a_2 , por otra parte, el módulo resiliente resultó también inferior no solo por el CBR de subbase sino también porque que la Guía AASHTO presenta un Abaco con una escala mucho menor al de la base.

4.3.4. Números Estructurales (SN).

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN_2 = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde:

D_{1, 2, 3}= espesores de capas asfálticas, base y subbase respectivamente en (pulgadas).

a_i= coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo.

m_i= coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

4.3.5. Cálculo de los Números Estructurales (SN₁, SN₂, SN₃).

El valor del Número estructural de la capa granular se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO (**Ver Gráfico No. 14, pág. 71**). Tomando como parámetro de entrada los valores Confiabilidad (**R=80%**), Desviación Estándar (**So=0.45**), el ESAL de Diseño de **679,307.00**, Módulos de Resiliencia de cada capa (**M_{BG}=28,300 PSI, M_{SBG}=18,200 PSI, M_{SR}=10,990.7 PSI**) y la Pérdida de Serviciabilidad (**ΔPSI=2.2**). Los números estructurales requeridos para proteger cada capa se determinan utilizando el valor del módulo resiliente de la capa que se encuentra inmediatamente por debajo, por ejemplo, para obtener el espesor **D₂** (**Base**) se considera el MR de la capa subbase y así se obtiene el **SN₂** que será absorbido por la capa de Adoquín y capa base.

Se procedió a realizar la comprobación de los números estructurales calculados anteriormente utilizando el **Software Ecuación AASHTO-93**, donde se observa que los valores de los números estructurales calculados son correctos.

Imagen 4: Comprobación del SN₃.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' is set to '80 % Zr=-0.841' and 'So' is '0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' are 'PSI inicial' 4.2 and 'PSI final' 2. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr' 10990.7 psi. The 'Tipo de Análisis' is 'Calcular SN', with 'W18 = 679307'. The 'Número Estructural' is 'SN = 2.56'. The 'Calcular' button is highlighted.

Fuente: Software Ecuación AASHTO-93.

Imagen 5: Comprobación del SN₂.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' is set to '80 % Zr=-0.841' and 'So' is '0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' are 'PSI inicial' 4.2 and 'PSI final' 2. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr' 18200 psi. The 'Tipo de Análisis' is 'Calcular SN', with 'W18 = 679307'. The 'Número Estructural' is 'SN = 2.12'. The 'Calcular' button is highlighted.

Fuente: Software Ecuación AASHTO-93.

4.3.5.1. Número Estructural (SN_1).

Conociendo que se utilizará Adoquín para la capa de rodamiento, el espesor de este será de $D_1 = 4$ pulgadas con un Coeficiente de capa (a_1) para adoquín el cual es de 0.45. El Número Estructural (SN_1) se calcula de la siguiente manera:

Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{SOLUCION:} \quad SN_1^* &= a_1 * D_1 && \text{(Ec. 13)} \\ SN_1^* &= (0.45) * (4.00) \\ SN_1^* &= 1.8 \text{ pulg. Para protección de la base} \end{aligned}$$

Dónde:

a_1 = coeficiente estructural del adoquín.

D_1 = espesor del Adoquín (pulgadas).

Se procede a comprobar el valor obtenido de manera manual.

Imagen 6: Comprobación del SN_1 .

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and a calculation button. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' shows '80 % Zr=-0.841' and 'So = 0.45'. 'Serviciabilidad inicial y final' shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. 'Módulo resiliente de la subrasante' shows 'Mr = 28300 psi'. The 'Número Estructural' field displays 'SN = 1.79', which is highlighted with a red border. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, and 'W18 = 679307' is shown. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Software Ecuación AASHTO-93.

El valor SN_1 corresponde a su comprobación aplicando el Software AASHTO-93.

4.4. Cálculo de los espesores del Pavimento.

Teniendo en cuenta que ya se conoce los coeficientes estructurales a_1 , a_2 , a_3 y los números estructurales SN_1 , SN_2 y SN_3 , entonces el valor del espesor de la base se obtiene de la siguiente manera:

Determinar el espesor para la base (D_2):

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1)}{a_2 * m_2} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$D_2 = \frac{(2.15 - 1.8)}{0.135 * 1} = 2.59" \text{ pulgadas}$$

"No cumple con espesor mínimo"

Al realizar el cálculo de la base da como resultado **2.59"** pulgadas se procede a realizar su comprobación aplicando la **ecuación 16**.

Comprobación del espesor de la Base

$$D_2 = \frac{(SN_3 - SN_1)}{a_2 * m_2} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$D_2 = \frac{(2.60 - 1.8)}{0.135 * 1}$$

$$D_2 = 5.93" \text{ pulgadas} \quad ; \text{ Requiere! optar a } 6"$$

El cálculo refiere que la base necesita **6" pulgadas**, según los espesores mínimos del manual de diseño de pavimentos AASHTO-93. ver tabla a continuación.

Tabla 52: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL's	Espesores mínimos (pulgadas)	
	Concreto Asfáltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000 (679,307.00 Aplica)	3	Mínimo 6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 184 pdf.

El cálculo de comprobación de la base cumple con los espesores mínimos, se corregirá el número estructural **SN₂**, utilizando un espesor de **6" pulgadas**.

En base a lo mencionado anteriormente el espesor de la base quedaría de 6" pulgadas.

Corrección número estructura SN₂:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad (\text{Ec. 16})$$

$$SN_2 = (0.135) * (6) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.810$$

El número estructural (**SN₂**) corregido valor para la base resulta de **0.810**.

Cálculo del espesor para la Subbase (D₃):

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 * m_3} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$D_3 = \frac{2.60 - (0.810 + 1.8)}{0.128 * 1}$$

$$D_3 = - 0.08" \text{ pulgadas}$$

Los criterios de la AASHTO 93, indican que, si el resultado del espesor para la subbase posee un valor negativo o es cero, este no necesita dicha capa.

Comprobación:

Se sumaron los valores del número estructurales SN₁ y el numero estructural SN₂, el resultado de esta suma tiene que ser mayor o igual al SN_{requerido}. El valor estructural SN₃ no se tomó en cuenta, ya que, no existe la capa subbase.

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_{requerido} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$1.8 + 0.810 \geq 2.60$$

$$2.61 \geq 2.60 \quad \text{¡O. K CUMPLE!}$$

4.4.1. Espesores finales de Diseño.

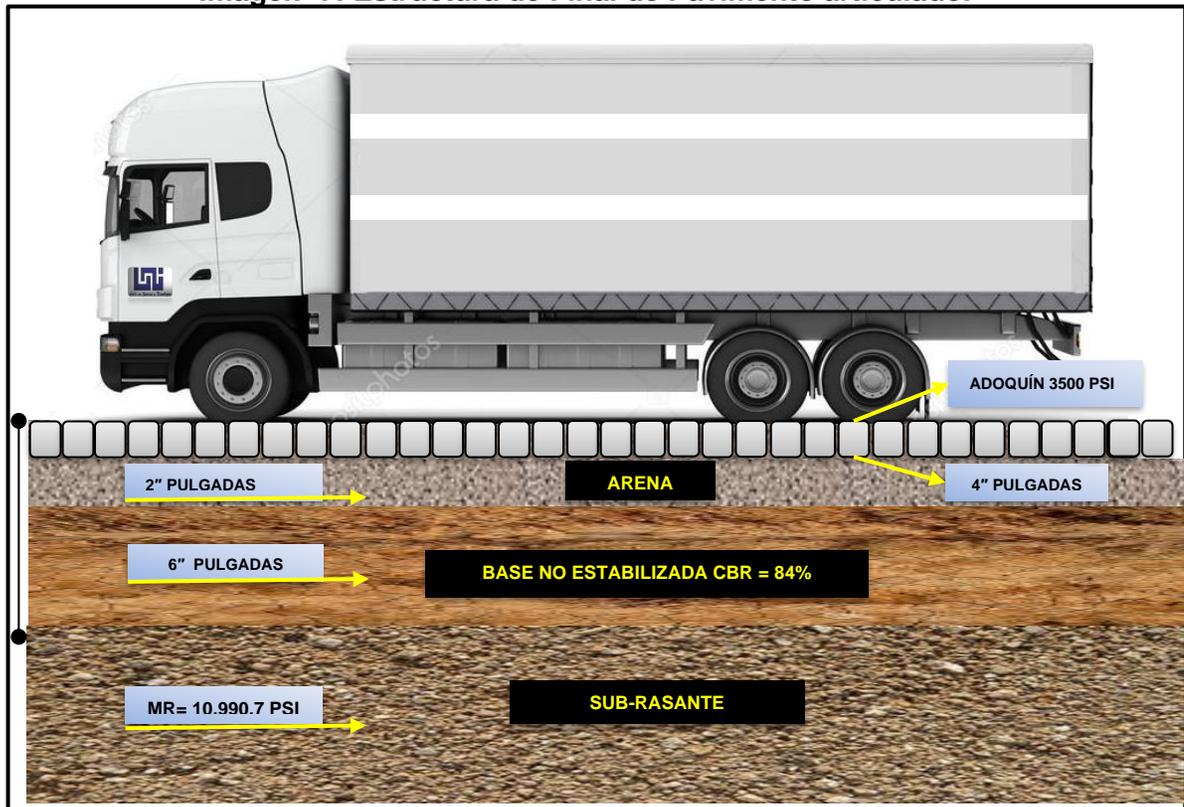
En base a lo anterior la estructura de pavimento quedaría conformada como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 53: Espesores de Diseño.

Capa	ESPESOR		
	Pulgadas	Condición	Centímetros
Capa de rodamiento (Adoquín)	4"	3500 psi	10.16 cm
Cama de Arena	2"	No >5 cm ni <3 cm	5.08 cm
Base granular	6"	No estabilizada	15.24 cm
Espesor Total Requerido	12"		30.48 cm

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Imagen- 7: Estructura de Final de Pavimento articulado.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

4.5. Uso del programa WinPAS-12.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimento utilizando el programa WinPAS. El cual resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño.

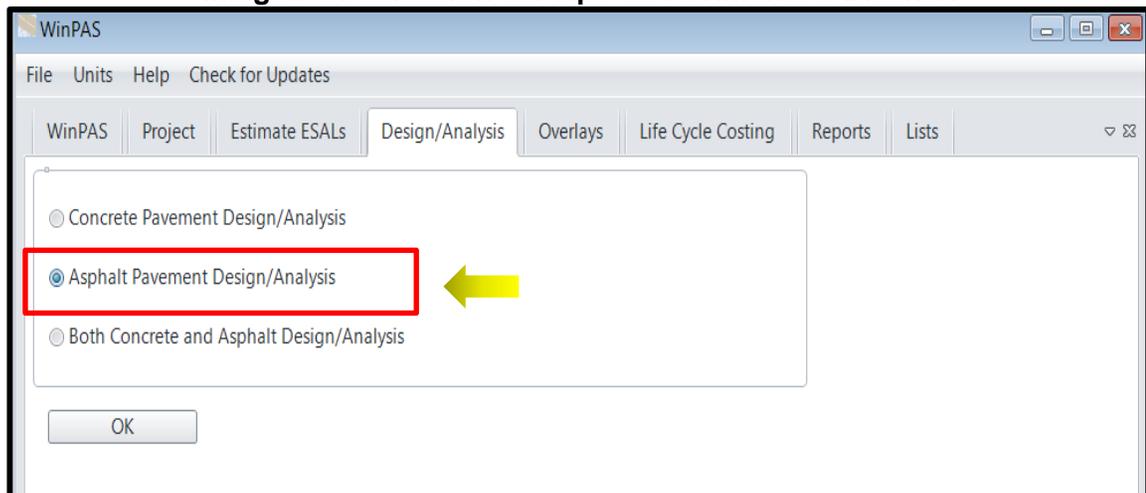
Imagen- 8: Software de diseño WinPAS.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/análisis, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/análisis de pavimento asfáltico.

Imagen- 9: Selección del Tipo de Pavimento a Diseñar.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño:

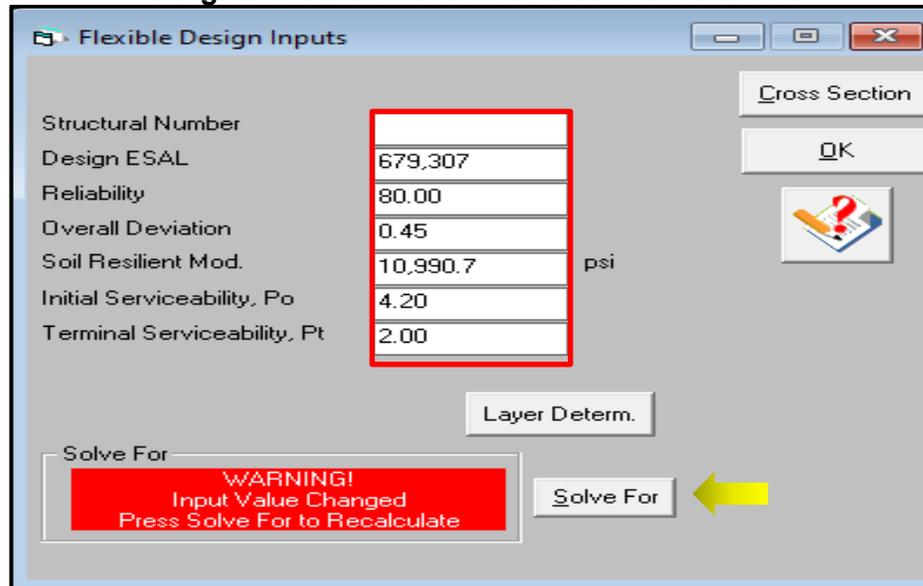
Tabla 54: Datos para calcular espesores en el Software WinPAS-12.

Consideraciones del Diseño AASHTO 93	Valores
ESAL de diseño	679,307.00
Confiabilidad	80%
Valor desviador (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0.45
Módulo de Resiliencia de Subrasante	10,990.7 psi
Serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
ΔPSI	2.2
Coeficiente de drenaje (mi)	1.00
Coeficiente de capa, Adoquín(a₁)	0.45
Coeficiente de capa, Base granular(a₂)	0.135

Fuente: Elaborado por Sustentante.

No se debe escribir el número estructural, ya que, este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de los datos, dando clic en la pestaña resolver (*Solve for*).

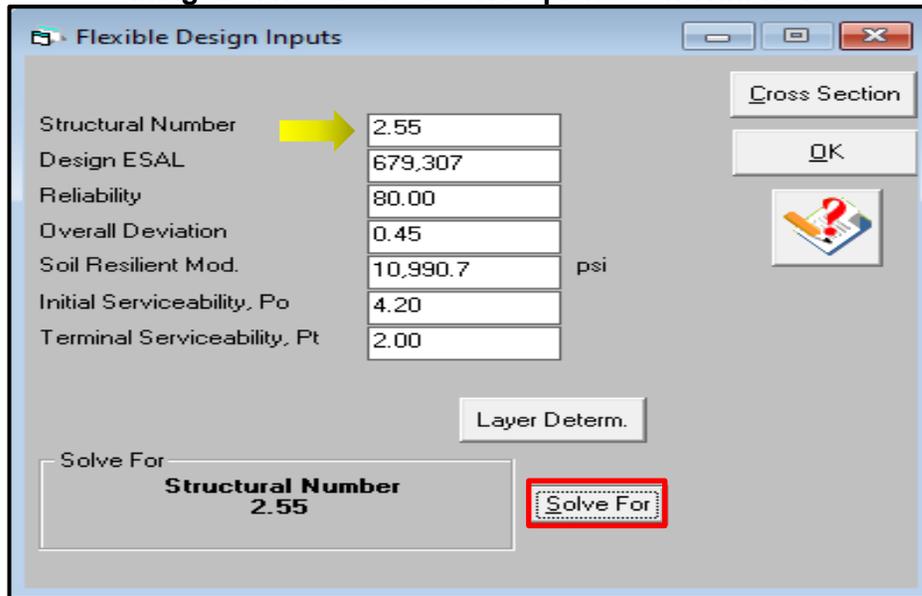
Imagen- 10: Introducción de Datos en WinPAS.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Después de haber dado clic en la pestaña *resolver* (*Solve for*). Según el software WinPAS se requiere un **SN₃=2.55**.

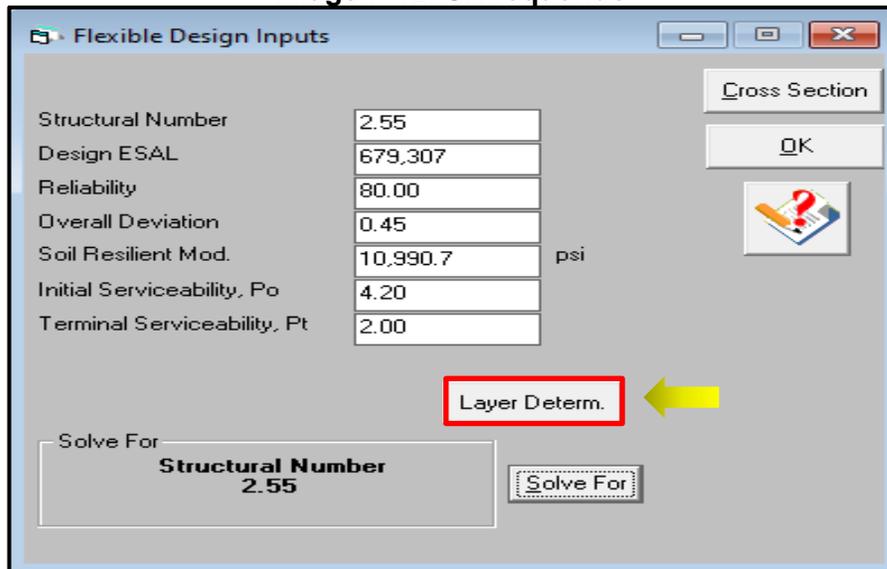
Imagen- 11: Cálculo de SN requerido en WinPAS.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento, dando click en la pestaña Layer Determ.

Imagen- 12: SN requerido.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 , a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 , m_2), y por último los espesores (D_1 , D_2). Se puede observar que, al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que $\Sigma SN=2.61$, es mayor que el SN requerido=2.55. **Ver imagen 13.**

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos específicos planteados se ha concluido que:

- Del aforo vehicular de 12 horas diurnas realizado en el estudio de tránsito, se obtuvo un TPDA (tránsito promedio diario anual) de **610** vehículos/día, correspondiente al promedio de las dos estaciones donde se realizó los conteos.
- El número de repeticiones por eje equivalente ESAL's W18= **679,307.00** en un periodo de 15 años trabajando con un $P_o=4.2$, $p_t=2.0$, $\Delta\psi=2.2$ y un SN=5 asumido.
- Después de analizar los estudios de suelo se determinó que predominan los suelos del tipo **A-2-4, A-2-5, y A-2-6**, en menor cantidad se encontraron suelos como **A-7-5 (0)**. El cálculo del CBR de diseño de la sub- rasante resulto de **12%**, este cálculo se realizó tomando un percentil de 75%, correspondiente al ESAL's calculado.
- Se propone como base granular el banco de materiales **N.º 2 (Iván Araúz)**, este material corresponde a una grava bien graduada con arena color café claro, su clasificación A-1-a (0), clasificado según la AASHTO como un material de excelente calidad, este banco se encuentra a 1.8 kilómetros de la estación 0+980, tiene un CBR al 95% de 84%, este cumple con las especificaciones de la NIC-2000 Sección: 1003.09 (a y b) para ser utilizado como material Base granular.
- Los espesores de la estructura de pavimento resultantes fueron, de: **4 pulgadas** para la capa de rodamiento (Adoquín), **2.0 pulgadas** para la capa de arena, **6.0 pulgadas** para la base granular no estabilizada, utilizando el banco de Iván Araúz, el espesor de la subbase resultó negativa por lo cual no necesita dicha capa.

- En la comprobación del software WinPAS el SN requerido resulto de 2.55, similar al calculado de manera manual con el ábaco de diseño de la AASHTO-93 que fue de 2.60, por lo tanto, la sumatoria de los números estructurales calculados $SN_1+SN_2=2.61 \geq 2.55$ cumple para soportar las cargas a la cual estará sometida durante su periodo de diseño.

RECOMENDACIONES.

- Los materiales para revestimiento serán provenientes de la explotación de bancos de material selecto. El material deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, teniendo propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan a formar una capa de base bien ligada y densa.
- Antes de colocarse el material de préstamo de base, se recomienda limpiar y escarificar la superficie de subrasante o rodamiento existente al menos en 15 cm de profundidad y compactarla a un mínimo de 95% Próctor Estándar (**ASTM D 698**).
- El material de la capa de base (Iván Araúz), ubicado a 1.8 kilómetros de la estación final 0+980 correspondiente a agregados naturales, debe cumplir con las especificaciones mínimas de compactación (% Mínimo de CBR al 95% compactación de las pruebas Próctor Modificado, **AASHTO T-180**), indicadas en la **Nic- 2000**.
- Controlar durante el proceso de construcción, cualquier afloramiento posible de materiales indeseables no detectado en el estudio geotécnico.
- En caso de que se encontrara suelos finos limos arcillosos del grupo A-7 caracterizados por ser suelos altamente deformables con contenidos de humedad alto y de baja resistencia, deberán ser sub-excavado y reemplazado con material de préstamo del banco de préstamo Iván Araúz, el cual cumple con las especificaciones de **la Nic-2000 sección 1003.09 (a y b)**.
- Se debe constatar que el material de la capa base esté libre de cualquier otro material contaminante, como basura, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que, esto podría afectar la resistencia de la estructura.

- Utilizar adoquín tipo tráfico cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor de 3,500 PSI, según **la NIC 2000 sección 502.02 (a) Pág. 273 Doc.**
- Capa de Arena.- La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos, según la **NIC 2000 sección 502.02 (c) Pág. 273 Doc.**
- El cemento y los adoquines serán evaluados visualmente y mediante certificados del fabricante y un laboratorio independiente. **NIC 2000 sección 502.04 Pág. 275 Doc.**
- Recorte de los Adoquines.- Aquellas formas irregulares que queden en los bordes serán rellenas con cuñas o pedazos de adoquín cortados con un cortador de adoquines o aserrados. Se evitará colocar piezas muy pequeñas o delgadas, pues con frecuencia se hacen pedazos con la vibración. El recorte de los adoquines para ajustar el pavimento a los bordes, no se hará sino hasta haber colocado adoquines en un área considerable, según la **NIC 2000 sección 502.03(d)(2) Pág. 274 Doc.**
- Vibración.-Una vez que los bordes del adoquinado hayan sido completados a lo largo de la calle o camino, se vibrará la superficie por medio de una plancha o rodillo vibratorio, según la **NIC 2000 sección 502.03(d)(3) Pág. 274 Doc.**
- Rellenado con Arena.- Finalmente, se rellentarán las ranuras o juntas entre adoquines con arena, la que será aplicada con escoba o cepillo y, luego, se pasará el vibrador dos o tres veces hasta completar la trabazón entre los bloques según la **NIC 2000 sección 502.03(d)(4) Pág. 274 Doc.**

- Bordillos o Cunetas de Concreto de Cemento Portland.- deberá realizarse de acuerdo con la **Sección-901 de la NIC 2000**. El bordillo o cuneta podrá ser colado en el sitio o moldeado con moldes deslizantes.
- La estructura final de pavimento articulado debe cumplir con los espesores de diseño que en este caso son, 6 pulgadas de base granular no estabilizada, 2.00 pulgadas de Arena y adoquín de 4 pulgadas.

BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. American Association of state Highways and Transportation Officials. Washington, D.C.
- BCN. (2018). Anuario de Estadísticas Macroeconómicas. Banco central de Nicaragua. Managua.
- Cal y Mayor, R. (2007). Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones. México: 8va Edición AlfaOmega, Grupo Editorial, S.A.
- Fonseca, A. M. (2001). Ingeniería De Pavimentos para Carreteras. Santa Fe de Bogota, D.C.: Stella Valbuena de Fierro.
- INIDE. (2019). Ocotal en cifras. Instituto de información de Desarrollo. Managua.
- MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos. Ministerio de Transporte E infraestructura. Managua.
- MTI. (2018). Anuario de Aforos de Trafico. Ministerio de Transporte e Infraestructura . Managua.
- MTI. (2018). Red Vial. Ministerio de Transporte e Infraestructura . Managua.
- Nic. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- SIECA. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. Guatemala.
- SIECA. (2004). Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. (Tercera Edición).

ANEXOS

Fotos de Situación Actual del Tramo.

Foto N°1: Inicio del Tramo El Ranchón (Est. 0+000).



Fuente: Levantado por sustentante.

Foto N°2: Inexistencia de Cunetas (Est. 00+275).



Fuente: Levantado por sustentante.

Foto N° 3: Deterioro moderado de la superficie de Rodamiento (Est. 00+780).



Fuente: Levantado por sustentante.

Foto N° 4: Desgaste de la superficie de rodamiento (Est. 01+380).



Fuente: Levantado por sustentante.

Foto N° 5: Drenaje transversal inexistente (Est. 01+750).



Fuente: Levantado por sustentante.

Foto N° 6: Fin del tramo, Est. 1+900.



Fuente: Levantado por sustentante.

Tabla 55: Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

FORMATO DE AFORO																			
CONTEO VEHICULAR DEL LUNES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total	
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2-Liv.	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	T3S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
07:00	08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08:00	09:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09:00	10:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10:00	11:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11:00	12:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12:00	13:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13:00	14:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14:00	15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15:00	16:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16:00	17:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17:00	18:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Facilitador: Ing. Claudia Verónica Reyes Romero.

Tabla 56: Conteo de Tráfico Vehicular Est: 0+600 (miércoles 8/05/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: MIERCOLES 08 DE MAYO 2019 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: RANCHON - ESTADIO GLORIA EST. 0+600																	
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total	
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	22	8	4	11	0	1	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	55	
07:00	08:00	16	10	2	13	1	0	2	3	1	4	0	0	0	0	0	0	52	
08:00	09:00	11	4	4	10	0	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	37	
09:00	10:00	9	9	2	9	2	2	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	40	
10:00	11:00	13	11	0	13	1	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	46	
11:00	12:00	18	13	6	15	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	58	
12:00	13:00	8	12	5	10	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	41	
13:00	14:00	11	9	0	6	0	0	0	3	2	4	0	0	0	0	0	0	35	
14:00	15:00	8	7	1	11	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	34	
15:00	16:00	15	5	5	14	1	0	0	2	5	2	0	0	0	0	0	0	49	
16:00	17:00	6	8	4	10	0	1	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	36	
17:00	18:00	9	16	2	13	1	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	47	
TOTAL		146	112	35	135	6	5	15	31	25	20	0	0	0	0	0	0	530	

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

Tabla 57: Conteo de Tráfico Vehicular Est: 0+600 (jueves 9/05/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: JUEVES 09 DE MAYO 2019 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: RANCHON - ESTADIO GLORIA EST. 0+600															Total	
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.		V.C.
06:00	07:00	15	5	2	9	0	0	5	1	1	3	0	0	0	0	0	0	41
07:00	08:00	11	9	4	6	1	1	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	39
08:00	09:00	9	11	0	7	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	30
09:00	10:00	10	7	1	8	3	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	35
10:00	11:00	11	7	0	7	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	29
11:00	12:00	12	9	2	12	2	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	43
12:00	13:00	13	11	1	6	1	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	38
13:00	14:00	9	7	3	9	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	34
14:00	15:00	13	9	0	7	2	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	36
15:00	16:00	6	7	3	9	0	0	0	4	4	1	0	0	0	0	0	0	34
16:00	17:00	9	9	5	11	0	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	45
17:00	18:00	18	6	2	10	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	42
TOTAL		136	97	23	101	9	3	15	23	22	17	0	0	0	0	0	0	446

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

Tabla 58: Conteo de Tráfico Vehicular Est: 0+600 (sábado 11/05/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: SABADO 11 DE MAYO 2019 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: RANCHON - ESTADIO GLORIA EST. 0+600															Total	
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.		V.C.
06:00	07:00	8	5	3	6	0	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	30
07:00	08:00	9	9	0	9	0	0	2	3	3	2	0	0	0	0	0	0	37
08:00	09:00	7	7	3	12	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	35
09:00	10:00	8	14	4	5	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	34
10:00	11:00	11	3	0	13	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	31
11:00	12:00	4	8	2	9	2	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	30
12:00	13:00	7	2	1	12	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	28
13:00	14:00	9	5	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
14:00	15:00	6	10	4	4	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	30
15:00	16:00	8	7	3	8	1	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	32
16:00	17:00	7	8	5	3	0	0	5	3	2	2	0	0	0	0	0	0	35
17:00	18:00	10	6	2	9	1	0	2	5	0	2	0	0	0	0	0	0	37
TOTAL		94	84	30	93	4	4	12	26	17	16	0	0	0	0	0	0	380

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

Tabla 59: Conteo de Tráfico Vehicular Est: 1+400 (miércoles 15/05/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: MIERCOLES 15 DE MAYO 2019 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: ESTADIO GLORIA- RANCHON EST. 1+400																	
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	16	8	2	10	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0		43
07:00	08:00	12	7	3	7	0	1	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	39	
08:00	09:00	11	9	4	6	0	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	37	
09:00	10:00	8	5	1	5	1	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	25	
10:00	11:00	11	7	0	13	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	37	
11:00	12:00	18	11	2	6	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
12:00	13:00	8	12	5	10	1	0	0	3	4	2	0	0	0	0	0	0	45	
13:00	14:00	12	9	3	14	0	1	0	3	3	2	0	0	0	0	0	0	47	
14:00	15:00	8	6	1	18	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	37	
15:00	16:00	15	9	4	12	1	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	46	
16:00	17:00	4	8	2	10	1	1	3	3	4	3	0	0	0	0	0	0	39	
17:00	18:00	10	7	3	9	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	34	
TOTAL		133	98	30	120	4	6	11	27	22	23	0	0	0	0	0	0	474	

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

Tabla 60: Conteo de Tráfico Vehicular Est: 1+400 (jueves 16/05/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: JUEVES 16 DE MAYO 2019 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: ESTADIO GLORIA- RANCHON EST. 1+400																	
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	10	7	2	8	0	0	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0		33
07:00	08:00	9	9	3	6	1	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	34	
08:00	09:00	6	6	0	7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	21	
09:00	10:00	9	10	1	8	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	34	
10:00	11:00	7	7	0	7	0	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	27	
11:00	12:00	12	10	2	13	1	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	45	
12:00	13:00	8	11	2	5	1	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	32	
13:00	14:00	8	5	4	9	2	1	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	37	
14:00	15:00	13	9	0	7	2	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	37	
15:00	16:00	6	6	3	9	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	30	
16:00	17:00	12	5	5	8	0	1	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	39	
17:00	18:00	18	8	2	6	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	38	
TOTAL		118	93	24	93	7	4	11	21	18	18	0	0	0	0	0	0	407	

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

Tabla 61: Conteo de Tráfico Vehicular Est: 1+400 (Sábado 18/05/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: SABADO 18 DE MAYO 2019 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: ESTADIO GLORIA- RANCHON EST. 1+400																	
		Vehículos Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	11	5	2	7	1	0	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0		32
07:00	08:00	6	7	1	9	0	1	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	31	
08:00	09:00	7	2	3	6	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	22	
09:00	10:00	8	6	1	8	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	27	
10:00	11:00	12	6	0	3	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	26	
11:00	12:00	4	7	2	11	1	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	31	
12:00	13:00	8	8	0	7	1	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	29	
13:00	14:00	9	5	3	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	25	
14:00	15:00	6	9	1	4	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	26	
15:00	16:00	8	7	3	4	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	25	
16:00	17:00	9	6	2	5	0	0	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	31	
17:00	18:00	11	4	2	9	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29	
TOTAL		99	72	20	79	5	2	11	16	14	16	0	0	0	0	0	0	334	

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

Tabla 62: Factores de Ajuste para ECD-112 bajo la Dependencia de la EMC-200 Entrada INCAE El Crucero .

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.41	1.42	1.39	1.41	1.34	1.34	1.27	1.36	1.35	1.32	1.00	1.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17
Factor Semana	0.95	0.99	0.98	0.98	0.94	0.93	1.00	0.89	0.86	0.86	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.29	1.08
Factor Fin de Semana	1.17	1.02	1.06	1.05	1.19	1.21	1.01	1.48	1.72	1.65	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	0.64	0.84
Factor Expansión a TPDA	0.93	0.82	0.75	0.87	0.87	0.84	0.88	0.86	0.84	1.05	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.51

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Factores utilizados (FD, FS, FFS, FE)

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.25	1.28	1.22	1.25	1.20	1.14	1.26	1.20	1.24	1.13	1.00	1.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
Factor Semana	0.96	1.01	1.05	0.98	0.98	0.91	0.97	0.89	0.90	0.97	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91
Factor Fin de Semana	1.11	0.98	0.90	1.04	1.05	1.33	1.10	1.42	1.36	1.10	1.00	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.31
Factor Expansión a TPDA	1.04	1.23	1.30	1.18	1.20	1.18	1.11	1.20	1.31	1.13	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.28	1.35	1.27	1.32	1.26	1.20	1.30	1.27	1.27	1.16	1.00	1.47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21
Factor Semana	0.97	0.99	1.01	0.98	0.95	0.97	0.93	0.89	0.86	0.90	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84
Factor Fin de Semana	1.09	1.02	0.97	1.07	1.16	1.09	1.22	1.46	1.69	1.40	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.95
Factor Expansión a TPDA	1.03	1.03	1.11	1.00	0.98	1.04	1.03	1.00	0.96	0.86	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	0.65

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2018, Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) Pág. 290.

Tabla 63: Clasificación Funcional de la vía en base al TPDA.

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES			COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales	
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500	
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75	
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85	
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15	
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M	
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50	
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2	
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3	
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5	
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava	
11	Dist.de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110	
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480	
13	Radio Mín. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195	
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' - 5°53'	12°44' - 5°53'	
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10	
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10	
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5	
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1	
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44	
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30	
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6	-	-	
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D	
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control	
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR	

Notas: Pav: Pavimento asfáltico o de cemento Portland

P: Plano O: Ondulado M: Montañoso

AR:Autopista Regional, TS: Troncal Suburbana, TR: Troncal Rural, CS: Colectora Suburbana, CR: Colectora Rural

Fuente: Normas para el Diseño Geométricos de Carreteras Regionales SIECA-2004-Pag 30 pdf- Doc Pag 13.

Tabla 64: Indicadores Macroeconómicos de PIB, POB.

Partidas informativas (millones C\$) - Information items (million of C\$)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/}	28,795.5	30,325.2	31,623.9	118,838	124,870	129,161	124,908	130,416
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	61,958.5	71,155.6	81,524.4	118,838	136,950	164,602	168,791	187,053	219,182
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	4,101.5	4,464.7	4,872.0	6,763.7	7,423.4	8,497.0	8,298.7	8,758.6	9,774.3
Población (miles de habitantes) ^{2/} - Population (thousands) ^{2/}	5,312.7	5,380.5	5,450.4	5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5	5,923.1	5,996.6
Base monetaria - Monetary base	4,498.4	5,345.5	6,338.1	8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7	14,549.8	18,278.0
Depósitos totales ^{3/} - Total deposits ^{3/}	26,708.3	31,155.9	35,238.4	38,792.8	45,454.7	48,776.4	56,489.1	70,400.3	82,043.5
Cartera de crédito bruta ^{10/} - Gross credit portfolio ^{10/}	14,724.6	18,776.3	24,415.5	31,941.8	42,026.3	47,198.6	44,241.7	45,289.1	53,852.4
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(3,754.8)	(3,565.5)	(3,616.2)	(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.3)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	(1,404.8)	(965.9)	(790.0)	578.6	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)	(1,101.6)	354.2

Partidas informativas (millones C\$) - Information items (million of C\$)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/}	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,131.6	177,894.9	186,212.4
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	247,993.9	271,529.8	308,403.1	347,707.3	380,260.8	416,012.8	413,910.6
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,756.7	13,286.0	13,843.7	13,117.9
Población (miles de habitantes) ^{2/} - Population (thousands) ^{2/}	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9	6,393.8	6,460.4
Base monetaria - Monetary base	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	29,138.0	33,113.6	30,132.7
Depósitos totales ^{3/} - Total deposits ^{3/}	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1	145,144.1	160,719.0	127,434.1
Cartera de crédito bruta ^{10/} - Gross credit portfolio ^{10/}	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2	146,721.6	167,150.3	152,240.2
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,906.2)	(11,823.3)	(12,742.6)	(19,449.3)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,593.4)	(7,580.1)	(8,453.7)	(16,945.1)

Fuente: Informe Anual del BCN -2018. pág. 8 PDF.

Tabla 65: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

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, Cuadracicl, 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 cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. 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.
	MINBUS		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 Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		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. MTI, Año 2018 pág. 42 PDF.

Tabla 66: Listado Histórico Estaciones ECD cercanas al tramo.

1501	ECD	Yalagüina - Ocotal	Madrid / N. Segovia	2011	433	392	178	644	9	3	99	153	174	32		186				10	2,313														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>AÑOS</th> <th>REGISTRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2004</td> <td>1,583</td> </tr> <tr> <td>2007</td> <td>1,910</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>2,339</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>2,313</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>3,347</td> </tr> </tbody> </table> <p>NO POSEE SUFICIENTES REGISTROS</p>				AÑOS	REGISTRO	2004	1,583	2007	1,910	2009	2,339	2011	2,313	2017	3,347	2009	388	478	189	721	9	2	109	179	141	36	1	82			1	1	4	2,339	
				AÑOS	REGISTRO																														
				2004	1,583																														
				2007	1,910																														
				2009	2,339																														
				2011	2,313																														
				2017	3,347																														
2007	147	290	152	524	10	1	104	137	207	30	22	284					1		1	1,910															
2004	116	179	137	527	16		102	105	185	17	1	195							4	1,583															
2002	74	151	113	404	7	0	101	99	165	75		119						1		1,309															
2001	102	94	145	518	8	1	99	92	204	66	1	67	0						1	1,398															
1999	62	100	122	435	8	0	83	74	225	23	1	79							1	1,212															
<table border="1"> <tr> <td>EMC: 107</td> </tr> <tr> <td>Tasa Crecimiento: 6.35%</td> </tr> </table>				EMC: 107	Tasa Crecimiento: 6.35%	2017	626	567	258	932	13	4	143	221	252	46		269						14	3,347										
EMC: 107																																			
Tasa Crecimiento: 6.35%																																			
1502	ECD	Ocotal - Las Manos	Nueva Segovia	2011	178	134	67	277	4	4	61	19	22	2		163					931														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>AÑOS</th> <th>REGISTRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2004</td> <td>1,051</td> </tr> <tr> <td>2007</td> <td>1,028</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>657</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>931</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>1,553</td> </tr> </tbody> </table> <p>NO POSEE SUFICIENTES REGISTROS</p>				AÑOS	REGISTRO	2004	1,051	2007	1,028	2009	657	2011	931	2017	1,553	2009	116	78	83	240	5		53	11	13	8		51							657
				AÑOS	REGISTRO																														
				2004	1,051																														
				2007	1,028																														
				2009	657																														
				2011	931																														
				2017	1,553																														
2007	105	137	82	323	4	1	55	33	35	16		232							4	1,028															
2004	82	119	90	387	6	7	54	49	48	30		174							4	1,051															
2001	62	43	89	370	2	2	46	29	81	61	6	37								828															
1999	42	33	68	286	3	4	34	16	97	32		116					6	5	3	744															
1997	51	37	76	315	1	5	26	33	71	45		64							2	726															
<table border="1"> <tr> <td>EMC: 2404</td> </tr> <tr> <td>Tasa Crecimiento: 8.90%</td> </tr> </table>				EMC: 2404	Tasa Crecimiento: 8.90%	2017	297	223	112	462	7	7	102	32	37	3		272								1,553									
EMC: 2404																																			
Tasa Crecimiento: 8.90%																																			

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2018 .Pág. 144 pdf.

Tabla 67: Listado Histórico TPDA ECD-112 (Emp. Yalagüina-Somoto). Años 2008-2018.

ECD	Emp. Yalagüina - Somoto	Madriz	2017	828	688	113	710	33	12	96	196	63	7		99	1	1		1	2,848	
			2015	707	870	145	741	52	7	91	144	145	12		167				2	3,083	
			2012	634	787	211	656	13	1	94	159	117	12		64			1		2,749	
			2010	364	530	128	475	8	1	76	126	73	11		75				2	1,869	
			2008	391	641	137	550	5	4	86	119	98	18		119			1	4	2,173	
			2005	176	333	106	474	17	1	109	105	92	24		139					1,575	
			2003	108	190	132	436	10		92	107	114	9		136			0	0	1	1,335
			2002	109	137	90	389	6	2	84	91	95	22		68			0			1,095
			2001	130	102	132	485	10		82	75	76	25	6	27						1,149
			2000	83	92	115	405	4		74	71	93	11		42				3	992	
			1998	59	80	93	336	2	7	61	38	84	101	1	45				2	1	910
			1997	50	62	70	236	7	8	53	35	72	13		25				1	632	
			1996	58	63	63	344	4	12	47	33	74	2		13		1	2		10	726
EMC: 200																					
Tasa Crecimiento: 4.34%			2018	864	718	118	741	34	13	100	205	66	7		103	1	1		1	2,972	

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2018 .Pág. 108.

Tabla 68: Crecimiento Económico de Nicaragua Año- (2013- 2018).

Principales indicadores macroeconómico									
Conceptos - Concepts	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Actividad económica^{1/} y empleo^{2/} - Economic activity^{1/} and employe									
PIB a precios constantes (tasas de crecimiento) - Real GDP growth (%)	4.4	6.3	6.5	4.9	4.8	4.8	4.6	4.7	(3.8)
PIB per-cápita (en US\$) - GDP per cápita (US\$)	1,478.7	1,630.0	1,734.9	1,790.4	1,916.8	2,036.9	2,099.6	2,165.2	2,030.5
PIB per-cápita (tasas de crecimiento) - GDP per cápita growth (%)	4.2	10.2	6.4	3.2	7.1	6.3	3.1	3.1	(6.2)
Tasa de desempleo abierto - Unemployment rate (%)	7.9	5.9	5.9	5.7	6.6	5.9	4.5	3.7	5.5
Porcentaje de ocupados con subempleo - Underemployment as a percent of e	50.5	51.8	51.0	50.1	49.9	50.2	44.4	42.9	44.2
Precios y tipo de cambio - Prices and exchange rate									
Inflación anual acumulada nacional (IPC año base=2006) - National annual in									
Inflación anual acumulada (Managua) ^{3/} - Managua annual inflation ^{3/}	9.2	8.0	6.6	5.7	6.5	3.1	3.1	5.7	3.9
Devaluación anual (%) - Annual devaluation (%)	9.1	8.6	7.1	5.4	6.5	2.8	3.1	5.8	3.3
Tipo de cambio oficial promedio (C\$ x US\$) - Average exchange rate (C\$ x US	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Tipo de cambio oficial a fin de período (C\$ x US\$) - Exchange rate, end of per	21.4	22.4	23.5	24.7	26.0	27.3	28.6	30.1	31.6
Sector monetario (tasas de crecimiento) - Monetary sector (percenta	21.9	23.0	24.1	25.3	26.6	27.9	29.3	30.8	32.3
Base monetaria - Monetary base									
RIB / base monetaria (número de veces) - Gross international reserves/mone	17.1	25.6	4.9	6.7	14.8	26.2	(1.8)	13.6	(9.0)
Depósitos totales - Total deposits	2.7	2.4	2.4	2.5	2.6	2.3	2.5	2.6	2.4
Cartera de crédito bruta - Banks' gross portfolio	24.4	17.6	5.5	13.9	19.0	13.9	8.6	10.7	(20.7)
Saldo de reservas internacionales netas (millones US\$) - Net international res	2.9	19.1	29.2	21.3	19.5	23.0	18.5	13.9	(8.9)
Saldo de reservas internacionales brutas (millones US\$) - Gross international	1,631.6	1,710.5	1,718.1	1,840.0	2,153.2	2,401.2	2,387.5	2,716.2	2,038.9
Sector Público No Financiero (% del PIB)^{4/} - Non-financial public sect	1,799.0	1,892.3	1,887.2	1,993.0	2,276.2	2,492.3	2,447.8	2,757.8	2,261.1
Las tasas de crecimiento en paréntesis expresan un valor negativo refiere a un descenso con respecto al crecimiento económico del país en el año 2018.									
(2010-2018) : Promedio 4.13%									

Fuente: Informe Anual BCN-2018 Pág. 8.

Tabla 69: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo- Vehículos Livianos y pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	➡ 1/1	2200/2200
JEEP	➡ 1/1	2200/2200
CAMIONETA	➡ 1/2	2200/4400
MC-15	➡ 2/4	4400/8800
MC-15-30	➡ 4/8	8800/17600
C-2 LIV	➡ 4/8	8800/17600
BUS=C2	➡ 5/10	11000/22000

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 70: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo Vehículos Pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) 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

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 71: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje (kips)	(KN)	SN						
		1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)	
2.2	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4.4	4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
	6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8.8	8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
11	10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.079	.076
	12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
	14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
17.60	16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
	50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements. pág. 172 pdf.

Tabla 72: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje (kips)	(KN)	SN					
		1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements pág. 173 pdf.

Tabla 73: Clasificación de suelos AASHTO M-145.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
SUB - GRUPOS	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-7-6
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.	NO PLÁSTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
 Si el LP \geq 30, la clasificación es A-7-6
 Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, (Norma AASHTO M-145).

Imagen 15: Ubicación de Sondeos Manuales.



Fuente: Google Maps (2018).

Tabla 74: Ensayes Adicionales del Banco de Préstamo N#1 Álvaro Cruz.

<p>IDISA INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A. Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095. E-mail: idisa@turbonett.com.ni</p>	PROYECTO: <u>Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotal</u>	FECHA: <u>12/10/2018</u>																			
	UBICACIÓN: <u>Municipio de Ocotal, Departamento de Nueva Segovia</u>	PROCEDENCIA: <u>Banco #1</u>																			
	<table border="1"> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN</td> <td>Banco #1, 3.4 kilometros al Sur-Oeste a partir de Est. 0+000</td> </tr> <tr> <td>DUEÑO</td> <td>Álvaro Cruz</td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACIÓN H.R.B.</td> <td>A-2-4 (o)</td> </tr> <tr> <td>SONDEO</td> <td>Stock</td> </tr> </table>		MUESTRA	1	UBICACIÓN	Banco #1, 3.4 kilometros al Sur-Oeste a partir de Est. 0+000	DUEÑO	Álvaro Cruz	CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-2-4 (o)	SONDEO	Stock									
	MUESTRA	1																			
	UBICACIÓN	Banco #1, 3.4 kilometros al Sur-Oeste a partir de Est. 0+000																			
DUEÑO	Álvaro Cruz																				
CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-2-4 (o)																				
SONDEO	Stock																				
<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).</td> </tr> <tr> <td>DETERMICACION No.</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO</td> <td>5,000</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12</td> <td>1300</td> </tr> <tr> <td>DIFERENCIA</td> <td>3,700</td> </tr> <tr> <td>% APROXIMADO DE DESGASTE</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12</td> <td>3650</td> </tr> <tr> <td>% DEFINITIVO DE DESGASTE</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>RESULTADO DE INTEMPERISMO</td> <td>7.4</td> </tr> </table>		ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).		DETERMICACION No.	1	PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000	PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1300	DIFERENCIA	3,700	% APROXIMADO DE DESGASTE	26	PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3650	% DEFINITIVO DE DESGASTE	27			RESULTADO DE INTEMPERISMO	7.4
ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).																					
DETERMICACION No.	1																				
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000																				
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1300																				
DIFERENCIA	3,700																				
% APROXIMADO DE DESGASTE	26																				
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3650																				
% DEFINITIVO DE DESGASTE	27																				
RESULTADO DE INTEMPERISMO	7.4																				

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotal / IDISA (2018).

Tabla 75: Ensayes Adicionales del Banco de Préstamo N#2 Iván Araúz .

 <p>INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A. Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095. E-mail: idisa@turbonett.com.ni</p>	PROYECTO: <u>Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotol</u>	FECHA: <u>12/10/2018</u>															
	UBICACIÓN: <u>Municipio de Ocotol, Departamento de Nueva Segovia</u>	PROCEDENCIA: <u>Banco #2</u>															
	<table border="1"> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN</td> <td>Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+710</td> </tr> <tr> <td>DUEÑO</td> <td>Ivan Arauz</td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACIÓN H.R.B.</td> <td>A-1-a (o)</td> </tr> <tr> <td>SONDEO</td> <td>Stock</td> </tr> </table>		MUESTRA	1	UBICACIÓN	Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+710	DUEÑO	Ivan Arauz	CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-1-a (o)	SONDEO	Stock					
	MUESTRA	1															
	UBICACIÓN	Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+710															
DUEÑO	Ivan Arauz																
CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-1-a (o)																
SONDEO	Stock																
ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).																	
<table border="1"> <tr> <td>DETERMICACION No.</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO</td> <td>5,000</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12</td> <td>1485</td> </tr> <tr> <td>DIFERENCIA</td> <td>3,515</td> </tr> <tr> <td>% APROXIMADO DE DESGASTE</td> <td>29.7</td> </tr> <tr> <td>PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12</td> <td>3500</td> </tr> <tr> <td>% DEFINITIVO DE DESGASTE</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>RESULTADO DE INTEMPERISMO</td> <td>8</td> </tr> </table>		DETERMICACION No.	1	PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000	PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1485	DIFERENCIA	3,515	% APROXIMADO DE DESGASTE	29.7	PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3500	% DEFINITIVO DE DESGASTE	38	RESULTADO DE INTEMPERISMO	8
DETERMICACION No.	1																
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000																
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1485																
DIFERENCIA	3,515																
% APROXIMADO DE DESGASTE	29.7																
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3500																
% DEFINITIVO DE DESGASTE	38																
RESULTADO DE INTEMPERISMO	8																

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotol / IDISA (2018).

Tabla 76: Resultados de CBR Saturado del Banco de Préstamo N#1 Álvaro Cruz.

IDISA INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A. Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095. E-mail: idisa@turbonett.com.ni	PROYECTO: <u>Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotol</u>		FECHA: <u>12/10/2018</u>			
	UBICACIÓN: <u>Municipio de Ocotal, Departamento de Nueva Segovia</u>		PROCEDENCIA: <u>Banco #1</u>			
	MUESTRA	1				
	UBICACIÓN	Banco #1, 3.4 kilometros al Sur-Oeste a partir de Est. 0+000				
	DUEÑO	Álvaro Cruz				
CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-2-4 (o)					
SONDEO	Stock					
RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R.						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	30	93	35	108	40	124
0.05"	70	217	95	294	130	402
0.075"	110	340	160	495	210	649
0.1"	180	557	220	681	290	897
0.15"	220	681	260	805	350	1082
0.2"	300	929	390	1207	490	1515
0.3"	390	1207	440	1362	560	1732
0.4"	450	1393	520	1610	660	2041
C.B.R		41		61		78

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotal / IDISA (2018).

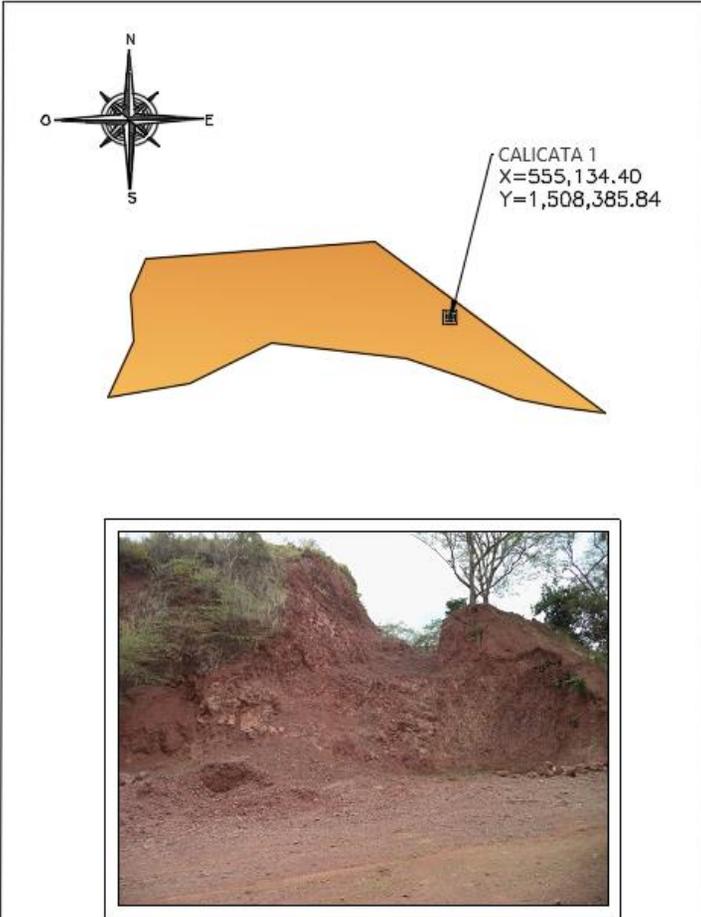
Tabla 77: Resultados de C.B.R Saturado del Banco de Préstamo N#2 Iván Araúz .

IDISA INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A. Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095. E-mail: idisa@turbonett.com.ni	PROYECTO: Adoquinado de 1.9 Km de calles, El Ranchon- Estadio Antiguas Glorias, zona Urbana de Ocotol	FECHA: 12/10/2018																																																																												
	UBICACIÓN: Municipio de Ocotol, Departamento de Nueva Segovia	PROCEDENCIA: Banco #2																																																																												
	<table border="1"> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN</td> <td>Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+710</td> </tr> <tr> <td>DUEÑO</td> <td>Ivan Arauz</td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACIÓN H.R.B.</td> <td>A-1-a (o)</td> </tr> <tr> <td>SONDEO</td> <td>Stock</td> </tr> </table>		MUESTRA	1	UBICACIÓN	Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+710	DUEÑO	Ivan Arauz	CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-1-a (o)	SONDEO	Stock																																																																		
	MUESTRA	1																																																																												
UBICACIÓN	Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+710																																																																													
DUEÑO	Ivan Arauz																																																																													
CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-1-a (o)																																																																													
SONDEO	Stock																																																																													
RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R.																																																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Anillo</th> <th colspan="2">Molde 1</th> <th colspan="2">Molde 2</th> <th colspan="2">Molde3</th> </tr> <tr> <th>Dial</th> <th>Carga</th> <th>Dial</th> <th>Carga</th> <th>Dial</th> <th>Carga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.025"</td> <td>28</td> <td>570</td> <td>39</td> <td>794</td> <td>45</td> <td>916</td> </tr> <tr> <td>0.05"</td> <td>44</td> <td>896</td> <td>60</td> <td>1222</td> <td>74</td> <td>1507</td> </tr> <tr> <td>0.075"</td> <td>60</td> <td>1222</td> <td>81</td> <td>1649</td> <td>103</td> <td>2097</td> </tr> <tr> <td>0.1"</td> <td>77</td> <td>1568</td> <td>105</td> <td>2138</td> <td>133</td> <td>2708</td> </tr> <tr> <td>0.15"</td> <td>98</td> <td>1995</td> <td>133</td> <td>2708</td> <td>169</td> <td>3441</td> </tr> <tr> <td>0.2"</td> <td>120</td> <td>2443</td> <td>161</td> <td>3278</td> <td>205</td> <td>4174</td> </tr> <tr> <td>0.3"</td> <td>142</td> <td>2891</td> <td>190</td> <td>3868</td> <td>243</td> <td>4947</td> </tr> <tr> <td>0.4"</td> <td>164</td> <td>3339</td> <td>217</td> <td>4418</td> <td>279</td> <td>5680</td> </tr> <tr> <td>C.B.R</td> <td></td> <td>48</td> <td></td> <td>84</td> <td></td> <td>93</td> </tr> </tbody> </table>		Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde3		Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga	0.025"	28	570	39	794	45	916	0.05"	44	896	60	1222	74	1507	0.075"	60	1222	81	1649	103	2097	0.1"	77	1568	105	2138	133	2708	0.15"	98	1995	133	2708	169	3441	0.2"	120	2443	161	3278	205	4174	0.3"	142	2891	190	3868	243	4947	0.4"	164	3339	217	4418	279	5680	C.B.R		48		84		93
Anillo	Molde 1			Molde 2		Molde3																																																																								
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga																																																																								
0.025"	28	570	39	794	45	916																																																																								
0.05"	44	896	60	1222	74	1507																																																																								
0.075"	60	1222	81	1649	103	2097																																																																								
0.1"	77	1568	105	2138	133	2708																																																																								
0.15"	98	1995	133	2708	169	3441																																																																								
0.2"	120	2443	161	3278	205	4174																																																																								
0.3"	142	2891	190	3868	243	4947																																																																								
0.4"	164	3339	217	4418	279	5680																																																																								
C.B.R		48		84		93																																																																								

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotol / IDISA (2018).

Imagen 16: Plano Topográfico del Banco N#1 Álvaro Cruz.

Banco #1 (Álvaro Cruz)



MUESTRA	1
UBICACIÓN	Banco #1, 3.4 kilómetros al Sur-Oeste a partir de Est. 0+000
DUÑO	Álvaro Cruz
CLASIFICACIÓN H.R.B.	A-2-4 (o)
SONDEO	Stock

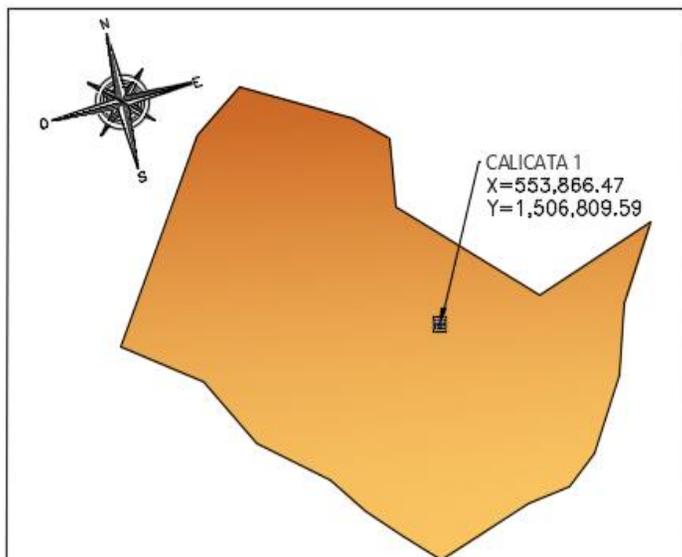
CUADRO DE CONSTRUCCION							
LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
						Y	X
					1	1,508,375.4602	555,067.7652
1		2	N 80°09'49.77" E	14.412	2	1,508,377.9222	555,081.9652
2		3	N 64°09'54.17" E	15.969	3	1,508,384.8812	555,096.3382
3		4	S 83°19'43.87" E	23.879	4	1,508,382.1072	555,120.0552
4		5	S 72°27'25.32" E	12.066	5	1,508,378.4702	555,131.5602
5		6	S 67°23'05.11" E	8.589	6	1,508,375.1672	555,139.4892
6		7	S 79°37'40.16" E	6.926	7	1,508,373.9202	555,146.3022
7		8	S 82°42'37.04" E	8.716	8	1,508,372.8142	555,154.9482
8		9	N 54°04'38.59" W	49.902	9	1,508,402.0912	555,114.5372
9		10	S 85°50'52.82" W	40.220	10	1,508,399.1792	555,074.4232
10		11	S 23°49'53.65" W	6.799	11	1,508,392.9602	555,071.6762
11		12	S 03°27'04.74" E	7.890	12	1,508,385.0842	555,072.1512
12		1	S 24°30'01.61" W	10.576	1	1,508,375.4602	555,067.7652

VOLUMEN = 36,000 m3

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotal / IDISA (2018).

Imagen 17: Plano Topográfico del Banco N#2 Iván Araúz .

Banco #2 (Iván Arauz)



MUESTRA	1
UBICACION	Banco #2, 1.8 kilometros al Norte a partir de Est. 0+980
DUENO	Ivan Arauz
CLASIFICACION H.R.B.	A-1-a (o)
SONDEO	Stock

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				1	1,506,759.8407	553,873.2507
1	2	N 58°18'52.25" E	23.200	2	1,506,772.0267	553,892.9927
2	3	N 69°40'59.95" E	9.882	3	1,506,775.4507	553,902.2407
3	4	N 39°33'05.93" E	9.101	4	1,506,782.4677	553,908.0357
4	5	N 17°56'52.40" E	17.744	5	1,506,799.3487	553,913.5037
5	6	N 04°40'10.10" E	15.158	6	1,506,814.4567	553,914.7377
6	7	N 19°21'43.86" E	18.330	7	1,506,831.7497	553,920.8147
7	8	S 58°20'36.65" W	29.732	8	1,506,816.1457	553,895.5067
8	9	N 59°51'30.71" W	37.595	9	1,506,835.0237	553,862.9947
9	10	N 05°35'24.13" W	14.424	10	1,506,849.3787	553,861.5897
10	11	N 62°38'29.99" W	9.335	11	1,506,853.6687	553,853.2987
11	12	N 75°18'02.07" W	26.759	12	1,506,860.4587	553,827.4157
12	13	S 42°29'03.44" W	14.128	13	1,506,850.0397	553,817.8737
13	14	S 21°05'12.62" W	48.035	14	1,506,805.2217	553,800.5917
14	15	S 68°26'43.89" E	19.949	15	1,506,797.8927	553,819.1457
15	16	S 42°52'50.05" E	18.011	16	1,506,784.6947	553,831.4017
16	17	S 64°35'28.93" E	18.414	17	1,506,776.7937	553,848.0347
17	18	S 50°41'29.07" E	10.717	18	1,506,770.0047	553,856.3267
18	19	S 58°45'07.78" E	9.685	19	1,506,764.9807	553,864.6067
19	1	S 59°15'46.53" E	10.057	1	1,506,759.8407	553,873.2507

VOLUMEN = 135,000 m3

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál / IDISA (2018).

Tabla 78: Evaluación de Requerimiento mínimos según Nic-2000 (Banco #1).

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco #1 Álvaro Cruz	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	27%	Cumple
Intemperismo Acelerado	Máx. 12%	7.4%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9%	Cumple
Para SUBBASE CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40%	61%	Cumple para Subbase
Para BASE CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	61%	No Cumple para Base
Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la subrasante.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco #1 Álvaro Cruz	Valoración
Nº 3 (75)	100	100	Cumple
Nº 4 (4.75)	30-70	35	Cumple
Nº 200 (0.075)	0-15	10	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

Tabla 79: Evaluación de Requerimiento mínimos según Nic-2000 (Banco #2).

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco #2 Iván Araúz	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	38%	Cumple
Intemperismo Acelerado	Máx. 12%	8%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	N.P	Cumple
Para SUBBASE CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40%	84%	Cumple para Subbase
Para BASE CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	84%	Cumple para Base
Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la subrasante.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco Nº 1	Valoración
Nº 3 (75)	100	100	Cumple
Nº 4 (4.75)	30-70	48	Cumple
Nº 200 (0.075)	0-15	2	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

GLOSARIO.

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Adoquinado: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N° 4 (4,75 mm).

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

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.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

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.

Capa subrasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Capacidad de carga última del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

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 Pórtland (rígida) o de adoquín (articulado).

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo, su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífico del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (verano-invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado.

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en períodos de tres (martes – miércoles – jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de verano y/o invierno.

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

Índice de plasticidad: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

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

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

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Pendiente de la carretera: Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de subbase, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras