Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE 6.00 KM EN LA CARRETERA DEL EMPALME DE TERRABONA-TERRABONA, MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO-93”

Trabajo Monográfico para optar al título de

Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Denis Francisco Rodríguez Rodríguez
Carnet: 2017-04391

Br. Derick Guillermo Rodríguez Rodríguez
Carnet: 2017-04451

Br. Maynor Ernesto García Oporta
Carnet: 2017-05271

Tutor:

Ing. Keving Roberto Sánchez Rocha

19 de marzo de 2024
Managua, Nicaragua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
AREA DE CONOCIMIENTO DE INGENIERIA Y AFINES

Managua, Nicaragua
Marzo 19 del 2024

Msc. Ing. Luis Chavarría Valverde
Director del Área de conocimiento
Sus Despacho

Estimado maestro, reciba un cordial saludo

Me es grato dirigirme a usted, es esta ocasión para comunicarle que después de haber revisado el trabajo monográfico **titulado "DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE 6.00 KM EN LA CARRETERA DEL EMPALME DE TERRABONA-TERRABONA, MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO-93" ,** Realizado por los bachilleres **Denis Francisco Rodríguez Rodríguez, Derick Guillermo Rodríguez Rodríguez y Maynor Ernesto Oporta García** lo he encontrado satisfactorio y doy mi aprobación para su presentación y defensa ante el tribunal que usted estime a bien nombrar.

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

Atentamente,

Ing. Keving Sánchez Rocha
Tutor
UNI-RUPAP

C.C. Archivo

Agradecimiento

Para empezar de niño me enseñaron a dar gracias por las cosas buenas (y también malas) de la vida. Ya que en estos años de estudio he aprendido a dar lo mejor, de nunca rendirse por muy duro que sea el proceso Por eso, en esta culminación de tesis voy a agradecer.

A Dios padre, todo poderoso, ya que me ha abierto puertas, que en todo tiempo me regalo, fortaleza, sabiduría y perseverancia, para seguir continuando a cumplir mis metas, que en mi momento de estudiante él estuvo presente en cada día de mi vida y hasta en la fecha actual.

A mis padres, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, que, en todo momento, me dieron su apoyo incondicional, ayudándome afrentar los problemas con las mejores actitudes y valentía para superarme.

A el ing. Keving Sánchez, que, en todo momento, tanto como docente y tutor de tesis, me brindo sus conocimientos, para abrirme camino en esta hermosa y bella carrera de ingeniería civil.

A mis hermanos, por brindarme de su tiempo y llenarme de conocimientos en esta profesión, para poder tener un mejor desempeño como ingeniero civil.

A Deglys Rodriguez más que un hermano, también has sido como un segundo padre para mí, ya que tú has sido un modelo ejemplar para mi vida.

A Paola Masiel, mi novia, en mis últimos años de culminación de estudio has estado apoyándome incondicionalmente en todo momento, y aprendiendo de ti, de dar la mejor versión de nosotros mismo en todo.

A todos mis compañeros que en algún momento nos apoyamos.

Br. Denis Francisco Rodríguez Rodríguez.

Agradecimiento

Primeramente, le doy gracias a Dios Padre por la sabiduría y el discernimiento que me ha dado durante estos años de estudio, porque en su infinita misericordia ha puesto buenas personas en este camino que me han servido de experiencia y animo durante la carrera.

A mis padres y hermanos por su gran amor, que me han servido de un gran apoyo y ánimo para poder sobrellevar los sacrificios de estudios y la culminación de ellos en esta etapa de mi vida y por sus sacrificios de ellos por gracias de Dios, les doy las gracias de haber depositado su confianza para poder ser un hombre de bien.

A nuestro tutor ING. Kevin Roberto Sánchez Rocha, por ser parte de nuestro aprendizaje y por ser una gran ayuda durante estos estudios universitarios.

Se muy bien que el amor puede distraer, pero en mi caso me sirvió de impulso para seguir adelante en cada caída, gracias Alejandra Rizo por apoyarme y darme ánimos cuando el camino parecía empinado.

Br: Derick Guillermo Rodríguez Rodríguez

Agradecimiento

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día de se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de mi educación desde el inicio en mi etapa cuando estaba en preescolar hasta el momento de culminación de mi tesis, es simplemente único y se refleja en mi vida.

Gracias a Dios por darme la vida, bendecirme con cada una de las cosas que he logrado y disfrutar con las personas que amo y que están cada día alentándome para salir adelante.

Le doy las gracias a mis padres los cuales han sido uno de los pilares más importante en este largo proceso, en donde todos los valores y enseñanzas que me inculcaron me han llevado donde estoy y cada día han creído en mí. Gracias a mi madre la cual ha luchado por mí y ha dado todo por mí y a la vez por alentarme y aconsejarme cada vez que pensaba que no podía y gracias a mi padre que cuando miri que mi mama no podía él me apoyo en mi etapa universitaria.

Gracias a mi hermano el cual tiene mucha admiración hacia mí y soy su ejemplo a seguir y por eso me motivó a dar lo mejor de mí.

Gracias a mi novia que me ha alentado en los momentos difíciles que he pasado en la actualidad y no me ha dejado solo.

Gracias a mi familia que siempre me dan una ayuda incondicional, tanto económica como emocionalmente y que han creído en mí desde el inicio.

Br. Maynor Ernesto Oporta García

Índice

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción 1

1.2. Localización del sitio 2

1.2 Antecedentes 3

1.3 justificación 4

1.4 objetivos 5

1.4.1 Objetivo General 5

1.4.2 Objetivos Específicos 5

CAPITULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1 Generalidades 6

2.2 Tipos de vehículos 6

2.2.1 Motocicletas 6

2.2.2 Vehículos livianos 6

2.2.3 Vehículos pesados de pasajeros 6

2.2.4 Vehículos pesados de cargas 6

2.3. Aforo vehicular 8

2.3.2 Tránsito promedio diurno TP(D) 10

2.3.3 Tránsito promedio diario anual (TPDA) 11

2.3.4 Factores de ajuste. 12

2.3.5 Factor día 13

2.3.6 Factor semana 13

2.3.7 Factor fin de semana 13

2.3.8 Factor de expansión 13

2.4 Proyección del tránsito promedio diario anual (TPDA) 14

2.4.2 Producto interno bruto 15
2.4.3 Crecimiento poblacional 16
2.4.4 Tasa de crecimiento para TPDA 16
2.4.5 Tasa de crecimiento del consumo de combustible 17
2.4.6 Selección de la tasa de crecimiento 18
2.5 Período de diseño 18
2.5.1 Factor de crecimiento (FC) 19
2.5.2 Factor de distribución por dirección (FD) 19
2.5.3 Factor de carril (Fc) 20
2.6 Determinación del tránsito de diseño 21
2.7 Determinación de los ejes ESAL's equivalentes 22
2.7.1 Factor de equivalencia de carga (LEF) 23
2.7.2 Cálculo del ESAL'S de diseño 24
2.7.3 Cálculo de factor Lef para vehículo T3-S2 24
CAPITULO III. ESTUDIO DE SUELOS.
3.1 Estudio geotécnico 27
3.2 Elementos de la estructura de pavimento articulado 28
3.2.1 Base 29
3.2.2 Subbase 29
3.2.3 Subrasante o terreno natural 30
3.3 Trabajos de campo y laboratorio 31
3.3.1 Ensayos de suelo en línea 31
3.4 Resultados de los ensayos sobre la línea 32
3.4.1 Ensayos de CBR de sondeos en línea 36
3.5 Correlación con los tipos de suelos 40

3.6 Estudio de banco de préstamo 41

3.6.1 Sondeos de los bancos de materiales..... 41

3.9 Caracterización de los materiales..... 44

CAPITULO IV. ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

4.1 Método de diseño 46

4.2 Espesores de pavimento para la determinación de las variables del diseño 47

4.3 Desviación estándar total (So)..... 49

4.4. Determinación de Espesores de Pavimento. 51

4.4.1. Cálculo de los números estructurales 54

4.5. Cálculo de diseño de espesores..... 57

4.5.1. Calculo para la capa asfáltica 57

4.5.2 Calculo para la capa de base..... 57

4.5.3 Calculo para la capa de Subbase..... 57

CAPITULO V. IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Metodología de identificación y evaluación de impactos ambientales..... 61

5.1.1 Actividades del proyecto susceptibles a producir impactos y factores ambientales susceptibles a recibir impacto 62

5.1.2 Fase de preparación del proyecto 62

5.1.3 Fase de ejecución del proyecto 63

5.1.4 Potenciales impactos durante la ejecución del proyecto..... 63

5.2 Evaluación de impactos ambientales y sociales..... 63

5.3 Evaluación de impactos en el medio físico, biológico y socio- económico65

5.4 Medidas de mitigación..... 70

Conclusiones 74

Recomendaciones 75

Bibliografía **76**

ANEXOS ..... **I**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de vehículos 7

Tabla 2. Resumen de conteo vehicular ambos sentidos..... 9

Tabla 3. Distribución de porcentaje 10

Tabla 4. Transito promedio diurno 11

Tabla 5. Dependencia de estaciones (San Marcos -Masatepe)..... 12

Tabla 6. Factores de ajuste del cuatrimestre Enero - abril..... 13

Tabla 7. $TPDA_{2023}$ Tramo Ciudad Darío - Terrabona (6.00Km) 14

Tabla 8. Tasa de crecimiento del PIB 16

Tabla 9. Índice de Crecimiento poblacional (POB) 16

Tabla 10. TPDA histórico por tipo de Vehículo 17

Tabla 11. Tasa de crecimiento de combustible 18

Tabla 12. Promedio del PIB, POB, TPDA y Combustible 18

Tabla 13. Tránsito de diseño..... 19

Tabla 14. Factor de distribución por dirección 20

Tabla 15. Factor de distribución de carril 21

Tabla 16. Determinación del tránsito proyectado 21

Tabla 17. Tránsito de diseño (TD) 22

Tabla 18. ESAL de diseño 26

Tabla 19. Ensayes a sondeos de línea y banco de préstamo 27

Tabla 20. Especificaciones de materiales para base 29

Tabla 21. Especificaciones de materiales para–subbase..... 30

Tabla 22. Especificaciones de materiales para sub-rasante 30

Tabla 23. Resultados de ensayes..... 34

Tabla 24. Ensayos de CBR de sondeos en línea..... 36

Tabla 25. Criterio para determinar el CBR de subrasante 38

Tabla 26. Porcentajes de valores iguales o mayores de CBR 39

Tabla 27. Pruebas respecto al tipo de ensayos..... 43

Tabla 28. Banco de préstamos a utilizarse 43

Tabla 29. Clasificación funcional..... 48

Tabla 30. Nivel de confiabilidad..... 49

Tabla 31. Resultados de los coeficientes estructurales 54

Tabla 32. Parámetros para la variable de diseño 54

Tabla 33. Cálculo del SN..... 55

Tabla 34. Espesores mínimos de base granular..... 57

Tabla 35. Resultados de los SN de cada capa..... 60

Tabla 36. Resultados del diseño de espesores..... 60

Tabla 37. Matriz de importancia..... 67

Tabla 38. Matriz de importancia..... 68

Tabla 39. Matriz interactiva de identificación (causa-efecto 69

Tabla 40. Impactos generados vs medidas de mitigación 70

Tabla 41. Impactos generados vs medidas de mitigación 71

Tabla 42. Impactos generados vs medidas de mitigación 71

Tabla 43. Impactos generados vs medidas de mitigación 72

Tabla 44. Impactos generados vs medidas de mitigación. 73

Tabla 45. Aforo Vehicular día 1 sentido 1 I

Tabla 46. Aforo Vehicular día 1 sentido 2 IV

Tabla 47. Aforo Vehicular día 2 sentido 1 VII

Tabla 48. Aforo Vehicular día 2 sentido 2 X

Tabla 49. Aforo Vehicular día 3 sentido 1 XIII

Tabla 50. Aforo Vehicular día 3 sentido 2 XVI

Tabla 51. Factores equivalentes ejes simples, Pt= 2,5 XIX

Tabla 52. Factores equivalentes, ejes tandem Pt= 2,5..... XX

Tabla 53 Factores equivalentes de ejes trídem, Pt= 2,5 XXI

Tabla 54. Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados..... XXII

Tabla 55. Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos..... XXIII

Tabla 56. CBR de Banco la palmera.....XXIV

Tabla 57. CBR de Banco el coyol XXV

Tabla 58. CBR de Banco el Quiñason XXVI

Tabla 59. Estabilidad Marshall.....XXVII

Tabla 60. Generalidades del software Ec AASHTO93 Ver 2.0.....XXVIII

Tabla 61. Generalidades del software Ec AASHTO93 Ver 2.0.....XXIX

Tabla 62. Resultados de ensayes.....XXX

Tabla 63. Resultados de ensayes.....XXXI

Tabla 64. Resultados de ensayes.....XXXII

Tabla 65. Resultados de ensayes.....XXXIII

Tabla 66. Resultados de ensayes.....XXXIV

Tabla 67. Resultados de ensayes.....XXXV

Tabla 68. Resultados de ensayes.....XXXVI

Tabla 69 Resultados de ensayes.....XXXVII

Tabla 70. Resultados de ensayes.....XXXVIII

Tabla 71. Resultados de ensayes.....XXXIX

Tabla 72. Resultados de ensayes.....XL

Tabla 73. Resultados de ensayes.....XLI

Tabla 74. Resultados de ensayes.....XLII

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización del departamento de Matagalpa..... 2

Figura 2. Micro localización del tramo..... 2

Figura 3. Ubicación del aforo vehicular 0+000 (Empalme Terrabona – Terrabona)..... 8

Figura 4: Porcentaje por tipo de vehículos registrado en el aforo.... 10

Figura 6. Columna estratigráfica (Sondeo No. 1 al Sondeo No. 12) .. 35

Figura 7. CBR de diseño para la subrasante 40

Figura 8. Nomograma de Estabilidad Marshall. 51

Figura 9. Esquema de estructura de pavimento 52

Figura 10. Nomograma para Base granular..... 53

Figura 11. Nomograma para Subbase granular 53

Figura 12. Abaco para la obtención de números estructurales..... 56

Figura 13. Cálculo del SN3..... 58

Figura 14. Cálculo del SN2..... 59

Figura 15. Cálculo del SN1..... 59

Figura 16. Columna estratigráfica (Sondeo N° 13 al Sondeo N°.24)XLIII

Figura 17. Columna estratigráfica (Sondeo N° 25 al Sondeo N°.36)XLIV

Figura 18. Columna estratigráfica (Sondeo N° 37 al Sondeo N°.49)XLV

Figura 19. Columna estratigráfica (Sondeo N° 50 al Sondeo N°.60)XLVI

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El proyecto en estudio corresponde al tramo de carretera EMPALME TERRABONA – TERRABONA. El tramo en estudio se ubica en el Departamento de Matagalpa, entre los municipios de Ciudad Darío y Terrabona.

En el departamento de Matagalpa el crecimiento vehicular acelerado, ha provocado grandes problemas en la calidad de los diferentes tipos de servicios en los que se destacan las carreteras. Para este estudio es necesario realizar actividades tales como: estudios de los suelos, estudios de tránsito, etc. Dentro del apartado de los estudios que requiere una evaluación de pavimentos, consiste en que el pavimento soporte las cargas impuestas por el tránsito de vehículos ligeros y pesados para una vida útil del pavimento.

En el diseño de pavimentos del tramo en estudio es fundamental conocer algunas propiedades de los suelos que nos permiten estar al tanto de sus características generales y sus comportamientos con el fin de contar con la información básica necesaria para determinar los espesores a colocar a lo largo de la vía.

Es de suma importancia estudiar el comportamiento de los materiales que componen las carreteras para evitar su pronto deterioro, para poder garantizar la estabilidad y seguridad a los usuarios ya que son estas el principal medio de transporte a nivel mundial. Por lo tanto, la obra se constituye en la construcción de pavimento flexible (Asfalto) en el tramo que comienza del Km 00+000 al 06+000.

1.2. Localización del sitio

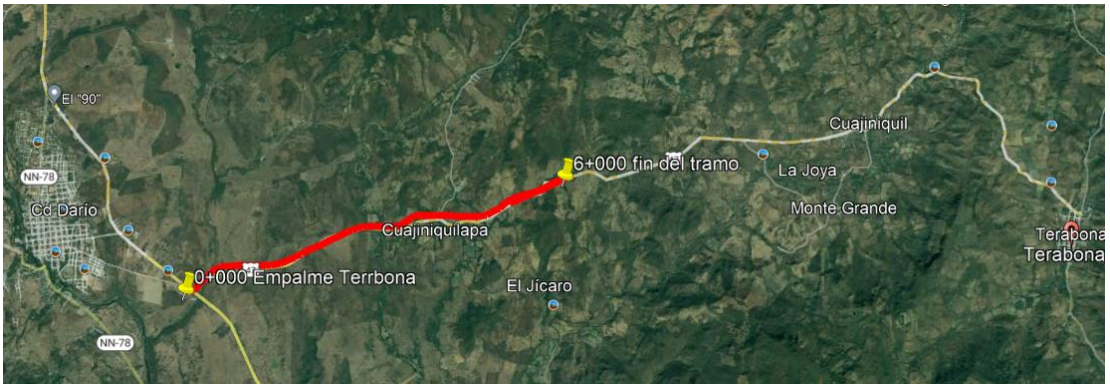
El tramo en estudio se ubica en el Departamento de Matagalpa, entre los municipios de Ciudad Darío y Terrabona.

Figura 1. Macro localización del departamento de Matagalpa

CIUDAD DARIO,
DEPARTAMENTO DE MATAGALPA

Fuente: Google maps (departamento de Matagalpa), https://www.google.com/maps/search/

Figura 2. Micro localización del tramo



Fuente: Tomado de Google Earth https://www.google.com/Earth/place/

1.2 Antecedentes

La mejora de las carreteras y caminos rurales son muestras del desarrollo económico que el país está obteniendo. Este mejoramiento del tramo de carretera consistirá en un diseño de la estructura de pavimentos, otorgándole una mejor seguridad vial y elevar los estándares de calidad de la carretera.

La finalidad de este proyecto es promover el desarrollo agrícola donde se cultiva: maíz, arroz, frijoles, cebolla, etc. Esto debido que hay diferentes tipos de cultivo, siendo el de mayor predominación la lechuga. Según el INIDE el 85.85% de la población es del sector rural y se dedican a las activades agrícolas.

Debido a todos estos factores es necesario realizar el proyecto con la finalidad de ayudar a la población e incrementar los ingresos y reducir la pobreza en el municipio con el proyecto lo que es fundamental para avanzar hacia las metas de desarrollo económico tanto del municipio como del país y en vista que uno de los factores importantes para el desarrollo son las vías de transporte que se pretende realizar el proyecto para el beneficio del municipio.

El implementar esta propuesta aumentará las fuentes de empleo y dinamizará la economía de la zona, contribuyendo al desarrollo del municipio y sus alrededores. Este tramo es de suma importancia para el desarrollo de Nicaragua puesto que servirá para unir a los productores y consumidores de managua y la zona norte del país.

1.3 justificación

La mejora de las carreteras y caminos rurales son muestras del desarrollo económico que el país está obteniendo. Este mejoramiento del tramo de carretera consistirá en un diseño de la estructura de pavimentos, otorgándole una mejor seguridad vial y elevar los estándares de calidad de la carretera.

La finalidad de este proyecto es promover el desarrollo agrícola donde se cultiva: maíz, arroz, frijoles, cebolla, etc. Esto debido que hay diferentes tipos de cultivo, siendo el de mayor predominación la lechuga. Según el INEC el 85.85% de la población es del sector rural y se dedican a las activades agrícolas.

Debido a todos estos factores es necesario realizar el proyecto con la finalidad de ayudar a la población e incrementar los ingresos y reducir la pobreza en el municipio con el proyecto lo que es fundamental para avanzar hacia las metas de desarrollo económico tanto del municipio como del país y en vista que uno de los factores importantes para el desarrollo son las vías de transporte que se pretende realizar el proyecto para el beneficio del municipio.

El implementar esta propuesta aumentará las fuentes de empleo y dinamizará la economía de la zona, contribuyendo al desarrollo del municipio y sus alrededores. Este tramo es de suma importancia para el desarrollo de Nicaragua puesto que servirá para unir a los productores y consumidores de managua y la zona norte del país.

1.4 objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar los espesores de la estructura de pavimento flexible de 6.00 km en la carretera del empalme de Terrabona-Terrabona, mediante el método AASHTO-93.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un estudio de tránsito mediante un aforo vehicular manual que permita la estimación del TPDA y de las cargas de ejes equivalentes que soportara el pavimento en un periodo de diseño.

- Analizar el estudio de suelo del tramo en estudio y de banco de materiales facilitado por la empresa EDICRO, definiendo su uso en las diferentes capas de la estructura de pavimento de acuerdo a la norma NIC 2019.

- Diseñar los espesores de la estructura de pavimento a través del método AASHTO-93.

- Realizar un estudio de impacto ambiental, que identifique los impactos negativos y positivos del proyecto y tomas las posibles medidas de mitigación en el medio ambiente.

CAPITULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO

-

2.1 Generalidades

El tránsito es una de las variables más importante para el diseño de pavimento, su adecuada cuantificación y proyección es indispensable para lograr obtener un diseño basado en una acertada predicción de los volúmenes de tránsito, composición y evolución que estas variables puedan experimentar a lo largo de la vida útil de la vía.

2.2 Tipos de vehículos

Para el levantamiento de información en campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, ya que difieren unos de otros. Actualmente en nuestro país hay gran variedad de vehículos. En total el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) presenta una clasificación de 16 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías según (MTI, Anuario de aforos de trafico, 2020).

2.2.1 Motocicletas

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizado, esta categoría incluye scooter, motonetas, motocarros, cuadro ciclos y otros triciclos a motor.

2.2.2 Vehículos livianos

Son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, automóviles, jeep, camionetas y microbuses de uso personal.

2.2.3 Vehículos pesados de pasajeros

Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (Hasta de 15 pasajeros y Microbuses medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes).

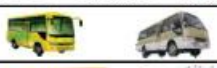
2.2.4 Vehículos pesados de cargas

Son los vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2,3,4,5 y más ejes, estos vehículos

incluyen, los camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción.

A continuación, se presenta la Tabla Nº1, con los diferentes tipos de vehículos.

Tabla N°1: Tipos de vehículos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadraciclos,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 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. Tambien se incluyen las fugonetas 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, tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

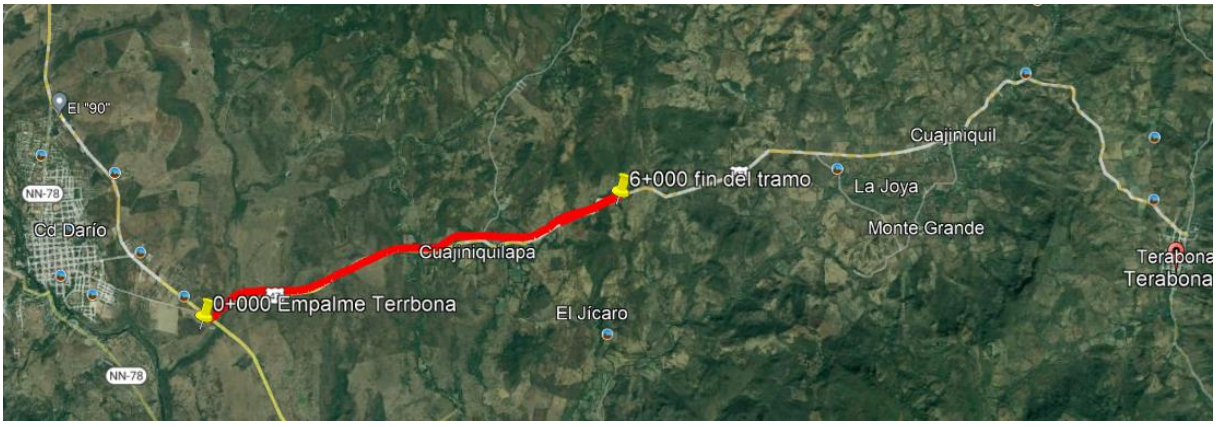
Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, (MTI). Anuario De Aforo De Tráfico año 2020, Pág. 34.

2.3. Aforo vehicular

El aforo se denomina al proceso de medir los volúmenes de tránsito para el período en el que se realiza y tiene como objeto cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o una intersección.

La duración del aforo puede variar dependiendo de su propósito. Los contadores mecánicos pueden durar hasta 24 horas del día, mientras es conveniente que los contadores manuales que estén ubicados en el tramo en estudio lleven a cabo el aforo por un mínimo de 12 horas continuas al día.

Figura 3. Ubicación del aforo vehicular 0+000 (Empalme Terrabona – Terrabona)



Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Se realizó un aforo manual de observación directa del tramo Del Empalme Terrabona – Terrabona por sentido de la vía durante un período de tiempo equivalente a 12 horas diurnas durante 3 días consecutivos, ya que el tramo se clasifica como una estación de corta duración, y para este tipo de estaciones MTI (2020) establece que el aforo se realice durante 3 días en este tipo de estaciones.

Según como lo establece el (MTI, Anuario de aforos de trafico, 2020) tanto para las estaciones de corta duración y de conteo sumario, se realizarán conteos clasificados por 12 horas continuas (6:00 a.m. – 6:00 p.m.), por tres días consecutivos (martes, miércoles y jueves).

De acuerdo con lo anterior, se inició el conteo vehicular a partir del martes 07 de marzo del 2023 y finalizó el jueves 09 de marzo del mismo año.

Los resultados obtenidos en campo proporcionan un porcentaje de los diferentes tipos de vehículos que circulan por el tramo de estudio, lo cual es de vital importancia para el diseño del espesor de la estructura de pavimento.

A continuación, se presenta un consolidado del volumen de tránsito diurno de los diferentes tipos de vehículos identificados en el conteo vehicular.

Tabla 2. Resumen de conteo vehicular ambos sentidos

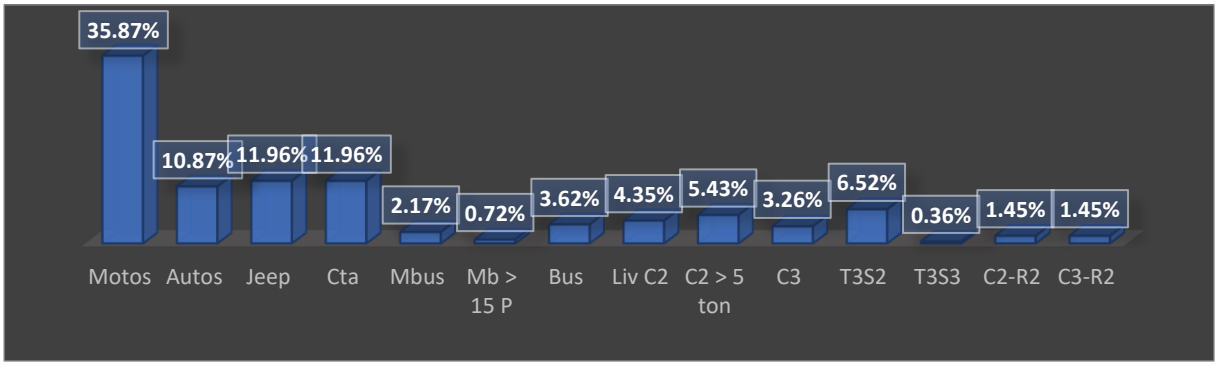
Tramo carretera: Cofradía - El Portillo																
	Vehículos Livianos				**Pesados de**			**Pesados de Carga**							**Otro**	**TOTAL**
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	**C2-R2**	**C3-R2**		
MARTES	96	30	36	31	3	0	8	12	6	4	6	1	4	4	0	241
MIÉRCOLES	125	32	29	41	7	4	11	16	23	10	29	1	2	3	0	333
JUEVES	76	27	34	27	9	1	11	7	16	13	19	1	7	5	0	253
Total	297	89	99	99	19	5	30	35	45	27	54	3	13	12	0	827
TPDi (Vehículos/12 hrs)	99	30	33	33	6	2	10	12	15	9	18	1	4	4	0	276
% de vehículos	35.87%	10.87%	11.96%	11.96%	2.17%	0.72%	3.62%	4.35%	5.43%	3.26%	6.52%	0.36%	1.45%	1.45%	0.00%	100.00%
Composición	70.65%				6.52%			19.93%					2.90%		0.00%	100%

Fuente: Levantado por sustentantes.

Se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno, de igual manera otro gráfico donde se muestra su composición vehicular.

En la figura 4, se aprecia que, de los vehículos de pasajeros, el más representativo son las motocicletas que constituyen un 35.87% ya que son el medio de transporte de mayor demanda que circula por la zona, así como también los automóviles que poseen una circulación constante en la vía con un 10.87%, jeep y camioneta con 11.96% y los vehículos de carga como el T3-S2 con un 6.52%.

Figura 4: Porcentaje por tipo de vehículos registrado en el aforo



Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del conteo por sentido de los tipos de vehículos que circulan por la vía. Los datos reflejados en la Tabla N°3, son un porcentaje global del conteo realizado con anterioridad durante 3 días consecutivos.

Tabla 3. Distribución de porcentaje

Ubicación: Est. 6+000								Fecha: Del Martes 07/Marzo al Jueves de 09/Marzo del 2023.								
Tramo de estudio: Ciudad Darío - Terrabona								Sentidos: Ciudad Dario - Terrabona / Terrabona - Ciudad Dario								
Sentido del flujo vehicular	Vehiculos de pasajeros							Pesados de Carga							TOTAL Veh/12hrs	% Por Sentido
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2R2	C3R2		
Ciudad Dario - Terrabona	165	41	73	54	6	3	18	19	23	12	25	1	4	6	450	54.41%
% Distribucion	36.67%	9.11%	16.22%	12.00%	1.33%	0.67%	4.00%	4.22%	5.11%	2.67%	5.56%	0.22%	0.89%	1.33%	100.00%	
Terrabona - Ciudad Dario	132	48	26	45	13	2	12	16	22	15	29	2	9	6	377	45.59%
% Distribucion	35.01%	12.73%	6.90%	11.94%	3.45%	0.53%	3.18%	4.24%	5.84%	3.98%	7.69%	0.53%	2.39%	1.59%	100.00%	
Total Veh	297	89	99	99	19	5	30	35	45	27	54	3	13	12	827	100.00%
% Total Veh	35.91%	10.76%	11.97%	11.97%	2.30%	0.60%	3.63%	4.23%	5.44%	3.26%	6.53%	0.36%	1.57%	1.45%	100.00%	

Fuente: Levantamiento de campo realizado por los sustentantes

Durante la ejecución de esta actividad se observó que existía una pequeña variación en cuanto a la cantidad de vehículos que circulaban en ambas direcciones, es decir, que el comportamiento del tránsito es variado.

2.3.2 Tránsito promedio diurno TP(D)

Para el cálculo del Tránsito Promedio Diurno TP(D), se define la siguiente ecuación:

$$TP(D) = \frac{\text{Acumulado de conteo vehicular por tipo de vehiculo}}{\text{Cantidad de días del aforo.}} \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 1})$$

La tabla 4 muestra los resultados del cálculo del tránsito promedio diurno por tipo de vehículo presente en el tramo.

Tabla 4. Transito promedio diurno

Ubicación: Est. 6+000								Fecha: Del Martes 07/Marzo al Jueves de 09/Marzo del 2023.							
Tramo de estudio: Ciudad Darío - Terrabona															
	Vehiculos de pasajeros							Pesados de Carga							TOTALES
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2R2	C3R2	
Total veh/12hrs	297	89	99	99	19	5	30	35	45	27	54	3	13	12	827
TP (D)	99	30	33	33	6	2	10	12	15	9	18	1	4	4	275.67
%TP (D)	35.91%	10.76%	11.97%	11.97%	2.30%	0.60%	3.63%	4.23%	5.44%	3.26%	6.53%	0.36%	1.57%	1.45%	100.00%
%TP (D) totales	Vehiculos de pasajeros							Pesados de Carga							
	77.15%							22.85%							

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Cálculo del TP(D) para motos:

$$TP(D) = \frac{297}{3} = 99\ veh/12hrs$$

2.3.3 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) se define como el volumen o número total de vehículos que pasan durante un año dividido entre los 365 días que corresponden al año.

Para determinar el TPDA del tramo en estudio fue necesario el uso de los factores de ajuste que son tomados del anuario de Aforo de tráfico 2020 (MTI).

Para definir los factores se seleccionó la estación de corta duración o sumaria de acuerdo al vector geográfico, definiendo la ECD o ECS más cercana al tramo. Se seleccionó la estación de cobertura sumatoria (ECS) perteneciente al tramo Ciudad Darío - Terrabona, la cual depende de la Estación de Mayor Cobertura EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

De modo que el TPDA para fines de diseño se podrá estimar por la siguiente ecuación:

$$TPDA = TP(D)_{12hrs} * Fd * Fs * Fe \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 2})$$

Donde:

$\mathbf{TP(D)_{(12hrs)}}$= Tránsito promedio diurno (12 horas)

Fd = Factor día.

Fs = Factor semana.

Fe= Factor expansión.

2.3.4 Factores de ajuste.

Para estimar el valor del TPDA correspondiente a los datos obtenidos del conteo en el tramo, se aplicarán los factores correspondientes de los valores de volúmenes de tráfico encontrados en la estación de mayor cobertura EMC 1802, San Marcos - Masatepe de la cual depende la ECS seleccionada (ECS 118).

Tabla 5. Dependencia de estaciones (San Marcos -Masatepe)

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-44	2203	ECD	Emp. Puerto Momotombo - Puerto Momotombo
	NIC-45	4502	ECS	Pancasán - Brasilia
	NIC-45	4503	ECS	Brasilia - El Guapotal
	NIC-45	4504	ECS	El Guapotal - El Tuma
	NIC-46	4601	ECD	Emp. Xiloá - Xiloá
	NIC-46	4602	ECD	Ciudad Dario - Terrabona
	NIC-46	4603	ECS	El Tamagas - Mateare
	NIC-47	118	ECS	Ciudad Dario - Terrabona
	NIC-47	1908	ECS	Terrabona - La Estrella
	NIC-47	1905	ECS	La Estrella - Matagalpa
	NIC-48	4801	ECS	La Unión(Inter NIC-26) -Planta Eléctrica - Santa Bárbara
	NIC-49A	7802	ECS	NIC-24 km 185+800 (El Triángulo) - Emp. Mayocunda

Fuente: Anuario De Aforo De Tráfico año 2020, Pág. 52.

Puesto que la Estación de referencia para los factores de ajustes de los conteos de tránsito del Tramo Ciudad Darío - Terrabona es la Estación de Mayor Cobertura EMC 1802 San Marcos - Masatepe, se utilizarán los factores de ajuste correspondientes al primer cuatrimestre (enero - abril) del Anuario de Aforo de tráfico

del año 2020, dado que el aforo vehicular fue realizado en el mes de marzo del año 2023. Estos factores se muestran en la tabla 6.

2.3.5 Factor día

Es el factor para expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas, se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas, MTI (2020).

2.3.6 Factor semana

Es el factor para expandir el resultado obtenido para un periodo corto de tres días de la semana (martes a jueves) a los promedios semanales de 7 días (lunes a domingo), MTI (2020).

2.3.7 Factor fin de semana

Es el factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana (sábado y domingo) a los 7 días de la semana, MTI (2020).

2.3.8 Factor de expansión

Es el factor para expandir el tránsito promedio diario semanal (TPDS) al Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) por tipo de vehículo, el que se obtiene de los conteos realizados en las estaciones de mayor cobertura, MTI (2020).

Tabla 6. Factores de ajuste del cuatrimestre Enero - abril

Estación de Mayor Cobertura 1802	San Marcos - Masatepe																Factores 2020
Descripción	Motos	Autos	Jeep	Pick-Up	Micro Bus	Mini Bus	Bus 30+	Liv 2-5t	C2	C3	Tx-Sx <=4e.	Tx-Sx >=5e.	Cx-Rx <=4e.	Cx-Rx >=5e.	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.34	1.29	1.18	1.25	1.23	1.14	1.38	1.15	1.20	1.21	1.00	1.32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor Semana	0.95	0.96	1.00	0.97	0.92	0.93	0.89	0.91	0.83	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89
Factor Fin de Semana	1.15	1.11	0.99	1.08	1.30	1.22	1.44	1.33	2.07	1.68	1.00	1.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.48
Factor Expansión	1.15	1.15	1.35	1.13	1.2	1.23	1.16	1.15	1.04	1.27	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.88

Fuente: Anuario de Aforo de tráfico año 2020, Pág. 385.

Para expandir el ($TP(D)_{12hrs}\ a\ TPDA$), solo fue necesario utilizar el factor día, factor semana y el factor expansión ya que el conteo se realizó durante 3 días consecutivos

(martes, miércoles y jueves – fecha 07 al 9 de marzo 2023). La tabla 7 presenta los resultados del cálculo del $TPDA_{2023}$, haciendo uso de los factores de ajuste descritos anteriormente, obteniendo un TPDA de 375 vehículos por día.

Tabla 7. $TPDA_{2023}$ Tramo Ciudad Darío - Terrabona (6.00Km)

Ubicación: Est. 6+000								**Fecha: Del martes 07/Marzo al jueves de 09/Marzo del 2023.**							
Tramo de estudio: Ciudad Darío - Terrabona															
	Vehículos de pasajeros							**Pesados de Carga**							**TOTALES**
	Motos	**Autos**	**Jeep**	**Cta.**	**Mbus**	**Mb > 15 P**	**Bus**	**Liv C2**	**C2 > 5 ton**	**C3**	**T3S2**	**T3S3**	**C2R2**	**C3R2**	
TP (D)	99	30	33	33	6	2	10	12	15	9	18	1	4	4	276
factor día	1.34	1.29	1.18	1.25	1.23	1.10	1.38	1.15	1.20	1.00	1.32	1.00	1.00	1.00	
factor semana	0.95	0.96	1.00	0.97	0.92	0.93	0.89	0.91	0.83	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	
factor expansión	1.15	1.15	1.35	1.13	1.20	1.23	1.16	1.15	1.04	0.27	1.00	1.54	1.00	1.00	
TPDA	**145**	**42**	**53**	**45**	**9**	**2**	**14**	**14**	**16**	**2**	**24**	**1**	**4**	**4**	**375.00**

Fuente: Elaborado por sustentantes.

2.4 Proyección del tránsito promedio diario anual (TPDA)

Para la proyección del tránsito futuro deben establecerse los volúmenes de tránsito presente en el año de puesta en servicio del proyecto.

Para obtener el tránsito futuro es necesario tomar en cuenta los indicadores de crecimiento que presenta la zona donde se ubica el tramo en estudio. Las variables para la proyección del tránsito se desarrollarán en base a las estimaciones de factores socioeconómicos tales como:

- Producto Interno Bruto (PIB).
- Consumo Nacional Combustible.
- Índice de crecimiento poblacional.

- Historial de Conteo Vehicular. (Obtenido de la ECS 200 Emp. Terrabona (Ciudad Darío) – Terrabona. Los indicadores mencionados con anterioridad permiten estimar la tasa de crecimiento vehicular, con la que se proyectará los volúmenes de tránsito del año en puesta en servicio del proyecto hasta el final del periodo.

2.4.2 Producto interno bruto

El PIB es la primera variable que se tomó en cuenta para la selección de la tasa de crecimiento vehicular, esta variable es de mucha importancia, ya que es un indicador macroeconómico del comportamiento de las inversiones y divisas del país (Bienes y Muebles), este valor refleja la inversión y la captación de diferentes recursos. En la tabla N°8 se presenta el comportamiento del PIB en Nicaragua, desde el año 2013 hasta el 2022.

Tomando la ecuación de la media aritmética, para sacar la tasa de crecimiento anual.

$$TC_n = \left[\left(\frac{TPDA_n}{TPDA_{n-1}}\right)^{1/n}\right] \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 3})$$

Dónde:

TC_n= Tasas de Crecimiento que se tenga en el período de análisis

$TPDA_n$= Tráfico Promedio Diario del año en análisis.

$TPDA_{n-1}$= Tráfico Promedio Diario del Año anterior.

n= La diferencia de años

$$Tf = \left[(Tc_1 * Tc_2 * \ldots * Tc_n)^{1/n} - 1\right] \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 4})$$

Donde: Tf: Tasa de crecimiento final.

TCn: Diversas tasas de crecimiento obtenidas de la serie histórica.

n: Cantidad de tasas de crecimiento.

Tabla 8. Tasa de crecimiento del PIB

AÑO	PIB	CRECIMIENTO %
2013	154,936.80	-
2014	162,351.30	1.05
2015	170,131.60	1.05
2016	177,894.90	1.05
2017	186,133.60	1.05
2018	179,873.30	0.97
2019	174,662.60	0.97
2020	171,577.60	0.98
2021	189,331.10	1.1
2022	196,432.50	1.04
Tasa de crecimiento promedio		2.80

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas 2022, pág. 10.

Aplicando la ecuación 3 y 4 se obtuvo la tasa de crecimiento final en el periodo 2013 – 2022 correspondiente a 2.80%.

2.4.3 Crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento de población se obtuvo aplicando la ecuación 3 y 4 resultando en 1.00% según lo mostrado en la tabla 9.

Tabla 9. Índice de Crecimiento poblacional (POB)

Año	Población	TC
2013	6,134,270	-
2014	6,198,154	1.010
2015	6,262,703	1.010
2016	6,327,927	1.010
2017	6,393,824	1.010
2018	6,460,411	1.010
2019	6,527,691	1.010
2020	6,595,674	1.010
2021	6,664,364	1.010
2022	6,733,763	1.010
Promedio	6,429,878	1.00%

Fuente: Elaborado por sustentantes.

2.4.4 Tasa de crecimiento para TPDA

El tramo de estudio es empalme Terrabona (Ciudad Darío) – Terrabona. La estación de mayor cobertura, esta estación no cuenta con conteos en continuidad en los últimos años por lo reciente fue en el año 2020.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento se aplicó la siguiente ecuación:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0}\right)^{1/n}\right] - 1 \qquad (\textbf{Ecuación 5})$$

Donde:

TPDAi = Tráfico Promedio Diario Actual.

TPDA0 = Tráfico Promedio Diario Actual del Año Base.

n= La diferencia de años

Tabla 10. TPDA histórico por tipo de Vehículo

TPDA (ECS 118)		
AÑO	TPDA	TC
1999	169	-
2002	170	0.33%
2004	185	4.40%
2007	161	-4.54%
2009	187	7.70%
2011	179	-2.02%
2015	188	1.23%
2020	583	25.39%
Promedio	1822	3.42%

Fuente: Anuario de aforos de tráfico año 2020 (MTI). Pág. 206.

$$TC = \frac{0.33 + 4.40 + 7.70 + 1.23}{4} = 3.42\%$$

La tasa de crecimiento anual de la estación de conteo sumaria (ECS 118) promedio es de 3.42%.

2.4.5 Tasa de crecimiento del consumo de combustible

El consumo de combustible es uno de los principales influyentes en el crecimiento del tráfico vehicular, porque es la fuente principal que permite movilizar a todo tipo de vehículo. La tabla 11 muestra los datos considerados y los resultados del cálculo de las tasas de crecimiento aplicando la ecuación 3 y 4.

Tabla 11. Tasa de crecimiento de combustible

Consumo nacional de combustible (Miles de barriles)		
Año	Combustible	TC
2013	5,788.2	
2014	6,127.1	1.059
2015	6,813.7	1.112
2016	7,287.5	1.07
2017	7,596.4	1.042
2018	7,060.3	0.929
2019	7,267.1	1.029
2020	7,210.1	0.992
2021	8,072.6	1.12
2022	8,077.5	1.001
Promedio	71,300.5	3.78%

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas 2022, Pág. 36.

La tasa de crecimiento anual de consume de combustible promedio es de 3.78%.

2.4.6 Selección de la tasa de crecimiento

Los datos obtenidos de las tasas de crecimiento del TPDA, POB y PIB, se obtuvieron los siguientes promedios:

Tabla 12. Promedio del PIB, POB, TPDA y Combustible

Tasa de crecimiento				
POB	COMBUS.	PIB	TPDA (ECS 118)	Promedio
1.00%	3.78%	2.80%	3.42%	2.75%

Fuente: Elaborado por sustentantes.

La tabla 12 muestra que la tasa de crecimiento promedio es de 2.75%, la cual será la tasa de crecimiento de diseño.

2.5 Período de diseño

Es el número de años para el cual será diseñado específicamente el pavimento de la vía, generalmente este valor varía entre los 10 y 20 años de vida. De acuerdo con la clasificación de la carretera, las características geométricas de la vía y el volumen actual del tránsito que circulará por ella.

De acuerdo con el **"Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002"**, el periodo de diseño para una carretera de bajo volumen es entre 15 y 25 años, según lo mostrado en la tabla 13, se tomará el periodo de 20 años.

Tabla 13. Tránsito de diseño

Tipo de camino	Periodo de Diseño
Gran volumen de tránsito urbano	30-50 años
Gran volumen de tránsito rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	15-25 años

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capitulo 7, Pág.3.

2.5.1 Factor de crecimiento (FC)

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

$$\boldsymbol{FC = \left[\frac{(1 + Tc)^n - 1}{Tc}\right] * 365} \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 6})$$

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

Tc: Tasa de crecimiento del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

Sustituyendo valores obtenemos:

Tc: 1.89 %.

n: 20 años.

$$FC = \left[\frac{(1 + 0.0275)^{20} - 1}{0.0275}\right] * 365 = \ 9562.05$$

2.5.2 Factor de distribución por dirección (FD)

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.50, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad

en la otra dirección. Pueden darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsitos efectuados.

Tabla 14. Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	LD[10]
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, SIECA 2002. Capítulo 3. Pag.28.

Según los resultados antes obtenidos en la Tabla 3, página 10, se obtuvo un porcentaje de distribución por sentido de 54.41% de Ciudad Darío – Terrabona y de 45.59 % de Terrabona – Ciudad Diario.

Debido a que estos porcentajes, antes mencionados, fueron obtenidos mediante un estudio específico del proyecto, se considera el valor más crítico para el diseño, obteniendo factor direccional de 54% para un flujo vehicular que circulan en dos carriles, ambas direcciones.

2.5.3 Factor de carril (Fc)

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's, para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tráfico por dirección, forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril.

La vía en estudio será diseñada con dos carriles por dirección, por lo tanto, se asignará el valor de 1, seleccionado en la Tabla 15.

Tabla 15. Factor de distribución de carril

Número de carriles en una sola dirección	LC^{11}
1	1.00
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-075

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, SIECA 2002. Capítulo 3. Pag.29.

2.6 Determinación del tránsito de diseño

Es el volumen de tránsito para un año cualquiera; siendo el número de veces, que pasara el tránsito por la vía en (n) años. Los Datos para el TPDA proyectado se obtuvieron a través de esta ecuación:

$$\text{TPDA}_{\text{Autos 2043}} = T_O 2023 * (1+i)^n \qquad (\textbf{Ecuación 7})$$

$$\text{TPDA}_{\text{Autos 2043}} = 99 * (1+0.0275)^{20} = 195\ vpd$$

Tabla 16. Determinación del tránsito proyectado

TIPOS DE VEHICULOS	TPDA 2023	TASA DE CRECIMIENTO	N	TPDA PROYECTADO 2043
MOTOS	99	0.0275	20	170
AUTOS	42			72
CTA	53			91
JEEP	45			77
MBUS	9			15
MB > 15	2			3
BUS	14			24
LIV C2	14			24
C2 > 5 TON	16			28
C3	2			3
T3S2	24			41
T3S3	1			2
C2-R2	4			7
C3-R2	4			7
			Total	564

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

La tabla 16 muestra el cálculo del tránsito proyectado al periodo de diseño, resultando en un TPDA para el año 2043 de 564 vpd, que según SIECA (2011) clasificaría como una carretera colectora menor rural.

Para determinar el tránsito de diseño, se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$T_D = \mathrm{TPDA}_0 * \mathrm{FC} * \mathrm{FD} * \mathrm{FC} \qquad (\textbf{Ecuación 8})$$

Tabla 17. Tránsito de diseño (TD)

Tipo de vehículos	Vehículos	TPDA 2023	FC	FD	Fc	Tránsito de Diseño (TD)
Vehículos de pasajeros	Autos	42	9,562.05	0.54	1	216,867
	Jeep	53	9,562.05	0.54	1	273,666
	Camioneta	45	9,562.05	0.54	1	232,358
	Microbús <15 pasajeros	9	9,562.05	0.54	1	46,472
	Mini Bus 15-30	2	9,562.05	0.54	1	10,327
	Bus 30+	14	9,562.05	0.54	1	72,289
Vehículos de carga	Liv 2-5 t	14	9,562.05	0.54	1	72,289
	C2 5+ t	16	9,562.05	0.54	1	82,616
	C3	2	9,562.05	0.54	1	10,327
	T2S2	24	9,562.05	0.54	1	123,924
	T3S2	1	9,562.05	0.54	1	5,164
	C2R2	4	9,562.05	0.54	1	20,654
	C3R2	4	9,562.05	0.54	1	20,654
Total		230				1,187,607

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

El Tránsito de Diseño (TD) se obtuvo mediante la fórmula presentada**,** resultando en 1,187,607 vehículos proyectados para el 2043.

2.7 Determinación de los ejes ESAL's equivalentes

Según el "**Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos**" (SIECA 2002, Cap. 3, Pág. 1), "Los pavimentos se diseñan en función del daño que produce

el paso de un eje con una carga y para que resista un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto, está compuesto de vehículos de diferentes pesos y número de ejes que, para efecto de cálculos, se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80KN o 18 Kips, a los cuales, se le denomina "Equivalent simple axial load" o ESAL'S por sus siglas en inglés (Ejes Equivalentes)".

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo, para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen del tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que producirá el mismo daño como si fuera toda la composición del tránsito mixto de los vehículos.

2.7.1 Factor de equivalencia de carga (LEF)

Para poder determinar los Factores Equivalentes de Carga (LEF), por tipo de vehículo, es necesario conocer: el tipo de pavimento del que está compuesta la superficie de rodamiento, los pesos por ejes de cada uno de los vehículos sujetos a estudio debido a que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, el número estructural (SN) que compone las diferentes capas de la carretera y las pérdidas de Serviciabilidad presente en la carretera.

El tramo en estudio "Empalme Ciudad Darío Terrabona - Terrabona", será diseñado con una estructura de pavimento flexible.

Según el "**Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos**" (SIECA 2002, Cap. 3, Pág. 5). "Es necesario asumir en primera instancia, para pavimentos flexibles el número estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas". Se seleccionó una pt=2.5, ya que el proyecto de estudio se trata de un camino que se dirige a un municipio (Colectores Rurales) y un valor de SN=5.

Para realizar los cálculos de Factores equivalentes de cargas, se utilizaron las tablas proporcionas por el “Manual Centroamericano para diseño de Pavimento (SIECA 2002)”, **(**Ver Anexos, Tablas 51-53, p. XIX-XXI).

Los valores de factores equivalentes se obtuvieron por interpolación y en dependencia del peso por eje del vehículo, ya que las tablas de los factores de equivalencia dan factores únicamente para valores de carga con múltiplos de 2 toneladas.

2.7.2 Cálculo del ESAL’S de diseño

Para los cálculos de los ESAL’s de diseño se multiplica el tránsito de diseño para cada tipo de vehículos por su respectivo factor de equivalencia.

$$ESAL's\ o\ W18 = TD * Factor\ ESAL'S \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 9})$$

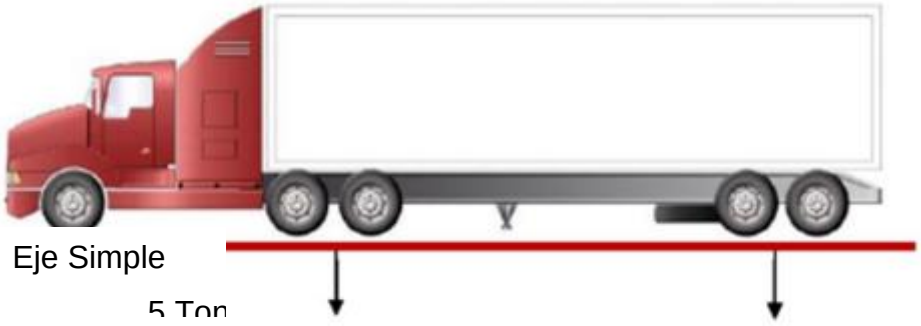
Donde:

TD= Tránsito de Diseño.

Factor ESAL’s= Factores de carga equivalente.

2.7.3 Cálculo de factor Lef para vehículo T3-S2

Para poder realizar el cálculo, es necesario expresar las cargas de los vehículos en Kips. Dicho valor será tomado en Ton, utilizando la Tabla N°16 en dependencia de la clasificación del vehículo y luego convertido en Kips.



Eje Simple 5 Ton = 1 ton 2.2 Kips

1 Kips = 1,000 Lbs

Factor de Conversión de Ton a Kips

1 ton = 2.2 Kips/Ton

-Para eje Simple:

Pt = 2.5	SN =5
Carga	LEF
10	0.088
11	X
12	0.189

$$\mathrm{P} = 5\ \mathrm{Ton}\ \mathrm{x}\ 2.20\ {}^{\mathrm{Kips}}/_{\mathrm{Ton}} = 11.0\ \mathrm{Kips}$$

por medio de interpolación, se procede a determinar el Factor ESAL's = 0.1385.

-Para eje Tándem:

Pt =2.5	SN =5
Carga	LEF
34	1.09
35.2	X
36	1.38

$$\mathrm{P} = 16\ \mathrm{Ton}\ \mathrm{x}\ 2.20\ {}^{\mathrm{Kips}}/_{\mathrm{Ton}} = 35.2\ \mathrm{Kips}$$

Por medio de interpolación, se procede a determinar el Factor ESAL's = 1.264

- Para eje Tándem:

Pt =2.5	SN =5
Carga	LEF
34	1.09
35.2	X
36	1.38

$$\mathrm{P} = 16\ \mathrm{Ton}\ \mathrm{x}\ 2.2\ {}^{\mathrm{Kips}}/_{\mathrm{Ton}} = 35.2\ \mathrm{Kips}$$

Por medio de interpolación, procedemos a determinar el Factor ESAL's = 1.264.

El factor Camión correspondiente a este vehículo es la sumatoria de los LEF de cada eje, es decir:

$$FC = LEF_{EjeSimple} + LEF_{EjeDoble} + LEF_{EjeDoble} \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ 10})$$

$$FC = 0.1385 + 1.264 + 1.264 = 2.6665$$

Cálculo del ESAL's de diseño

$$ESAL's\ o\ W18 = FC * TD$$

$$ESAL's\ o\ W18_{T3-S2} = 2.6665 * 572{,}671 = 1{,}527{,}027.22$$

Tabla 18. ESAL de diseño

Cálculo del ESAL'S de Diseño								
Índice Serviciabilidad (Pt)= **2.5**				Numero Estructural (SN): **5**			Periodo de Diseño = **20 Años**	
Tipo de Vehículos	**Vehículo**	**Peso**		**Tipo de eje**	**# ejes**	**Factor ESAL'S**	**Transito Diseño**	**ESAL'S Diseño**
		Tn	**Kips**					
Vehículo de Pasajeros	**Autos**	1	2.2	Simple	1	0.00038	216,867	**82**
		1	2.2	Simple	1	0.00038	**216,867**	**82**
	Jeep	1	2.2	simple	1	0.00038	273,666	**104**
		1	2.2	Simple	1	0.00038	**273,666**	**104**
	Camioneta	1	2.2	simple	1	0.00038	232,358	**88**
		2	4.4	Simple	1	0.0036	**232,358**	**836**
	Microbús <15 pasajeros	2	4.4	simple	1	0.0036	46,472	**167**
		4	8.8	Simple	1	0.0556	**46,472**	**2,584**
	Minibús 15-30	4	8.8	simple	1	0.0556	10,327	**574**
		8	17.6	Simple	1	0.9246	**10,327**	**9,548**
	Bus 30+	5	11	simple	1	0.1385	72,289	**10,012**
		10	22	Simple	1	2.18	**72,289**	**157,590**
Vehículos de Carga	**Liv. 2-5 t**	4	8.8	simple	1	0.0556	72,289	**4,019**
		8	17.6	Simple	1	0.9246	**72,289**	**66,838**
	C2 5+ t	5	11	simple	1	0.1385	82,616	**11,442**
		10	22	Simple	1	2.18	**82,616**	**180,103**
	C3	5	11	Simple	1	0.1385	10,327	**1,430**
		16.5	36.3	Tándem	2	1.428	**10,327**	**14,747**
	T3S2	5	11	simple	1	0.1385	123,924	**17,163**
		9	19.8	Tándem	2	1.264	**123,924**	**156,640**
		16	35.2	Tándem	2	1.264	**123,924**	**156,640**
	T3S3	5	11	Simple	1	0.1385	5,164	**715**
		16	35.2	Tándem	2	1.264	**5,164**	**6,527**
		16	44	Trídem	3	0.723	**5,164**	**3,734**
	C2R2	4.5	9.9	simple	1	0.0853	20,654	**1,762**
		9	19.8	Simple	1	1.459	**20,654**	**30,134**
		6.5	14.3	simple	1	0.39945	**20,654**	**8,250**
		6.5	14.3	Simple	1	0.39945	**20,654**	**8,250**
	C3R2	5	11	Simple	1	0.1385	20,654	**2,861**
		16	35.2	Tándem	2	1.264	**20,654**	**26,107**
		6.5	14.3	simple	1	0.39945	**20,654**	**8,250**
		6.5	14.3	Simple	1	0.39945	**20,654**	**8,250**
ESAL's por carril de tránsito.								**895,637**

Fuente: Elaborado Por Sustentantes

La tabla 18 muestra el resultado del cálculo de la carga de los ejes equivalentes, resultando en un total de 895,637 ESAL's de diseño.

CAPITULO III. ESTUDIO DE SUELOS.

3.1 Estudio geotécnico

El estudio geotécnico permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo; es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad y el uso práctico en el desarrollo de un proyecto de construcción que muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por esto, se recurrea realizar análisis y pruebas, para lograr con certeza la estabilidad en el tiempo.

A demás para el diseño de estructuras es muy importante, ya que de éste depende la vida útil de la carretera, además que se provee a la sociedad de un excelente servicio vial, este estudio consiste en realizar las investigaciones correspondientes para conocer las condiciones de los suelos como, la calidad, textura y propiedades físicas, de manera que por sus propiedades y características permitan determinar el diseño de la estructura de pavimento de la vía en estudio.

Los ensayos permitieron determinar las propiedades de los suelos, tales como: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Proctor), se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacionalpara la Prueba de Materiales), y AASHTO, se hicieron los ensayes de suelos a las muestras, los cuales son los siguientes:

Tabla 19. Ensayes a sondeos de línea y banco de préstamo

ENSAYO	ESPECIDICACION ASTM	ESPECIFICACION AASHTO
Granulometría	D-422	T-2788
Limite Liquido LL	D-423	T-8990 y 9087
Limite Plástico LP	D-424	T-9097
Proctor Modificado	D-1567-91	T-180-90
CBR	D-1883-73	T-193-81

Fuente: AASHTO, Tercero Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

3.2 Elementos de la estructura de pavimento articulado

La distribución de cargas sobre el pavimento articulado, se desarrolla de forma uniforme y distribuida, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, estasa su vez son transmitidas a las capas inferiores que conforman el resto de la estructura del pavimento rígido.

La estructura de pavimento es la estructura de soporte que recibe las cargas o ESAL'S del tránsito de diseño que circula sobre la capa de rodadura. Y está conformada por las capas de base, subbase y subrasante (terracería)

Figura 5. Composición de la estructura de pavimento flexible

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

A continuación, se presentarán las propiedades consideradas para cada una de estas capas que conforman la terracería del pavimento establecidas por las Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC 2019.

3.2.1 Base

La Base está constituida por un material de calidad y espesores determinados; que se coloca entre la capa de rodamiento y la subbase, tiene la función de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la capa de subbasey a través de esta a la subrasante. El material de la base debe de cumplir con losrequisitos propuestos por las normas NIC 2019.

Tabla 20. Especificaciones de materiales para base

PROPIEDAD	REQUERIMIENTO	METODOLOGÍA
Limite Liquido	25% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-1993
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003. P.828

3.2.2 Subbase

La Subbase está constituida por un material de calidad y espesores determinados; que se coloca entre la subrasante y la base. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por los esfuerzos cortantes bajo las cargas de tránsito. Se utiliza, además, como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así la capa de pavimento, por lo que generalmente se utilizan materiales granulares.

El material de subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de subrasante y su espesor será variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2019.

Tabla 21. Especificaciones de materiales para–subbase

PROPIEDAD	REQUERIMIENTO	METODOLOGÍA
Limite Liquido	25% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	40% min.	AASHTO-1993
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003.p.828

3.2.3 Subrasante o terreno natural

Comprende el material que se encuentra por debajo de la capa de base, y es la que constituye la fundación para el pavimento flexible. Sirviendo de soporte a la estructura y capaz de resistir las cargas aplicada a esta.

El pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante por lo que esta debe de cumplir con las normas NIC 2019, el diseño de un pavimento esencialmente el ajuste de la carga de diseño por eje a la capacidad de la sub- rasante.

Los materiales apropiados para esta capa son de preferencia los suelos granulares.

Tabla 22. Especificaciones de materiales para sub-rasante

PROPIEDAD	**SUB-RASANTE**	**METODOLOGÍA**
Limite Liquido	30% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	30% máx.	AASHTO-90
CBR	**20% máx.**	**AASHTO-193**
% Malla N°200	30% máx.	AASHTO-96
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx. (AASHTOT- 180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003. P.828

3.3 Trabajos de campo y laboratorio

3.3.1 Ensayos de suelo en línea

Este informe presenta los datos de la investigación de campo y laboratorio realizada por EDICRO S.A., con el propósito de determinar las características del sub suelo del camino y bancos de materiales aledaños, para elaborar el Diseño de Espesores de Pavimento para el Proyecto: Empalme Terrabona-Terrabona (6 Km.), ubicado en el departamento de Matagalpa, con el objeto de promover el Desarrollo agrícola, disponiendo para ello recursos provenientes del Tesoro Nacional.

Esta investigación fue contratada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a Estudios y Diseños de Ingeniería de Carreteras y Obras, S.A. (EDICRO, S.A.), quien fue designada en Licitación por Registro, con fondos del Tesoro nacional, para realizar los trabajos de factibilidad y diseño final del proyecto

Los trabajos de campo se iniciaron en la tercera semana del mes de junio del año 2011, y finalizaron el 07 de septiembre del Año 2011, con la revisión y entrega del presente informe geotécnico. Para la realización de los Sondeos de Línea, el Consultor envió al campo, al laboratorista y dos ayudantes y se contrataron peones de la zona, a fin realizar las perforaciones con picos, barras y palas.

Se analizaron 56 sondeos de línea en toda la longitud del tramo (6.0 Kilómetros), se iniciaron en la tercera semana del mes de junio del año 2011, y finalizaron el 07 de septiembre del Año 2011.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de 56 sondeos de líneas (manuales) de 1.50 m de profundidad, a razón de 10 sondeos por kilómetro, distribuidos a lo largo de los 6.00 km del camino investigado. El trabajo consistió en ejecutar sondeos de 30 cm. de diámetro por 1.50 m. de profundidad, con el fin de obtener muestras semi alteradas de cada sitio, a excepción del sitio donde se detectó roca, que, por su dureza, no fue necesario perforar más allá.

En los sondeos realizados se tomaron 154 muestras semi alteradas de los estratos de los suelos encontrados, y fueron ensayados posteriormente, con el fin de determinar los espesores a colocar en cada tramo del camino. Se tomaron muestras, a las que se les efectuó una clasificación visual y al tacto para determinar de manera aproximada su plasticidad, textura, a fin de conocer preliminarmente si es arenosa, grava o roca. Posteriormente las muestras tomadas fueron trasladadas al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes.

Durante la campaña geotécnica se determinó que diversos sectores de la vía, están cimentados en roca, cuyo manto se ubica a poca profundidad, oscilando entre los 0.30 m. a 0.80 m. Contrario a los sitios rocosos, se detectaron tramos donde aparece una capa de arcilla negra altamente plástica de muy baja capacidad soporte.

En el resumen de las hojas de Registros de Sondeos de Línea, se muestran las profundidades donde se encuentran estos materiales; y así como el nivel freático.

3.4 Resultados de los ensayos sobre la línea

En el presente informe se presentan resultados de ensayos de sondeos sobre la línea, específicamente del 1 al 56. De las muestras obtenidas de los sondeos de línea, se analizaron 154 muestras en el laboratorio y de acuerdo a su clasificación HRB se formaron 16 grupos en 2 tramos, de acuerdo a sus características físico-mecánicas y de acuerdo a clasificación visual realizado en el campo, para análisis del Estudio Geotécnico, siendo estos los siguientes:

a) Estación 0 + 025 A Estación 4 + 008.80 Se realizaron los sondeos del 1 al 37, analizando un total de 107 muestras, se efectuaron 10 grupos de materiales de igual características, siendo éstos: A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6

b) Estación 4 + 132.29 A Estación 5+900 Se realizaron los sondeos del 38 al 56, analizando un total de 47 muestras, se efectuaron 6 grupos de materiales de igual características, siendo éstos: A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-6, A-7-5 y A-7-6. A continuación, se muestran los resultados de los ensayes de laboratorio de los sondeos de línea suministrados por la empresa EDICRO.

A continuación, se muestra las columnas estratigráficas del suelo en base a los resultados de los ensayes de laboratoriorealizados en los sondeos de línea.

La tabla 23 muestra los resultados de los primeros 300 m de sondeos de línea del proyecto donde se puede apreciar la granulometría de cada sondeo, plasticidad, clasificación AASHTO y el CBR. estos resultados son considerados en el análisis de la subrasante.

Tabla 23. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

Hoja No. 1 de 14

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Fecha: 22 de JULIO del 2022

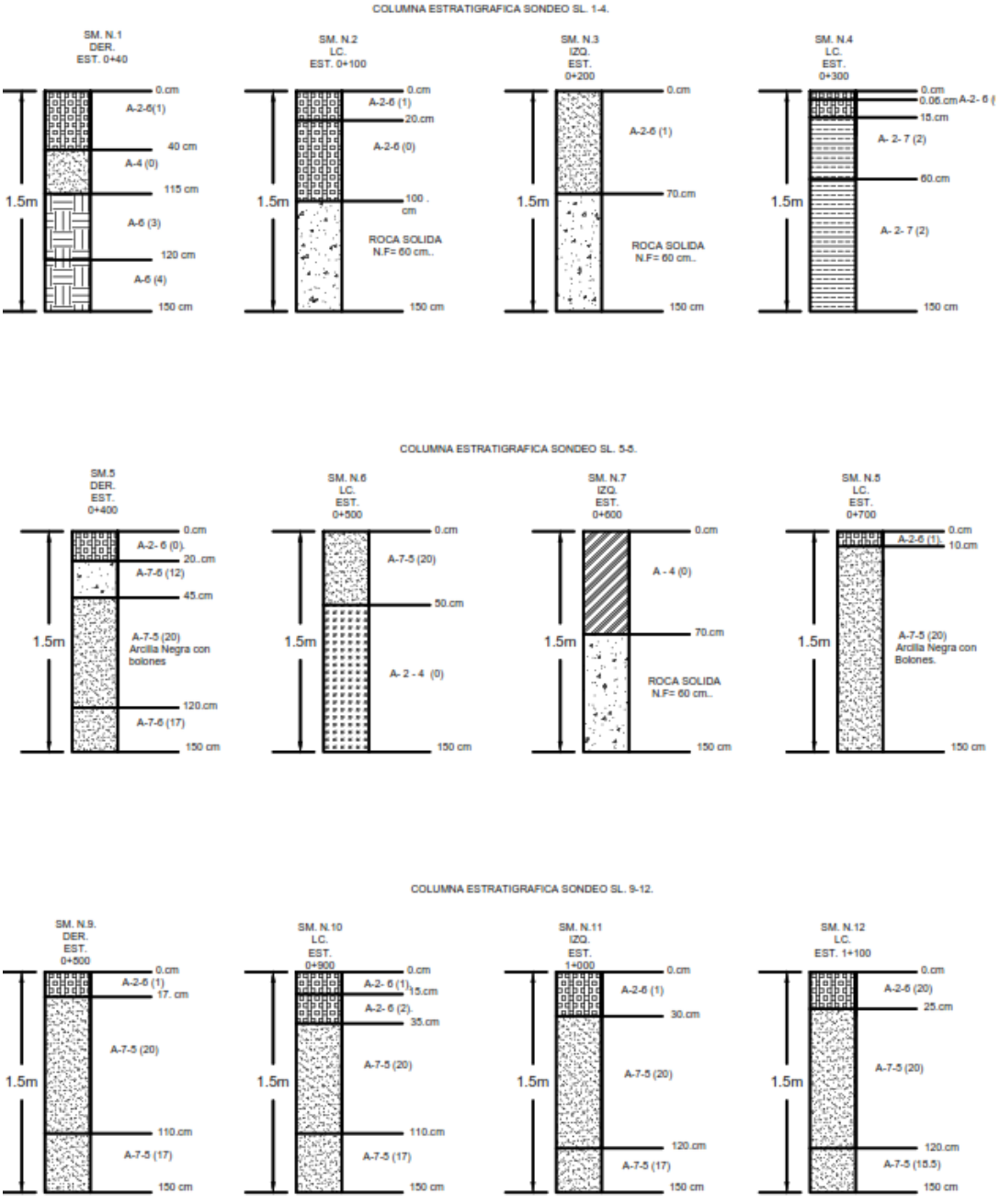
RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Gms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
										SONDEO No. SL - 1												
0 + 40	4.00m. DER.	0 - 40	1	91	85	79	68	61	51	40	35	27	22	38	19	19	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		40 - 70	2	100	96	91	85	80	74	65	60	48	37	29	19	10	A-4 (0)		5	7	9	Suelos Limosos
		70 - 115	3	100	100	100	98	95	87	74	70	60	51	32	20	12	A-6 (3)		7	17	23	Suelos Arcillosos
		115 - 150	4	100	100	100	100	95	83	69	63	59	46	36	20	16	A-6-(4)		7	17	23	Suelos Arcillosos
0 + 100	LC									**SONDEO No. SL - 2**												
		0 - 25	5	91	85	79	68	61	51	40	35	27	22	38	19	19	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		25 - 100	6	100	95	84	78	71	58	34	25	18	14	29	19	11	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		100 Mas																				Roca Solida. N.F.= 60 Cms.
0 + 200	4.20m. IZQ.									**SONDEO No. SL - 3**												
		0 - 70	7	100	100	96	93	89	85	71	61		43	39	37	2	A-4 (0)		5	7	9	Suelos Limosos
		70 - Mas																				Roca Solida. N.F.= 60 Cms.
0 + 300	LC									**SONDEO No. SL - 4**												
		0 - 06	8	100	97	93	87	79	65	49	37	24	14	30	20	10	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		6 - 18	9	92	73	57	45	38	30	21	17	11	7	33	17	16	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		18 - 60	10	95	88	81	75	69	60	49	40	28	23	45	16	29	A-2-7 (2)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
		60 - 150	11	95	88	81	75	69	60	49	40	28	23	45	16	29	A-2-7 (2)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa

Fuente: EDICRO S.A

La figura 6 muestra las columnas estratigráficas de los primeros 12 sondeos, con el fin de presentar gráficamente los rasgos y caracterización de los sondeos de suelo en los 6 kilómetros de estudios. El resto de columnas estratigráficas se encuentran en la página XLIII.

Figura 6. Columna estratigráfica (Sondeo No. 1 al Sondeo No. 12)



Fuente: Elaboración por sustentantes.

3.4.1 Ensayos de CBR de sondeos en línea

Se analizaron 60 sondeos de línea los cuales fueron ejecutados cada 100 metros sobre la línea central de la carretera, predominando los suelos tipo Grava Areno Arcillosas, de baja plasticidad y CBR del 17% al 95% de compactación. Este suelo cumple los requisitos de capacidad de carga establecidos por la AASHTO para la conformación de la capa subrasante de proyecto.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de los ensayes:

Tabla 24. Ensayos de CBR de sondeos en línea

ESTACION km	PROFUNDIDA Cm	HRB	CBR 95%	OBSERVACION
0+40	40 - 70	A-4 (0)	7	Suelos Limosos
	70 - 115	A-6 (3)	17	Suelos Arcillosos
	115 - 150	A-6-(4)	17	Suelos Arcillosos
0+100	25 - 100	A-2-6 (0)	7	Grava Arena Arcillosa
	100 Mas			Roca Solida. N.F.= 60 Cms.
0+200	0 - 70	A-4 (0)	7	Suelos Limosos
	70 - Mas			Roca Solida. N.F.= 60 Cms.
0+300	18 - 60	A-2-7 (2)	17	Grava Arena Arcillosa
	60 - 150	A-2-7 (2)	17	Grava Arena Arcillosa
0+400	20 - 45	A-7-6(12)	9	Suelos Arcillosos
	45 - 120	A-7-5(20)	2	Sonsoc. Negro c/Bolones
	120 - 150	A-7-6(17)	9	Suelos Arcillosos
0+500	0 - 50	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	50 - 150	A-2-4 (0)	21	Gravas Areno Limosas
0+600	15 - 110	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	110 - 150	A-2-4 (0)	21	Gravas Areno Limosas
0+700	0 - 10	A-2-6 (1)	7	Grava Arena Arcillosa
	10 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Neg.c/Bolon>10"
0+800	17 - 110	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	110 - 150	A-7-5(17)	2	Sonsocuite Negro
0+900	35 - 110	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	110 - 150	A-7-5(17)	2	Sonsocuite Negro
1+000	30 - 120	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	120 - 150	A-7-5(17)	2	Sonsocuite Negro
1+100	25 - 120	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	120 - 150	A-7-5(18.5)	2	Sonsocuite Negro
1+200	25 - 140	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	140 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
1+300	30 - 80	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	80 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
1+400	20 - 90	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	90 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
1+500	0 - 100	A-5 (8.2)	5	Suelos Limosos
	100 - 150	A-2-4 (0)	21	Gravas Areno Limosas
1+600	10-50	A-2-6 (0)	7	Grava Arena Arcillosa
	50 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Neg.c/Bol Grande
1+700	20 - 100	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	100 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
1+800	20 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Neg.c/Bol Grande
1+900	15 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Neg.c/Bol Grande

Fuente: Facilitado por EDICRO S.A

ESTACION Km.	PROFUNDIDA Cm	HRB	CBR 95%	OBSERVACION
1+900	15 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Neg.c/Bol Grande
2+000	10-80	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	80 - 150	A-7-5(16)	2	Sonsocuite Negro
2+100	30 - 95	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	95 - 150	A-2-7(2.4)	17	Grava Arena Arcillosa
2+200	15 - 70	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	70 - 150	A-2-7 (0)	17	Grava Arena Arcillosa
2+300	25 - 100	A-2-7 (0)	17	Grava Arena Arcillosa
2+400	20 - 70	A-6 (0.7)	17	Suelos Arcillosos
	70 - 150	A-2-7 (0)	17	Grava Arena Arcillosa
2+500	35 - 110	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	110 - 150	A-2-7 (0)	17	Grava Arena Arcillosa
2+600	10-80	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	80 - 150	A-2-7 (0)	17	Grava Arena Arcillosa
2+700	20 - 140	A-2-7 (0)	17	Grava Arena Arcillosa
2+800	20 - 80	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Neg. con Bolon
	80 - 130	A-7-5(7.8)	2	Sonsocuite Neg. con Bolon
	130 - 150	A-2-7(O.4)	17	Grava Arena Arcillosa
2+900	20 - 50	A-2-6 (0)	7	Grava Arena Arcillosa
	50 - 120	A-5 (12)	5	Suelos Limosos
	120 - 150	A-2-6 (0)	7	Grava Arena Arcillosa
3+000	35 - 110	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
	110 - 150	A-7-6(5.5)	9	Suelos Arcillosos
3+100	25 - 150	A-7-6(1.4)	9	Suelos Arcillosos
3+200	30 - 150	A-2-6(0.5)	7	Grava Arena Arcillosa
3+300	20 - 50	A-7-6(4.8)	9	Suelos Arcillosos
	50 - 100	A-2-5 (0)	9	Gravas Areno Limosas
	100 - 150	A-5 (12)	5	Suelos Limosos
3+400	0 - 150	A-2-4 (0)	21	Gravas Areno Limosas
3+500	40 - 55	A-2-4 (0)	21	Gravas Areno Limosas
	55 - 70	A-2-4 (0)	21	Gravas Areno Limosas
	70 - 120	A-7-6(11.1)	9	Suelos Arcillosos
	120 - 150	A-7-6(10.8)	9	Suelos Arcillosos
3+600	15 - 80	A-2-6(0.3)	7	Grava Arena Arcillosa
	80 - 150	A-7-5(20)	2	Sonsocuite Negro
3+700	35 - 70	A-5 (5)	5	Suelos Limosos
	70 - 150	A-5 (5)	5	Suelos Limosos
3+800	30 - 90	A-7-5(2.5)	6	Sonsocuite Negro
	90 - 150	A-7-6(20)	7	Suelos Arcillosos
3+900	40 - 150	A-7-5 (20)	6	Sonsocuite Negro
4+000	30 - 70	A-7-6(11.1)	7	Suelos Arcillosos
	70 - 110	A-7-5(16.0)	6	Sonsocuite Negro
	110 - 150	A-7-6(7.6)	7	Suelos Arcillosos
4+100	15 - 150	A-2-7 (03)	16	Grava Arena Arcillosa
4+200	20 - 60	A-7-6(11.1)	7	Suelos Arcillosos
	60 - 150	A-2-6(0)	12	Grava Arena Arcillosa
4+300	15 - 70	A-7-6 (7.9)	7	Suelos Arcillosos
	70 - 150	A-2-7-(0.3)	16	Grava Arena Arcillosa
4+400	20 - 65	A-2-6 (1.2)	12	Grava Arena Arcillosa
	65 - 150	A-2-7 (0.3)	16	Grava Arena Arcillosa
4+500	20 - 50	A-2-7 (2.2)	16	Grava Arena Arcillosa
	50 - 80	A-7-6(11.1)	7	Suelos Arcillosos
	80 - 120	A-7-6(11.1)	7	Suelos Arcillosos
4+600	0 - 100	A-2-7(2.4)	16	Grava Arena Arcillosa
	100 - 150	A-7-6(4.7)	7	Suelos Arcillosos
4+700	20 - 150	A-2-6 (0)	12	Grava Arena Arcillosa
4+800	0 - 150	A-2-4 (0)	16	Grava Areno Limosos

Fuente: Facilitado por EDICRO S.A

ESTACION Km.	PROFUNDIDA Cm	HRB	CBR 95%	OBSERVACION
4+900	25 - 50	A-2-7 (3)	16	Grava Arena Arcillosa
	50 - 150	A-7-5 (2.0)	6	Grava Arena Arcillosa
5+000	25 - 80	A-2-7 (2.2)	16	Grava Arena Arcillosa
	80 - 150	A-7-5(20)	6	Sonsocuite Negro
5+100	0 - 150	A-2-4 (0)	16	Grava Areno Limosos
5+200	0 - 70	A-2-6 (0.2)	12	Grava Arena Arcillosa
	70 - 150	A-6 (1.8)	8	Suelos Arcillosos
5+300	0 - 100	A-2-4 (0)	16	Grava Areno Limosos
	100 - 150	A-7-5 (20)	6	Sonsocuite Negro
5+400	20 - 150	A-2-7 (3.2)	16	Grava Arena Arcillosa
5+500	0 - 60	A-2-7(0.71)	16	Grava Arena Arcillosa
	60 - 150	A-2-7 (3.2)	16	Grava Arena Arcillosa
5+600	0 - 150	A-2-7 (2)	16	Grava Arena Arcillosa
5+700	0 - 150	A-2-6 (0)	12	Grava Arena Arcillosa
5+800	0 - 150	A-2-5 (0)	9	Grava Areno Limosos
5+900	40 - 150	A-2-6(1)	12	Grava Arena Arcillosa

Fuente: Facilitado por EDICRO S.A

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR DE DISEÑO, el cual recomienda tomar un valor tal, que el 60%, el 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, como se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 25. Criterio para determinar el CBR de subrasante

Cargas equivalentes Totales (ESAL´S)	Percentil de diseño (%)
< de 10,000 ESAL´S	60
Entre 10,000 - 1,000,000 ESAL´S	75
> de 1,000,000 ESAL´S	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1991.

La carretera soportará un ESAL´S de 5,547,674 valor que se encuentra entre el rango de mayor de 1,000,000 de ESAL, por lo tanto, el percentil de diseño de CBR es de 87.5%.

Se ordenan los valores de CBR de mayor a menor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.

Tabla 26. Porcentajes de valores iguales o mayores de CBR

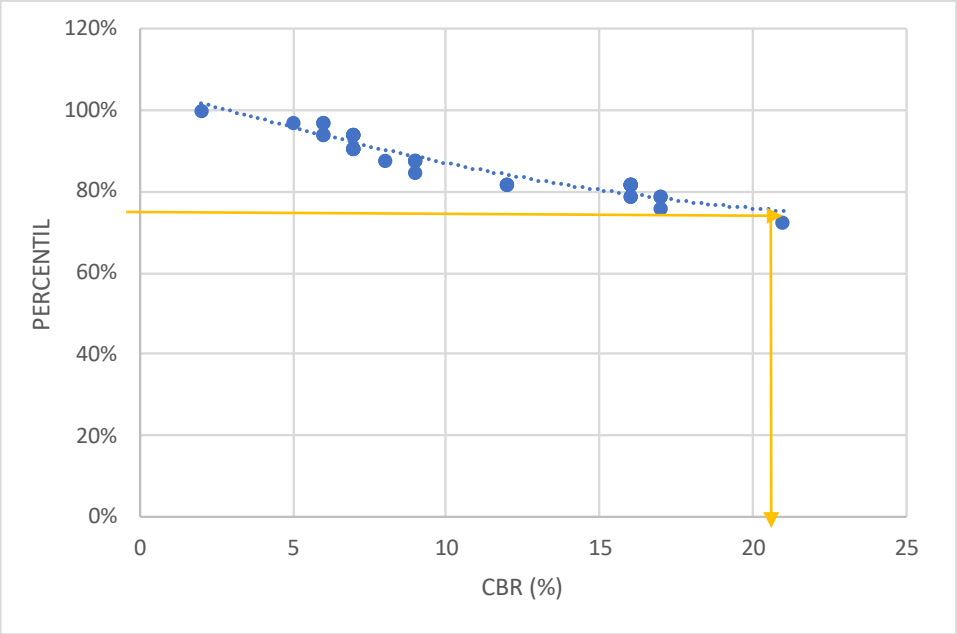
CLASIFICACION AASTHO	CBR 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES	PORCENTAJES
A-7-5(20)	2	33	3	100%
A-5(5)	5	32	1	97%
A-7-5(2)	6	32	1	97%
A-7-5(16)	6	32	1	97%
A-2-7(2.5)	6	31	3	94%
A-7-5 (20)	6	31	4	94%
A-7-6(4.7)	7	31	2	94%
A-7-6(7.9)	7	31	1	94%
A-7-6(20)	7	31	2	94%
A-7-6(7.6)	7	31	1	94%
A-2-6(0.3)	7	30	1	91%
A-7-6(11.1)	7	30	4	91%
A-2-6(0)	7	30	1	91%
A-4(0)	7	30	1	91%
A-6(1.8)	8	29	1	88%
A-2-5(0)	9	29	1	88%
A-7-6(10.8)	9	29	1	88%
A-7-6(11.1)	9	29	1	88%
A-7-6(12)	9	28	1	85%
A-2-6(1)	12	27	1	82%
A-2-6(1.2)	12	27	1	82%
A-2-6(0)	12	27	4	82%
A-2-7(2)	16	27	1	82%
A-2-7(0.71)	16	27	1	82%
A-2-7(3.2)	16	27	1	82%
A-2-7(2.4)	16	27	1	82%
A-2-7(2.2)	16	27	1	82%
A-2-7(0.3)	16	26	3	79%
A-2-4(0)	16	26	1	79%
A-2-7(2)	17	26	1	79%
A-6-3(4)	17	26	1	79%
A-6-3(3)	17	25	1	76%
A-2-4 (0)	21	24	1	73%

Fuente: Elaborado por sustentantes

Con los valores obtenidos del CBR, se realizó la gráfica donde se determinó el CBR para la subrasante. Para graficar el CBR, se hizo de esta manera:

1. Con los porcentajes de valores CBR Mayores o Iguales y los Valores CBR, se gráfica.
2. Aplicar recomendación del Instituto del Asfalto de USA, en nuestro caso el percentil del 75 % del CBR será el CBR de diseño de la Capa Subrasante.
3. Por último, introducir dicho porcentaje en la gráfica y leer el valor de CBR de diseño. (Ver figura 7).

Figura 7. CBR de diseño para la subrasante



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En base a estos datos de los resultados de los ensayes de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la subrasante, resultando un valor igual a 21%. Este porcentaje refleja una muestra representativa de los valores del CBR encontrados en la línea.

3.5 Correlación con los tipos de suelos

Existen varios procedimientos y tablas que han sido desarrollados para estimar el Módulo Resiliente (Mr) de la subrasante para diferentes clasificaciones de suelos. También estas tablas relacionan otras medidas típicas con el módulo Resiliente, Por ejemplo, el valor del CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO), se puede convertir a módulo resiliente de la subrasante.

La AASHTO, en la Guía de Diseño establece la correlación del CBR con el Mr, esto es:

Para materiales de subrasante con CBR igual o mayor a 10%

$$M_R = 4326 * Ln(CBR) + 241 \qquad (\boldsymbol{Ecuación\ No.11})$$

$$\boldsymbol{M_R} = 4326 * Ln(21) + 241 = 13412\ PSI$$

Unidad de Diseño	Estaciones	MR subrasante psi
1	0+000 a 6 + 000	13,412

3.6 Estudio de banco de préstamo

Los Términos de Referencia establecen el estudio de un banco de préstamo cada 5 km. de proyecto, con la ejecución de cinco Pozos a Cielo Abierto (PCA) de 1.50m. x 1.50 m. x 3.00 m., en cada sitio; lo que determina la realización del estudio de 4 bancos de préstamo para todo el proyecto, con la ejecución de 15 calicatas o PCA y 5 perforaciones en rocas con corona de diamante y extracción de núcleo.

Durante las inspecciones de campo, se localizaron seis fuentes de materiales a lo largo o en las cercanías de la vía.

3.6.1 Sondeos de los bancos de materiales

En el presente estudio del proyecto, se estableció el estudio de un banco de préstamo cada 6 km. de proyecto, con la ejecución de cinco PCA (pozos de cielo abierto) de 1.50 m. x 1.50 m. x 3.00 m., en cada sitio; lo que determina la realización del estudio de 3 bancos de préstamo para todo el proyecto, con la ejecución de 15 calicatas o PCA y 5 perforaciones en rocas con corona de diamante y extracción de núcleo.

Durante las inspecciones de campo, se localizaron seis fuentes de materiales a lo largo o en las cercanías de la vía. Pero sólo a tres de ellas se le realizaron los análisis correspondientes los cuales se indican a continuación:

Banco No. 1 La Palmera: El nombre del Propietario es el Señor Elmer Estrada. Ubicado del Puente “La Venada” 100 metros hacia Sébaco, Km. 84 +900 Derecha 1,300 metros Camino hacia “San Juanillo”.

El volumen del banco es de aproximadamente 100,000 m³ y el uso probable es relleno y terracería. Con un CBR de 36. **Ver en Anexos (Tabla 62 página XII).**

Banco No 2. El Coyol: Propietaria Sra. Araceli Chavarría.

Ubicado en la Estación 4 + 500 Comunidad “Cuajiniquilapa” 1,200 m Izquierda Camino hacia “El Carbonal” y “Maunica” que se encuentra a 200 m Derecha.

El volumen del banco es de 1, 387,007.135 m³ y el volumen a utilizarse es de 43,028.32 m³ y de acuerdo a las normas nacionales este material clasifica como muy buena para subrasante y buena para subbase. Con un CBR de **40.02. Ver en Anexos (Tabla N°63 página XIII).**

Banco No. 3 Quiñason: Propietario Señor Servando Poveda.

Ubicado en la Estación 5 + 140 Comunidad “El Achote” a la derecha 1 km. Camino hacia “El Jícaro” 300 m derecha.

El volumen del banco es de 1, 000,000.0 m3 y el volumen a utilizarse es de 23,000 m³, este banco puede ser utilizado como base granular triturada y como áridos para concreto. De este banco se obtiene un CBR de **85**, según el laboratorio.

Las muestras tomadas (20) de los pozos, fueron trasladadas al laboratorio para sus respectivos ensayes, siguiendo el siguiente esquema:

Tabla 27. Pruebas respecto al tipo de ensayos

No.	Prueba	Normativa/Ensayo
1	Pozos a cielo abierto de 1.5x1.5x3m	ASTM-D420 ó AASHTO T-86
2	Análisis Granulométrico	ASTM-D422 ó AASHTO T-88
3	Límite Líquido	ASTM-D423 ó AASHTO T-89
4	Límite plástico e Índice de plasticidad	ASTM-D424 ó AASHTO T-90
5	Proctor Standard	ASTM-D698 ó AASHTO T-99
6	Proctor Modificado	ASTM-D1557 ó AASHTO T-180
7	Peso volumétrico suelto y varillado	ASTM C-29 ó AASHTO T-19
8	CBR	ASTM-D1883 ó AASHTO T-193
9	Intemperismo Acelerado	ASTM C-88 ó AASHTO T-104
10	Desgaste de los Ángeles	ASTM C-131 ó AASHTO T-96
11	Absorción	ASTM C-45 ó AASHTO T-25
12	Clasificación HRB Y SUCS	ASTM D-3282 ó AASHTO T-145
13	Humedad natural	ASTM D-2216

Fuente: Manual Centroamericano de diseño de pavimentos, SIECA 2002

A continuación, presentamos la tabla de resumen de los bancos de préstamos sus características, ubicación y volúmenes aproximados de las fuentes de materiales para préstamo.

Tabla 28. Banco de préstamos a utilizarse

No. Banco	Volumen (m3)	Ubicación	CBR
#1. La palmera.	100,000.00	Ubicado del puente la venada, 100 metros hacia Sébaco, Km. 84+900 Derecha 1,300 metro camino hacia San Juanillo.	36%
#2. El Coyol.	1,387,007	Ubicado en la estación 4+500, en la comunidad Cuajiniquilapa 1,200 metros a la izquierda camino hacia El Carbonal.	40%
#3. El Quiñason.	1,000,000.00	Ubicado en la estación 5+140 Comunidad El Achote a la derecha 1 Km camino hacia El Jícaro.	85%

Fuente: Estudios y Diseños de Ingeniería de Carreteras y Obras, S.A. (EDICRO, S.A.)

En cuanto a los bancos de préstamo de materiales, éstos presentan buenas características físico mecánicas, clasificando como gravas areno limo arcillosas (clasificando como un A-2-4, A-2-6 y A-2-7) su extracción puede hacerse con un tractor pesado, ya que la roca es sumamente fracturada.

3.9 Caracterización de los materiales

Con la información de caracterización geotécnica de muestras tomadas a lo largo de la línea, permitió conocer los valores de CBR para cada una de las diferentes estaciones que fueron muestreadas.

Los resultados de los ensayes de Capacidad Portante (CBR), ejecutados sobre los sondeos en la línea nos muestran CBR que oscilan en un rango de 2 y 9, y mayormente entre 6 y 7, los límites líquidos del suelo existente en su mayoría son altos siendo el más alto de 80, igualmente los límites plásticos siendo el valor más alto de 49.

Los suelos existentes contienen en su mayoría un considerable contenido de arcilla, que tal suelo es expansivo y no es recomendable tenerlo en el diseño por ser suelos finos

El suelo fino y con propiedades expansivas tal es el caso de la arcilla alta son suelos que con el tiempo generaran fallas a la estructura de pavimentos y eso es un problema difícil de corregir y si se piensa en los costos que generará el mantenimiento que se le tiene que dar a una carretera o tramo que presente dichos problemas de suelos expansivos cada determinado tiempo que la estructura falle y haga difícil el paso a los usuarios, o se analiza si es más conveniente y más factible traer un material que no presente alto contenido de arcilla y un CBR conveniente para subrasante que asegura un diseño responsable.

Por tal motivo, se usará material para subrasante el material del banco la palmera, ubicado del Puente “La Venada” 100 metros hacia Sébaco, Km. 84 +900. Derecha 1,300 metros Camino hacia “San Juanillo”, con un CBR de 85%, cumpliendo con las especificaciones técnicas de la AASHTO-193, tomado del NIC-2019, tomo II, sección 1003.

Con la información de caracterización geotécnica de muestras tomadas a lo largo de la línea, permitió conocer los valores de CBR para cada una de las diferentes estaciones que fueron muestreadas, tenemos que el banco el Coyol tiene un CBR De 40% con clasificación HBR de A-1-b, que es un buen material para subbase, y que cuenta con un volumen de 1,387,007.135 m3, cumpliendo con las especificaciones técnicas de la AASHTO-193 y, el banco el Quiñason tiene un CBR De 85% con clasificación HBR de A-1-a (0), que es un buen material para base granular, y que cuenta con un volumen de 1,000,000 m3, cumpliendo con las especificaciones técnicas de la AASHTO-193, tomado del NIC-2019, tomo II, sección 1003.

CAPITULO IV. ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

4.1 Método de diseño

En este Capítulo se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento flexible y se determina la combinación de tipos de materiales y espesores de capas más concertadas a las condiciones de diseño.

El Método de Diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés), en su versión de 1993. El método de diseño enfatiza las variables tránsito, suelo y clima, las cuales han sido abordadas, dado que cada una de ellas tienen una incidencia particular en el diseño de pavimentos; el tráfico tal y como se ha mencionado nos proporciona las cargas de las cuales estará sometido el pavimento durante el periodo de diseño; la variable suelo, no se refiere únicamente al suelo de fundación, sino también que abarca los materiales con los cuales serán construidas las capas del pavimento de tal manera que tales capas puedan soportar las cargas a las que estarán sometidas en el periodo de diseño.

Pero estas variables no son las únicas que utiliza el método, puesto que este es un método estadístico que utiliza variables como el error estándar, desviación estándar, otras variables como los índices de serviciabilidad que toman en cuenta el estado inicial de la carretera y el estado esperado al final del periodo de diseño además del confort que este brinda a los usuarios.

En el presente trabajo, se trató de abordar cada una de ellas de tal manera que proporciona una idea clara de su ocurrencia y selección en el método presentado.

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\frac{\log(\Delta PSI)}{4.2-1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

La ecuación general de diseño para pavimentos flexibles está definida de la siguiente manera:

Definiéndose cada uno de los parámetros de la siguiente manera:

***SN* =** Número Estructural en (Plg).

***W₁₈*=** Número de Cargas de Ejes simples equivalentes de 18 kip.

***Zr* =** Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

***So* =** Desviación Estándar de todas las variables.

 ***PSI* =** Perdida de Serviciabilidad.

***MR* =** Módulo de Resiliencia de la Subrasante.

4.2 Espesores de pavimento para la determinación de las variables del diseño

Para la selección de las variables que exige la metodología AASHTO se deben de contar con la información necesaria y procesada, para que de esta manera se tenga una mejor apreciación de las características de tránsito, clima y suelo, del tramo en estudio. A continuación, se presentan las variables empleadas en el método:

- Vida útil: La vida útil es el periodo comprendido entre la puesta en servicio después de la construcción o rehabilitación y el momento en que alcanza un grado de Serviciabilidad mínimo.

- Periodo de diseño: El periodo de diseño, es el tiempo para el cual se está proyectando que el pavimento reciba la acción de tráfico determinado para este periodo, al finalizar este período, puede que se necesite realizar una intervención

a nivel de rehabilitación, refuerzo u otra intervención para recuperar el nivel de servicio y capacidad estructural de acuerdo al tráfico presente.

Para el tramo en estudio se propone un periodo de diseño de **20 años.**

- Variable Tráfico: La variable tráfico ha sido analizada en la sección correspondiente al tráfico, por lo que en ella se presenta la determinación del tráfico al que estará prestando servicio el pavimento, así como su caracterización por tipo de vehículo, peso, crecimiento, entre otras.

- Variables de Suelo: Esta variable no solamente analiza las características de la subrasante, sino también las características de los materiales que conformarán las capas de la estructura del pavimento, pues de ellas depende la capacidad estructural que tendrá la estructura del pavimento.

- Cálculo del CBR de diseño

Fue definido en el capítulo del estudio de suelos, resultando un CBR de diseño de 8.50 %.

- Confiabilidad: Se refiere al grado de certidumbre o de seguridad de que el diseño de la estructura de un pavimento pueda llegar al final de su periodo de diseño en buenas condiciones.

La Guía AASTHO 93 recomienda diferentes niveles de confiabilidad de acuerdo a una clasificación funcional.

Tabla 29. Clasificación funcional

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas y Carreteras	85 – 99	80 – 99
Aterías Principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Calles Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

El tramo en estudio se clasifica como una colectora secundaria y está entre el rango de 75 % - 95 % por tanto se utilizará un nivel de confianza de **85 %** para el tramo en estudio. El concepto de confiabilidad interviene en el diseño a través de un factor de seguridad el cual es definido por dos variables: el factor estadístico de confiabilidad o Desviación Estándar Normal (ZR), y el error estándar combinado (So). El valor de ZR depende del nivel de confiabilidad seleccionado, (Ver Tabla 32, Tabla 33)

Tabla 30. Nivel de confiabilidad

Nivel de confiabilidad	Factor estadístico de confiabilidad (Zr)	Factor de seguridad Fr (So= 0.45)
50	0	1
55	-0.12	1.13
60	-0.253	1.3
65	-0.38	1.48
70	-0.524	1.74
75	-0.674	2
80	-0.841	2.39
85	-1.037	2.94
90	-1.282	3.77
95	-1.645	5.53
99	-2.327	11.15
99.9	-3.09	24.58

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Por tanto, se elige un ZR = -1.037 Para el tramo en estudio.

4.3 Desviación estándar total (So)

Esta variable considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño.

Una vez seleccionado el nivel de confiabilidad se deben de considerar el valor del error estándar combinado (So), representativo de las condiciones locales. Esta variable considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño. La Desviación Estándar es la medida de la desviación

de los datos con respecto a la media, a menor desviación, más cerca estarán los datos del valor medio.

La Guía AASTHO 93 recomienda adoptar valores de So comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

- 0.45 para construcciones nuevas.
- 0.49 para sobre carpetas.
- Como es diseño de una carretera y no un recarpeteo tomaremos una desviación estándar de **0.45.**

-Drenaje: Este se considera a través de los coeficientes de capas, los cuales se ajustan con valores mayores o menores a la unidad, para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo de humedad cercana a la saturación a los cuales estarán expuestas las capas granulares. En Nicaragua se utiliza el valor correspondiente a la unidad.

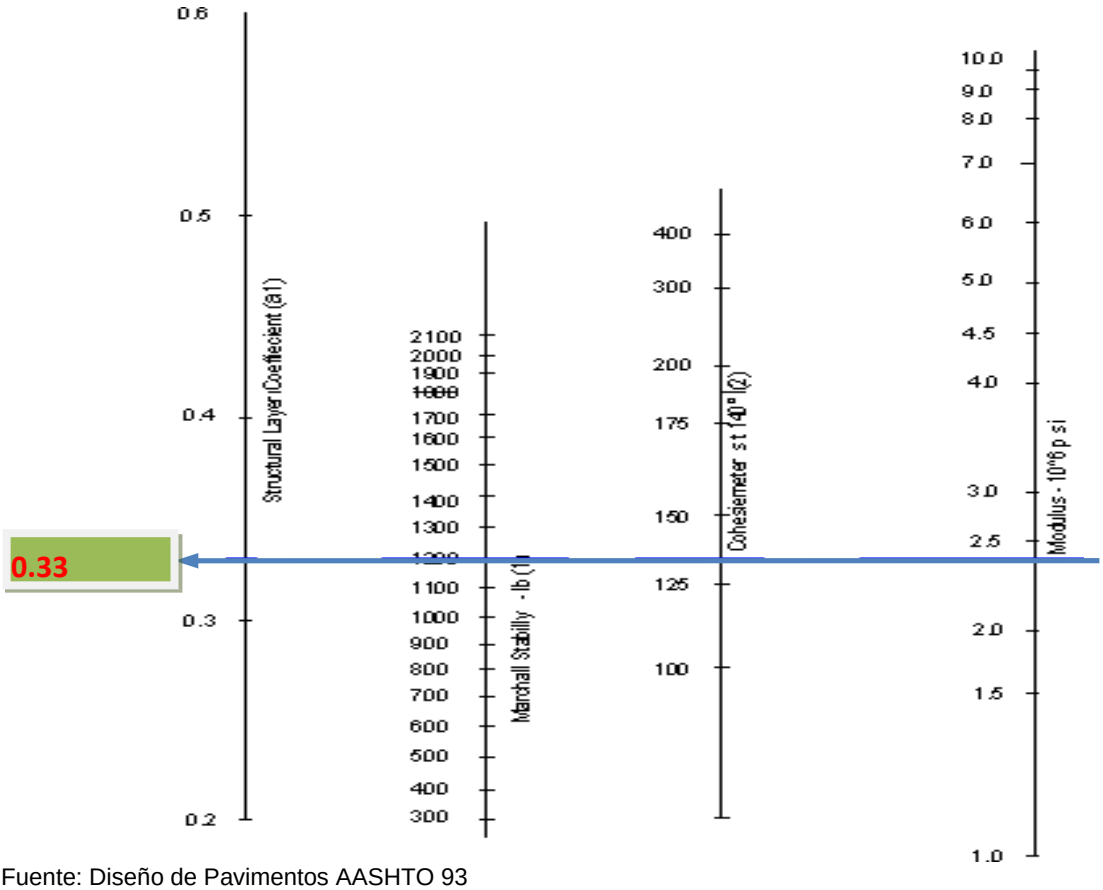
m= 1, ya que las pruebas de los CBR se realizan en estado saturado.

Módulo Resiliente: La base para la caracterización de los materiales de la Subrasante es el módulo Resiliente, en él se cuantifica la capacidad soporte del pavimento obteniéndose así los coeficientes estructurales o capas.

El módulo Resiliente proporciona una propiedad del material que representa mucho mejor el comportamiento de los suelos y bases bajo cargas en movimiento. La obtención del Módulo Resiliente se hará por medio de los nomogramas de la AASHTO.

Estabilidad Marshall: El instituto del asfalto recomienda una Estabilidad Marshall mínima para un tránsito mediano de 1200 Lbs (ver figura 8).

Figura 8. Nomograma de Estabilidad Marshall.



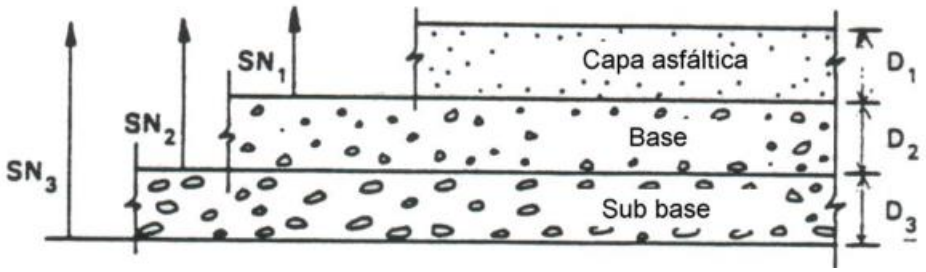
Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

- SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño. Esta variable de diseño se determina por la ecuación de la AASHTO o por los nomogramas del método de la AASHTO 93.

4.4. Determinación de Espesores de Pavimento.

Una vez definida las variables de entrada se procede a la determinación de los espesores de cada una de las capas del pavimento.

Figura 9. Esquema de estructura de pavimento



Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Y La expresión que considera el número estructural y los espesores de las capas es la siguiente:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3.$$

Los valores de la expresión se definen de la siguiente manera.

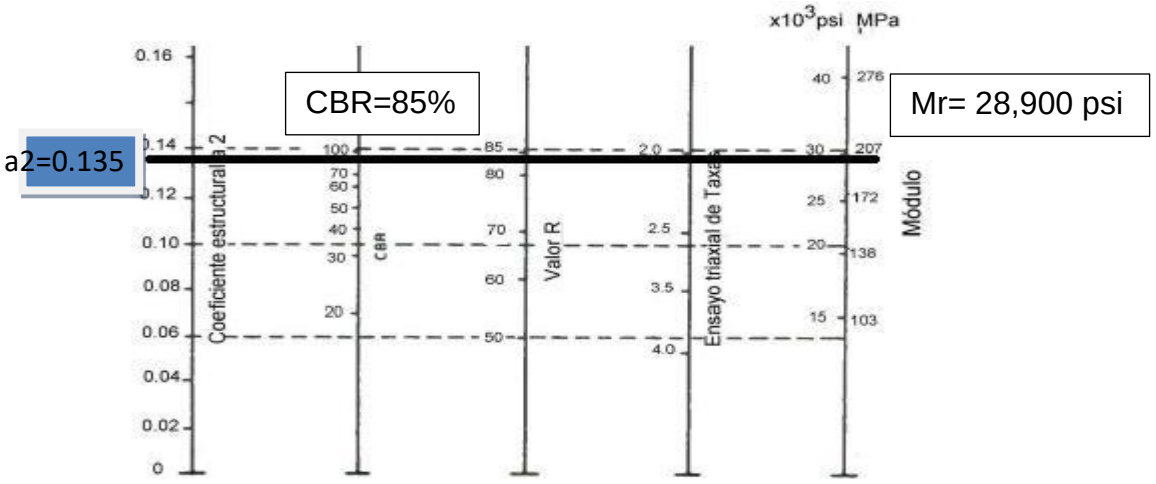
SN = Numero Estructural (Plg).

a_i = Factor que transforma el espesor de una capa estructural de pavimento en Numero Estructural. Los coeficientes estructurales son correlacionados con los módulos de las capas estructurales. Estos coeficientes de diseño se determinan por nomogramas. Ver (Grafica N°19, Grafica N°20, Grafica N°21).

Di = son los espesores de capas.

Para la obtención de los coeficientes estructurales a2 y a3 se utilizaron los nomogramas, utilizando como datos de entrada los CBR del banco el Quiñason de 85% para el a2, y el CBR del banco El Coyol de 40% para la obtención del a3. Graficando tal como se muestra en las figuras 9 y 10 fueron obtenidos tanto los coeficientes estructurales, como los módulos resilientes para cada capa. Dichos módulos serán utilizados en la obtención del número estructural a través del ábaco de diseño de la AASHTO 93.

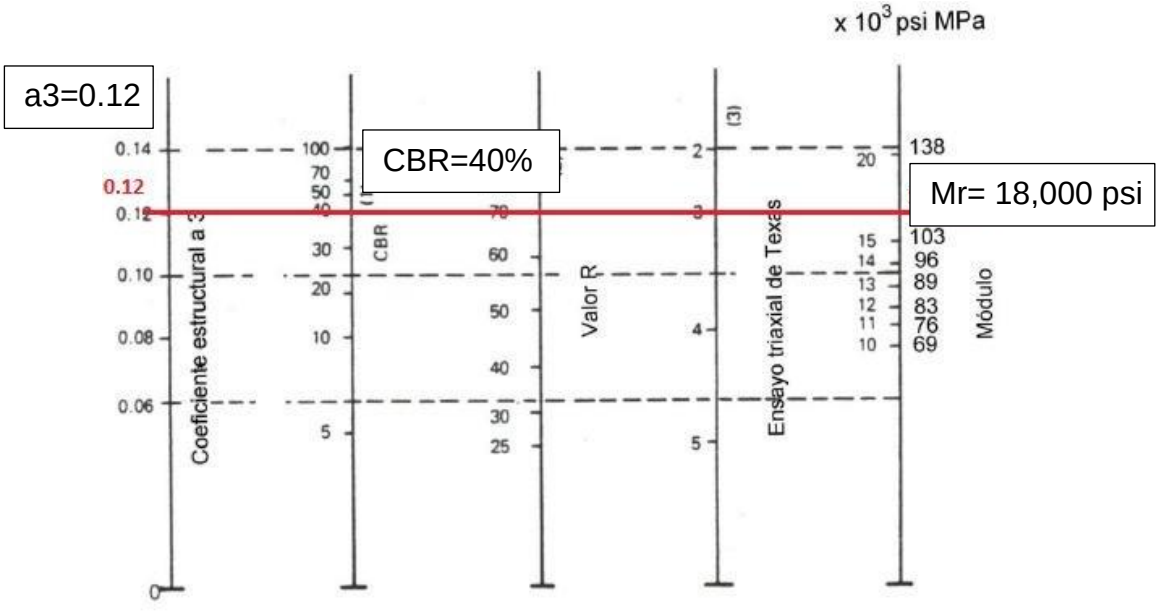
Figura 10. Nomograma para Base granular



5.17. Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Figura 11. Nomograma para Subbase granular



18 Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes.

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Tabla 31. Resultados de los coeficientes estructurales

Capas del pavimento	CBR / Estabilidad	ai	mi
carpeta asfáltica	1200	0.33	1
base granular	85	0.135	1
subbase (si es necesaria)	40.02	0.12	1

Fuente: Elaborado por sustentantes

El procedimiento para la determinación de los espesores es la siguiente: se seleccionan los materiales correspondientes a cada una de las capas, de este modo se conocen los Módulos de Resiliencia de cada una de ellas. Por lo que se pueden determinar lo números estructurales requeridos de cada una de ellas, reemplazando el módulo de la capa inmediatamente inferior.

4.4.1. Cálculo de los números estructurales

En la determinación de los números estructurales se utilizan los parámetros definidos previamente, los cuales fueron graficados según el ábaco de la norma AASHTO 93, obteniendo como resultados los números estructurales mostrados en la figura 11.

Para la determinación de variables de diseño, los parámetros son los siguientes:

Tabla 32. Parámetros para la variable de diseño

CBR de diseño:	8.5%
MR:	13,412
Confiabilidad R:	85%.
Desviación estándar Zr:	-1.037,
Error estándar So:	0.45

Fuente: Elaborado por sustentantes

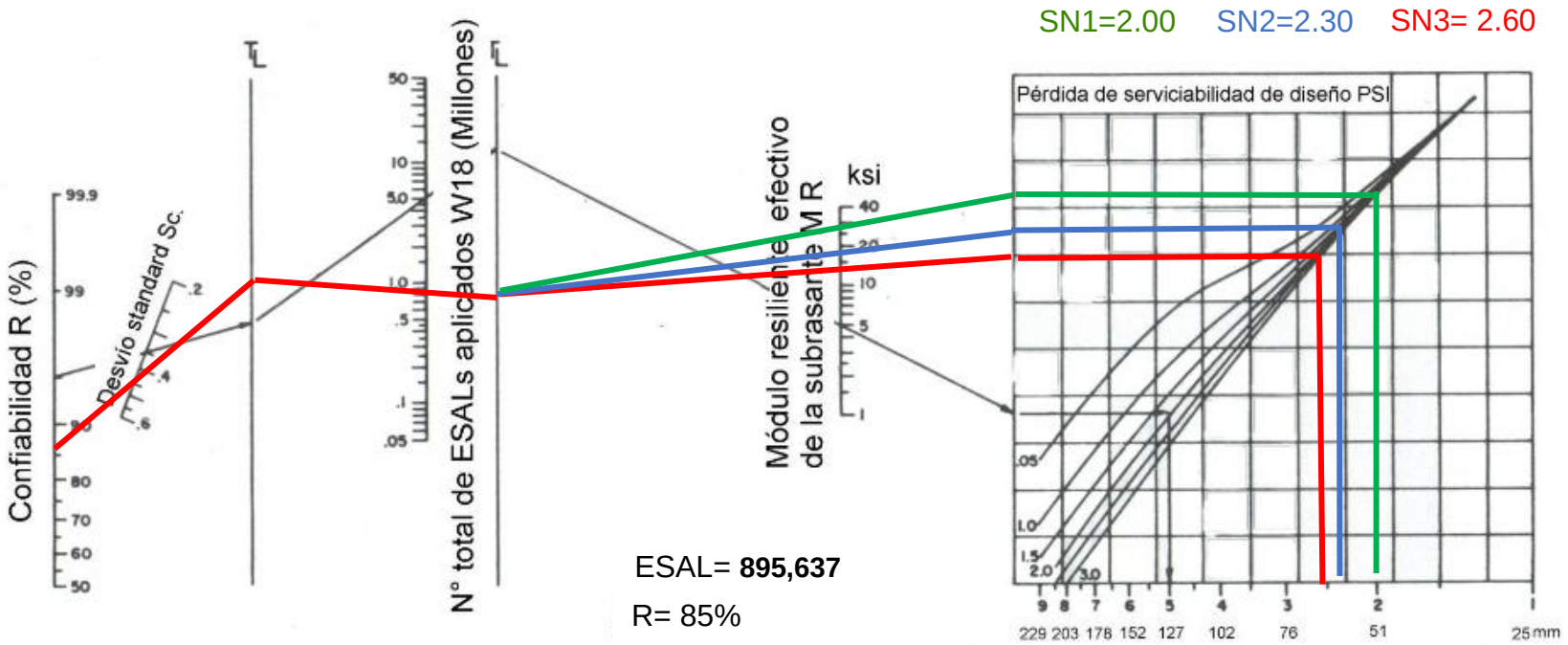
Tabla 33. Cálculo del SN

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE METODO ASSHTO 93		
DETERMINACION DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO		
PARAMETROS DE DISEÑO	**VARIABLES**	**Sub Rasante**
Periodo de diseño n	años	20
CBR de diseño de su subrasante	%	8.5
Módulo de resiliencia de la sub rasante	MR (PSI)	13,412
Confiabilidad de diseño	R	85
Desviación estándar normal	Zr	-1.037
Error estándar	So	0.45
Serviciabilidad inicial	Pi	4.2
Serviciabilidad final	Pf	2
Perdida de serviciabilidad	Pi - Pf	2.2
cantidad de ESAL's	**W 18**	**895,637**

Fuente: elaborado por sustentantes

La tabla 33 muestra los datos de entrada utilizados en la obtención de los números estructurales a través del ábaco mostrado en la figura 12.

Figura 12. Abaco para la obtención de números estructurales



4.5. Cálculo de diseño de espesores

4.5.1. Calculo para la capa asfáltica

$$D1 = \frac{SN1}{a1} = \frac{2.00}{0.33} = 6.06\ plg$$

Se adoptará un espesor asfaltico de 7 pulgadas

Corrigiendo el número estructural

SN^*_1 = 0.33 x 7= 2.31

4.5.2 Calculo para la capa de base

$$D_2 \geq \frac{SN2 - SN*1}{a2 * m2}$$

$$D_2 \geq \frac{2.30 - 2.31}{0.135 \text{ x } 1} = -0.07 \text{ Plg, adoptar 6 pulgadas}$$

Se adopta un D^*_2 mayor para cumplir con los espesores mínimos sugeridos por la AASHTO-1993 mostrados en la tabla 34

Tabla 34. Espesores mínimos de base granular

Espesores mínimos (cm)		
ESAL	Concreto Asfáltico	Base
menos de 50,000	2.5	10
50,001 - 150,000	5	10
150,001 - 500,000	6.5	10
500,001 - 2,000,000	7.5	15
2,000,001 - 7,000,000	9	15
más de 7,000,000	10	15

Fuente: AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993.Pág. II-35

con este se calcula un nuevo SN^*_2 utilizando la siguiente ecuación:

$SN^*_2 = a_2^*$ m_2^* D^*_2

$SN^*_2 =$ 0.135 x 1 x 6 = 0.81

4.5.3 Calculo para la capa de Subbase

$$D_3 \geq SN_3 - \frac{SN*1 + SN*2}{a3 * m3}$$

$D_3 \geq \frac{2.6-(2.31+0.81)}{0.12 \times 1}$ = - 4.33 Plg, este resultado indica que no se requiere el uso de subbase

Una vez determinados los espesores de las capas (D^*) y los SN^*, se procede a la verificación de la siguiente manera:

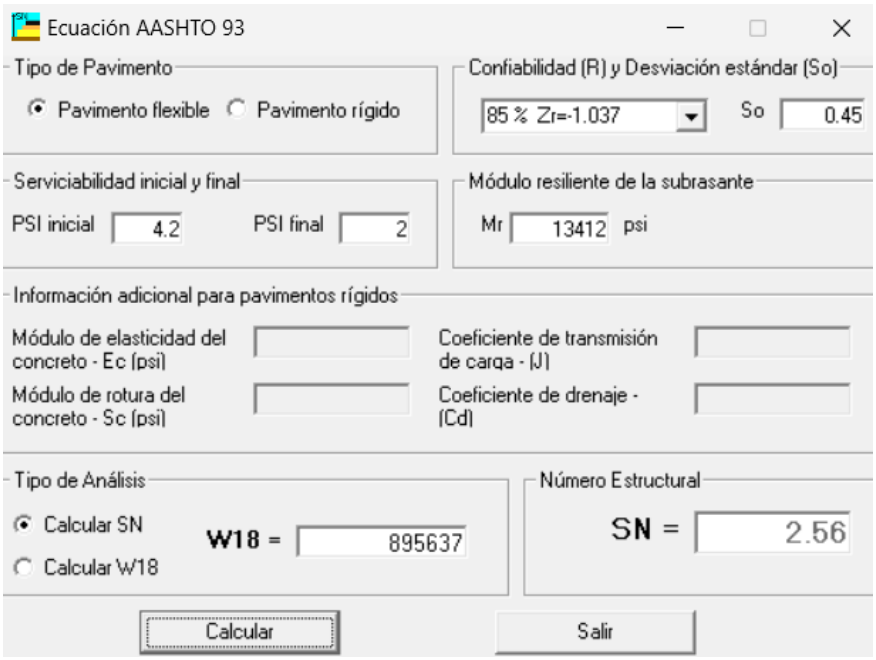
$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN$$

2.31 + 0.81+ ≥ 2.60

3.12 mayor que 2.60, por lo cual se puede afirmar que el diseño de los espesores es eficiente.

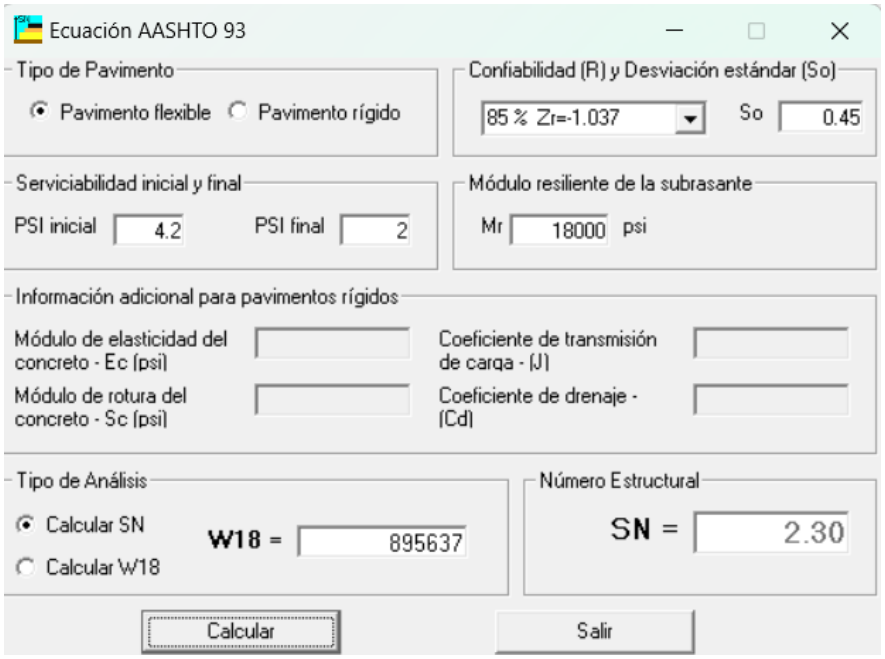
Para comprobar los resultados del SN obtenidos en los ábacos, se recurrió a usar un software llamado Ecuaciones AASHTO 1993 – Eq AASHTO 93 (ver figuras 13, 14 y 15)

Figura 13. Cálculo del SN3



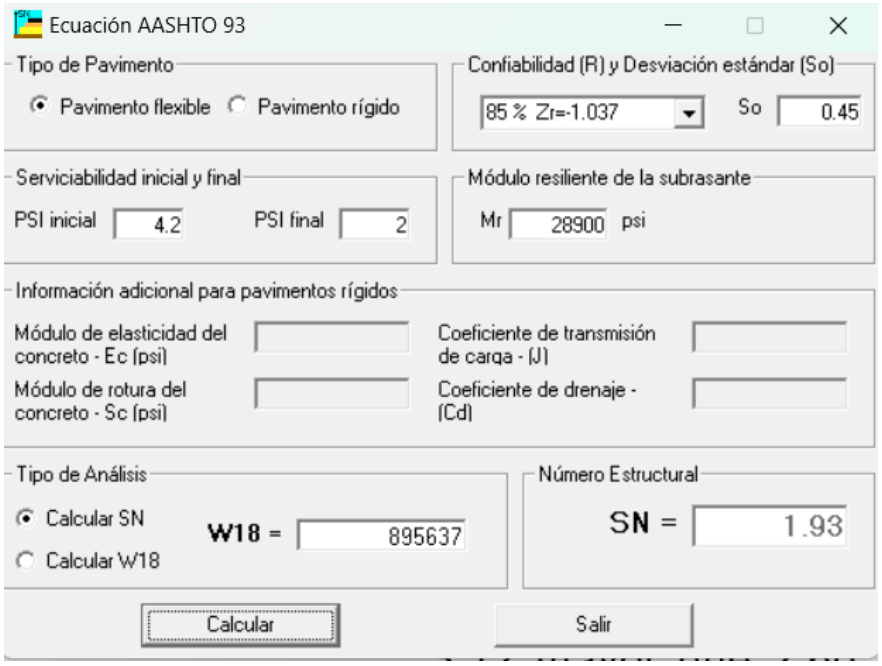
Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 14. Cálculo del SN2



Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 15. Cálculo del SN1



Fuente: Elaborado por sustentantes

Tabla 35. Resultados de los SN de cada capa.

Variables	SUB-RASANTE			
	CA	BASE	SUB BASE	
N años	20	20	20	
MR (PSI)	28,900	18,000	13,412	
R	85	85	85	
Zr	-1.037	-1.037	-1.037	
So	0.45	0.45	0.45	
Pi	4.2	4.2	4.2	
Pf	2		2	2
Pi – Pf	2.2		2.2	2.2
SN	**2.31**	**0.81**		
ESAL	**895,637**		**895,637**	**895,637**

Fuente: Elaborado por sustentantes

La tabla 35 muestra los resultados obtenidos en el cálculo de los números estructurales a través del ábaco de diseño. A continuación, la tabla 36, muestra los espesores a utilizar en la estructura de pavimentos.

Tabla 36. Resultados del diseño de espesores

CAPAS DEL PAVIMENTO	CBR	MODULO Psi	ai	mi	ESPESORES	
					CM	PULG
CARPETA ASFALTICA		400,000.00	0.41	1	**17.5**	7
BASE GRANULAR	85	28,900.00	0.135	1	**15.24**	6
				TOTAL	**32.74**	**13**

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

CAPITULO V. IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Metodología de identificación y evaluación de impactos ambientales

La evaluación de los impactos potenciales consiste en la comparación de su magnitud estimada durante la etapa de identificación, con criterios de calidad ambiental o normas técnicas ambientales. Los resultados serán plasmados en una matriz interactiva que permitirá al evaluador discriminar claramente los factores ambientales más afectados (críticos) y sobre los cuales se debe poner mayor atención a la hora de aplicar medidas de mitigación o manejo ambiental que eviten, reduzcan, controlen, compensen o incentiven dichos impactos negativos, así como para determinar el nivel de estas medidas.

En primera instancia se estructura la Matriz de identificación de impactos ambientales (matriz CAUSA-EFECTO) en la cual las entradas según columnas contienen las acciones que pueden alterar el medio ambiente, y las entradas según filas son las características del medio ambiente (factores ambientales), que pueden ser alterados. Con las entradas en filas y columnas se puede definir las relaciones existentes.

Es importante señalar que dichos impactos servirán de base para el estudio de impactos ambientales (EIA), sin embargo, se tomara en cuenta la posibilidad de nuevos impactos, así como la no existencia de algunos de ellos.

Finalmente se realiza la cuantificación de los impactos ambientales tanto positivos como negativos (MATRIZ DE VALORACION DE IMPACTOS AMBIENTALES Y MATRIZ DE IMPORTANCIA) en base a los criterios de evaluación, con la finalidad de obtener la significancia de estos. El detalle de la metodología utilizada para la identificación y evaluación de impactos ambientales se hizo en base al Manual **técnico para la realización de Estudios de Impacto Ambiental**, que se llevó a cabo con el decisivo apoyo y dirección del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) por medio de la División General de Planificación (DGP).

5.1.1 Actividades del proyecto susceptibles a producir impactos y factores ambientales susceptibles a recibir impacto

Para poder identificar los impactos derivados del Proyecto y caracterizar los efectos que éstos tendrán sobre el medio, deben definirse las acciones del Proyecto susceptibles de producir impactos. Con el fin de identificar correctamente dichas acciones, se desglosa el Proyecto en sus diferentes elementos, evaluándolo en todas sus fases de desarrollo: Preparación del Proyecto, Construcción, Operación y Mantenimiento.

Para un mejor análisis, valoración y evaluación de los impactos potenciales, se ha procedido a clasificar en tres grupos las acciones del proyecto, un Primer Grupo correspondiente a las actividades de Preparación del Proyecto, Un Segundo Grupo correspondiente a las actividades que generan impactos potenciales durante la etapa de Pavimentación del Camino y un Tercer Grupo correspondiente a las actividades que generan impactos potenciales durante la Etapa de Operación y Mantenimiento; en ellas se indican las principales alteraciones que pueden generarse durante esas fases:

5.1.2 Fase de preparación del proyecto

Actividades que generan impactos potenciales durante la etapa de Preparación del Proyecto:

Utilización de espacios en terrenos privados y expropiaciones: Esta actividad involucra la posibilidad de desplazar personas de sus lugares naturales o bien pagar el alquiler de terrenos o de indemnizaciones.

Requerirá trabajos de negociación y de mediación, hasta alcanzar un acuerdo económico entre las partes. Generalmente esta actividad la realiza el Asesor Legal del MTI en conjunto con el Gerente de Obras del MTI asignado al Proyecto, basados en los Planos de afectación preparados durante el diseño.

Es una actividad con posibilidades sociales y económicas, en ocasiones pueden producirse problemas de especulación y disponibilidad de terrenos. También se relaciona por su efecto en la pérdida del sistema de vida tradicional.

5.1.3 Fase de ejecución del proyecto

a) Área para el Establecimiento de Campamentos y Planteles.
b) Abra y destronque.
c) Excavación y Terraplenado.
d) Explotación de Bancos de Materiales.
e) Desvíos provisionales de servicios y obras temporales.
f) Colocación de carpeta asfáltica.
g) Señalización vial.

5.1.4 Potenciales impactos durante la ejecución del proyecto.

- **Impactos positivos**
- **Impactos Negativos Directos**

a) Disminución en la calidad del aire.
b) Generación de ruidos.
c) Contaminación de áreas.
d) Aumento del proceso erosivo.
e) Corte de los árboles y afectación de la capa vegetal.
f) Destrucción del hábitat de especies terrestres.
g) Pérdidas de terrenos productivos.
h) Posible Impacto al patrimonio cultural.

- **Impactos Negativos Indirectos.**

5.2 Evaluación de impactos ambientales y sociales

Sobre la base de los impactos potenciales identificados en las fases del proyecto, se procede al análisis considerando los factores ambientales tales como: atmósfera, geología y geomorfología, hidrología, suelos, vegetación, fauna, paisaje, demografía, sector primario, sociocultural y sistema territorial. Según nuestro análisis, los impactos varían en grado y magnitud, en función de las

condiciones ambientales iníciales existentes en los recursos, en interacción con las actividades definidas para el proyecto y del grado de sinergia con los diferentes componentes del ecosistema.

La evaluación de los impactos potenciales se realiza comparando su magnitud estimada durante la etapa de identificación, con criterios de calidad ambiental o normas técnicas ambientales. Los resultados son resumidos y cuantificados en una matriz causa - efecto de análisis ambiental, que permite discriminar claramente los factores ambientales más afectados y sobre los cuales se debe poner mayor atención a la hora de aplicar medidas de mitigación o manejo ambiental, que eviten, reduzcan, controlen o compensen dichos impactos negativos; así como para determinar el nivel de estas medidas.

En la Matriz de Impactos Ambientales las columnas representan las acciones o actividades del Proyecto que pueden afectar el Medio Ambiente y las filas indican los factores del Medio Ambiente o factores ambientales, que pueden ser alterados. Con las entradas en filas y columnas se pueden definir las relaciones existentes, así como el valor del impacto y su signo positivo o negativo de una determinada acción sobre el medio.

El grado de alteración o afectación se valora según la escala siguiente:

- **Impacto Ambiental Compatible o de Baja Significancia (0-25):** Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- **Impacto Ambiental Moderado o de Moderada Significancia (26-50):** Aquel cuya recuperación no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iníciales requiere cierto tiempo
- **Impacto Ambiental Severo (51-75):** Aquel en que la recuperación de las condiciones del medio exige la adopción de medidas protectoras o

correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un periodo de tiempo dilatado.

- **Impacto Ambiental Crítico (76-100):** Aquel cuya magnitud es superior a la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras. Se considera este grado de alteración como inaceptable ambientalmente.

5.3 Evaluación de impactos en el medio físico, biológico y socio-económico

De acuerdo con la metodología descrita en la sección 5.1, se realizó la evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos en el medio físico, biológico y socioeconómico. Los resultados se presentan en la tabla Matriz interactiva de evaluación ambiental o matriz de importancia.

5.3.1 Etapa de construcción

De esta matriz se observa que las actividades del proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera Empalme Terrabona - Terrabona, que causan el mayor impacto al medio ambiente en la etapa de construcción son instalación y operación de campamento y patio de máquinas (62 puntos, 14%), depósito de material excedentes (60 puntos, 14%), limpieza y preparación del sitio de obra (56 puntos, 13%) y explotación de bancos de materiales (55 puntos, 13%).

En resumen, se puede mencionar que las cuatro actividades señaladas anteriormente suman más de la mitad de los impactos generados por la rehabilitación de las carreteras (54%); en el caso de las actividades restantes ninguna sobrepasa el 12% de los impactos generados por el proyecto.

Por otro lado, los elementos naturales o factores ambientales de suelo (65 puntos, 15%), hidrología (64 puntos, 15%), aire (59puntos, 13%) y ruido (55 puntos, 13%) son los que mayor impacto reciben, sumando un poco más del 50% de los impactos generados.

5.3.2 Etapa de operación

En la etapa de operación de la carretera Empalme Terrabona – Terrabona, las actividades que causan mayor impacto son las siguientes: Puesta en servicio del proyecto (49 puntos, 44%) y Operación obras complementarias (32 puntos, 29%). Estas dos actividades suman más de la mitad de los impactos generados por la rehabilitación de la carretera (73%).

En el caso del factor socio- económico se ve afectado por todas las actividades, pero con una valoración positiva, ya que la mayoría de las actividades a desarrollarse con rehabilitación de la carretera traen beneficios para la población aledaña al lugar del proyecto (generación de empleo, cambio del valor de la tierra, implementación de servicios etc.), además las afectaciones son mínimas en este medio y se ven opacadas por los beneficios de la rehabilitación de esta.

La matriz interactiva (matriz de importancia) en ambas etapas demuestra que los impactos con mayor significancia presentan los valores más altos. No obstante, hay que mencionar que el mayor impacto presentado por las actividades de rehabilitación y mejoramiento de la carretera tuvo un valor de 26 puntos el cual presenta un **Impacto Ambiental Moderado o de Moderada Significancia (26-50)** siendo este el único en este rango, el restante de actividades está en **un Impacto Ambiental Compatible o de Baja Significancia (0-25).**

Los resultados obtenidos en la matriz de importancia se utilizan como base para determinar el grado de alteración de cada actividad y factor ambiental, de la cual se obtienen las actividades de mayor impacto. Para determinar que actividades generan mayor impacto, se eligió todas aquellas actividades mayores a 26 por lo tanto las actividades de mayor incidencia sobre el medio son: Manejo de desechos sólidos, Transporte de materiales al proyecto y Manejo de hidrocarburos.

Tabla 37. Matriz de importancia

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO CARRETERA EMPALME TERRABONA-TERRABONA															
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		MATRIZ DE IMPORTANCIA ETAPA: CONSTRUCCIÓN ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO										Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración	Grado de alteración %
		Instalación y operación de campamentos y patio de máquinas	*Limpieza y Preparación del sitio de obra (ensanchamientos y variantes)*	*Excavación, cortes y movimientos de tierras*	*Explotación de bancos de materiales (canteras)*	*Explotación de fuentes de agua*	*Construcción del paquete estructural y colocación de carpeta*	*Depósito de materiales excedentes*	*Construcción de puentes y obras de drenaje*	*Retiro del campamento*	*Señalización Vial*				
FACTOR	**COD**	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**				
GEOLOGIA	**M1**	0	12	13	22	0	0	14	11	0	0	**72**	**200**	**36**	**8**
SUELO	**M2**	16	16	15	19	0	22	17	13	11	0	**129**	**200**	**65**	**15**
AIRE	**M3**	19	12	13	11	10	14	15	13	10	0	**117**	**200**	**59**	**14**
USO DE LA TIERRA	**M4**	15	10	0	0	0	0	0	0	14	0	**39**	**200**	**20**	**5**
RUIDO	**M5**	18	14	12	13	0	11	16	9	17	0	**110**	**200**	**55**	**13**
PAISAJE	**M6**	13	13	13	11	0	0	16	7	13	10	**110**	**200**	**55**	**13**
FLORA	**M7**	14	11	9	11	0	0	13	10	10	0	**96**	**200**	**48**	**11**
FAUNA	**M8**	13	11	11	11	10	11	13	10	10	0	**78**	**200**	**39**	**9**
SOCIEDAD Y ECONOMIA	**M9**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**100**	**200**	**50**	**12**
Valor Medio de Importancia		**8**											**1800**	**426**	**100**
Dispersión Típica		**7**													
Rango de Discriminación		**1**									**15**				
Valor de la Alteración		**108**	**99**	**86**	**98**	**20**	**58**	**104**	**73**	**85**	**10**	**851**			
Máximo Valor de Alteración		**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**		**1800**		
Grado de Alteración		**54**	**50**	**43**	**49**	**10**	**29**	**52**	**37**	**43**	**5**	**371**		**47**	
Grado de alteración %		**15**	**13**	**12**	**13**	**3**	**8**	**14**	**10**	**11**	**1**	**100**			

CRITICO (76-100) **SEVERO (51-75)** **MODERADO (26-50)** **COMPATIBLE (0-25)**

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Tabla 38. Matriz de importancia

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO CARRETERA EMPALME TERRABONA-TERRABONA								
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		MATRIZ DE IMPORTANCIA ETAPA: OPERACION ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO						
		Puesta en servicio del proyecto	*Operación del drenaje pluvial*	*Operación obras complementarias*	**Valor de la Alteración**	**Máximo valor de la alteración**	**Grado de Alteración**	**Grado de alteración %**
FACTOR	**COD**	**C11**	**C12**	**C13**				
GEOLOGIA	**M1**	0	20	16	**36**	**200**	**18**	**15**
SUELO	**M2**	0	21	17	**38**	**200**	**19**	**16**
AIRE	**M3**	21	0	0	**21**	**200**	**11**	**9**
USO DE LA TIERRA	**M4**	27	0	0	**27**	**200**	**14**	**12**
RUIDO	**M5**	28	0	0	**28**	**200**	**14**	**12**
PAISAJE	**M6**	0	0	14	**28**	**200**	**14**	**12**
FLORA	**M7**	16	0	0	**14**	**200**	**7**	**6**
FAUNA	**M8**	26	0	0	**16**	**200**	**8**	**7**
SOCIEDAD Y ECONOMIA	**M9**	0	0	0	**26**	**200**	**13**	**11**
Valor Medio de Importancia		**8**				**1800**	117	**100**
Dispersión Típica		**11**						
Rango de Discriminación		**-3**		**18**				
Valor de la Alteración		**118**	**41**	**47**	**234**			
Máximo Valor de Alteración		**200**	**200**	**200**		**1800**		
Grado de Alteración		**59**	**21**	**24**	**103**		**13**	
Grado de alteración %		**57**	**20**	**23**	**100**			
	CRITICO (76-100)					**MODERADO (26-50)**		
	SEVERO (51-75)					**COMPATIBLE (0-25)**		

Fuente: Elaborado Por Sustentantes

Con los resultados obtenidos a través de las matices interactivas (causa-efecto y valoración de impactos) podemos decir que las actividades a desarrollarse para la rehabilitación de la carretera Empalme Terrabona – Terrabona, no son de mucha afectación al medio ambiente ya que no provocan danos críticos ni severos, cabe señalar que se va a utilizar el mismo trazado existente, así como algunos puentes y alcantarillas en buen estado minimizando de gran manera el impacto ambiental que puedan sufrir la naturaleza con las actividades de proyecto, generando fuentes de trabajo temporales, entrando en operación el proyecto se abren las puertas a la población a transportarse por una carretera más segura y aportando más desarrollo a la región

Tabla 39. Matriz interactiva de identificación (causa-efecto)

Posible Impacto

Sin Impacto aparente

				Actividades del Proyecto												
				Fase de Ejecución										Fase de Operación		
				Instalación y operación de campamentos y patio de máquinas	Limpieza y Preparación del sitio de obra (ensanchamientos y variantes)	Excavación, cortes y movimientos de tierras	Explotación de bancos de materiales (canteras)	Explotación de fuentes de agua	Construcción del paquete estructural y colocación de carpeta asfáltica	Depósito de materiales excedentes	Construcción de puentes y obras de drenaje	Retiro del campamento	Señalización Vial	Puesta en servicio del proyecto	Operación del drenaje pluvial	Operación obras complementarias
MEDIO			FACTORES DEL MEDIO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
MEDIO FISICO	GEOLOGIA	M1	Inestabilidad de taludes		■		■			■						
			Estructura geomorfológica		■	■	■			■	■				■	■
			Estructura Geológica			■	■			■	■					
	SUELO	M2	Destrucción y/o pérdida directa del suelo	■	■	■	■			■	■	■				
			Procesos de erosión		■	■	■			■	■				■	■
			Disminución de la calidad edáfica	■	■	■	■		■	■	■	■				
	AIRE	M3	Contaminación por emisiones tóxicas (fuentes móviles)	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		
			Contaminación por emisiones tóxicas (fuentes fijas)	■								■				
			Materiales en suspensión	■	■	■	■		■	■	■	■				
	USO DE LA TIERRA	M4	Cambios en el uso tradicional	■	■							■		■		
	RUIDO	M5	Incremento en los niveles sonoros	■	■	■	■		■	■	■	■		■		
	PAISAJE	M6	Alteración de la estructura paisajística	■	■	■	■			■	■	■	■			■
MEDIO BIOLOGICO	FLORA	M7	Eliminación de la cobertura vegetal	■	■	■	■			■	■	■		■		
			Degradación de las comunidades vegetales							■						
	FAUNA	M8	Perturbación a la fauna	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		
			Destrucción del hábitat	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		
			Barrera contra la migración		■					■				■		
			Riesgo por atropellamiento											■		
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIEDAD Y ECONOMIA	M9	Cambios en la estructura demográfica	■										■		
			Efectos sobre la salud y la seguridad de los habitantes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
			Uso del espacio de terceros y expropiaciones (derecho de vía)	■	■			■	■	■		■				
			Cambio del valor de la tierra	■			■			■				■		
			Generación de empleo	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■		
			Implementación de servicios				■	■						■		
			Optimización del uso de la vía											■		
			Cambios productivos y comerciales locales											■		
			Modificaciones en la forma de vida													

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Los factores ambientales que reciben mayores impactos son los siguientes: Alteración topográficas por cortes y extracciones, Cambios de la estructura paisajística, contaminación del suelo y aguas durante la ejecución, generación de desechos y basuras, generación de polvos y contaminación por ruido, Periodo de Depreciación de Unidades de Transporte, Seguridad en el tráfico - presión de la red vial, tiempo de transporte, etc.

5.4 Medidas de mitigación

A continuación, presentamos las medidas de mitigación que son necesarias implementar, con el fin de minimizar o evitar los impactos, que ocurrirán durante la fase de construcción de la carretera en cuestión.

Tabla 40. Impactos generados vs medidas de mitigación

Tabla: Impactos Generados vs Medidas De Mitigación	
Impactos Generados	**Medidas De Mitigación**
Contribución al incremento en los procesos de erosión.	En los bancos de materiales la medida correctiva, una vez que finalice su explotación, será estabilizarlo de acuerdo a su entorno, colocándose 5 cm. De capa vegetal para que en ellos crezca la vegetación de manera natural, o bien reconformarlos y resiembra de grama de la zona, para asegurar el control de la erosión y evitar condiciones indeseables.
	El acopio de materiales en los bancos se deberá de realizar de forma ordenada, de tal manera que cada banco tenga acceso estable, facilite la salida de equipo y reducir riesgos de que con la lluvia se erosione.
Contaminación del suelo	Extraer el material de suelo contaminado y colocar una capa de material rocoso / arenoso extraída de los bancos de materiales, para evitar conseguir contaminando el suelo y el material contaminado deberá ser recolectado y dispuesto en los sitios que destine la supervisión del proyecto, que deberá estar alejados de poblados.

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Tabla 41. Impactos generados vs medidas de mitigación

Tabla: Impactos Generados vs Medidas De Mitigación	
Impactos Generados	**Medidas De Mitigación**
Disminución de la calidad del aire local (partículas suspendidas y gases contaminantes).	**En verano regar las áreas de trabajo y disminuir la emisión de partículas de polvo en suspensión generadas por el tráfico vehicular, establecer limitaciones de velocidades cerca de los poblados; las plantas de asfalto y trituración deberán cumplir con todas las especificaciones y requerimientos de los equipos modernos orientados a minimizar las emisiones de partículas, gases de combustión.**
Incremento de sólidos en los cuerpos de agua.	**Evitar los arrastres de los materiales sobrantes de la construcción (piedra, arena, grava, tierra, etc.) y con el fin de disminuir el aporte de sólidos a los recursos hídricos.**

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Tabla 42. Impactos generados vs medidas de mitigación

Impactos Generados	**Medidas De Mitigación**
Generación de emisiones sonoras	Establecer un sistema de mantenimiento y calibración del equipo del proyecto, para minimizar la generación y emisión de contaminantes atmosféricos, Instalar las plantas de asfalto y trituración en lugares apropiados donde no se perjudique a los habitantes del sitio y eliminar aquellos que no cumplan con las normas permisibles a los (80 db).
	Suprimir el trabajo nocturno en núcleos poblacionales y evitar la simultaneidad de operaciones ruidosas

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Tabla 43. Impactos generados vs medidas de mitigación

Impactos Generados	Medidas De Mitigación
Incremento de talas y desmontes	El contratista deberá colocar avisos prohibitivos a la depredación de los recursos naturales y otros orientados a la conservación y protección del medio ambiente (ej: prohibido tirar basura, prohibido la tala de árboles, bosques de manglar).
Los depósitos de materiales excedentes.	Deberán considerar medidas ambientales complementarias para que no altere el medio ambiente y su entorno, tener las autorizaciones correspondientes en caso de ser propiedad privada, retirar la capa orgánica superficial del suelo, la misma que deberá almacenarse para posterior utilización en las labores de revegetación. Colocar señales informativas en los accesos al relleno, deberán estar retirados de fuentes de agua y deber compactar, estabilizar, re vegetar y/o reforestar con especies del lugar al terminar.
Contaminación por derrame de hidrocarburos	Los dispositivos de combustible (Diesel), que es el hidrocarburo más utilizado para operar maquinaria pesada, deben estar bien selladas y provistos en la parte inferior del drenado (llaves) de un barril abierto o pileta que sirva para acopiar los posibles derrames durante el llenado de los tanques. También en el de combustible a la línea puede darse derrame de contingencia, para lo cual la empresa contratista deberá tomar las medidas necesarias en el manejo de sustancias inflamables para lo cual deberá estar equipada con extinguidores manuales y evitar cualquier tipo de anomalías que se presenten durante la fase constructiva.

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

Tabla 44. Impactos generados vs medidas de mitigación.

Impactos Generados	Medidas De Mitigación
Impactos generados por la construcción de instalaciones.	La localización de las instalaciones será obligatoriamente alejada de los centros urbanos próximos y teniendo en cuenta además la dirección de los vientos, seleccionando áreas situadas a sotavento con referencia a los poblados. Esto reducirá los efectos de la contaminación acústica y atmosfera.
Atrasos en la circulación vehicular y en las actividades y relaciones económicas.	Desvió de circulación por obras, colocando señalización adecuada, para evitar accidentes de tránsito: disminuir velocidad, hombres trabajando, rótulos indicadores de distancias de obras, etc. Una buena programación de traslado de maquinaria para evitar presión en la vía.

Fuente: Elaborado Por Sustentantes.

CONCLUSIONES

Conclusiones

- Se realizó el estudio de tránsito mediante el aforo vehicular, obteniendo un TPDA en el año 2023 de 375 vehículos por día, este volumen fue proyectado a un periodo de diseño de 20 años, obteniendo un tránsito de diseño de 1,187,607 vehículos. Este cálculo permitió la obtención de las cargas de ejes equivalentes ESAL, correspondiente a 895,637 ejes equivalentes.

- Se analizaron los estudios hechos por EDICRO S.A, se encuentran que los tipos de suelos en los sondeos, se obtiene suelos de regular calidad, obteniendo un CBR de diseño del 21%, además se analizaron bancos de materiales con excelente calidad donde se definió utilizar para Base el material del banco Quiñason, para Subbase el material del banco el coyol y para la subrasante, material del banco la palmera.

- Se diseñaron los espesores de la estructura de pavimento, de acuerdo al método AASHTO-93 a partir del estudio de tránsito y del estudio de suelos, resultando en un espesor de carpeta asfáltica de 7 pulgadas y un espesor de base de 6 pulgadas.

- Se realizó el estudio de impacto ambiental, donde se logró identificar que, en la etapa de construcción, la acción que más impacta negativamente son las siguientes: manejo de desechos sólidos y transporte de materiales al proyecto. Esto permitió definir las medidas de mitigación que se proponen, servirán para minimizar o evitar los posibles impactos generados durante la fase de ejecución del proyecto.

Recomendaciones

- Se recomienda al contratista hacer controles de acuerdo a las regulaciones establecidas en función de la importancia del camino en las entradas y salidas de la carretera y así regular el peso del transporte pesado y de esa manera proteger la estructura de pavimento.

- Como material selecto pueden utilizarse los bancos en su forma natural los bancos estudiados.; éste deberá colocarse en capas no mayores de 20 cm y compactadas al 95% mínimo del Proctor Estándar, debiendo eliminársele las partículas mayores de 3” antes de su conformación y compactación.

- En los tramos donde hay presencia de arcilla de alta plasticidad en medio de dos materiales de regular a bueno o a poca profundidad se recomienda extraer dicho material y reponerlo con material del sitio o con cualquiera de los materiales de los bancos estudiados y compactar al 100% como mínimo del Proctor Estándar. En la terracería escarificar los últimos 15 cm y compactarlo al 95% del Proctor Estándar.

- Finalizada la construcción, se recomienda al MTI elaborar aforos de conteos vehiculares de manera periódica, así para llevar el control de su tasa de crecimiento vehicular para sus futuras mejoras.

- Se recomienda al MTI implementar mantenimiento rutinario y periódico que abarque la reparación de pequeños defectos de la calzada a partir del 4 año de entrar en operación la carretera.

- Las actividades de explotación de bancos deben ser planificadas durante un periodo de trabajo comprendido de 7:00 am hasta las 5:00 pm. En aquellos sitios donde hubiere asentamientos humanos en las cercanías.

Bibliografía

AASHTO. (1993). *Normativa de diseño de pavimentos.*

Asfalto, M. D. (1991).

Enatrel. (s.f.). *Enatrel*. Obtenido de https://www.enatrel.gob.ni/wp-content/uploads/2015/03/EIA%20SUBESTACION%20TERRABONA%20Y%20OBRAS%20CONEXAS.pdf

Fonseca, A. M. (2001). *Ingeniería De Pavimentos Para Carreteras.* Bogotá: Stella Valbuena De Fierro.

Iturbide, J. C. (Noviembre de 2002). *Manual Centroamericano Para El Diseño De Pavimentos*. Obtenido de Manual Centroamericano Para El Diseño De Pavimentos: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf

Manual Del Instituto De Asfalto. (1991).

MTI. (2000). *Espicificaciones generales para la construccion de caminos, calles y puentes.* Managua.

MTI. (2020). *Anuario de aforos de trafico.*

MTI. (2020). *Anuario De Aforos De Trafico*. Obtenido de Anuario De Aforos De Trafico.

NIC. (2000). *Especificaciones generales para la construccion de caminos, calles y puentes.* Managua: MTI.

Pavimentos, M. C. (s.f.). Obtenido de https://www.sieca.int/?product_cat=manuales-tecnicos&paged=2

UGA MTI. (Octubre de 2014). *World Bank Document.* Obtenido de World Bank Document: https://documents1.worldbank.org/curated/fr/899731468053087498/pdf/E28750V190SPAN00Box385425B00PUBLIC0.pdf

Valenzuela Valdivia, M. (2003). *El asfalto, en la conservación de pavimentos.* (M. V. Valdivia, Ed.) Obtenido de CyberTesis: http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfciv161a/doc/bmfciv161a.pdf

ANEXOS

Tabla 45. Aforo Vehicular día 1 sentido 1

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
06:00	06:15	2			1												3	8
06:15	06:30	2															2	
06:30	06:45	2															2	
06:45	07:00		1														1	
07:00	07:15																0	13
07:15	07:30	3			2					1							6	
07:30	07:45	2	1		1												4	
07:45	08:00			2	1												3	
08:00	08:15	2			3												5	8
08:15	08:30																0	
08:30	08:45																0	
08:45	09:00	3															3	
09:00	09:15	2															2	5
09:15	09:30							1									1	
09:30	09:45	2															2	
09:45	10:00																0	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
10:00	10:15	1		1	1												3	10
10:15	10:30	3			1										1		5	
10:30	10:45	2															2	
10:45	11:00																0	
11:00	11:15	2												1			3	11
11:15	11:30			2													2	
11:30	11:45	2			1				1								4	
11:45	12:00				2												2	
12:00	12:15	2		2					2								6	14
12:15	12:30				2										1		3	
12:30	12:45				3			1									4	
12:45	01:00			1													1	
01:00	01:15																0	3
01:15	01:30													1			1	
01:30	01:45	2															2	
01:45	02:00																0	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
02:00	02:15																0	7
02:15	02:30	3							1								4	
02:30	02:45																0	
02:45	03:00		3														3	
03:00	03:15																0	0
03:15	03:30																0	
03:30	03:45																0	
03:45	04:00																0	
04:00	04:15																0	0
04:15	04:30																0	
04:30	04:45																0	
04:45	05:00																0	
05:00	05:15																0	6
05:15	05:30				2												2	
05:30	05:45	3															3	
05:45	06:00	1															1	
TOTAL		41	5	8	20	0	0	2	4	1	0	0	0	2	2	0	85	85

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 46. Aforo Vehicular día 1 sentido 2

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
06:00	06:15	2	3		2												7	27
06:15	06:30	9			1			1									11	
06:30	06:45		5		2												7	
06:45	07:00		2														2	
07:00	07:15	3	2														5	13
07:15	07:30	2	2										1				5	
07:30	07:45					1											1	
07:45	08:00	2															2	
08:00	08:15		2					1									3	8
08:15	08:30		1														1	
08:30	08:45	1															1	
08:45	09:00	2								1							3	
09:00	09:15		2									1					3	19
09:15	09:30	2							1	3		2					8	
09:30	09:45					1			1	1				1			4	
09:45	10:00								2			1		1			4	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
10:00	10:15																0	2
10:15	10:30																0	
10:30	10:45																0	
10:45	11:00	2															2	
11:00	11:15																0	5
11:15	11:30							1									1	
11:30	11:45	3		1													4	
11:45	12:00																0	
12:00	12:15																0	7
12:15	12:30	2						1									3	
12:30	12:45			1					3								4	
12:45	01:00																0	
01:00	01:15	3															3	8
01:15	01:30	1															1	
01:30	01:45	2													1		3	
01:45	02:00			1													1	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
02:00	02:15	2															2	15
02:15	02:30														1		1	
02:30	02:45	2			3												5	
02:45	03:00	2		3	1			1									7	
03:00	03:15	2		3													5	18
03:15	03:30			3													3	
03:30	03:45	2		3													5	
03:45	04:00			5													5	
04:00	04:15			2													2	14
04:15	04:30	3						1									4	
04:30	04:45			1							1						2	
04:45	05:00		3	2		1											6	
05:00	05:15	2	1	2							1						6	20
05:15	05:30	1	1								1						3	
05:30	05:45		1	1								1					3	
05:45	06:00	3			2				1		1	1					8	
TOTAL		55	25	28	11	3	0	6	8	5	4	6	1	2	2	0	156	156

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 47. Aforo Vehicular día 2 sentido 1

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
06:00	06:15	1	1	1	3							3					9	21
06:15	06:30	3	1		1												5	
06:30	06:45											2					2	
06:45	07:00	2		2				1									5	
07:00	07:15	2	1	2					3								8	28
07:15	07:30	1	3			1			2		3						10	
07:30	07:45	2	2														4	
07:45	08:00	3			2					1							6	
08:00	08:15	2	1							1	2						6	22
08:15	08:30		1		1					1							3	
08:30	08:45	2			3												5	
08:45	09:00		2	2	3	1											8	
09:00	09:15			1		1											2	7
09:15	09:30					1						1					2	
09:30	09:45											2					2	
09:45	10:00							1									1	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
10:00	10:15										2						2	13
10:15	10:30	3								1	1				1		6	
10:30	10:45													1			1	
10:45	11:00	3											1				4	
11:00	11:15			2								2		1			5	10
11:15	11:30																0	
11:30	11:45							1		1		1					3	
11:45	12:00									1		1					2	
12:00	12:15	1															1	8
12:15	12:30	2															2	
12:30	12:45									1							1	
12:45	01:00	2								2							4	
01:00	01:15	2				1											3	11
01:15	01:30											1					1	
01:30	01:45									1							1	
01:45	02:00	3						1		1		1					6	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
02:00	02:15	2										1					3	9
02:15	02:30	2										1					3	
02:30	02:45			1								1					2	
02:45	03:00											1					1	
03:00	03:15	3								1							4	11
03:15	03:30											1					1	
03:30	03:45	1		1								1					3	
03:45	04:00			1				1		1							3	
04:00	04:15	2															2	11
04:15	04:30		2							1							3	
04:30	04:45		1						2								3	
04:45	05:00	3															3	
05:00	05:15	2	2														4	20
05:15	05:30		4		2		1			2							9	
05:30	05:45	2			1				1			1					5	
05:45	06:00		1				1										2	
TOTAL		51	22	13	16	5	2	5	8	16	8	21	1	2	1	0	171	171

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 48. Aforo Vehicular día 2 sentido 2

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
06:00	06:15	3	3		2												8	45
06:15	06:30	9			1			1									11	
06:30	06:45	12			2				2								16	
06:45	07:00	8					2										10	
07:00	07:15																0	8
07:15	07:30	3													1		4	
07:30	07:45	2				1											3	
07:45	08:00				1												1	
08:00	08:15	2			1			1									4	6
08:15	08:30				1												1	
08:30	08:45				1												1	
08:45	09:00																0	
09:00	09:15	1															1	8
09:15	09:30	2										1					3	
09:30	09:45																0	
09:45	10:00	2							2								4	

Fuente: elaborado por sustentantes

X

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
10:00	10:15																0	7
10:15	10:30		1														1	
10:30	10:45		2														2	
10:45	11:00		2		2												4	
11:00	11:15			6	2												8	21
11:15	11:30	2		1	1			1									5	
11:30	11:45			3	2												5	
11:45	12:00			3													3	
12:00	12:15	3			1												4	11
12:15	12:30				1			1									2	
12:30	12:45	2															2	
12:45	01:00	2													1		3	
01:00	01:15	1								1		1					3	7
01:15	01:30	2															2	
01:30	01:45																0	
01:45	02:00	1										1					2	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
02:00	02:15	2															2	7
02:15	02:30									1							1	
02:30	02:45	2															2	
02:45	03:00							1		1							2	
03:00	03:15	3								1							4	9
03:15	03:30	2										1					3	
03:30	03:45																0	
03:45	04:00	2															2	
04:00	04:15			1						3							4	17
04:15	04:30							1									1	
04:30	04:45				1							2					3	
04:45	05:00	3			2	1			3								9	
05:00	05:15			2								1					3	16
05:15	05:30		1		1						1	1					4	
05:30	05:45		1		2												3	
05:45	06:00	3			1				1		1						6	
TOTAL		74	10	16	25	2	2	6	8	7	2	8	0	0	2	0	162	162

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 49. Aforo Vehicular día 3 sentido 1

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
06:00	06:15	2	1		2							2					7	16
06:15	06:30	1	1														2	
06:30	06:45				1												1	
06:45	07:00			1	2	1									2		6	
07:00	07:15	1		1	2			1									5	18
07:15	07:30	2	2		1	1											6	
07:30	07:45			1		1						1					3	
07:45	08:00	2										1		1			4	
08:00	08:15					1				1							2	4
08:15	08:30																0	
08:30	08:45													1			1	
08:45	09:00					1											1	
09:00	09:15			1						1			1				3	8
09:15	09:30	2				1											3	
09:30	09:45			1													1	
09:45	10:00							1									1	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
10:00	10:15	3															3	8
10:15	10:30	2							2					1			5	
10:30	10:45																0	
10:45	11:00																0	
11:00	11:15																0	3
11:15	11:30																0	
11:30	11:45							1									1	
11:45	12:00	2															2	
12:00	12:15					1											1	4
12:15	12:30																0	
12:30	12:45	3															3	
12:45	01:00																0	
01:00	01:15	3	2														5	13
01:15	01:30	1															1	
01:30	01:45					1											1	
01:45	02:00	3	1					1		1							6	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Terrabona - Ciudad Darío																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
02:00	02:15	2										2					4	11
02:15	02:30		1							1							2	
02:30	02:45	2												1	1		4	
02:45	03:00		1														1	
03:00	03:15	2									2						4	12
03:15	03:30		1														1	
03:30	03:45	1															1	
03:45	04:00		5					1									6	
04:00	04:15		2														2	12
04:15	04:30	1	2						1		2			1			7	
04:30	04:45		1							1	1						3	
04:45	05:00																0	
05:00	05:15										2						2	12
05:15	05:30	2	1						1			2					6	
05:30	05:45	3															3	
05:45	06:00				1												1	
TOTAL		40	21	5	9	8	0	5	4	5	7	8	1	5	3	0	121	121

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 50. Aforo Vehicular día 3 sentido 2

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
06:00	06:15	3			1												4	9
06:15	06:30				1			1									2	
06:30	06:45				1				1								2	
06:45	07:00						1										1	
07:00	07:15								2								2	8
07:15	07:30										1						1	
07:30	07:45				3												3	
07:45	08:00			1	1												2	
08:00	08:15			1				1									2	13
08:15	08:30		1	1							2						4	
08:30	08:45	1		2													3	
08:45	09:00	2								1	1						4	
09:00	09:15			2								1					3	20
09:15	09:30	2		2								2					6	
09:30	09:45			2		1				1				1			5	
09:45	10:00			2	2							1		1			6	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
10:00	10:15			2													2	6
10:15	10:30				2												2	
10:30	10:45																0	
10:45	11:00	2															2	
11:00	11:15																0	7
11:15	11:30							1									1	
11:30	11:45	3	1							1							5	
11:45	12:00	1															1	
12:00	12:15	4															4	7
12:15	12:30							1									1	
12:30	12:45				1												1	
12:45	01:00	1															1	
01:00	01:15	2															2	6
01:15	01:30				1												1	
01:30	01:45	2													1		3	
01:45	02:00																0	

Fuente: elaborado por sustentantes

Tramo carretero: Ciudad Darío - Terrabona																		
Hora		Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL (Minutos)	TOTAL (Horas)
		Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	C2-R2	C3-R2			
02:00	02:15	3															3	12
02:15	02:30	2															2	
02:30	02:45									2							2	
02:45	03:00	2						1		2							5	
03:00	03:15									1					1		2	6
03:15	03:30																0	
03:30	03:45											1					1	
03:45	04:00	3															3	
04:00	04:15									2		1					3	12
04:15	04:30			2				1									3	
04:30	04:45	1		3						1							5	
04:45	05:00	1															1	
05:00	05:15	1		3							1	1					6	26
05:15	05:30			3							1	2					6	
05:30	05:45		1	3	2							1					7	
05:45	06:00		3		3							1					7	
TOTAL		36	6	29	18	1	1	6	3	11	6	11	0	2	2	0	132	132

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 51. Factores equivalentes ejes simples, Pt= 2,5

Tabla 3-4

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, P_t = 2,5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102	79.	60.	53.	55.

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capitulo 3, Pág.9.

Tabla 52. Factores equivalentes, ejes tándem Pt= 2,5

Tabla 3-5

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, P_t = 2,5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	26.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	93.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capitulo 3, Pág.10.

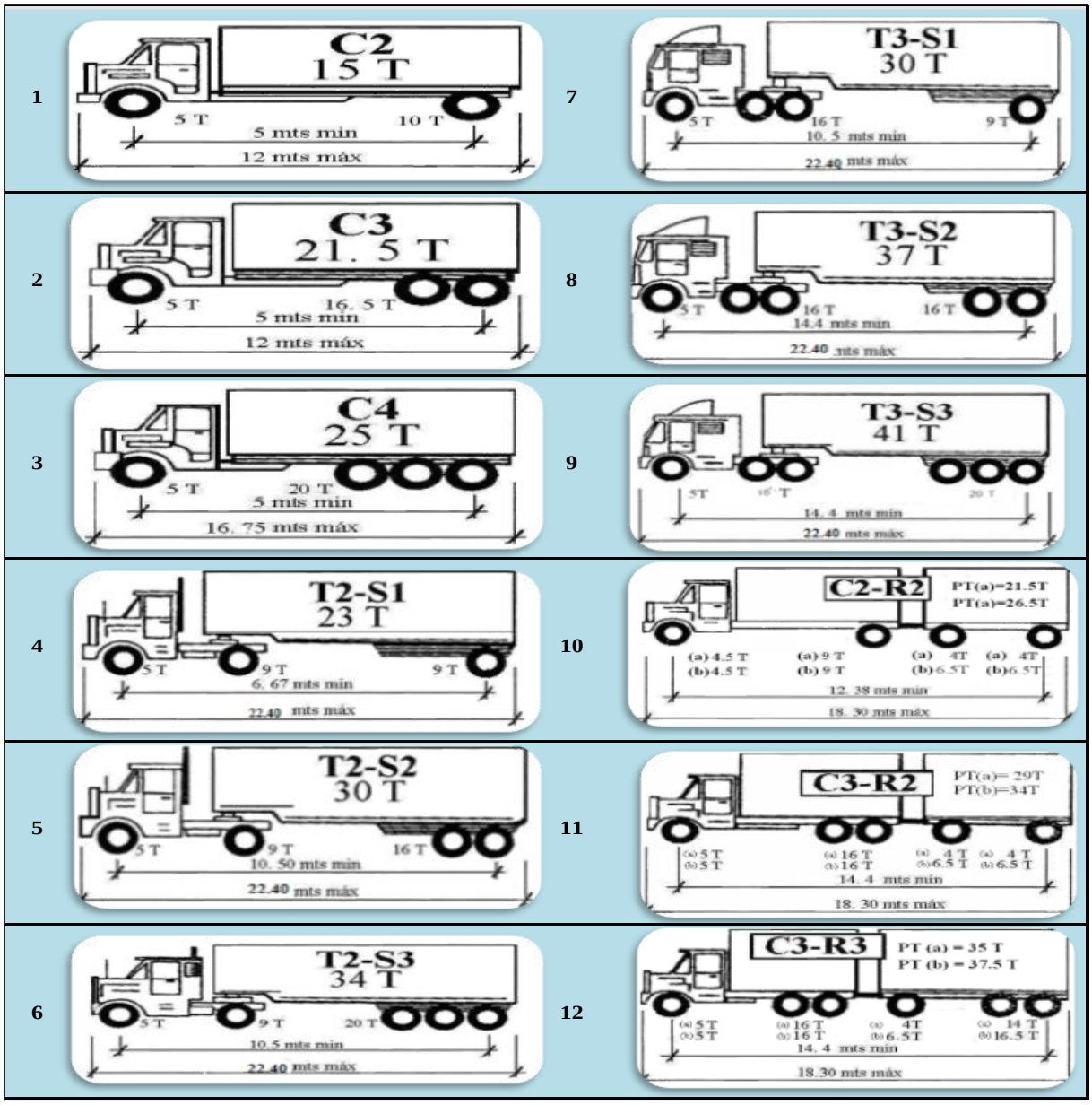
Tabla 53 Factores equivalentes de ejes trídem, Pt= 2,5

Tabla 3-6
Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, P_t = 2,5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
24	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
44	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.838
48	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
78	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
80	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
82	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
84	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
86	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
88	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
90	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capitulo 3, Pág.11.

Tabla 54. Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados



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

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

* Ningún vehículo cargado o descargado no excederá en: Ancho: 2.60 mts, Alto 4.15 mts, Largo. 2 ejes 12 mts, 3 ejes 12 mts, semiremolque 22.40 mts, otras combinaciones desde 18.30 mts hasta 23 mts máximo.

***** Para los ejes dobles (tandem) y triple la separación de centros coprendidos entre las ruedas es entre 1.0 y 2.45 mts.

Fuente: Elaborado por sustentantes

Tabla 55. Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos

Tipo de vehículo		Peso por ejes en toneladas	Peso por eje en libras
Automóvil		1 / 1	2200 / 2200
Jeep		1 / 1	2200 / 2200
Camioneta		1 / 2	2200 / 4400
Microbús (15 pasajeros)		2 / 4	4400 / 8800
Minibús (12-30 pasajeros)		4 / 8	8800 / 17600
C2 liviano		4 / 8	8800/ 17600
Bus=C2		5 / 10	11000 / 22000
V C		4 / 6.4	8800/14000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.

Tabla 56. CBR de Banco la palmera

Edicro S.A.	METODO DE ENSAYO	REPORTE:
	Relación Soporte de California (CBR)	

Banco de préstamo la Palmera

Proyecto: Empalme Terrabona - Terrabona (17.163 Km)			
Cliente:	**MTI** Edicro S.A	**Fecha de ensayo:**	**22-jul-11**
Estación:	**100 metros hacia Sebaco derecha**	**Espesor de la capa (cm):**	**300.00 cm.**
Sondeo:	**1,2 y 3**		

Método de Ensayo: **AASHTO T 193-99 (2003)**

Humedad óptima:	15.6	Densidad seca máx. (Kg/m 3)	12 90	HINCHAMIENTO (%)	0.056 7%				
Golpes	Hum. lograda (%)	γ humedad (Kg/m 3)	γ seca (Kg/m 3)	Comp. (%)	1 D	2 D	3 D	4 D	Hinchamiento total (%)
10	23.1	1496.0	1215.3	94.2					0.0065
36	23.9	1593.0	1285.7	99.7					0.0058
56	24.1	1598.0	1287.7	99.8					0.0033

	Penetración (in):								
	0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.3
Comp. (%)	Esfuerzo (psi):								
94	0.0	93.0	196.0	269.0	321.0	416.0	505.0	593.0	681.0
100	0.0	107.0	247.0	387.0	490.0	637.0	777.0	877.0	976.0
100	0.0	402.0	666.0	873.0	1056.0	1490.0	1910.0	2142.0	2373.0

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE DE LAS ABCISAS PARA CORREGIR

LAS INFLEXIONES DE LAS CURVAS:

Compactación	CBR
94	36.0000
100	75.0000
100	75.0000

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 57. CBR de Banco el coyol

Edicro S.A.	METODO DE ENSAYO	REPORTE:
	Relación Soporte de California (CBR)	

Banco de préstamo el coyol

Proyecto: Empalme Terrabona - Terrabona (17.163 Km)			
Cliente:	**MTI** Edicro S.A	**Fecha de ensayo:**	**22-jul-11**
Estación:	**4+500, 1200 m izquierda**	**Espesor de la capa (cm):**	**300.00 cm.**
Sondeo:	**1,2 y 3**		

Método de Ensayo: **AASHTO T 193-99 (2003)**

Humedad óptima:	15.1	Densidad seca máx. (Kg/m 3):	12 63	HINCHAMIENTO (%)	0.005 1%				
Golpes	Hum. lograda (%)	γ humedad (Kg/m 3)	) γ seca (Kg/m 3)	Comp. (%)	1 D	2 D	3 D	4 D	Hinchamiento total (%)
10	23.5	1391.0	1126.3	89.2					0.0065
36	23.9	1468.0	1184.8	93.8					0.0058
56	24.6	1479.5	1187.4	94.0					0.0033

	Penetración (in):								
	0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.3
Comp. (%)	Esfuerzo (psi):								
89	0.0	91.0	184.0	254.0	315.0	402.0	501.0	521.0	812.0
94	0.0	97.0	213.0	374.0	445.0	612.0	712.0	847.0	914.0
94	0.0	141.0	584.0	841.0	1021.0	1452.0	1613.0	217.0	2301.0

EN EL EJE DE LAS ABCISAS PARA CORREGIR

LAS INFLEXIONES DE LAS CURVAS:

Compactación	CBR
89	40.0000
94	40.0200
94	40.0200

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 58. CBR de Banco el Quiñason

Edicro S.A.	METODO DE ENSAYO	REPORTE:
	Relación Soporte de California (CBR)	

Banco de préstamo el Quiñason

Proyecto: Empalme Terrabona - Terrabona (17.163 Km)			
Cliente:	MTI Edicro S.A.	Fecha de ensayo:	22-jul-11
Estación:	5+140, 1000 metro hacia jícaro	Espesor de la capa (cm):	300.00 cm.
Sondeo:	1,2 y 3		

Método de Ensayo: AASHTO T 193-99 (2003)

Humedad óptima:	19.7	Densidad seca máx. (Kg/m^3):	138 1	HINCHAMIENTO (%)	0.058 7%			
Golpes	Hum. lograda (%)	γ humedad (Kg/m^3)	γ seca (Kg/m^3)	Comp. (%)	1 D	2 D	3 D	4 D	Hinchamiento total (%)
10	20.2	1492.0	1241.4	89.9					0.0776
36	21.9	1586.5	1301.5	94.2					0.0591
56	20.6	1652.0	1369.8	99.2					0.0393

	Penetración (in):								
	0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.3
Comp. (%)	Esfuerzo (psi):								
90	0.0	94.0	198.0	254.0	324.0	411.0	500.0	562.0	623.0
94	0.0	106.0	245.0	374.0	452.0	621.0	701.0	821.0	911.0
99	0.0	345.0	664.0	821.0	1004.0	1245.0	1947.0	2110.0	2361.0

: *EN EL EJE DE LAS ABCISAS PARA CORREGIR LAS INFLECCIONES DE LA CURVA.*

:

Compactación	CBR
90	80.0000
95	85.0000
99	95.0000

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 59. Estabilidad Marshall

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

NOTAS

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

[2] Clasificaciones del Transito
Liviano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño < 104
Mediano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño entre 104 y 106
Pesado Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño > 106

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

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

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

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

Fuente: Instituto del Asfalto, principios de pavimento de mezcla asfáltica en caliente, serie de manual Nº.22 (ms-22), pág. 98; fig. 3.19)

Tabla 60. Generalidades del software Ec AASHTO93 Ver 2.0

CONCEPCIÓN Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Octubre de 2000 – Enero de 2004.

Por:

Luis Ricardo Vásquez Varela
Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.
Universidad Nacional de Colombia.

INTRODUCCIÓN

EqAASHTO93 es un programa desarrollado en Visual Basic 6.0 para Windows. Su objetivo primordial es resolver las ecuaciones de la Guía AASHTO de Diseño de Pavimentos de 1993 para el dimensionamiento de pavimentos flexibles y rígidos.

INSTALACIÓN

El paquete de instalación de EqAASHTO93 consiste en un archivo ejecutable que orientará el proceso de extracción del instalador. El diseño de la instalación sigue los estándares de las aplicaciones de WINDOWS, así que se requiere poca experiencia para proceder exitosamente. Entre las características más favorables se encuentran la creación de un acceso directo desde el *Menú de Inicio* y la posibilidad de desinstalar el software a través de la opción *Agregar o quitar programas* del *Panel de Control.*

EqAASHTO93

Se desarrolló este programa con el fin de resolver las ecuaciones de los nomogramas de diseño de pavimentos del método AASHTO de 1993 para calcular:

1. El número estructural (SN) para pavimentos flexibles.

2. El espesor de la losa de concreto hidráulico (D) para pavimentos rígidos.

3. El número de ejes equivalentes de 18,000 libras (W18) que puede soportar una configuración particular de cualquiera de los dos tipos de pavimentos mencionados.

Este tipo de programa es relativamente popular y por eso se ha intentado hacerlo simple y eficaz sobre la base de la experiencia del autor con aplicaciones similares. Sin embargo lo mejor es que cada estudiante intente desarrollar sus propias herramientas de trabajo de acuerdo con sus gustos, necesidades y capacidades. Sobra decir que para un manejo apropiado de este programa, el usuario debe estar familiarizado con la metodología AASHTO, sobre todo en el establecimiento de los valores de entrada, y no hay un mejor documento que la Guía AASHTO para obtener tal conocimiento.

Tabla 61. Generalidades del software Ec AASHTO93 Ver 2.0

OPERACIÓN

Los pasos a seguir en el análisis de una estructura de pavimento son:

1. Defina el tipo de pavimento a analizar. **Rígido o Flexible**.

2. Seleccione la confiabilidad **(R%)** y la desviación estándar total **(So)** del diseño.

3. Defina los niveles de **serviciabilidad** inicial y final.

4. Ingrese el valor del módulo resiliente de la subrasante **(Mr)** en psi para pavimentos flexibles, o el valor del módulo de reacción de la subrasante **(k)** en pci para pavimentos rígidos.

5. Si el tipo de pavimento que se analiza es Rígido debe suministrar la siguiente información adicional:

   a. Módulo de elasticidad del concreto **(Ec)** en psi.
   b. Módulo de rotura del concreto **(Sc)** en psi.
   c. Coeficiente de transmisión de carga **(J)**.
   d. Coeficiente de drenaje **(Cd)**.

6. Especifique si el cálculo a realizar es del número estructural (SN) para pavimentos flexibles o el espesor de la losa (D) para pavimentos rígidos, o del número de ejes equivalentes de 18,000 libras (W18) que soporta una configuración estructural de cualquier tipo.

Tabla 62. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No.2 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
0 + 400	4.60m. DER.			**SONDEO No. SL - 5**																		
		0 - 20	12	100	100	86	79	70	62	51	27	14	3	31	18	13	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		20 - 45	13	100	100	100	95	91	87	82	80	71	65	44	20	24	A-7-6(12)		4	9	12	Suelos Arcillosos
		45 - 120	14	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		120 - 150	15	100	100	100	100	100	100	100	96	82	66	79	44	35	A-7-6(17)		4	9	12	Suelos Arcillosos
0 + 500	LC			**SONDEO No. SL - 6**																		
		0 - 50	16	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		50 - 150	17	100	97	93	87	79	65	49	37	24	14	30	20	10	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
0 + 600	5.30m. IZQ.			**SONDEO No. SL - 7**																		
		0 - 15	18	100	90	86	75	65	55	39	33	27	22	37	17	20	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		15 - 110	19	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		110 - 150	20	100	97	93	87	79	65	49	37	24	14	30	20	10	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
0 + 700	LC			**SONDEO No. SL - 8**																		
		0 - 10	21	100	100	88	83	77	67	49	38	27	22	36	18	18	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		10 - 150	22	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra >10"

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 63. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No 3 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
0 + 800	6.00m. DER.			SONDEO No. SL - 9																		
		0 - 17	23	100	90	86	75	65	55	39	33	27	22	37	17	20	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		17 - 110	24	100	100		100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		110 - 150	25	100	100	100	100	100	100	100	97	95	92	80	37	43	A-7-5(17)		2	2	2	Arcilla Negra
0 + 900	LC			SONDEO No. SL - 10																		
		0 - 15	26	100	100	88	83	77	67	49	38	27	22	36	18	18	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		15 - 35	27	100	100	94	89	83	82	67	55	38	30	38	17	21	A-2-6 (2)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		35 - 110	28	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		110 - 150	29	100	100	100	100	100	100	100	97	95	92	80	37	43	A-7-5(17)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 000	6.50m. IZQ.			SONDEO No. SL - 11																		
		0 - 30	30	100	90	86	75	65	55	39	33	27	22	37	17	20	A-2-6 (1)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		30 - 120	31	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		120 - 150	32	100	100	100	100	100	100	100	97	95	92	80	37	43	A-7-5(17)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 100	LC			SONDEO No. SL - 12																		
		0 - 25	33	100	94	90	83	75	68	58	53	43	25	39	21	18	A-2-6(20)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		25 - 120	34	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		120 - 150	35	100	100	100	100	100	100	100	94	89	70	81	42	39	A-7-5(18.5)		2	2	2	Arcilla Negra

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 64. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No 4 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
1 + 200	6.00m. DER.			**SONDEO No. SL - 13**																		
		0 - 25	36	100	88	81	76	71	63	49	43	36	27	36	23	13	A-2-6(16)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		25 - 140	37	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		140 - 150	38	100	100	100	100	100	100	100	99	96	91	80	34	46	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 300	LC			**SONDEO No. SL - 14**																		
		0 - 30	39	100	93	87	80	74	68	56	46	27	13	39	22	17	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		30 - 80	40	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		80 - 150	41	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 400	5.00m. IZQ.			**SONDEO No. SL - 15**																		
		0 - 20	42	100	88	81	76	71	63	49	43	36	27	36	23	13	A-2-6(16)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		20 - 90	43	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		90 - 150	44	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 500	LC			**SONDEO No. SL - 16**																		
		0 - 100	45	100	100	100	100	100	100	100	95	86	71	45	10	35	A-5 (8.2)		3	5	5	Suelos Limosos
		100 - 150	46	100	100	100	100	100	95	86	74	37	15	N.P.	N.P.		A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 65. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)
CAMINO: EMPALME TERRABONA -TERRABONA (6.00 Km.)
SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No. 5 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
1 + 600	4.00m. DER.			**SONDEO No. SL - 17**																		
		0 - 10	47	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	33	9	24	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		oct-50	48	100	93	82	73	67	60	50	42	29	24	37	11	26	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		50 - 150	49	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 700	LC			**SONDEO No. SL - 18**																		
		0 - 20	50	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		20 - 100	51	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		100 - 150	52	100	100	100	100	100	100	100	98	88	78	80	36	44	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 800	4.00m. DER.			**SONDEO No. SL - 19**																		
		0 - 20	53	100	93	86	81	75	68	56	49	33	19	29	5	24	A-1-b (0)		11	25	30	Gravas Arenosas
		20 - 150	54	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
1 + 900	LC			**SONDEO No. SL - 20**																		
		0 - 15	55	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		15 - 150	56	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 66. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No 6 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
2 + 000	4.50m. DER.			**SONDEO No. SL - 21**																		
		0 - 10	57	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
			58	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		80 - 150	59	100	100	100		100	96	90	89	83	76	68	20	48	A-7-5(16)		2	2	2	Arcilla Negra
2 + 100	LC			**SONDEO No. SL - 22**																		
		0 - 30	60	100	100	100	94	86	75	58	51	35	26	33	9	24	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		30 - 95	61	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		95 - 150	62	100	100	100	97	85	69	48	40	30	27	69	30	39	A-2-7(2.4)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
2 + 200	4.00m. IZQ.			**SONDEO No. SL - 23**																		
		0 - 15	63	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		15 - 70	64	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		70 - 150	65	92	81	67	61	52	42	26	20	15	13	42	22	20	A-2-7 (0)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
2 + 300	LC			**SONDEO No. SL - 24**																		
		0 - 25	66	100	93	78	68	55	44	28	22	16	12	33	10	23	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		25 - 100	67	92	81	67	61	52	42	26	20	15	13	42	22	20	A-2-7 (0)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 67. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No. 7 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
2 + 400	4.50m. DER.			SONDEO No. SL - 25																		
		0 - 20	68	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		20 - 70	69	100	100	91	85	77	70	48	43	40	38	29	13	16	A-6 (0.7)		7	17	23	Suelos Arcillosos
		70 - 150	70	92	81	67	61	52	42	26	20	15	13	42	22	20	A-2-7 (0)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
2 + 500	LC			SONDEO No. SL - 26																		
		0 - 35	71	92	82	65	59	53	46	35	29	20	13	33	8	25	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		35 - 110	72	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		110 - 150	73	91	88	77	70	56	44	21	14	9	7	56	26	30	A-2-7 (0)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
2 + 600	4.60m. IZQ.			SONDEO No. SL - 27																		
		0 - 10	74	100	100	94	91	84	71	52	45	33	23	31	9	22	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		oct-80	75	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		80 - 150	76	90	82	74	66	60	52	43	34	24	13	46	15	31	A-2-7 (0)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
2 + 700	LC			SONDEO No. SL - 28																		
		0 - 20	77	96	91	85	77	68	59	41	32	20	13	35	13	22	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		20 - 140	78	90	82	74	66	60	52	43	34	24	13	46	15	31	A-2-7 (0)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 68. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)
CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)
SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No. 8 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
2 + 800	4.00m. DER.			**SONDEO No. SL - 29**																		
		0 - 20	79	91	86	79	74	69	65	54	50	42	32	47	13	34	A-2-7(O.5)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
		20 - 80	80	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		80 - 130	81	100	100	100	100	100	90	51	-	50	45	59	26	33	A-7-5(7.8)		2	2	2	Arcilla Negra
		130 - 150	82	100	100	100	100	100	79	44	36	33	20	56	17	39	A-2-7(O.4)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
2 + 900	LC			**SONDEO No. SL - 30**																		
		0 - 20	83	95	87	80	69	60	51	36	30	20	12	38	18	20	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		20 - 50	84	96	91	85	77	68	59	41	32	20	13	35	13	22	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		50 - 120	85	100	100	100	100	100	100	100	99	97	95	72	10	62	A-5 (12)		3	5	5	Suelos Limosos
		120 - 150	86	96	91	85	77	68	59	41	32	20	13	35	13	22	A-2-6 (0)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
3 + 000	6.00m. IZQ.			**SONDEO No. SL - 31**																		
		0 - 35	87	100	100	98	94	91	89	85	80	79	64	41	4	37	A-5 (6)		3	5	5	Suelos Limosos
		35 - 110	88	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
		110 - 150	89	100	100	84	74	68	63	54	48	41	38	66	44	22	A-7-6(5.5)		4	9	12	Suelos Arcillosos
3 + 100	LC			**SONDEO No. SL - 32**																		
		0 - 25	90	100	100	97	93	87	81	73	70	49	33	43	20	23	A-2-7(1.8)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
		25 - 150	91	100	100	100	100	100	9	96	86	49	36	44	16	28	A-7-6(1.4)		4	9	12	Suelos Arcillosos

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 69 Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No. 9 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION	CBR A COMPACT.				OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
3 + 200	3.00m. DER.			**SONDEO No. SL - 33**																		
		0 - 30	92	100	91	81	73	68	62	59	55	40	31	43	20	23	A-2-7(1.6)		8	17	27	Grava Arena Arcillosa
		30 - 150	93	100	100	96	92	88	81	67	50	27	21	40	18	22	A-2-6(0.5)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
3 + 300	LC			**SONDEO No. SL - 34**																		
		0 - 20	94	100	100	96	89	84	76	63	53	40	34	50	2	48	A-2-5 (0)		7	9	15	Gravas Areno Limosas
		20 - 50	95	100	96	88	84	81	77	67	58	49	45	47	18	29	A-7-6(4.8)		4	9	12	Suelos Arcillosos
		50 - 100	96	100	100	96	89	84	76	63	53	40	34	50	2	48	A-2-5 (0)		7	9	15	Gravas Areno Limosas
		100 - 150	97	100	100	100	100	100	100	100	99	96	84	74	9	65	A-5 (12)		3	5	5	Suelos Limosos
3 + 400	3.50m. IZQ.			**SONDEO No. SL - 35**																		
		0 - 150	98	100	92	81	73	66	56	40	21	11	7	25	7	18	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
3 + 500	LC			**SONDEO No. SL - 36**																		
		0 - 20	99	100	96	88	84	81	77	67	58	49	45	47	18	29	A-7-6(4.8)		4	9	12	Suelos Arcillosos
		20 - 40	100	100	100	96	89	84	76	63	53	40	34	50	2	48	A-2-5 (0)		7	9	15	Gravas Areno Limosas
		40 - 55	101	100	100	98	96	92	87	77	65	37	27	31	8	23	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		55 - 70	102	100	100	98	96	92	87	77	65	37	27	31	8	23	A-2-4 (0)		9	21	25	Gravas Areno Limosas
		70 - 120	103	100	100	100	100	100	100	100	100	97	89	43	16	27	A-7-6(11.1)		4	9	12	Suelos Arcillosos
		120 - 150	104	100	100	100	100	100	100	100	100	87	68	46	18	28	A-7-6(10.8)		4	9	12	Suelos Arcillosos

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 70. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No.10 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
				SONDEO No. SL - 37																		
3 + 600	3.00m. DER.	0 - 15	105	100	100	97	95	90	85	74	68	51	37	23	7	16	A-4 (0)		5	7	9	Suelos Limosos
		15 - 80	106	100	100	98	97	96	93	76	61	35	29	36	13	23	A-2-6(0.3)		5	7	10	Grava Arena Arcillosa
		80 - 150	107	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(20)		2	2	2	Arcilla Negra
				SONDEO No. SL - 38																		
3 + 700	LC	0 - 35	108	100	100	100	100	100	100	100	100	97	89	43	16	27	A-7-6(11.1)		4	9	12	Suelos Arcillosos
		35 - 70	109	100	95	91	89	86	81	66	63	60	58	49	2	47	A-5(5)		3	5	5	Suelos Limosos
		70 - 150	110	100	95	91	89	86	81	66	63	60	58	49	2	47	A-5 (5)		3	5	5	Suelos Limosos
				SONDEO No. SL - 39																		
3 + 800	4.00m. IZQ.	0 - 30	111	100	94	81	72	65	58	48	43	29	21	42	19	23	A-2-7(0.6)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
		30 - 90	112	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	49	29	A-7-5(2.5)		5	6	8	Arcilla Negra
		90 - 150	113	100	100	100	100	100	100	100	100	96	83	61	35	26	A-7-6(20)		4	7	9	Suelos Arcillosos
				SONDEO No. SL - 40																		
3 + 900	LC	0 - 40	114	100	100	86	78	71	61	42	37	19	13	39	16	23	A-2-6 (0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		40 - 150	115	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	49	29	A-7-5 (20)		5	6	8	Arcilla Negra

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 71. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No.11 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
				SONDEO No. SL - 41																		
4 + 000	4.00m. DER.	0 - 30	116	100	94	81	72	65	58	48	43	29	21	42	19	23	A-2-6(0.6)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		30 - 70	117	100	100	100	100	100	100	100	97	80	68	43	20	23	A-7-6(11.1)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		70 - 110	118	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	29	49	A-7-5(16.0)		5	6	8	Arcilla Negra
		110 - 150	119	100	94	81	72	65	58	48	43	29	21	42	19	23	A-7-6(7.6)		4	7	9	Suelos Arcillosos
				SONDEO No. SL - 42																		
4 + 100	LC	0 - 15	120	100	93	82	75	65	56	40	35	22	15	38	17	21	A-2-6 (0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		15 - 150	121	94	87	85	83	78	71	57	52	35	25	42	13	29	A-2-7 (03)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 43																		
4 + 200	3.00m. IZQ.	0 - 20	122	100	100	97	94	92	90	88	86	73	61	42	18	24	A-7-6(8.7)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		20 - 60	123	100	100	100	100	100	100	100	97	80	68	43	20	23	A-7-6(11.1)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		60 - 150	124	100	100	100	96	86	71	53	50	35	22	44	3	41	A-2-6(0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 44																		
4 + 300	LC	0 - 15	125	100	93	82	75	65	56	40	35	22	15	38	17	21	A-2-6 (0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		15 - 70	126	100	100	98	92	89	87	84	82	70	59	40	16	24	A-7-6 (7.9)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		70 - 150	127	94	87	85	83	78	71	57	52	35	25	43	12	31	A-2-7-(0.3)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 72. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No.12 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
				SONDEO No. SL - 45																		
4 + 400	3.50m. DER.	0 - 20	128	100	93	82	75	65	56	40	35	22	15	38	17	21	A-2-6 (0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		20 - 65	129	100	100	96	91	83	75	61	58	42	28	42	19	23	A-2-6 (1.2)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		65 - 150	130	94	87	85	83	78	71	57	52	35	25	43	12	31	A-2-7 (0.3)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 46																		
4 + 500	LC	0 - 20	131	100	100	97	94	92	90	88	86	73	61	48	18	30	A-7-6(8.7)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		20 - 50	132	100	98	89	85	79	71	58	55	42	35	45	21	24	A-2-7 (2.2)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
		50 - 80	133	100	100	100	100	100	100	100	97	80	68	43	20	23	A-7-6(11.1)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		80 - 120	134	100	100	100	100	100	100	100	97	80	68	43	20	23	A-7-6(11.1)		4	7	9	Suelos Arcillosos
				SONDEO No. SL - 47																		
4 + 600	3.50m. IZQ.	0 - 100	135	100	100	100	93	89	82	72	68	48	35	51	22	29	A-2-7(2.4)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
		100 - 150	136	100	100	90	87	84	80	65	63	52	45	46	18	28	A-7-6(4.7)		4	7	9	Suelos Arcillosos
				SONDEO No. SL - 48																		
4 + 700	LC	0 - 20	137	100	98	86	81	75	68	53	48	35	28	39	22	17	A-2-6 (1.6)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		20 - 150	138	100	100	100	96	86	71	53	50	35	22	44	3	41	A-2-6 (0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 49																		
4 + 800	3.00m. IZQ.	0 - 150	139	100	98	76	61	52	41	31	28	21	15	38	4	34	A-2-4 (0)		7	16	21	Grava Areno Limosos

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 73. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)
CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)
SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No.13 de 14

Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
				SONDEO No. SL - 50																		
4 + 900	LC	0 -25	140	100	98	86	81	75	68	53	48	35	28	39	22	17	A-2-6(1.6)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		25 - 50	141	100	100	96	90	81	74	62	58	42	33	47	28	19	A-2-7 (3)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
		50 - 150	142	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	49	29	A-7-5 (2.0)		5	6	8	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 51																		
5 + 000	5.00m. DER.	0 - 25	143	100	98	86	81	75	68	53	48	35	28	39	22	17	A-2-6(1.6)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		25 - 80	144	100	95	89	79	69	59	49	45	35	29	45	25	20	A-2-7 (2.2)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
		80 - 150	145	100	100	100	100	100	100	100	98	95	93	78	49	29	A-7-5(20)		5	6	8	Arcilla Negra
				SONDEO No. SL - 52																		
5 + 100	LC	0 - 150	146	100	97	79	62	54	45	33	27	18	13	30	10	20	A-2-4 (0)		7	16	21	Grava Areno Limosos
				SONDEO No. SL - 53																		
5 + 200	4.30m. IZQ.	0 - 70	147	100	94	74	59	50	43	35	31	24	19	33	13	20	A-2-6 (0.2)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
		70 - 150	148	100	100	100	99	98	95	77	71	48	38	38	18	20	A-6 (1.8)		7	8	9	Suelos Arcillosos
				SONDEO No. SL - 54																		
5 + 300	LC	0 - 100	149	100	97	79	62	54	45	33	27	18	13	30	10	20	A-2-4 (0)		7	16	21	Grava Areno Limosos
		100 - 150	150	100	100	100	100	100	100	100	100	95	79	67	30	37	A-7-5 (20)		5	6	8	Arcilla Negra

Fuente: facilitado por EDICRO S.A

Tabla 74. Resultados de ensayes

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA MEJORAMIENTO DEL CAMINO EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Kms.)

CAMINO: EMPALME TERRABONA - TERRABONA (6.00 Km.)

SONDEOS EN: Eje de camino

TECNICO LABORATORISTA: ADOLFO VASQUEZ

Hoja No.14 de 14

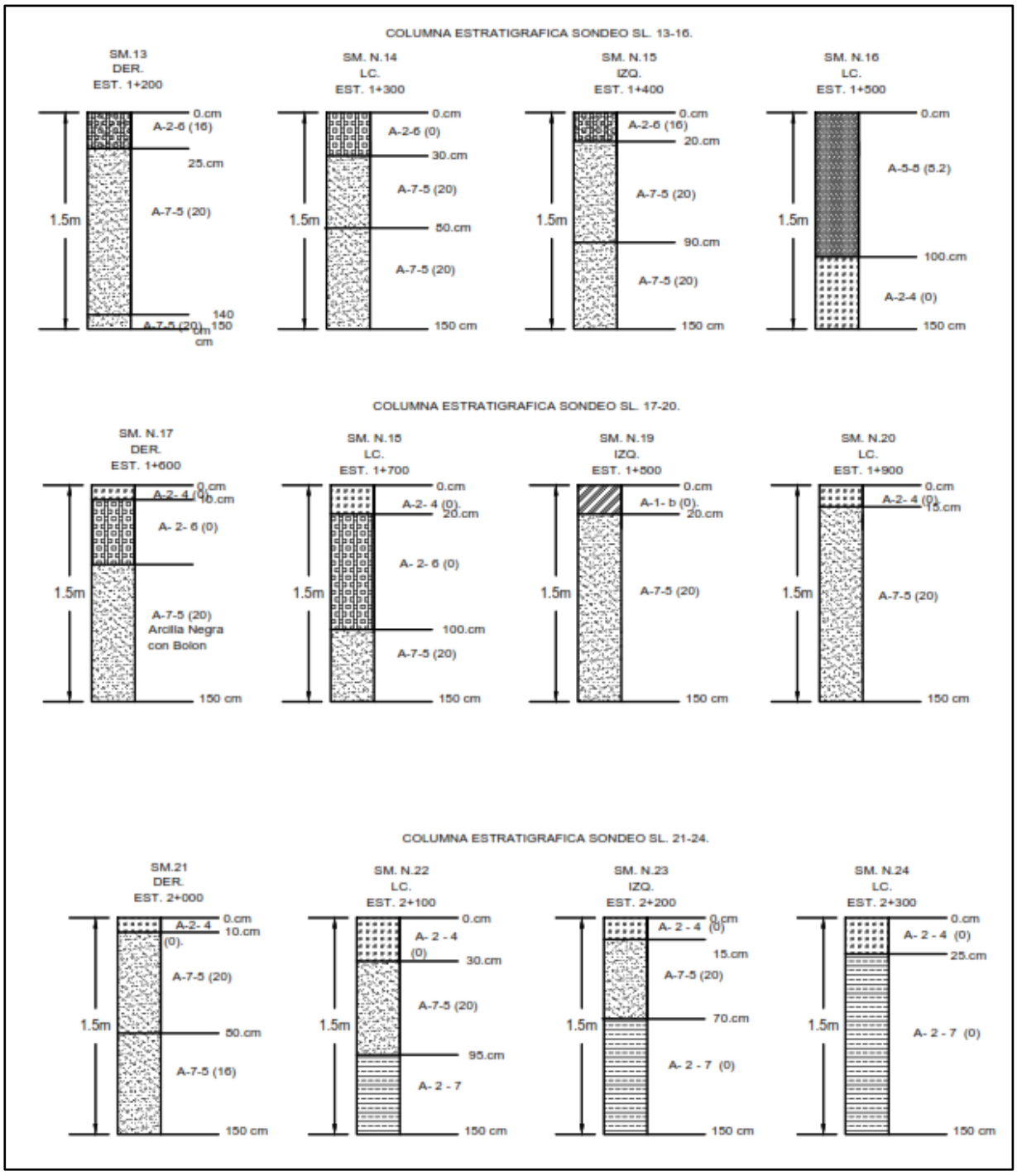
Fecha: 22 de JULIO del 2011

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELOS

ESTACION	UBICACION	PROFUND.	MTRA.	QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	L.P.	I.P.	CLASIFICACION		CBR A COMPACT.			OBSERVACIONES
Km	Metros	Cms.	No.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	# 4	# 10	# 40	#200	%	%	%	H.R.B.	S.U.C.S.	90	95	100	
				SONDEO No. SL - 55																		
5 + 400	3.50m. DER.	0 -20	151	100	100	100	93	89	86	78	76	59	44	58	32	26	A-7-6(8.4)		4	7	9	Suelos Arcillosos
		20 - 150	152	100	100	96	90	81	74	62	58	42	33	47	28	19	A-2-7 (3.2)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 56																		
5 + 500	LC	0 - 60	153	100	100	93	78	70	59	44	39	28	22	42	20	22	A-2-7(0.71)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
		60 - 150	154	100	100	96	90	81	74	62	58	42	33	47	28	19	A-2-7 (3.2)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 57																		
5 + 600	3.50m. IZQ.	0 - 150	155	100	100	98	96	87	72	53	50	40	34	44	19	25	A-2-7 (2)		8	16	19	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 58																		
5 + 700	LC	0 - 150	156	100	100	95	88	77	65	50	44	33	29	38	12	26	A-2-6 (0)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa
				SONDEO No. SL - 59																		
5 + 800	3.50m. DER.	0 - 150	157	100	100	98	90	91	68	52	41	15	9	50	46	4	A-2-5 (0)		7	9	15	Grava Areno Limosos
				SONDEO No. SL - 60																		
5 + 900	LC	0 - 10	158	100	90	75	72	64	56	42	35	19	13	26	16	10	A-2-4 (0)		7	16	21	Grava Areno Limosos
		oct-40	159	100	95	91	85	76	67	54	48	30	21	27	20	7	A-2-4 (0)		7	16	21	Grava Areno Limosos
		40 - 150	160	100	100	100	95	91	86	75	71	48	35	39	23	16	A-2-6(1)		7	12	21	Grava Arena Arcillosa

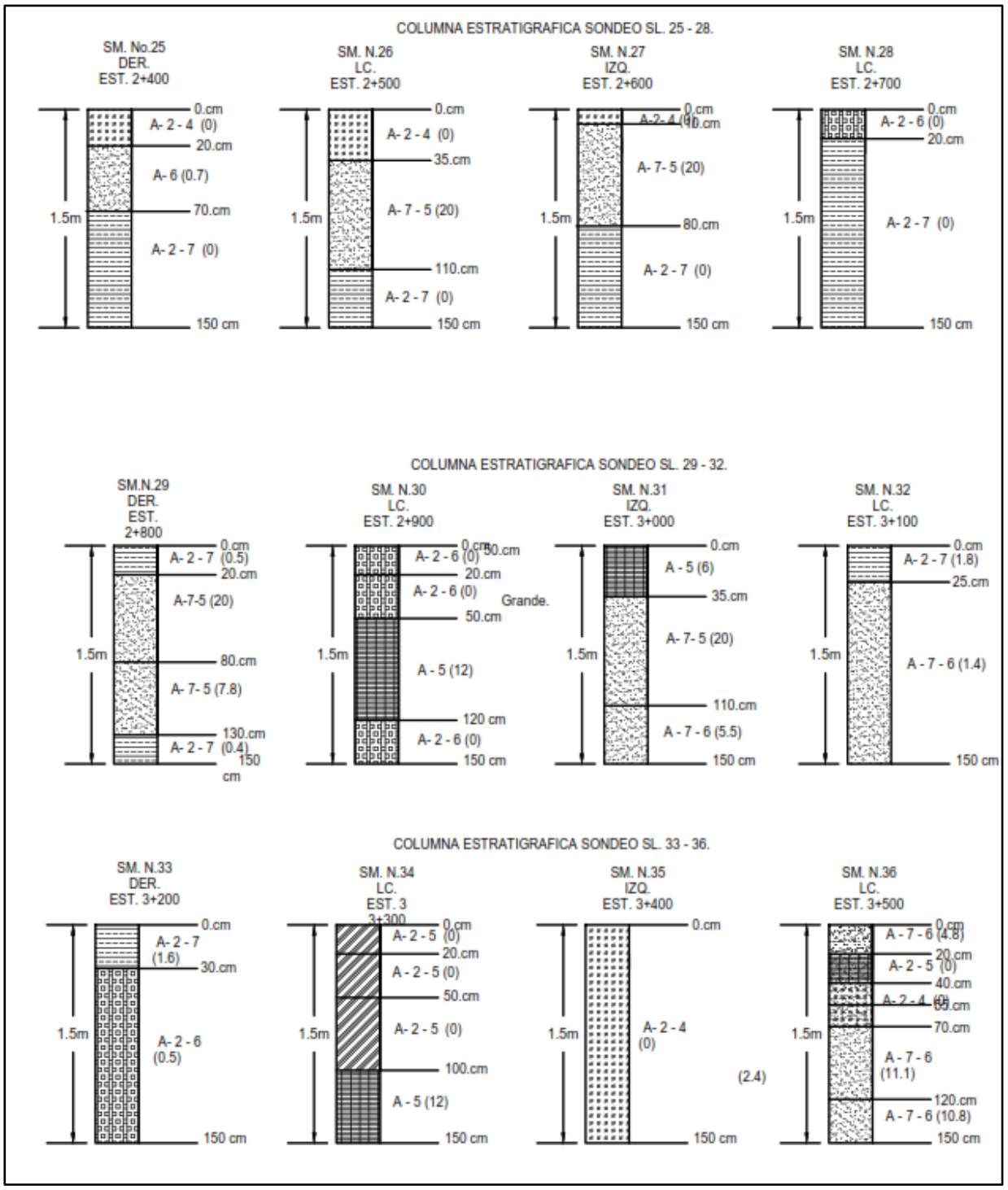
Fuente: Facilitado por EDICRO S.A

Figura 16. Columna estratigráfica (Sondeo N° 13 al Sondeo N°.24)



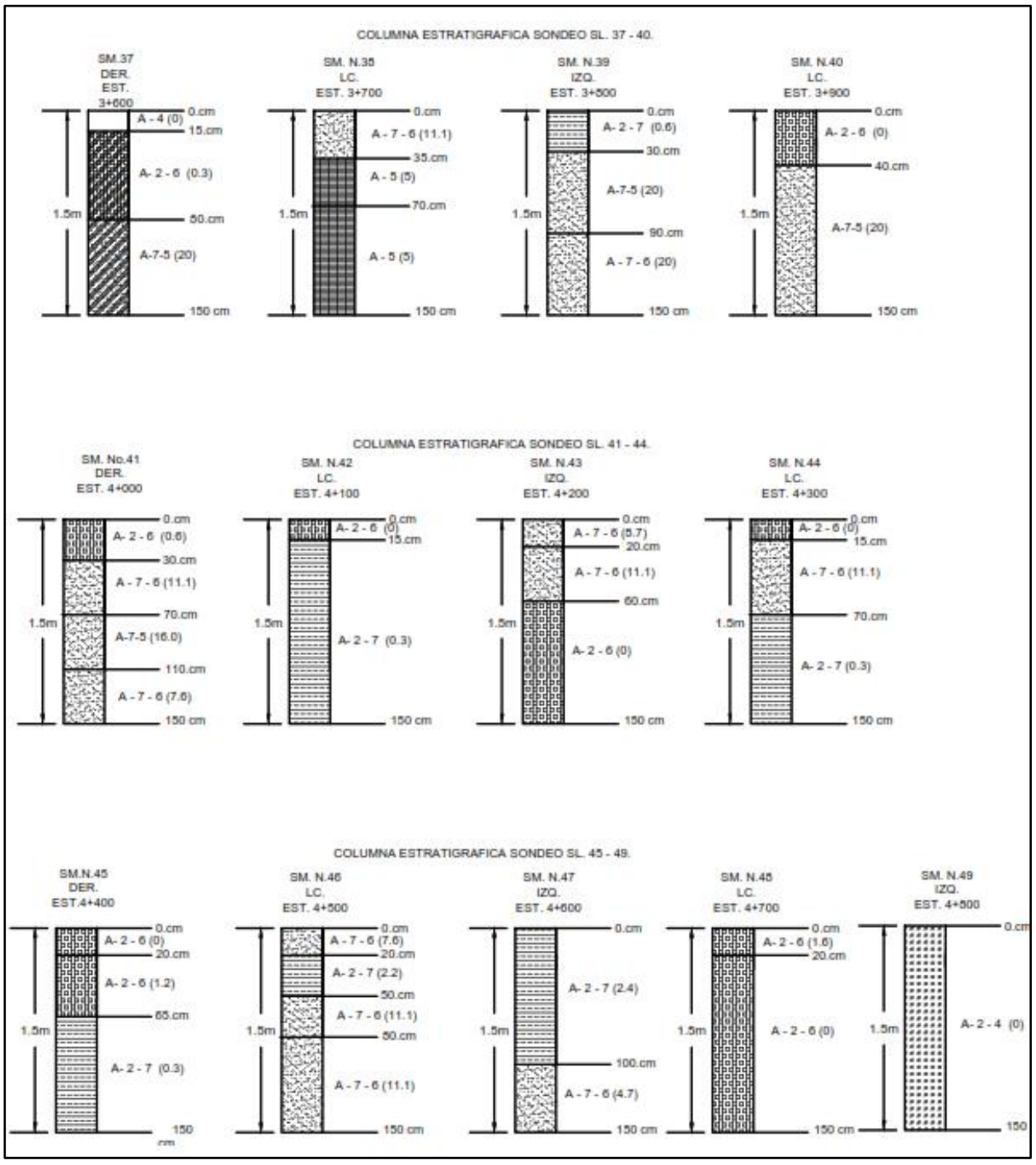
Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 17. Columna estratigráfica (Sondeo N° 25 al Sondeo N°.36)



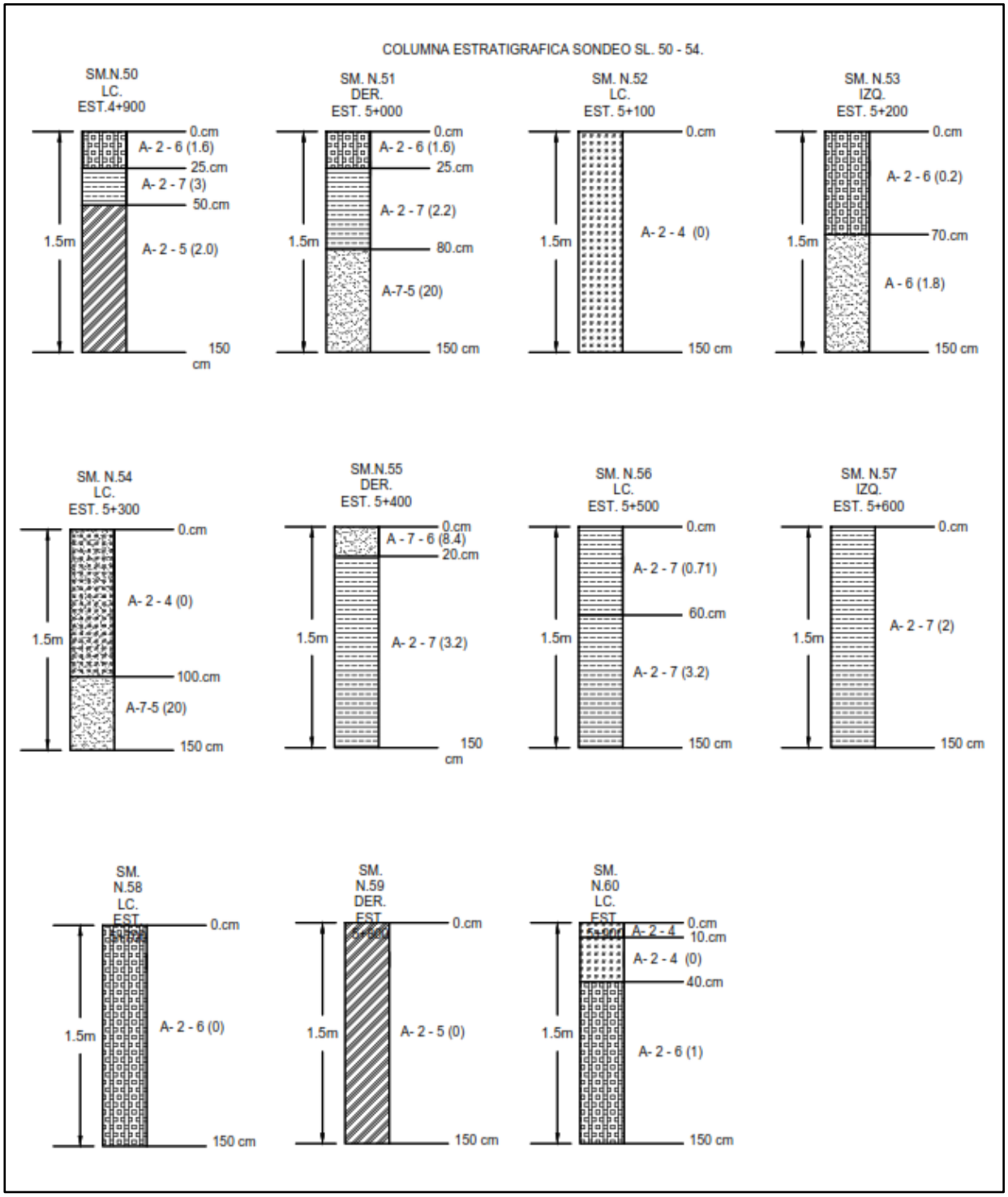
Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 18. Columna estratigráfica (Sondeo N° 37 al Sondeo N°.49)



Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 19. Columna estratigráfica (Sondeo N° 50 al Sondeo N°.60)



Fuente: Elaborado por sustentantes