



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DESARROLLO DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA EL USO DEL SOFTWARE
“DISPAV-5 3.0”, APLICADA EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingenieros Civiles

AUTORES: José Alcides Chanaluisa Quishpe
Aldo Ariel Chandi Ángulo

TUTOR: Hugo Patricio Carrión Latorre

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, José Alcides Chanaluisa Quishpe con documento de identificación N° 1500886278 y Aldo Ariel Chandi Angulo con documento de identificación N° 0401830336; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



José Alcides Chanaluisa Quishpe
1500886278



Aldo Ariel Chandi Angulo
0401830336

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, José Alcides Chanaluisa Quishpe con documento de identificación N° 1500886278 y Aldo Ariel Chandi Angulo con documento de identificación N° 0401830336 ; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Desarrollo de una guía práctica para el uso del software “dispav-5 3.0”, aplicada en un pavimento flexible” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



José Alcides Chanaluisa Quishpe
1500886278



Aldo Ariel Chandi Ángulo
0401830336

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N° 0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA EL USO DEL SOFTWARE “DISPAV-5 3.0”, APLICADA EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, realizado por José Alcides Chanaluisa Quishpe con documento de identificación N° 1500886278 y por Aldo Ariel Chandi Ángulo con documento de identificación N° 0401830336, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre MSc.

0603015728

DEDICATORIA

A mi madre por impulsarme hasta este punto, a mi hermano y a su esposa que han sido un apoyo inquebrantable en todo este proceso académico, por haber depositado su confianza en mí, si no, esto no se hubiese hecho realidad.

Quiero dedicarles este trabajo de titulación por ser las personas que más quiero, y han sido una parte fundamental en este proceso para llegar a obtener este logro, el cual ha sido de mucho sacrificio tanto para ellos como para mí, al tener que haber salido de mi ciudad y buscar la manera para poder forjarme como profesional, les dedico este trabajo por que siempre estuvieron para mí, en todo momento impulsándome con su apoyo en los momentos más difíciles de la carrera y ser esa mano amiga la cual a pesar de algún momento de este largo proceso no haber retribuido a su confianza pero no me dieron la espalda y supieron darme ese aliento necesario para no desmayar y llegar a este punto de mi vida.

Mi hermano dedicarle de manera muy especial por haber sido como un padre para todos nosotros y haberme dado la posibilidad de cumplir este sueño y llenarlo de orgullo, por esto y muchas cosas mas le dedico este trabajo de titulación.

José Alcides Chanaluisa Quishpe

DEDICATORIA

A mi madre querida, que ha sido un pilar enorme en mi vida, desde mi niñez hasta la persona que hoy en día soy.

A ella es la dedicatoria de todos mis logros obtenidos, con sus valores inculcados, con sus palabras de amor y comprensión para que pueda tener una meta clara en mi vida. Siempre me inculcó una frase que me ha marcado en mi vida “SOY UN TRIUNFADOR” y cada vez que me sentía deprimido o sin fuerzas siempre estuvo ella para motivarme como siempre lo hace.

Ella fue la persona que me enseñó lo que es el respeto, la honradez, la generosidad y sobre todo la humildad, ella es la definición de todos los valores.

Le dedico ha ella porque ha sido una mujer muy trabajadora que todos los días trabaja para que no me haga falta nada, es una mujer valiente que ha pesar de no tener todas las posibilidades del mundo, pero me ha dado todo lo necesario para poder formarme como profesional.

Es una mujer que la vida le ha tratado fuerte, pero no por eso se ha dejado vencer o ha dejado de pensar en sus hijos y en especial a mí, porque siempre me ha dicho que me quiere ver triunfando.

Aldo Ariel Chandi Ángulo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero darle gracias a Dios por darme la sabiduría y fuerzas necesarias para lograr esta meta en mi vida, agradecerles a quienes formaron parte de este proceso educativo mi madre Celia Quishpe quien siempre estuvo en todo momento pendiente de mí, mi hermano Juan Carlos y su esposa Daniela por estar siempre ahí apoyándome para seguir en este proceso educativo, mis demás hermanos David, Leonardo, Johana y Diana quienes de alguna u otra forma me apoyaron en este proceso académico, mis sobrinos Juan Emilio, Luan Santiago, Paulette y Charlotte por su amor hacia mí, a mis compañeros que de una u otra forma formaron parte de este proceso convirtiéndose en algún momento como parte de mi familia y por ultimo a la universidad por haberme permitido concluir este largo proceso de preparación académica.

José Alcides Chanaluisa Quishpe

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a nuestro Padre Dios, que gracias a él las cosas son posibles en nuestro mundo terrenal.

Además, quiero agradecer a mi familia que cada día me han ayudado con un granito de arena para mi formación personal. A mi padre porque me ha dado un lugar dónde vivir, en todo mi proceso de vida estudiantil. A mis hermanas que siempre se han preocupado en mis necesidades, en mi estado de ánimo que con sus mensajes me ayudan a ser una persona fuerte para no tener debilidades y no pensar en cosas negativas que afecten a mi vida de formación.

Agradecerle de igual manera a mi madre, que siempre me ha inculcado una vida espiritual bien fundamentada y me tiene presente en todas sus oraciones, que gracias a eso he tenido múltiples bendiciones en mi vida.

También quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana que desde el primer día que me han tratado de la mejor manera, a mis profesores que me han compartido sus enseñanzas para que así me pueda formar como profesional.

Aldo Ariel Chandi Ángulo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Problema de estudio.....	1
1.2.1. Antecedentes	1
1.2.2. Importancia y alcance	2
1.2.3. Delimitación.....	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Estructura de la vía.....	5
2.2. Tipos de Pavimentos	6
2.3. Pavimentos Flexibles	6
2.4. Pavimentos Rígidos	8

CAPÍTULO III	9
METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo de Investigación	9
3.2. Metodología	9
3.3. Técnicas de Recolección de Información.....	9
3.4. Proceso Técnico de Ingeniería Civil	9
CAPÍTULO IV	11
DESARROLLO DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA EL USO DEL SOFTWARE	
“DISPAV-5 3.0”, APLICADA EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE	11
4.1. Parte 1: Introducción al software “dispav-5 3.0.”	11
4.2 Parte 2: Introducción de datos e interpretación en el software “dispav-5 3.0.”	14
4.3 Parte 3: Ejercicio de aplicación	18
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información tráfico diario	19
Tabla 2. Tasa de crecimiento anual.....	19
Tabla 3. Tránsito promedio diario anual.....	21
Tabla 4. Información TPDA	22
Tabla 5. Información porcentaje vehicular	25
Tabla 6. Valores del CBR	42
Tabla 7. Espesores calculados manualmente con AASHTO-93.....	57
Tabla 8. Tpdá proyectado en años	62
Tabla 9. Factores de daño	63
Tabla 10. TPDA según tipo de vehículos	63
Tabla 11. Periodos de diseño dependiendo el tipo de carreteras	64
Tabla 12. Tránsito promedio diario.....	64
Tabla 13. Tasa de de crecimiento anual.....	66
Tabla 14. Tasas de crecimiento vehicular	68
Tabla 15. Tráfico promedio anual dos sentidos	69
Tabla 16. Cálculo del total de vehículos para el diseño.....	71
Tabla 17. Crecimiento del tráfico para 20 años	72
Tabla 18. Cálculo total de vehículos de diseño tráfico futuro	75

Tabla 19. Factores de daño	75
Tabla 20. Cálculo total vehículos de diseño	76
Tabla 21. Periodo de diseño 10 años.....	77
Tabla 22. Cálculo ejes equivalentes 8.2 ton (w18)	78
Tabla 23. Resistencias del diseño	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Página principal donde descargar el software	11
Figura 2. Ventana de inicio del software	12
Figura 3. Navegación en el software	13
Figura 4. Selección de diseño	14
Figura 5. Elección de diseño.....	15
Figura 6. Selección del tránsito.....	16
Figura 7. Elección del tránsito	17
Figura 8. Introducción TPDA y tipo de camino	18
Figura 9. Tasa de crecimiento livianos	20
Figura 10. Tasa de crecimiento buses	20
Figura 11. Tasa de crecimiento camiones.....	21
Figura 12. Introducción TPDA y tipo de camino obtenidos.....	23
Figura 13. Introducción del porcentaje vehicular	24
Figura 14. Introducción de cada porcentaje vehicular.....	26
Figura 15. Tasa de crecimiento vehicular	27
Figura 16. Primera opción tasa de crecimiento vehicular.....	28
Figura 17. Segunda opción tasa de crecimiento vehicular.....	29
Figura 18. Tabla nacional de pesos y dimensiones.....	30

Figura 19. Pesos de los ejes del vehículo 2 DA.....	30
Figura 20. Tabla nacional de pesos y dimensiones.....	31
Figura 21. Pesos de los ejes del vehículo 2 DB.....	31
Figura 22. Tabla nacional de pesos y dimensiones.....	32
Figura 23. Pesos de los ejes del vehículo 3 A.....	33
Figura 24. Coeficientes de daño relativo 2 DA	34
Figura 25. Coeficientes de daño relativo 2 DB.....	35
Figura 26. Coeficientes de daño relativo 3 A	36
Figura 27. Profundidad	37
Figura 28. Tránsito en millones de ejes estándar.....	38
Figura 29. Selección de las capas de la carretera.....	39
Figura 30. Elección de las capas de la carretera	40
Figura 31. Características de los materiales CBR.....	41
Figura 32. Colocación características de los materiales CBR	43
Figura 33. Porcentaje de CBRp	44
Figura 34. Módulo de rigidez para cada capa	45
Figura 35. Módulos de rigidez sugeridos.....	46
Figura 36. Números de poisson	47
Figura 37. Nivel de confianza del proyecto.....	48
Figura 38. Determinación nivel de confianza del proyecto	49

Figura 39. Espesores proyectados en millones de ejes estándar	50
Figura 40. Comportamiento estructural bajo cargas repetidas	51
Figura 41. Resultados finales del diseño del pavimento.....	52
Figura 42. Primera opción cambiamos el módulo de carpeta.....	53
Figura 43. Cambio de módulos de rigidez.....	54
Figura 44. Comprobación cambio módulos de rigidez.....	55
Figura 45. Segunda opción cambiamos los espesores	56
Figura 46. Cambio de espesores	58
Figura 47. Comprobación cambio de espesores	59
Figura 48. Tercera opción empleamos base asfáltica	60
Figura 49. Comprobación base asfáltica.....	61
Figura 50. Línea de tendencia tráfico liviano	66
Figura 51. Línea de tendencia tráfico buses	67
Figura 52. Línea de tendencia tráfico camiones	68
Figura 53. Determinación CBR	80
Figura 54. Cálculo SN ecuación AASHTO-93.....	81
Figura 55. Gráfica espesores de cada carpeta	84
Figura 56. Pantalla inicial software “WESLEA”.....	85
Figura 57. Unidades del software “WESLEA”	86
Figura 58. Menú input, opción structure del software “WESLEA”	87

Figura 59. Ingreso de datos al software “WESLEA”	89
Figura 60. Menú input, opción loads del software “WESLEA”	90
Figura 61. Diseño general del pavimento con la distancia de eje	92
Figura 62. Ingreso de datos en el software “WESLEA”	93
Figura 63. Menú input, opción evaluation del software “WESLEA”	94
Figura 64. Ubicación de los puntos de análisis.....	95
Figura 65. Número de ubicación 1 de 4 en el software “WESLEA”	96
Figura 66. Número de ubicación 2 de 4 en el software “WESLEA”	97
Figura 67. Número de ubicación 3 de 4 en el software “WESLEA”	98
Figura 68. Número de ubicación 4 de 4 en el software “WESLEA”	99
Figura 69. Menú output, opción view output del software “WESLEA”	100
Figura 70. Resultado punto 1 de análisis del software “WESLEA”	101
Figura 71. Resultado punto 2 de análisis del software “WESLEA”	102
Figura 72. Resultado punto 3 de análisis del software “WESLEA”	103
Figura 73. Resultado punto 4 de análisis del software “WESLEA”	104
Figura 74. Resultado punto 1 de análisis del software “WESLEA”	105

RESUMEN

El programa Dispav-5 3.0. es una actualización moderna para mejorar el funcionamiento de su interrelación en la recopilación de datos y muestra de los resultados en el desarrollo de un diseño de pavimento, tanto para carreteras nuevas o ya construidas.

En nuestro medio no se dispone de una guía para la utilización del programa Dispav-5 3.0 ya que el software fue creado en México por la Universidad Nacional Autónoma de México, para el diseño de un pavimento flexible.

El objetivo del presente trabajo es la elaboración de la guía para la utilización del software “Dispav-5 3.0”, mediante los datos de una carretera real para su diseño de pavimento flexible además de la comprobación de dicho calculo. Al realizar la guía de este software, tendremos una herramienta más para realizar el diseño de un pavimento flexible.

Este software de análisis mecánico evalúa la reacción del pavimento ante las fuerzas ejercidas por los neumáticos. La respuesta del pavimento se caracteriza mediante parámetros como esfuerzo, deformación y desplazamiento. Estos resultados son valiosos para anticipar la durabilidad del pavimento en relación con la fatiga y la formación de huellas.

El programa es gratuito y se lo puede descargar ingresando en la página de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Palabras Claves: Dispav-5 3.0, diseño de pavimento, manual, guía.

ABSTRACT

The Dispav-5 3.0 program. It is a modern update to improve the performance of its interrelationship in collecting data and displaying results in the development of a pavement design, both for new and already constructed roads.

In our environment there is no guide for using the Dispav-5 3.0 program since the software was created in Mexico by the National Autonomous University of Mexico, for the design of a flexible pavement.

The objective of this work is to prepare a guide for the use of the “Dispav-5 3.0” software, using data from a real road for its flexible pavement design, in addition to the verification of said calculation. By following this software guide, we will have one more tool to design a flexible pavement.

This mechanical analysis software evaluates the reaction of the pavement to the forces exerted by the tires. The response of the pavement is characterized by parameters such as stress, deformation and displacement. These results are valuable for anticipating pavement durability in relation to fatigue and rutting.

The program is free and can be downloaded by visiting the National Autonomous University of Mexico website.

Keywords: Dispav-5 3.0, pavement design, manual, guide.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Dispav-5 3.0 para Windows es un programa interactivo que utiliza conceptos teórico-empíricos para diseñar secciones estructurales de pavimentos flexibles de caminos normales y de grandes especificaciones. Como variables de entrada, el programa utiliza la información de tránsito del proyecto y las características de los materiales de cada una de las capas que conforman la estructura. (UNAM, 2017) En 1964, el Ing. Santiago Corro desarrolló un método para el diseño de carreteras de altas especificaciones, a la par se desarrolló el sistema de cómputo Dispav-5 3.0. Existen dos versiones del software, el primero es la versión 2.0 que fue lanzado en la fecha de su creación hasta el año 2014 donde la universidad UNAM mejoró su versión 3.0, donde realizó cambios en el interfaz y en la captura de datos para la presentación de resultados del diseño de pavimentos flexibles. El lenguaje de programación para la versión 2.0 fue QBasic, su ejecución era tan complicada que se debía crear una cuenta de MS-DOS para que el programa pueda desarrollarse en sistemas operativos como Windows XP. Para la nueva versión 3.0 el lenguaje de programación fue JAVA, eso ayudó para que personas que ocupen sistemas operativos como Windows 7, Linux y otros sistemas operativos de la época actual puedan utilizar el programa sin ninguna dificultad.

1.2. PROBLEMA DE ESTUDIO

1.2.1. Antecedentes

El Software dispav-5 3.0, es una aplicación para el ordenador la cual nos ayuda con el diseño y modelación de pavimentos flexibles, es un software creado en México, por lo que en el Ecuador no se cuenta con una guía de utilización del programa, por lo que se va a realizar un

ejercicio práctico de una vía ya construida. Al desconocer como es su funcionamiento provoca que se tome mucho tiempo al momento de diseñar los pavimentos en vías convencionales, para lo cual se utiliza el software como una alternativa rápida para el diseño por lo que se desarrollará la guía práctica para evitar que los estudiantes o profesionales cometan errores al momento de su diseño.

1.2.2. Importancia y alcance

La utilización del software dispav-5 3.0, se lo realiza para poder comprobar el diseño de un pavimento y además para poder utilizar de manera correcta el programa, esto nos servirá como aprendizaje para estudiantes o profesionales que necesiten utilizarlo, además de esto tendremos una herramienta más práctica y rápida para el diseño, por otra parte no hay que darle un mal uso al programa ya que nos puede servir en un futuro para un proyecto y tanto como estudiantes como profesionales poder realizar el trabajo de una manera más óptima y eficiente.

Al desarrollar la guía práctica del uso del software pueden beneficiarse estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil que deseen tomar itinerario vial para sus trabajos en campo y reales.

1.2.3. Delimitación

La presente tesis quiere ayudar al estudiante con la correcta utilización del software dispav-5 3,0, para que de esta manera puedan utilizarlo de manera óptima y eficiente, así de esta manera darles una herramienta más para realizar sus diseños viales en pavimentos flexibles aparte de las ya existentes en el medio.

La Universidad Politécnica Salesiana no cuenta con licencia exclusiva para el uso del software a pesar de ser gratuito, ya que es perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, pero se puede obtener el software desde el portal de la misma.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el país Ecuador, la gran mayoría de su comercio, esta en constante uso de las vías terrestres, es así que estas vías se convierten en el desarrollo del mismo país en mención, es por

eso que surge esa necesidad de facilitar el diseño de las vías terrestres, donde los diseñadores realicen de manera rápida, fácil y económica que en el momento de ejecutarla sea de la misma manera.

El proyecto a realizar, tiene como propuestas buscar soluciones que sean prácticas para el diseño de pavimentos flexibles, enfocados al diseño vial, ya que en el medio en el que se vive no se ha escuchado a cerca de este software y mucho menos una guía práctica, también en las carreras de ingeniería civil en las universidades a nivel nacional es muy escaso el uso del software Dispav-5 3.0, los estudiantes solo están acostumbrados a utilizar la Norma AASHTO-93 que es lo que enseñan en las mallas curriculares, ahí nos damos cuenta la importancia del software, nos damos cuenta que es una herramienta importante que se debería añadir a los sílabos de aprendizaje para que los estudiantes vayan saliendo con esa visión a futuro y si en algún momento necesitan realizar el diseño de un pavimento flexible no tengan miedo para realizar y den uso del software..

Mediante este proyecto a realizar, los o las alumnas y/o personas profesionales podrán realizar su trabajo de manera eficaz, porque ya tendrán una guía en la cual guiarse y así tener un mejor desempeño, se deberá poner en práctica los conocimientos aprendidos en la universidad y a eso sumarle esta guía ahí se hará más fácil el uso del software. Se debe aclarar que la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con distintos laboratorios de computación donde se podría usar el software dispav-5 3.0, se deberá aprovechar que la licencia del programa es gratuito..

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Elaborar una guía práctica para el uso del Software “DISPAV 5 3.0”, mediante la comprobación de un pavimento ya ejecutado y así dar el uso correcto al Software .

1.4.2. Objetivos Específicos

Comparar los resultados que se obtienen en el Software “Dispav-5 3.0, con el software

“Weslea” para obtener más información sobre el pavimento flexible.

Comparar manualmente la información obtenida mediante el cálculo manual con la información del software “Dispav-5 3.0”.

Desarrollar una guía la cuál tendrá una metodología práctica y también ágil para el uso adecuado del Software “Dispav-5 3.0” para personas que tengan o no conocimiento sobre el tema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Estructura de la vía

Pavimento

Un pavimento es una composición de varias capas que se colocan una sobre otra, de manera relativamente plana, y se diseñan y construyen de forma técnica utilizando materiales adecuados que se compactan de manera apropiada.

Estas capas estratificadas descansan sobre la base de una carretera que se mediante la excavación se obtiene y deben ser lo suficientemente resistentes para soportar las tensiones generadas por el tráfico repetido en un período por el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Los pavimentos deben cumplir varios requisitos para los cuales fueron diseñados, que pueden ser los siguientes:

- Tener la capacidad de resistir las cargas causadas por el tráfico.
- Mantenga su resistencia frente a las condiciones climáticas.
- Tener una superficie texturizada adecuada para soportar las cargas producidas por las velocidades máximas de los vehículos, también deben ser resistentes a las deformaciones causadas por las llantas en el pavimento.
- Mostrar una superficie regular tanto en dirección transversal como longitudinal, para asegurar la comodidad de los usuarios, teniendo en cuenta las cargas y la velocidad de circulación.
- Ser duradero.
- Contar con un buen sistema de drenaje.
- Controlar de manera adecuada los sonidos generados por el contacto del neumático con el pavimento, tanto en el interior de estos (afectando a los ocupantes) como en el entorno.

- Tener un bajo costo.
- Mantener un tono de color de tal manera que no cause deslumbramientos y mucho menos reflejos, proporcionando seguridad al tráfico."

Subbase

Se refiere a una capa de material ubicada debajo de la capa de base y encima de la capa de subrasante (terreno natural). La subbase tiene varias funciones importantes en la estructura de un pavimento.

Base

Hace mención a una capa estructural importante ubicada directamente por encima de la subbase que proporciona soporte adicional a la capa de rodadura. Tiene como principal función la distribución de las cargas del tráfico de manera uniforme y resistencia a deformaciones permanentes.

2.2. Tipos de Pavimentos

Los pavimentos son una estructura los cuales se construyen por encima de la capa subrasante de una vía, con la finalidad de resistir cargas y deformaciones y se construyen de diferentes materiales dependiendo el uso y el tipo de vía.

2.3. Pavimentos Flexibles

Se refiere a los pavimentos que están compuestos de varias capas como es la base y la subrasante. Esto no quiere decir que necesariamente deben tener estas capas, ya que depende de las necesidades y particularidades de la obra.

Subbase granular

- **Función económica:** Es una contribución eficiente y económica dentro de los procesos de construcción de vías u obras civiles, ya que cumple varias funciones. La subrasante puede soportar los esfuerzos cuando han sido contruidos con materiales de la mejor

calidad, pero en este punto es mejor colocar los materiales de mejor calidad en las capas superiores, por otra parte los de menor calidad en las capas inferiores, esto se debe a que son mas económicos. A pesar de que esto nos puede dar como consecuencia colocar un espesor mas grande del pavimento, pero puede ser una opción mas rentable para la economía.

- **Capa de transición:** Cuando se realiza un diseño adecuado de la subbase cumple dos funciones importantes. Por un lado, evita que los materiales de la base se mezclen con los materiales de la subrasante, además actúa como un filtro evitando que los agregados finos de la subrasante bajen la calidad de la base y se mezcle el material.
- **Disminución de las deformaciones:** Para disminuir los cambios se debe escoger los materiales adecuados que tengan buenas propiedades de drenaje y resistencia a la compresión, manteniendo un control adecuado de las humedades para evitar la infiltración y sobre todo que haya una compactación adecuada.
- **Resistencia:** La capa subbase tiene que tener la resistencia suficiente para soportar cargas transmitidas por los diferentes vehículos mediante las capas superiores y transferirlas adecuadamente a la subbase.
- **Drenaje:** En la mayoría de casos, la subbase debería drenar el agua que pueda ingresar mediante la carpeta asfáltica o las bermas, al tiempo que evita la ascensión capilar del agua desde la subrasante.

Base granular

- **Resistencia:** Una de las principales funciones de la base granular en un pavimento es proporcionar soporte estructural, además la resistencia del pavimento bajo cargas vehiculares que circulan por la vía y transfieren de manera adecuada los esfuerzos.
- **Función económica:** La carpeta asfáltica tiene relación económica, la base granular cumple una función similar con la que la subbase cumple en relación con la base.

Carpeta

- **Superficie de rodamiento:** La carpeta asfáltica debe servir como superficie de rodadura estable y uniforme para el tráfico, con la textura y el color adecuados, además de resistir el desgaste causado por el tráfico.
- **Impermeabilidad:** En cuanto sea posible, la carpeta debe evitar que haya penetraciones de agua al interior del pavimento.
- **Resistencia:** Si hablamos de resistencia de la carpeta, es un complemento a la capacidad estructural que debería tener el pavimento.

2.4. Pavimentos Rígidos

- Son aquellos pavimentos que son construidos como un tipo de losa de hormigón que va colocado sobre la subrasante o en la subbase, su resistencia a las cargas es mayor que las del pavimento flexible, ya que cuenta con una rigidez superior y por lo tanto los esfuerzos son distribuidos de una manera uniforme a lo largo del pavimento.
- Por su alta resistencia el concreto distribuye los esfuerzos de tensión de manera uniforme, su rendimiento es satisfactorio tomando en cuenta si la subrasante presenta tramos mal compactados, este pavimento depende de la resistencia del hormigón y las capas antes colocadas, su espesor es determinado por el tipo de camino para el cual se va a construir.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

En la presente tesis, nuestra investigación se va a realizar de una forma explicativa, ya que se va a detallar cada una de las características que posee el software dispav-5 3.0. además de cada una de sus funciones detallando por medio de gráficos, tablas y el procedimiento de como ir utilizando el software para el diseño de un pavimento flexible. Para seleccionar de forma correcta las características funcionales del software como objeto de estudio detallando sus características, categorías y todas las partes que lo componen. Por ese motivo se toma este tipo de investigación como la mejor herramienta para el desarrollo de la misma.

3.2. Metodología

Es un método analítico el que se utilizará en este proyecto, ya que el objeto de estudio se va a descomponer haciendo que este sea separado en partes, con la intención de que su proceso de funcionamiento sea descrito para el mencionado diseño de pavimento flexible. El método analítico tiene como principal objetivo detallar cada una de sus partes, así realizamos un estudio respectivo de cada una de las partes. Es por eso que este método es viable para llegar a concatenar resultados y así logras desarrollar el proyecto.

3.3. Técnicas de Recolección de Información

En el proyecto a mención se realizará utilizando la técnica de documentos y registros, este consiste en revisar y analizar datos en diferentes documentos que ya existen, estos documentos los podemos encontrar en informes, registros y base de datos.

3.4. Proceso Técnico de Ingeniería Civil

Iniciaremos la guía con la respectiva introducción al software, colocando la descripción de cada área de trabajo. Registraremos de manera gráfica cada paso con su respectiva descripción,

indicando sus características y funciones principales que se necesitará para su proceso.

Estará definido con conceptos básicos y claros para que se tenga un correcto uso del software, mediante una descripción narrativa a través de imágenes. Con las indicaciones que se mencionará en la primera parte del proceso, procederemos a colocar datos para empezar con el diseño de pavimento.

En la parte final se realiza una tabla de resultados y haciendo el análisis adecuado se da por finalizada la guía del pavimento gracias a los pasos anteriormente mencionados.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA EL USO DEL SOFTWARE

“DISPAV-5 3.0”, APLICADA EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1. PARTE 1: INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE “DISPAV-5 3.0”

Como descargar el programa

Figura 1.

Página principal donde descargar el software.



Nota: La descarga del programa es gratuita ingresando al portal principal de la UNAM para su utilización debemos tener instalado la aplicación Java 8 Update 394 o alguna versión anterior.

Fuente: Los autores.

Al iniciar el software nos muestra una ventana con varias opciones, pero en la que vamos a trabajar es en DISPAV-5.

Figura 2.

Ventana de inicio del software.



Nota: DISPAV-5 al ser mexicano se encuentra sustentado en un programa extenso de investigación que fue patrocinado por Secretaría de Comunicaciones y Transportes actual, SCT, y con el Instituto de Ingeniería, UNAM. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

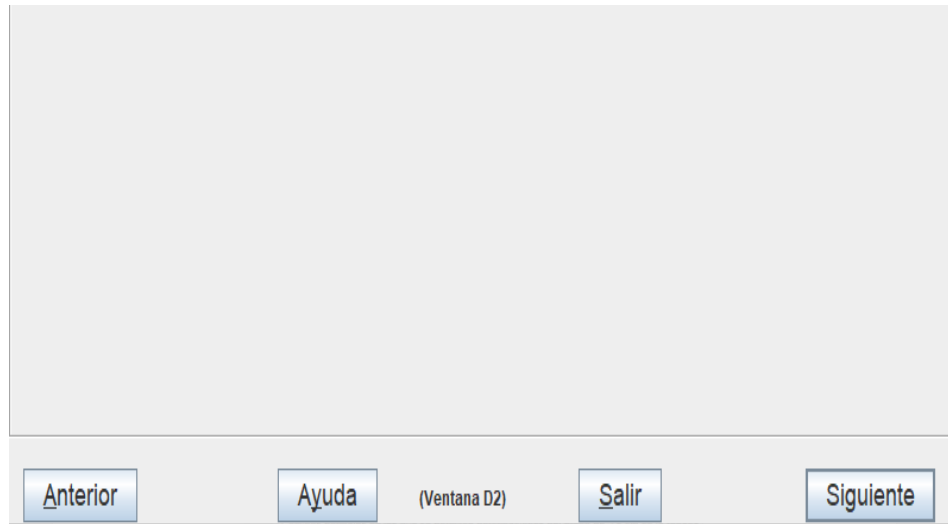
Los menús a los que se puede acceder son 3:

- **Dispav-5:** *Calculo y diseño de un pavimento flexible de caminos normales y de altas especificaciones.*
- **Revpav-5:** *Nos permite analizar pavimentos ya construidos y con todos sus valores ya calculados.*
- **Modulo-5:** *Se utilizan procedimientos de estimación de módulos de rigidez propuestos de varias instituciones.*

Menús del programa

Figura 3.

Navegación en el software.



Nota: El software nos permite varias opciones para navegar fácilmente en el software con diferentes opciones. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

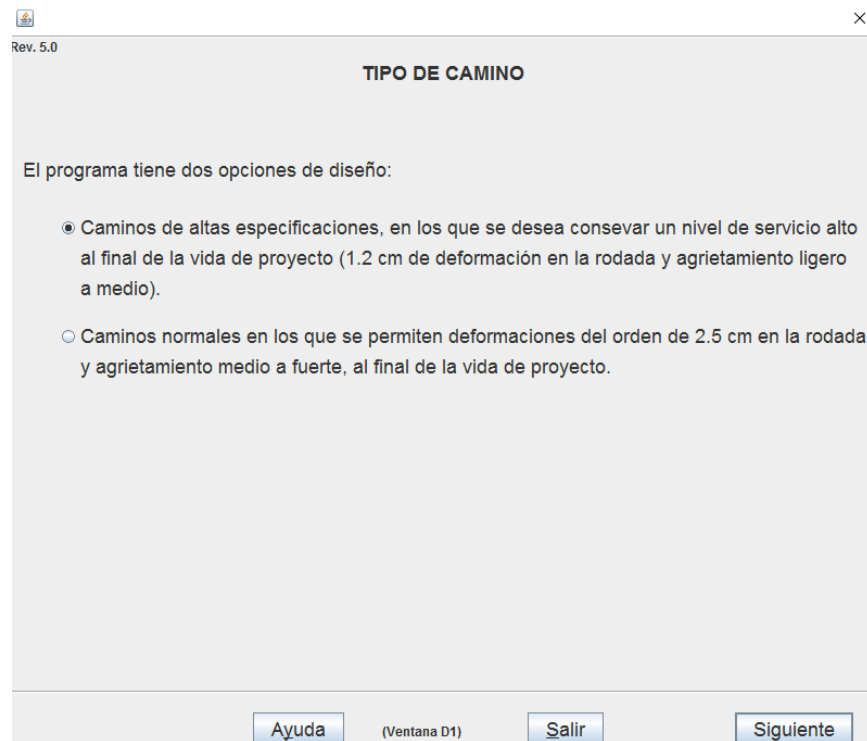
Opciones de Navegación

- **Anterior:** nos permite regresar en el programa si se colocó mal alguna información en la pantalla anterior.
- **Ayuda:** nos presenta información de la información solicitada en cada una de las pantallas del programa.
- **Siguiete:** nos permite seguir navegando en las pantallas del programa para así seguir calculando el diseño.
- **Salir:** sirve para regresar al menú principal del programa.

4.2 PARTE 2: INTRODUCCIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN EN EL SOFTWARE “DISPAV-5 3.0”

Figura 4.

Selección de diseño.

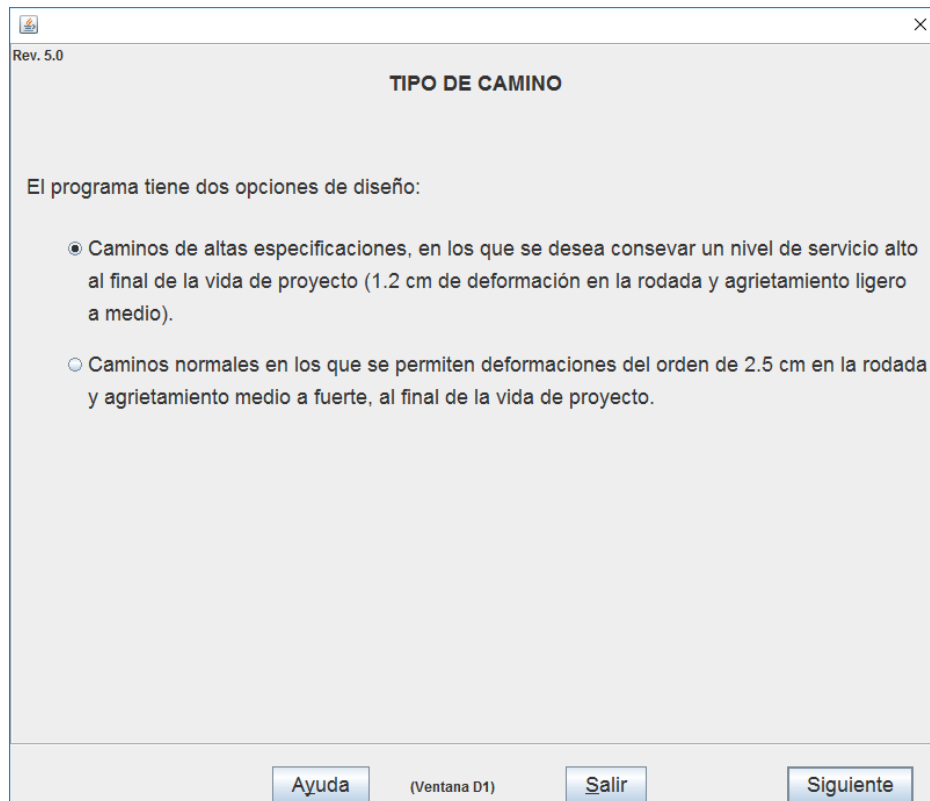


Nota: Nos da dos especificaciones para el diseño del pavimento flexible con diferentes características y poder determinar su estructura. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

- ***Caminos altas especificaciones:*** son caminos que tienen flujo considerable de tránsito.
- ***Caminos normales:*** son caminos que no se han asfaltado aún.

Figura 5.

Elección de diseño.



Nota: El tipo de diseño caminos de altas especificaciones. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Caminos de altas especificaciones es un tipo B, ya que se quiere conservar un nivel alto de serviciabilidad, al final de su vida de diseño del proyecto y además sabemos que tiene un flujo considerable de tránsito.

Figura 6.

Selección del tránsito.

Rev. 5.0

TRÁNSITO DEL PROYECTO

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas)

Tiene dos opciones para calcular el tránsito equivalente:

- Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente
- Calcularlo a partir del tránsito mezclado

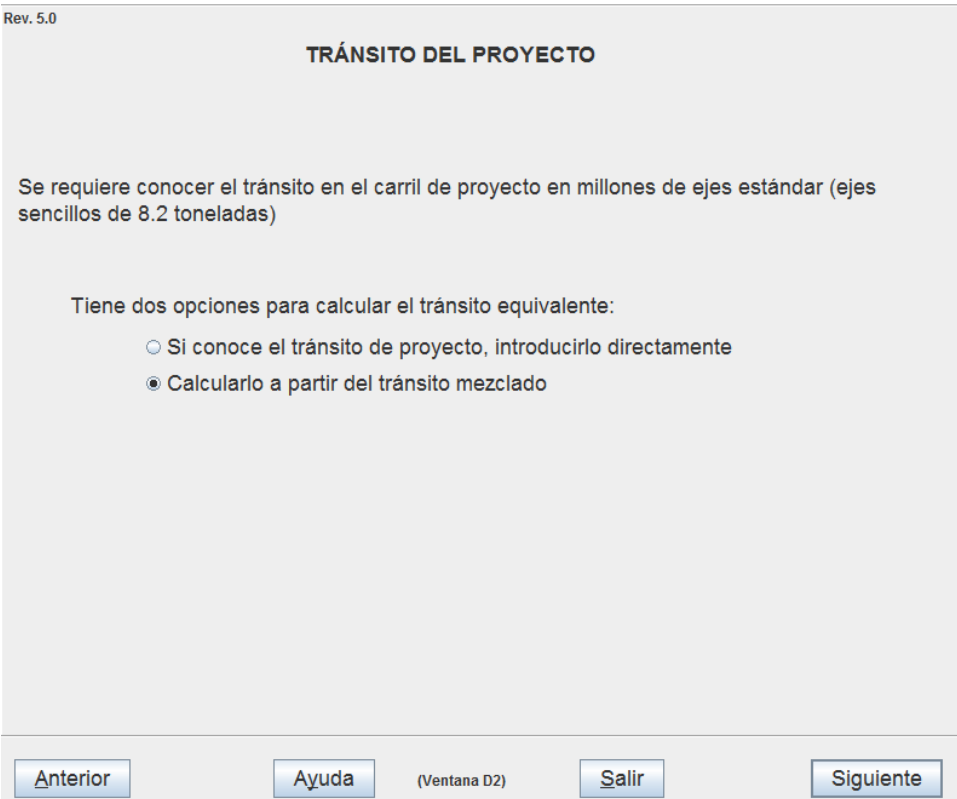
Anterior Ayuda (Ventana D2) Salir Siguiente

Nota: Nos da dos tipos de tránsito para trabajar el cual se encuentra en ESALS y por medio de ellos calcular el tránsito equivalente. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

- ***Si conoce el tránsito de proyecto. Introducirlo directamente:*** nos permite introducir el tránsito si lo conocemos en ejes estándar de 8.2 toneladas.
- ***Calcularlo a partir del tránsito mezclado:*** nos permite calcular por el tránsito conocido del proyecto en un solo carril y sabiendo que tipos de vehículos circulan por el mismo.

Figura 7.

Elección del tránsito.



Rev. 5.0

TRÁNSITO DEL PROYECTO

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas)

Tiene dos opciones para calcular el tránsito equivalente:

- Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente
- Calcularlo a partir del tránsito mezclado

Anterior Ayuda (Ventana D2) Salir Siguiente

Nota: Seleccionamos calcularlo a partir del tránsito mezclado. Elaborado por: Los autores a través de Dispav-5 3.0.

Calcularlo a partir del tránsito mezclado ya que no conocemos el tránsito del proyecto y debemos colocar los datos de manera manual.

4.3 PARTE 3: EJERCICIO DE APLICACIÓN

Figura 8.

Introducción del TPDA y tipo de camino.

Rev. 5.0

TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHÍCULOS TDPA

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril del proyecto (en vehículos) :

Tasa de crecimiento anual del tránsito en % :

Periodo de proyecto, en años :

y el tipo de camino

Utilizar Norma del decreto publicado el 7 de enero de 1997

Actualizar pesos según la Norma NOM-012-SCT-2008

(Ventana D3)

Nota: Se debe introducir los datos en cada uno de los recuadros tomando en cuenta la lo que se solicita. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

- *TPDA en el carril del proyecto (en vehículos)*
- *Tasa de crecimiento anual del tránsito en %*
- *Periodo del proyecto*

Tipo de camino

- *Utilizar Norma del decreto publicado el 7 de enero de 1997: Tienen los mismos pesos entre ellos.*
- *Actualizar pesos según la Norma MOM—SCT-2008: los pesos son diferentes de cada uno de ellos*

Tabla 1.*Información tráfico promedio diario.*

<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Tipos de Camiones</i>		
			<i>2 DA</i>	<i>2 DB</i>	<i>3 A</i>
40	10	5	10	4	1

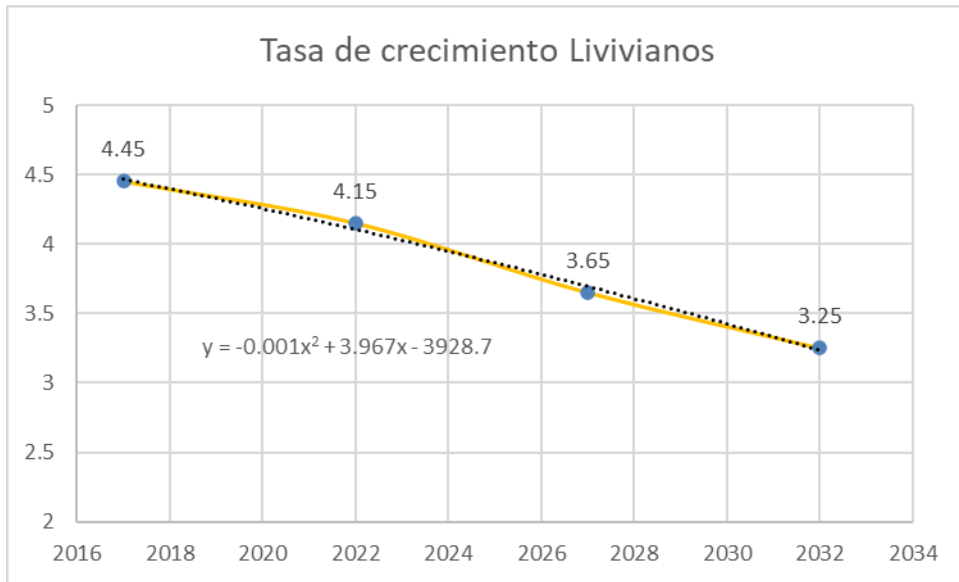
*Nota: TPDA según tipo de vehículos al día. Elaborado por: Los autores.***Tabla 2.***Tasa de crecimiento Anual.*

<i>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE TRÁFICO %</i>			
<i>PERIODO</i>	<i>LIVIANOS</i>	<i>BUSES</i>	<i>CAMIONES</i>
2012-2017	4.45	3.50	2.25
2017-2022	4.15	3.25	1.96
2022-2027	3.65	2.95	1.68
2027-2032	3.25	2.55	1.26

Nota: Tasa de crecimiento cada cinco años. Fuente: GAD Municipal El Chaco

Figura 9.

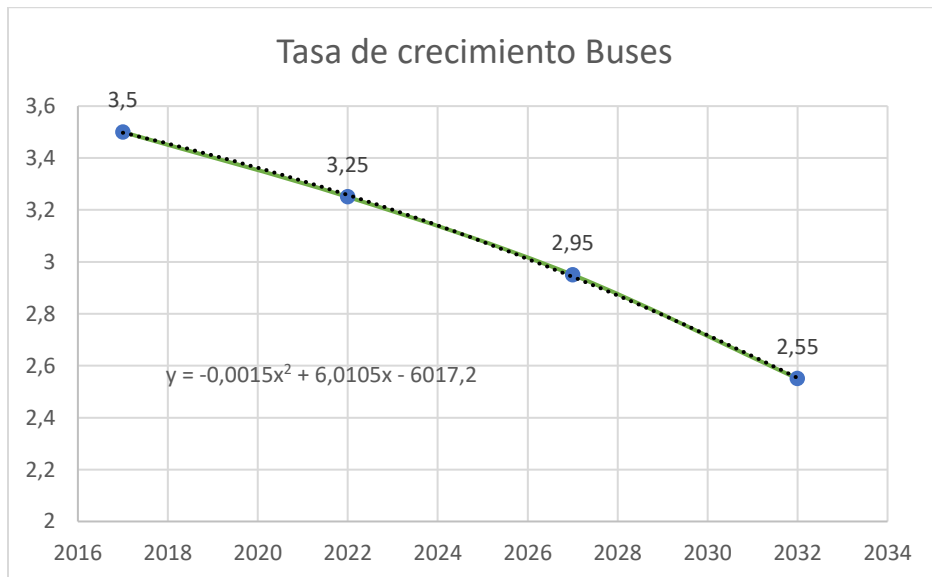
Tasa de crecimiento liviano.



Nota. La línea de tendencia vehicular del tipo liviano. Elaborado por: Los autores.

Figura 10.

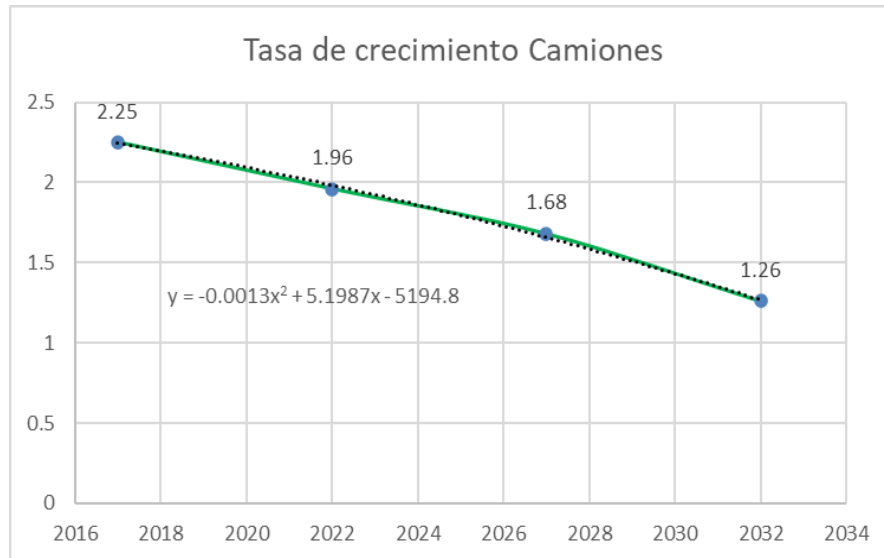
Tasa de crecimiento buses.



Nota. La línea de tendencia vehicular de tipo buses. Elaborado por: Los autores.

Figura 11.

Tasa de crecimiento camiones.



Nota. La línea de tendencia vehicular de tipo camiones. Elaborado por: Los autores

Tabla 3.

Tránsito promedio diario Anual.

TRANSITO PROMEDIO DIARIO						
Año	Auto	Buses	Camiones	Tipos de camión		
				2 DA	2 DB	3 A
2012	50	3	2	3	1	1
2013	52	3	2	3	1	1
2014	54	4	2	4	1	1
2015	56	4	2	4	1	1
2016	58	4	2	4	1	1
2017	6	4	2	4	1	1
2018	63	5	2	5	1	1

2019	66	5	2	5	1	1
2020	68	5	2	5	1	1
2021	71	5	3	5	1	1
2022	74	5	3	5	2	1
2023	77	6	3	6	2	1
2024	80	6	3	6	2	1
2025	83	6	3	6	2	1
2026	87	6	4	6	3	1
2027	90	6	4	6	3	1
2028	94	7	4	7	3	1
2029	97	7	4	7	3	1
2030	101	7	5	7	4	1
2031	105	7	5	7	4	1
2032	110	8	5	8	4	1

Nota: Tránsito promedio diario. Fuente: GAD Municipal El Chaco

Tabla 4.

Información TPDA.

<i>Tráfico Vehicular 2 sentidos Carretera Santa Rosa-Gonzalo Díaz de Pineda (EL CHACO)</i>		
TPDA	4000	Veh/día
TASA	4.17	%
PERIODO PROYECTO	20	Años

Nota: Recopilación de datos TPDA. Fuente: GAD Municipal El Chaco

Figura 12.

Introducción del TPDA y tipo de camino obtenidos.

Rev. 5.0

TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHÍCULOS TDPA

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril del proyecto (en vehículos) : 2000

Tasa de crecimiento anual del tránsito en % : 4.17

Periodo de proyecto, en años : 20

y el tipo de camino

Utilizar Norma del decreto publicado el 7 de enero de 1997

Actualizar pesos según la Norma NOM-012-SCT-2008

Elija uno...
Elija uno...
1. Tipo A
2. Tipo B

Anterior Ayuda (Ventana D3) Salir Siguiente

Nota: Colocamos los datos y elegimos el tipo de camino. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Utilizamos los datos recogidos del TPDA realizado para el proyecto de la vía realizado en la Carretera Santa Rosa – Gonzalo Díaz de Pineda (El Chaco) en el cual solo utilizamos de un carril.

Figura 13.

Introducción del porcentaje vehicular.

Rev. 5.0

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

Introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Auto
A:

Autobús
B2:
B3:
B4:

Camión
C2:
C3:
C2-R2:
C3-R2:
C2-R3:
C3-R3:

Tractocamión articulado
T2-S1:
T2-S2:
T3-S2:
T3-S3:

Tractocamión doblemente articulado
T2-S1-R2:
T3-S1-R2:
T3-S2-R2:
T3-S2-R3:
T3-S2-R4:
T3-S3-S2:

La suma hasta el momento es de 0.0%
La suma debe ser igual a 100 %

Anterior (Ventana D4) Salir Siguiete

Nota: Introducimos el porcentaje de cada tipo de vehículos y la suma total nos debe de dar el 100%. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Tipos de vehículos

- **Auto:** vehículos livianos con un eje simple.
- **Autobús:** vehículos pesados con eje simple rueda doble.
- **Camión:** vehículos pesados con eje simple rueda doble que soporta mayor carga.
- **Tractocamión Articulado:** vehículos pesados con dos ejes simples rueda doble.
- **Tractocamión doblemente Articulado:** vehículos pesados con tres ejes simples rueda doble.

Tabla 5.*Información porcentaje vehicular.*

<i>TIPO</i>	<i>CATEGORIA</i>	<i>VEHÍCULOS</i>	<i>%</i>
<i>Livianos</i>	<i>2 D</i>	<i>1840</i>	<i>92</i>
<i>Camión 2 ejes medianos</i>	<i>2 DA</i>	<i>80</i>	<i>4</i>
<i>Camión 2 ejes grandes</i>	<i>2 DB</i>	<i>60</i>	<i>3</i>
<i>Camión 3 ejes</i>	<i>3 A</i>	<i>20</i>	<i>1</i>
	Σ	<i>2000</i>	<i>100</i>

Nota: TPDA proyectado un año. Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 14.

Introducción de cada porcentaje vehicular .

Rev. 5.0

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

Introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Auto		Tractocamión articulado	
A:	<input type="text" value="92"/>	T2-S1:	<input type="text"/>
Autobús		T2-S2:	<input type="text"/>
B2:	<input type="text" value="4"/>	T3-S2:	<input type="text"/>
B3:	<input type="text"/>	T3-S3:	<input type="text"/>
B4:	<input type="text"/>		
Camión		Tractocamión doblemente articulado	
C2:	<input type="text" value="3"/>	T2-S1-R2:	<input type="text"/>
C3:	<input type="text" value="1"/>	T3-S1-R2:	<input type="text"/>
C2-R2:	<input type="text"/>	T3-S2-R2:	<input type="text"/>
C3-R2:	<input type="text"/>	T3-S2-R3:	<input type="text"/>
C2-R3:	<input type="text"/>	T3-S2-R4:	<input type="text"/>
C3-R3:	<input type="text"/>	T3-S3-S2:	<input type="text"/>

La suma hasta el momento es de 100.0%
La suma debe ser igual a 100 %

Anterior (Ventana D4) Salir Siguiete

Nota: Colocamos los datos en cada tipo de vehículos hasta llegar al 100%. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Utilizamos los pesos según la Tabla nacional de pesos y dimensiones del Ecuador y utilizamos el tipo A por ser una vía de tercera clase.

Figura 15.

Tasa de crecimiento Vehicular.

Rev. 5.0

TASA DE CRECIMIENTO

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

- Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.
- Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).

Para los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados. Los autobuses y vehículos de carga (tipos B,C y T) pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Anterior (Ventana D5) Salir Siguiete

Nota: En este apartado se debe conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril del proyecto. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Opciones para el cálculo

- *Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.*
- *Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).*

Figura 16.

Primera opción tasa crecimiento vehicular.

Rev. 5.0

Se requiere conocer el porcentaje de vehículos cargados, introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Auto
A:

Autobús
B2:
B3:
B4:

Camión
C2:
C3:
C2-R2:
C3-R2:
C2-R3:
C3-R3:

Tractocamión articulado
T2-S1:
T2-S2:
T3-S2:
T3-S3:

Tractocamión doblemente articulado
T2-S1-R2:
T3-S1-R2:
T3-S2-R2:
T3-S2-R3:
T3-S2-R4:
T3-S3-S2:

Los campos que están activos y no se llenen se consideran con 0%

Anterior (Ventana D6) Salir Siguiente

Nota: Se muestra los campos del tipo de vehículos escogidos. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Al desconocer los porcentajes exactos de vehículos cargados descartamos esta opción por no tener los datos.

Figura 17.

Segunda opción tasa crecimiento vehicular.

Rev. 5.0

TASA DE CRECIMIENTO

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

- Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.
- Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).

Se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%
Introduzca una proporción de camiones cargados que juzgue correcta (en%):

Para los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados. Los autobuses y vehículos de carga (tipos B,C y T) pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Anterior (Ventana D5) Salir Siguiente

Nota: Sugiere emplear una proporción de camiones cargados. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Nos sugiere utilizar un porcentaje entre 60 y 80% de camiones cargados para lo cual vamos a utilizar un valor intermedio que es del 70% para nuestro cálculo.

Figura 18.

Tabla nacional de pesos y dimensiones.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10

Nota: Pesos Vehiculares. Fuente: Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones.

Figura 19.

Pesos de los ejes del vehículo 2 DA.

Rev. 5.0

AUTOBÚS B2

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	3	7
Presion**	6.0	6.0

*Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas
**Presion del inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Cambiar los pesos de este vehículo a la Norma de 1997

En algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo.
Para cargas extraordinarias se puede modificar la carga y/o la presión de inflado, haga uso de las casillas proporcionadas.

Anterior tipo de vehiculo
Siguiete tipo de vehiculo

Anterior
Salir
Siguiete

(Ventana D7)

Nota: Colocamos los pesos establecidos en la tabla nacional de pesos y dimensiones. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Les ponemos los pesos obtenidos en cada eje del autobús en primer eje es sencillo con 2 ruedas con una carga de 3 Ton y el segundo eje es sencillo de 4 ruedas con una carga de 7 Ton dando un total de 10 Ton.

Figura 20.

Tabla nacional de pesos y dimensiones.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10

Nota: Pesos Vehiculares. Fuente: Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones.

Figura 21.

Pesos de los ejes del vehículo 2 DB.

CAMIÓN C2

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	7	11.0
Presion**	6	6

*Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas
**Presion del inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

[Cambiar los pesos de este vehículo a la Norma de 1997](#)

En algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo.
Para cargas extraordinarias se puede modificar la carga y/o la presión de inflado, haga uso de las casillas proporcionadas.

Anterior tipo de vehiculo
Siguiente tipo de vehiculo

Anterior
(Ventana D7)
Salir
Siguiente

Nota: Colocamos los pesos establecidos en la tabla nacional de pesos y dimensiones. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Les ponemos los pesos obtenidos en cada eje del autobús en primer eje es sencillo con 2 ruedas con una carga de 7 Ton y el segundo eje es sencillo de 4 ruedas con una carga de 11 Ton dando un total de 18 Ton.

Figura 22.

Tabla nacional de pesos y dimensiones.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D		 	7	5,00	2,60	3,00
2DA		 	10	7,50	2,60	3,50
2DB		 	18	12,20	2,60	4,10
3-A		 	27	12,20	2,60	4,10

Nota: Pesos Vehiculares. Fuente: Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones.

Figura 23.

Pesos de los ejes del vehículo 3 A.

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Doble
Carga*	7	20
Presion**	10	10

*Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas
**Presion del inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Cambiar los pesos de este vehículo a la Norma de 1997

En algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo.
Para cargas extraordinarias se puede modificar la carga y/o la presión de inflado, haga uso de las casillas proporcionadas.

Anterior tipo de vehiculo Siguiete tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D7) Salir Siguiete

Nota: Colocamos los pesos establecidos en la tabla nacional de pesos y dimensiones. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Les ponemos los pesos obtenidos en cada eje del autobús en primer eje es sencillo con 2 ruedas con una carga de 7 Ton y el segundo eje es doble de ruedas con una carga de 20 Ton dando un total de 18 Ton.

Figura 24.

Coefficientes de daño Relativo 2 DA.

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

AUTOBÚS B2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	0.72	0.05	0.01	0	0	0
2	1.15	0.75	0.52	0.44	0.42	0.42
TOTAL	1.87	0.8	0.53	0.44	0.42	0.42

Anterior tipo de vehiculo Siguiente tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D8) Salir Siguiente

Nota: Coeficientes de equivalencia calculado por el software. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Valores dados por el cálculo del programa con los ejes y la profundidad de cada tipo de vehículo para su determinación.

Figura 25.

Coefficientes de daño Relativo 2 DB.

EJE	CAMIÓN C2					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.15	0.75	0.52	0.44	0.42	0.42
2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
TOTAL	2.43	2.86	4.07	5.13	5.43	5.55

Anterior tipo de vehiculo Siguiete tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D8) Salir Siguiete

Nota: Coeficientes de equivalencia calculado por el software. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Valores dados por el cálculo del programa con los ejes y la profundidad de cada tipo de vehículo para su determinación.

Figura 26.

Coefficientes de daño Relativo 3 A.

EJE	CAMIÓN C3					
	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	16.64	2.93	0.86	0.5	0.45	0.43
2	39.55	17.94	7.62	6.14	5.85	5.75
TOTAL	56.19	20.87	8.48	6.64	6.3	6.18

Anterior tipo de vehiculo Siguiete tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D8) Salir Siguiete

Nota: Coeficientes de equivalencia calculado por el software. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Valores dados por el cálculo del programa con los ejes y la profundidad de cada tipo de vehículo para su determinación.

Figura 27.

Profundidad.

Rev. 5.0

Profundidad

Tránsito de proyecto en millones de ejes estandar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z =15 cm	Z =30 cm	Z =60 cm	Z =90 cm	Z =120 cm
12	5.3	3.7	3.8	3.9	3.9

Seleccione un valor para daño superficial :

Seleccione un valor para daño profundo :

Se sugiere emplear el tránsito de proyecto determinado a 15 y 90 cm para diseño por fatiga y deformación permanente, respectivamente. Pero usted puede tomar la profundidad más adecuada a su proyecto.

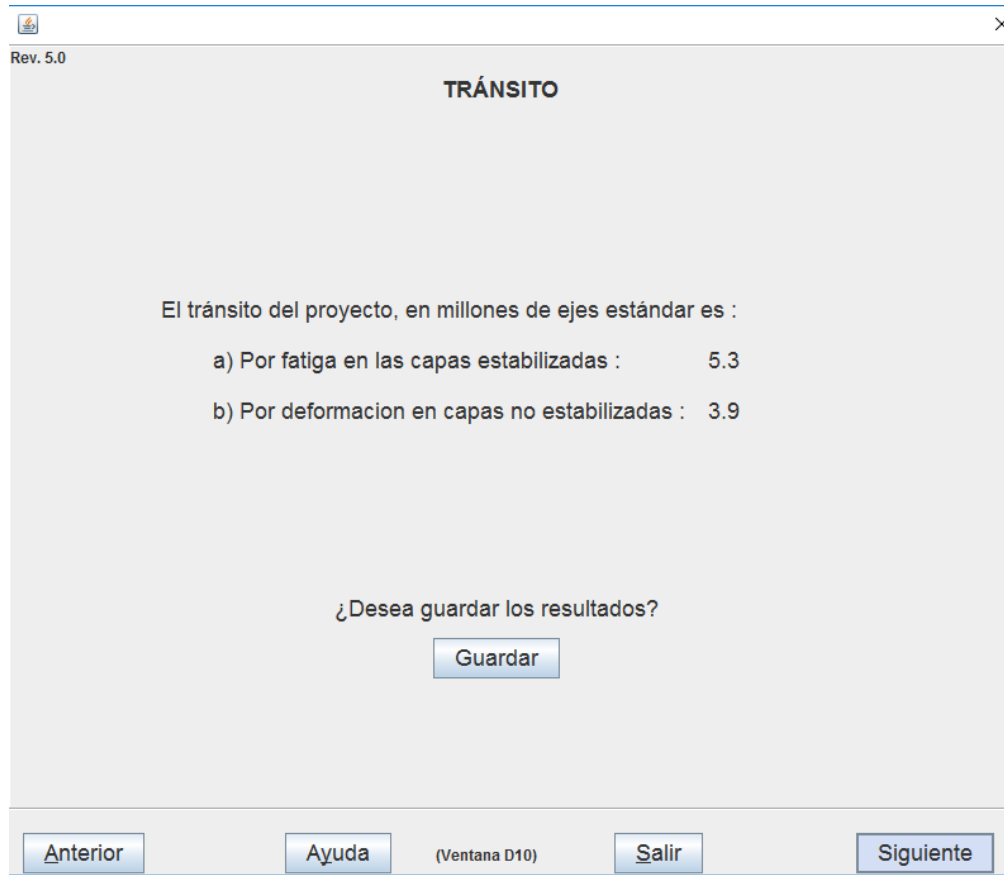
Anterior (Ventana D9) Salir Siguiente

Nota: Profundidad dada por el software. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Se sugiere que utilicemos el tránsito de proyecto determinado de 15 y 90 cm para el diseño por fatiga y deformación permanente, pero cada uno puede utilizar el que más se ajuste a su proyecto.

Figura 28.

Tránsito en millones de ejes estándar.

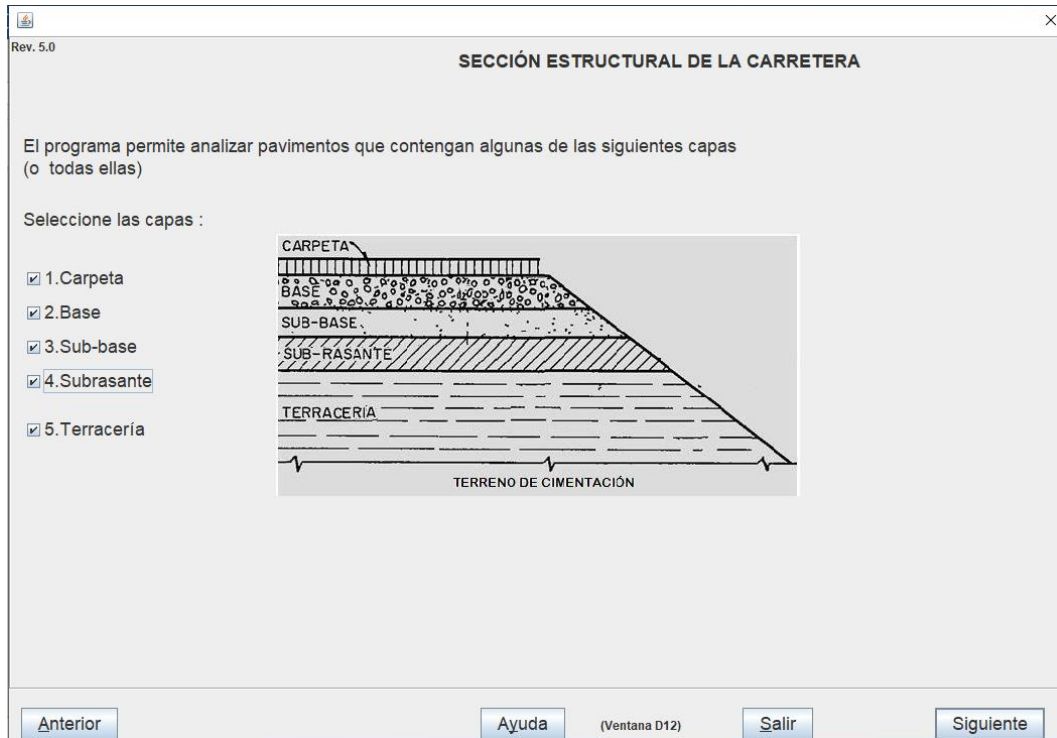


Nota: Tránsito dado por el software. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

El software con los valores que dimos de las cargas nos da los valores por fatiga en las capas estabilizadas, además de las cargas por deformación en capas no estabilizadas.

Figura 29.

Selección de las capas de la carretera.



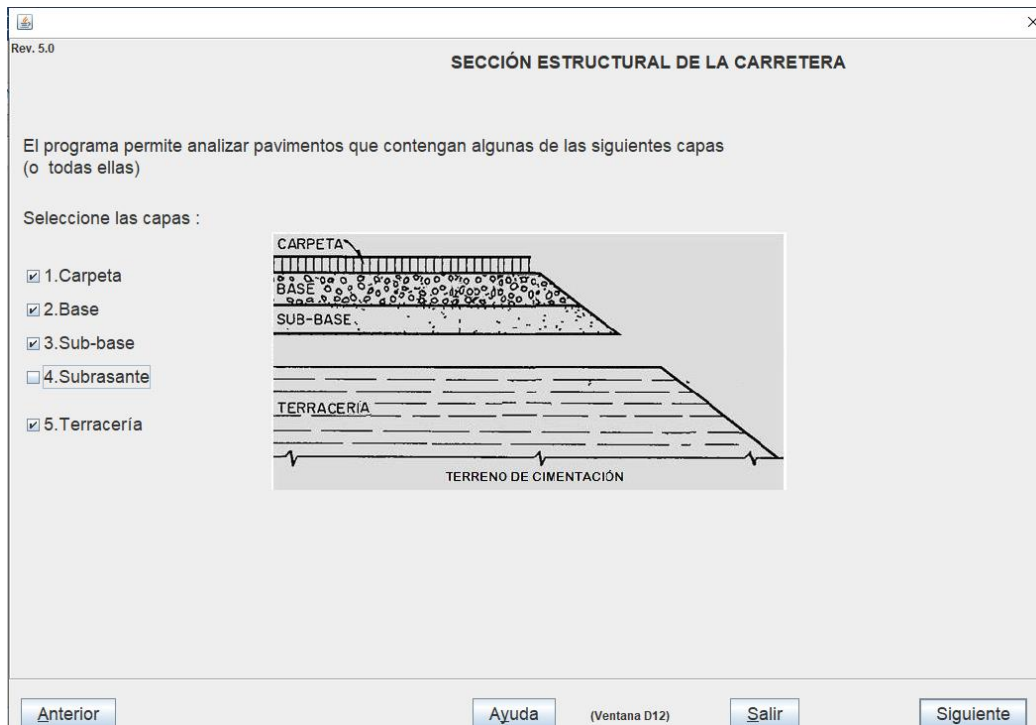
Nota: En este paso elegimos las capas que se diseñaran para el pavimento flexible, pero ocupamos solo las capas a escoger o también se puede escoger todas. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Tipos de Capas

- ***Carpeta:*** parte superior del pavimento flexible por donde circulan los vehículos.
- ***Base:*** Se utilizan materiales de mejor calidad que la subbase y su función es tener mayor resistencia estructural.
- ***Sub-base:*** se construye sobre la terracería y nos ayuda a disminuir el costo de disminuyendo el espesor de la base.
- ***Subrasante:*** capa del terreno natural donde se apoya toda la estructura del pavimento.
- ***Terracería:*** capa que le da forma y además es el soporte del pavimento.

Figura 30.

Elección de las capas de la carretera.



Nota: Escogemos las capas requeridas. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Como este pavimento se diseño con 4 capas para el diseño por el tipo de carretera que es no marcamos todas las opciones.

Figura 31.

Características de los Materiales CBR.

Rev. 5.0

Capa	CBRz %
1. Carpeta	
2. Base granular (min.80%)	<input type="text"/>
3. Sub-base (min.25%)	<input type="text"/>
5. Terracería (min.3%)	<input type="text"/>

El CBRz (VRSZ) de las capas, valor relativo de soporte de California a la profundidad de desplante de la capa (z)

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiente

Nota: Se colocan las características del CBR en cada uno de los recuadros vacíos dado su profundidad de desplante valor relativo de California. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Tipos de capas con porcentaje de CBRz

- **Carpeta:** parte superior del pavimento flexible por donde circulan los vehículos.
- **Base:** Se utilizan materiales de mejor calidad que la subbase y su función es tener mayor resistencia estructural.
- **Subbase:** se construye sobre la terracería y nos ayuda a disminuir el costo de disminuyendo el espesor de la base.
- **Terracería:** capa que le da forma y además es el soporte del pavimento

Tabla 6.

Valores del CBR.

<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Tipos de Camiones</i>		
			<i>2 DA</i>	<i>2 DB</i>	<i>3 A</i>
<i>40</i>	<i>10</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>1</i>

Nota: TPDA según el tipo de vehículos. Elaborado por: Los autores.

Tránsito generado por conteo (TG)= 0,16

Tránsito desarrollado por conteo (TD)= 0.07

Tránsito desviado por conteo (Td)= 0.06

La base granular tiene un 82% de CBR una vez compactado

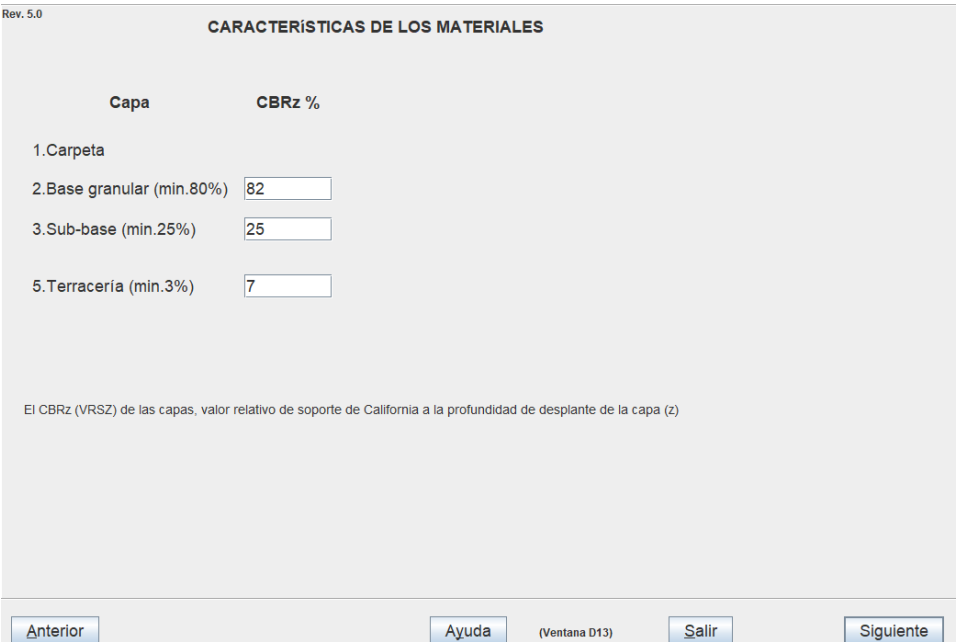
La subbase tiene un 25% de CBR una vez compactado

La base granular tiene un 7% de CBR una vez compactado

Tiene un tiempo de día de drenaje en las capas (base y subbase)

Figura 32.

Colocación características de los Materiales CBR.



Rev. 5.0

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Capa	CBRz %
1.Carpeta	
2.Base granular (min.80%)	82
3.Sub-base (min.25%)	25
5.Terracería (min.3%)	7

El CBRz (VRSZ) de las capas, valor relativo de soporte de California a la profundidad de desplante de la capa (z)

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiente

Nota: Colocamos los valores obtenidos del diseño. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

En el diseño del pavimento flexible nos da unos datos del 82% para la base granular, 25% para la subbase y el 7% para la terracería una vez colocados damos siguiente.

Figura 33.

Porcentaje de CBRp.

Rev. 5.0

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Capa	CBRz %	CBRp %
1.Carpeta		
2.Base granular (min.80%)	<input type="text" value="82"/>	82.0
3.Sub-base (min.25%)	<input type="text" value="25"/>	25.0
5.Terracería (min.3%)	<input type="text" value="7"/>	7.0

Por razones de estructuración, se establecen CBRp de proyecto (mínimos y máximos) en las capas no asfálticas.

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiente

Nota: Valores dados por el programa. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Por motivos estructurales nos dan valores del proyecto (mínimos y máximos) en cada una de las capas asfálticas.

Figura 34.

Módulo de Rigidez para cada capa.

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)
1. Carpeta			
2. Base granular (min.80%)	82	82.0	
3. Sub-base (min.25%)	25	25.0	
5. Terracería (min.3%)	7	7.0	

Se requiere el módulo de rigidez de las capas asfálticas
Si desconoce alguno de los valores de Poisson el programa puede sugerirlos

Permitir que el sistema pueda sugerir

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiete

Nota: El módulo de rigidez es calculado en el diseño del pavimento y se coloca el principal de la carpeta asfáltica y los demás se pide al software que sugiera. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Tipos de Capas Módulo de rigidez

- *Carpeta*
- *Base granular*
- *Sub-base*
- *Terracería*

Figura 35.

Módulos de rigidez sugeridos.

Rev. 5.0

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)	
1.Carpeta			20000	
2.Base granular (min.80%)	82	82.0	2842	Sugerir
3.Sub-base (min.25%)	25	25.0	1237	Sugerir
5.Terracería (min.3%)	7	7.0	508	Sugerir

Se sugieren los valores como módulos de rigidez de capas no estabilizadas. Esos valores se obtuvieron de $E = 130 \text{ CBRz}^{0.7}$.
Esta ecuación se obtiene para condiciones generales, pero puede requerir adecuaciones en casos particulares.

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiente

Nota: colocamos el módulo de rigidez de la carpeta asfáltica. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Los demás valores sugeridos como módulos de rigidez se obtienen de la siguiente ecuación:

$$E = 130 \text{ CBRz}^{0.7}.$$

Figura 36.

Números de poisson.

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)	Poisson
1.Carpeta			20000	0.35
2.Base granular (min.80%)	82	82.0	2842	0.35
3.Sub-base (min.25%)	25	25.0	1237	0.45
5.Terracería (min.3%)	7	7.0	508	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

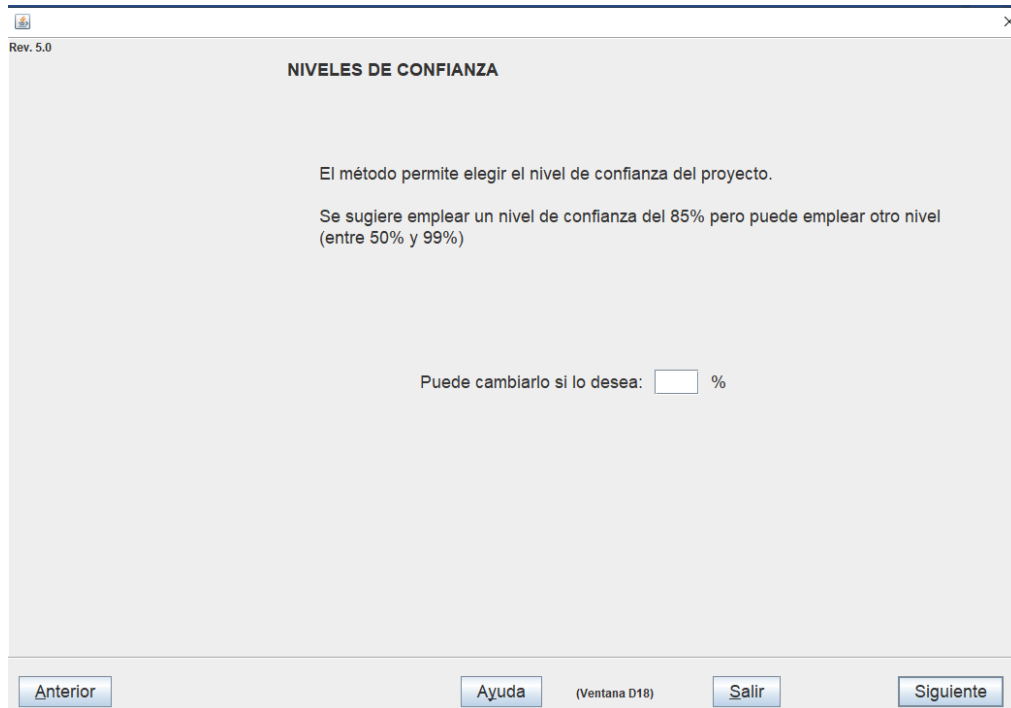
Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiete

Nota: Números recomendados por el software. Elaborado por: Los autores a través de Dispav-5 3.0.

Los números de poisson los dejamos tal cual nos da el programa ya que son difíciles de calcular con las ecuaciones para obtenerlos.

Figura 37.

Nivel de confianza del proyecto.



The screenshot shows a software window titled "NIVELES DE CONFIANZA" with a version number "Rev. 5.0" in the top-left corner. The main text inside the window reads: "El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto. Se sugiere emplear un nivel de confianza del 85% pero puede emplear otro nivel (entre 50% y 99%)". Below this text is a label "Puede cambiarlo si lo desea:" followed by a text input field and a percent sign "%". At the bottom of the window, there are four buttons: "Anterior", "Ayuda (Ventana D18)", "Salir", and "Siguiete".

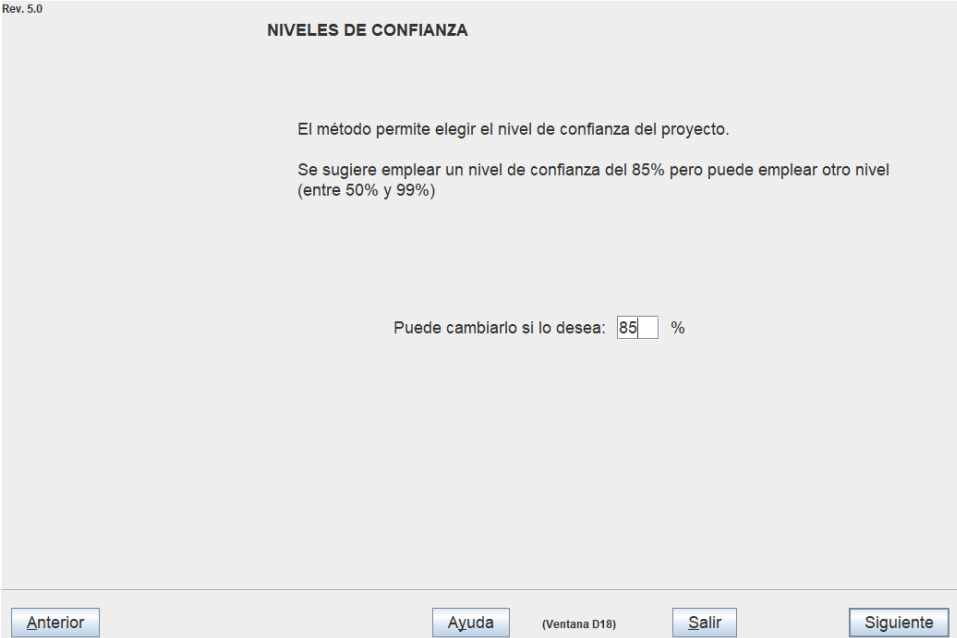
Nota: En este punto debemos dar un valor de confianza para nuestro pavimento flexible el cual nos dará una confiabilidad de este. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Opciones del menú

Nos da la opción de cambiarlo a nuestro nivel de confianza para nosotros determinar el porcentaje de confianza necesario.

Figura 38.

Determinación nivel de confianza del proyecto.



Rev. 5.0

NIVELES DE CONFIANZA

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza del 85% pero puede emplear otro nivel (entre 50% y 99%)

Puede cambiarlo si lo desea: %

Anterior Ayuda (Ventana D18) Salir Siguiente

Nota: Colocamos valor de nivel de confianza. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

El programa nos sugiere que utilicemos un valor de 85% el cual lo utilizamos, pero se puede utilizar otro nivel dado entre 50% y 99%.

Figura 39.

Espesores proyectados en millones de ejes estándar.

Rev. 5.0

**ESPEORES DE PROYECTO PARA EL TRÁNSITO DE DISEÑO
EN MILLONES DE EJES ESTÁNDAR**

Diseño por deformación para un camino de altas especificaciones, con un nivel de confianza de:

85.0%

Para un tránsito de proyecto de 3.9 millones de ejes estándar.

Capa	Espesor Calculado cm	Espesor Proyecto cm
Carpeta	9.4	9.4
Base granular	23.4	23.4
Sub-base	40.7	40.7

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y el tránsito de proyecto. El diseño anterior previene contra la deformación excesiva.

El suelo de cimentación bajo la capa 5 es semi-infinito y puede coincidir con el valor de la capa de terracería.

Anterior Ayuda (Ventana D14) Salir Siguiente

Nota: Obtenemos el diseño por deformación con un nivel de confianza del 85% para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Los espesores se ajustan a los espesores constructivos mínimos los cuales dependen de las capas y el tránsito proyectado.

Espesores de cada capa en cm

- *Carpeta*
- *Base Granular*
- *Subbase*

Figura 40.

Comportamiento Estructural bajo cargas repetidas.

	Módulo	Espesor cm
Carpeta	20000	9.4
Base granular	2842	23.4
Sub-base	1237	40.7
Terracería	508	Semi-inf.

Nota: Con las cargas que se repiten para un eje sencillo estándar de 8.2 toneladas y una presión de contacto de 5.8 kg/cm² y un tránsito de 5.3 millones de ejes estándar los cuales están asociados a un nivel de confianza del 85%. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Los espesores de la capa dependen del módulo de rigidez y están ajustados a los espesores mínimos de cada una de ellas excepto la capa de terracería que es semi-inf.

Tipos de capa módulo de rigidez y espesores

- ***Carpeta:*** parte superior del pavimento flexible por donde circulan los vehículos.
- ***Base:*** Se utilizan materiales de mejor calidad que la subbase y su función es tener mayor resistencia estructural.
- ***Subbase:*** se construye sobre la terracería y nos ayuda a disminuir el costo de disminuyendo el espesor de la base.
- ***Terracería:*** capa que le da forma y además es el soporte del pavimento

Figura 41.

Resultados finales del diseño del pavimento.

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	9.4		20000	0.35		0.9
Base granular	23.4	82.0	2842	0.35	3.9	
Sub-base	40.7	25.0	1237	0.45	3.9	
Terracería	Semi-inf.	7.0	508	0.45	3.9	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	3.9	3.9
Fatiga	0.9	5.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones:

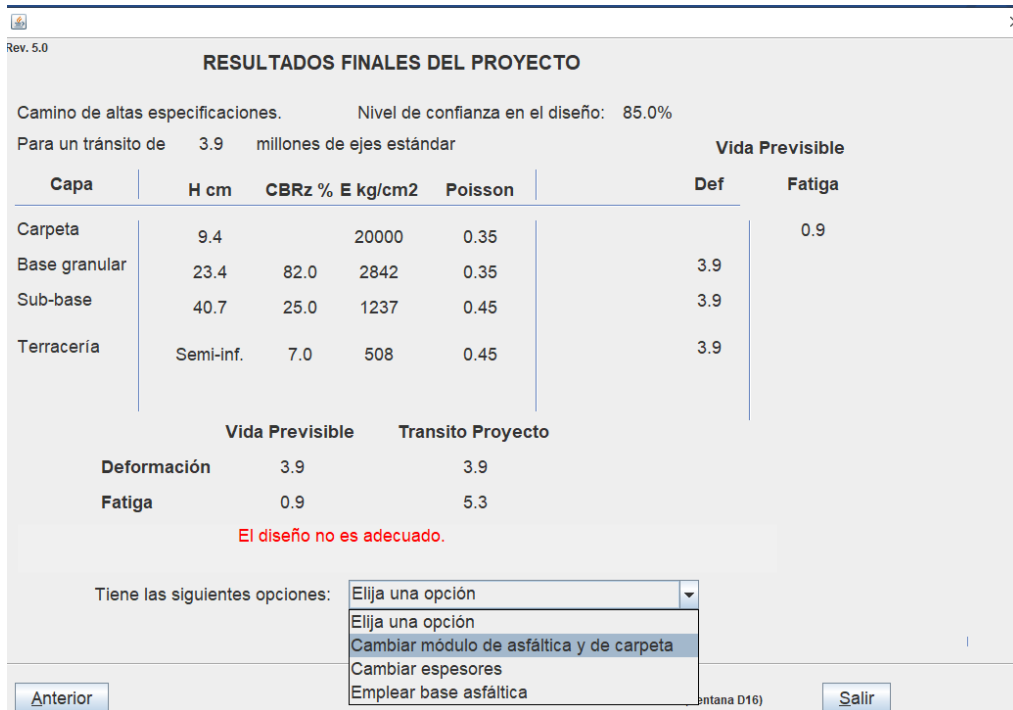
(Ventana D16)

Nota: Una vez obtenidos los resultados por medio del software nos da un resultado que no cumple el diseño. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Pero podemos ajustar estos valores cambiando para lograr que la vida previsible y el tránsito del proyecto cumplan con el diseño.

Figura 42.

Primera opción cambiamos el módulo de carpeta.



Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	9.4		20000	0.35		0.9
Base granular	23.4	82.0	2842	0.35	3.9	
Sub-base	40.7	25.0	1237	0.45	3.9	
Terracería	Semi-inf.	7.0	508	0.45	3.9	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	3.9	3.9
Fatiga	0.9	5.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones:

- Elija una opción
- Elija una opción
- Cambiar módulo de asfáltica y de carpeta**
- Cambiar espesores
- Emplear base asfáltica

Anterior Salir

Nota: Elegimos la opción de cambiar el módulo de la carpeta asfáltica para tratar de hacer cumplir las condiciones de vida previsible y el tránsito del proyecto. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Al hacer estos cambios esperamos que si llegemos a los valores esperados y de esta manera dar por terminado la comprobación del diseño.

Figura 43.

Cambio de módulos de rigidez.

Rev. 5.0

RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.
Presión de contacto: 5.8 kg/cm²
Tránsito de proyecto: 5.3 millones de ejes estandar
Nivel de confianza: 85.0%

	Módulo	Espesor cm
Carpeta	30000	9.4
Base granular	2500	23.4
Sub-base	1237	40.7
Terracería	508	Semi-inf.

(Ventana D15) Salir Siguiente

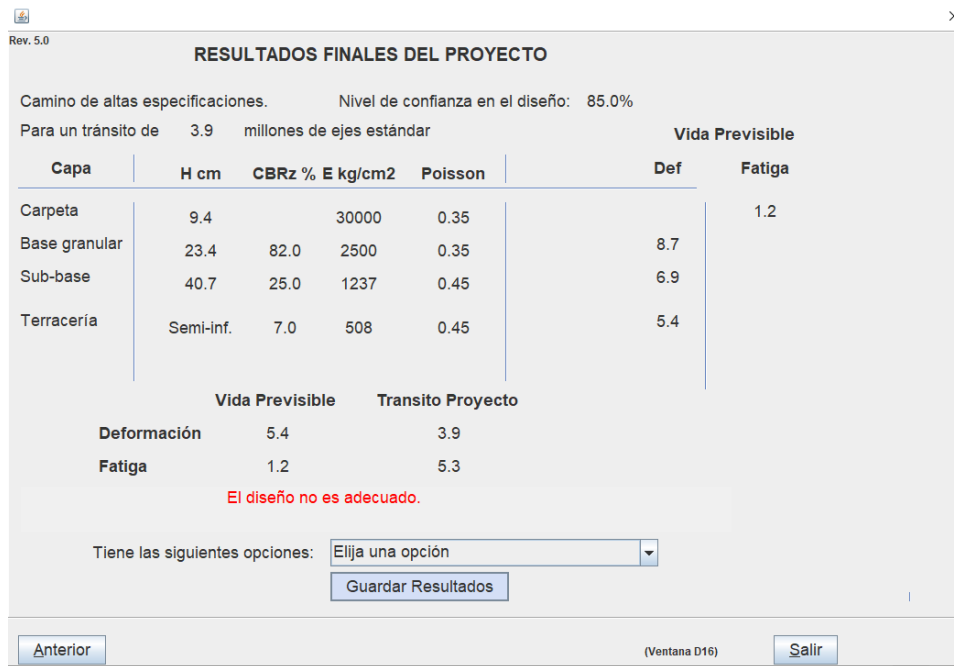
Nota: Se cambian los módulos esperando obtener el diseño adecuado para el pavimento flexible.

Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Le damos valores mayores tanto al módulo de la carpeta como al módulo de la base granular y damos siguientes para comprobar.

Figura 44.

Comprobación cambio módulos de rigidez.



Nota: Podemos observar que todavía no cumple con los valores indicados de vida previsible y tránsito proyectado. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Al no cumplir optamos por escoger la segunda opción que nos da el programa y así lograr que cumpla con los valores.

Figura 45.

Segunda opción cambiamos los espesores.

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	9.4		20000	0.35		0.9
Base granular	23.4	82.0	2845	0.35	3.9	
Sub-base	40.7	25.0	1237	0.45	3.9	
Terracería	Semi-inf.	7.0	508	0.45	3.9	

Vida Previsible Transito Proyecto

Deformación	3.9	3.9
Fatiga	0.9	5.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones:

- Elija una opción
- Elija una opción
- Cambiar módulo de asfáltica y de carpeta
- Cambiar espesores**
- Emplear base asfáltica

Anterior Salir

Nota: Elegimos la opción de cambiar los espesores de cada capa para tratar de hacer cumplir las condiciones de vida previsible y el tránsito del proyecto. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Al hacer estos cambios esperamos que si llegemos a los valores esperados y de esta manera dar por terminado la comprobación del diseño.

Tabla 7.

Espesores calculados manualmente con AASHTO-93.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CALCULADA			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPEJOR	SN (Calculado)
<i>Espesor carpeta asfáltica (cm)</i>	7.7	5	0.81
<i>Espesor base granular (cm)</i>	6.5	20	0.84
<i>Espesor sub-base granular (cm)</i>	20	35	1.11
<i>Espesor Total (cm)</i>		60	2.76

Nota: Calculo manual. Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 46.

Cambio de espesores.

Rev. 5.0

RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.
Presión de contacto: 5.8 kg/cm²
Tránsito de proyecto: 5.3 millones de ejes estándar
Nivel de confianza: 85.0%

	Módulo	Espesor cm
Carpeta	20000	<input type="text" value="5"/>
Base granular	2845	<input type="text" value="20"/>
Sub-base	1237	<input type="text" value="35"/>
Terracería	508	Semi-inf.

(Ventana D15)

Nota: Se cambian los espesores de cada una de las capas del pavimento esperando obtener el diseño adecuado para el pavimento flexible. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Para este cambio utilizamos los valores obtenidos del ejercicio manual con la AASHTO-93 y los colocamos en cada uno de los recuadros.

Figura 47.

Comprobación cambio de espesores.

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	5.0		20000	0.35		0.7
Base granular	20	82.0	2845	0.35	0.4	
Sub-base	35	25.0	1237	0.45	0.2	
Terracería	Semi-inf.	7.0	508	0.45	0.3	

Vida Previsible Transito Proyecto

Deformación 0.2 3.9

Fatiga 0.7 5.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones: Elija una opción

Guardar Resultados

Anterior (Ventana D16) Salir

Nota: Podemos observar que todavía no cumple con los valores indicados de vida previsible y tránsito proyectado. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Al no cumplir optamos por escoger la tercera opción que nos da el programa y así lograr que cumpla con los valores y comprobar que el diseño es el adecuado.

Figura 48.

Opción 3 empleamos base asfáltica.

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	5.0		20000	0.35		0.7
Base granular	20	82.0	2845	0.35	0.4	
Sub-base	35	25.0	1237	0.45	0.2	
Terracería	Semi-inf.	7.0	508	0.45	0.3	

Vida Previsible **Transito Proyecto**

Deformación	0.2	3.9
Fatiga	0.7	5.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones:

- Elija una opción
- Elija una opción
- Cambiar módulo de asfáltica y de carpeta
- Cambiar espesores
- Emplear base asfáltica

Anterior (Ventana D16) Salir

Nota: Aumentamos una base asfáltica sobre la base granular del pavimento esperando obtener el diseño adecuado para el pavimento flexible. Elaborado por: Los autores a través del software Dispav5-3.0.

Para este punto utilizamos un espesor de 10 cm el cual nos recomienda el software esperando sea el adecuado para obtener el resultado deseado.

Figura 49.

Comprobación de base asfáltica.

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.9 millones de ejes estándar

Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	5.0		20000	0.35		0.8
Base Asfáltica	10		2900	0.35		0.8
Base granular	20	82.0	2845	0.35	6.5	
Sub-base	35	25.0	1237	0.45	2.5	
Terracería	Semi-inf.	7.0	508	0.45	1.3	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	1.3	3.9
Fatiga	0.8	5.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones:

(Ventana D16)

Nota: Podemos observar que todavía no cumple con los valores indicados de vida previsible y tránsito proyectado. Fuente: Software Dispav-5 3.0.

Al no cumplir con los valores deseados se debería hacer un rediseño del pavimento y verificar los valores que sean correctos.

4.3.1. EJERCICIO PROPUESTO MANUALMENTE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO AASHTO-93

El método AASHTO-93 lo utilizamos para proyectar los pavimentos y darle una resistencia a las cargas que van a recibir.

El diseño del siguiente pavimento se lo realizó proyectado para un periodo de tiempo de 20 años y es un pavimento flexible.

Tabla 8.

TPDA proyectado en años.

<i>AÑO</i>	<i>X</i>	<i>TPDA</i>
<i>2012</i>	<i>0</i>	<i>50</i>
<i>2013</i>	<i>1</i>	<i>52</i>
<i>2014</i>	<i>2</i>	<i>54</i>
<i>2015</i>	<i>3</i>	<i>56</i>
<i>2016</i>	<i>4</i>	<i>58</i>
<i>2017</i>	<i>5</i>	<i>61</i>

Nota: Tránsito vehicular. Fuente: Elaborado por los autores.

Factores de daño según el tipo de vehículos

Los factores de daño se muestran en la tabla 9.

Tabla 9.

<i>Factores de daño según el tipo de vehículos</i>									
Tipo	<i>Simple</i>		<i>Simple Doble</i>		<i>Tándem</i>		<i>Trídem</i>		Factor Daño
	<i>Ton</i>	$\frac{P^4}{6.6}$	<i>Ton</i>	$\frac{P^4}{8.2}$	<i>Ton</i>	$\frac{P^4}{15}$	<i>Ton</i>	$\frac{P^4}{23}$	
<i>Bus</i>	4	0.13	8	0.91					1.04
	3	0.04							
<i>2 D</i>	4	0.13							0.18
<i>2 DA</i>	3	0.04	7	0.53					0.57
<i>2 DB</i>	7	1.27	11	3.24					4.50
	7	1.27			20	3.16			
<i>3 A</i>	7	1.27			20	3.16			4.43

Nota: Factor de daño según el tipo de vehículos. Elaborado por: Los autores.

Tabla 10.

TPDA según tipo de vehículos.

TIPO	VEHÍCULOS	%
<i>2 D</i>	1840	92
<i>2 DA</i>	80	4
<i>2 DB</i>	60	3
<i>3 A</i>	20	1

Nota: Porcentaje TPDA según tipo de vehículo. Elaborado por los autores.

Tabla 11.

Periodos de diseño dependiendo el tipo de carreteras.

<i>Tipo de carreteras</i>	<i>Periodo de Diseño (años)</i>
<i>Urbana de tránsito elevada</i>	<i>30-50</i>
<i>Interurbana de tránsito elevada</i>	<i>20-50</i>
<i>Pavimentada de baja intensidad de tránsito</i>	<i>15-25</i>
<i>De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava</i>	<i>10-20</i>

Nota: Se presenta periodos de diseño en función del tipo de carretera. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

El periodo de diseño de este tipo de carreteras es de 20 años debido al alto número de tráfico vehicular existente al año.

Tabla 12.

Tránsito promedio diaria.

TRANSITO PROMEDIO DIARIO						
<i>Año</i>	<i>Auto</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Tipos de camión</i>		
				<i>2 DA</i>	<i>2 DB</i>	<i>3 A</i>
<i>2012</i>	<i>50</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2013</i>	<i>52</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2014</i>	<i>54</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2015</i>	<i>56</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2016</i>	<i>58</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2017</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2018</i>	<i>63</i>	<i>5</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

2019	66	5	2	5	1	1
2020	68	5	2	5	1	1
2021	71	5	3	5	1	1
2022	74	5	3	5	2	1
2023	77	6	3	6	2	1
2024	80	6	3	6	2	1
2025	83	6	3	6	2	1
2026	87	6	4	6	3	1
2027	90	6	4	6	3	1
2028	94	7	4	7	3	1
2029	97	7	4	7	3	1
2030	101	7	5	7	4	1
2031	105	7	5	7	4	1
2032	110	8	5	8	4	1

Nota: Tránsito promedio diario. Fuente: GAD Municipal El Chaco

Tránsito promedio diario

El tránsito promedio diario es aquel que se lo estima por medio de un conteo vehicular que circulan por un determinado camino o vía durante un día y realizamos el conteo diferenciando el tipo de vehículos y en ambos sentidos.

Tabla 13.

Tasa de crecimiento anual.

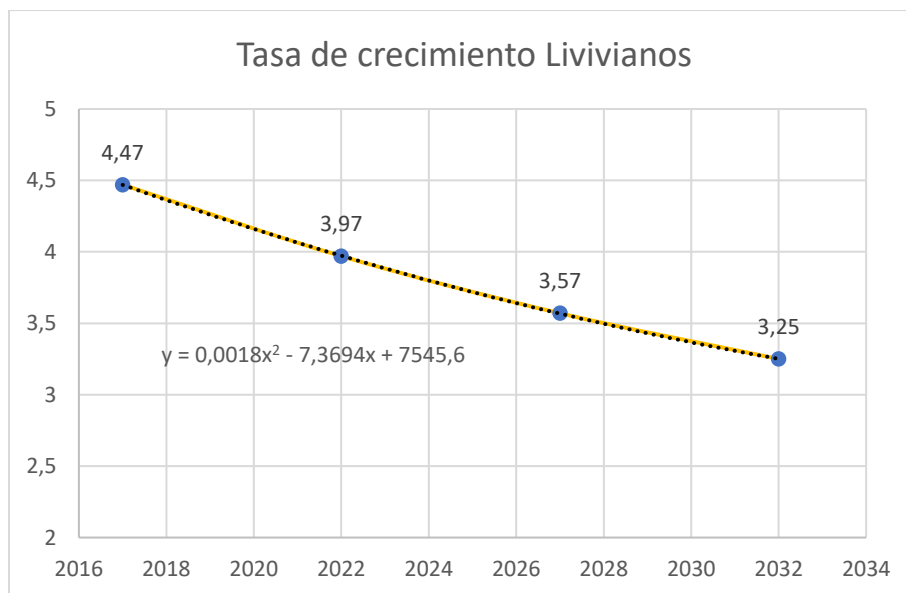
<i>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE TRÁFICO %</i>			
<i>PERIODO</i>	<i>LIVIANOS</i>	<i>BUSES</i>	<i>CAMIONES</i>
2012-2017	4.47	2.22	2.18
2017-2022	3.97	1.97	1.94
2022-2027	3.57	1.78	1.74
2027-2032	3.25	1.62	1.58

Nota: La tasa de crecimiento anual de tráfico, para cada periodo de cinco años. Fuente: Normas M.T.O.P. 2003.

Línea de tendencia para las tasas de crecimiento de tráfico liviano, se muestran en la siguiente figura:

Figura 50.

Línea de tendencia tráfico liviano.

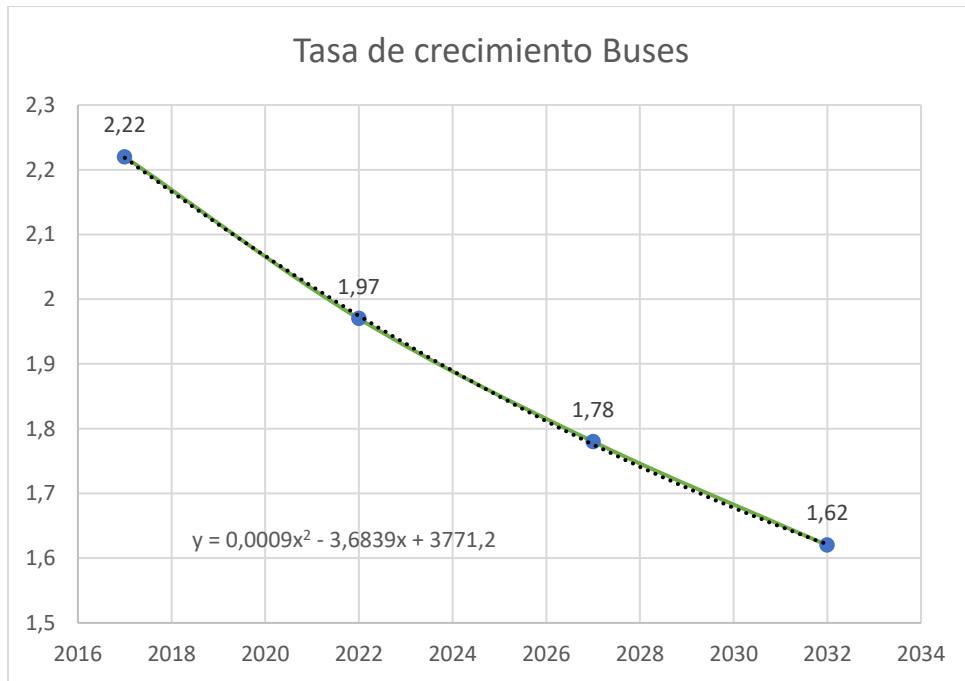


Nota. La línea de tendencia vehicular del tipo liviano. Elaborado por: Los autores.

Línea de tendencia para las tasas de crecimiento de tráfico liviano, se muestran en la siguiente figura:

Figura 51.

Línea de tendencia tráfico buses.

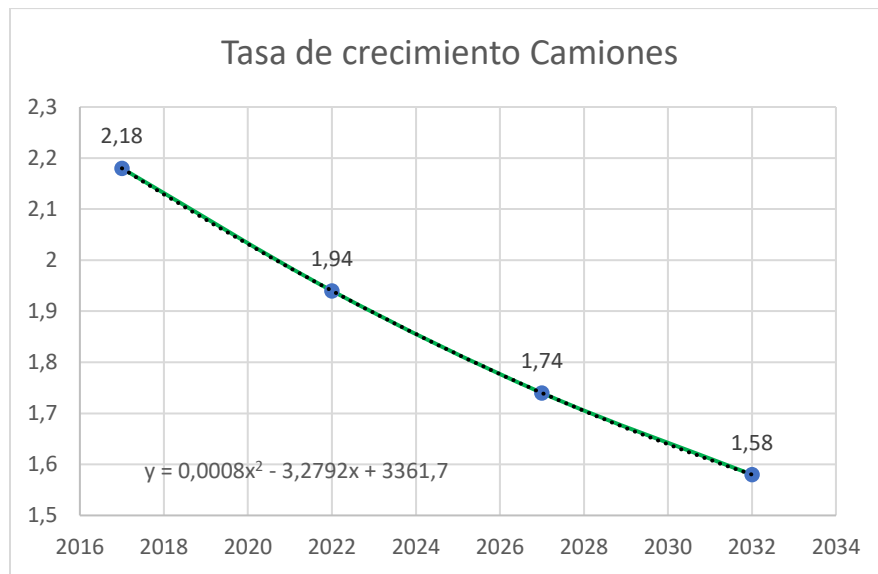


Nota. La línea de tendencia vehicular del tipo buses. Elaborado por: Los autores.

Línea de tendencia para las tasas de crecimiento de tráfico liviano, se muestran en la siguiente figura:

Figura 52.

Línea de tendencia tráfico camiones.



Nota. La línea de tendencia vehicular del tipo camiones. Elaborado por: Los autores.

Tabla 14.

Tasas de crecimiento vehicular.

<i>Tasas de crecimiento del tráfico</i>				
<i>Δ años</i>				
<i>Años</i>	<i>Acumulados</i>	<i>Livianos</i>	<i>Bus</i>	<i>Pesados</i>
<i>2012-2017</i>	<i>5</i>	<i>4.47</i>	<i>2.22</i>	<i>2.18</i>
<i>2017-2022</i>	<i>10</i>	<i>3.97</i>	<i>1.97</i>	<i>1.94</i>
<i>2022-2027</i>	<i>15</i>	<i>3.57</i>	<i>1.78</i>	<i>1.74</i>
<i>2027-2032</i>	<i>20</i>	<i>3.25</i>	<i>1.62</i>	<i>1.58</i>

2032-2037	25	3.03	1.51	1.46
2037-2042	30	2.89	1.45	1.38
2042-2047	35	2.84	1.43	1.34

Nota: Línea de tendencia generada de cada vehículo. Elaborado por: Los autores.

Tráfico Generado

Tabla 15.

Tráfico promedio semanal 2 sentidos.

<i>Días</i>	<i>Tipo de Vehículo</i>			<i>TPDA (Veh/día)</i>
	<i>Livianos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	
<i>Lunes</i>	87	2	6	95
<i>Martes</i>	77	1	2	80
<i>Miércoles</i>	90	2	2	94
<i>Jueves</i>	72	3	2	77
<i>Viernes</i>	68	0	8	76
<i>Sábado</i>	65	2	8	75
<i>Domingo</i>	65	0	6	71
<i>Promedio</i>	37	1	2	40

Nota: Tráfico promedio semanal. Fuente: GAD Municipal El Chaco

Obtenemos un promedio del tráfico en una semana para empezar con el cálculo de las capas del pavimento flexible.

Calculamos el Tráfico Futuro

Vehículos livianos

$$TPDALprom = 37 \text{ vehículos/día}$$

$$TG = 20\% * TPDALprom$$

$$TG = 0.20 * 37 = 7 \text{ vehículos/día}$$

Donde:

TG= Tráfico Generado

TPDALprom= Tráfico Promedio Diario Anual Livianos promedio

$$AT = 10\% * TPDALprom$$

$$AT = 0.10 * 37 = 4 \text{ vehículos/día}$$

Donde:

AT= Tráfico Atraído

$$TD = 5\% * TPDALprom$$

$$TD = 0.05 * 37 = 2 \text{ vehículos/día}$$

Donde:

TD= Tráfico Desarrollado

$$\text{Trafico Futuro } L = TPDALprom + TG + AT + TD$$

$$\text{Trafico Futuro } L = 37 + 7 + 4 + 2 = 50 \text{ vehículos/día}$$

$$\text{Trafico Futuro } L = 50 / 2 = 25 \text{ vehículos/día}$$

25 vehículos/día en un solo carril

Vehículos Pesados

$$TPDALprom = 4 \text{ vehículos/día}$$

$$TG = 20\% * TPDALprom$$

$$TG = 0.20 * 4 = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Donde:

TG= Tr\u00e1fico Generado

TPDALprom= Tr\u00e1fico Promedio Diario Anual Livianos promedio

$$AT = 10\% * TPDALprom$$

$$AT = 0.10 * 4 = 0 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Donde:

AT= Tr\u00e1fico Atra\u00eddo

$$TD = 5\% * TPDALprom$$

$$TD = 0.05 * 4 = 0 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Donde:

TD= Tr\u00e1fico Desarrollado

$$\text{Trafico Futuro } L = TPDALprom + TG + AT + TD$$

$$\text{Trafico Futuro } L = 4 + 1 + 0 + 0 = 5 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

5 veh\u00edculos/d\u00eda en un solo carril

Se proyecta el volumen de tr\u00e1fico para un periodo de 20 a\u00f1os como m\u00e1ximo, el periodo para el dise\u00f1o del pavimento de la v\u00eda es 10 a\u00f1os.

Tabla 16.

C\u00e1lculo del total de veh\u00edculos para el dise\u00f1o.

<i>Tipo de Veh\u00edculo</i>	<i>Tr\u00e1fico Total</i>	<i>Factor Conversi\u00f3n</i>	<i>Veh\u00edculo Dise\u00f1o</i>
<i>Livianos</i>	<i>37</i>	<i>0.5</i>	<i>19</i>
<i>Buses</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

<i>Camiones</i>	2	1.5	3
<i>Tráiler</i>	0	2.5	0
		Σ	23

Nota: Cálculo de vehículos con factor de corrección. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

Factores de corrección obtenidos de la página del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Cálculo porcentaje de crecimiento

Tabla 17.

Crecimiento del tráfico para 20 años.

<i>AÑO</i>	<i>% CRECIMIENTO</i>			<i>TRÁFICO PROMEDIO DIARIO</i>		
				<i>ANUAL</i>		
	<i>LIVIANO</i>	<i>BUS</i>	<i>CAMIÓN</i> <i>(C-2-P)</i>	<i>LIVIANO</i>	<i>CAMIÓN</i> <i>(C-2-P)</i>	<i>TOTAL</i>
<i>2012</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>50</i>	<i>5</i>	<i>55</i>
<i>2013</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>52</i>	<i>5</i>	<i>57</i>
<i>2014</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>54</i>	<i>6</i>	<i>60</i>
<i>2015</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>56</i>	<i>6</i>	<i>62</i>
<i>2016</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>58</i>	<i>6</i>	<i>64</i>
<i>2017</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>61</i>	<i>6</i>	<i>67</i>
<i>2018</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>63</i>	<i>7</i>	<i>70</i>
<i>2019</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>66</i>	<i>7</i>	<i>73</i>
<i>2020</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>68</i>	<i>7</i>	<i>75</i>
<i>2021</i>	<i>4.00</i>	<i>3.50</i>	<i>5.00</i>	<i>71</i>	<i>8</i>	<i>79</i>

2022	4.00	3.50	5.00	74	8	82
2023	4.00	3.50	5.00	77	9	86
2024	4.00	3.50	5.00	80	9	89
2025	4.00	3.50	5.00	83	9	92
2026	4.00	3.50	5.00	87	10	97
2027	4.00	3.50	5.00	90	10	100
2028	4.00	3.50	5.00	94	11	105
2029	4.00	3.50	5.00	97	11	108
2030	4.00	3.50	5.00	101	12	113
2031	4.00	3.50	5.00	105	12	117
2032	4.00	3.50	5.00	110	13	123

Nota: Tráfico proyectado 20 años. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

Calculamos tráfico futuro

Calculo con fórmulas del periodo de diseño.

Periodo de 10 años

$$TP = Ta * (1 + i)^n$$

Donde:

n = Periodo en años tiempo de diseño

TP = Tráfico Proyectado

i = Porcentaje de crecimiento

Ta = Tráfico Futuro livianos

Vehículos livianos

$$TP1 = 50 * (1 + 4\%)^{10}$$

$$TP1=74 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Veh\u00edculos pesados

$$TP2= 5*(1+4\%) ^{10}$$

$$TP2=7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Periodo de 20 a\u00f1os

Veh\u00edculos livianos

$$TP1= 50*(1+4\%) ^{20}$$

$$TP1=133 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Veh\u00edculos pesados

$$TP2= 5*(1+4\%) ^{10}$$

$$TP2=13 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Veh\u00edculos pesados

$$TP3= 13*(1+5\%) ^{10}$$

$$TP3=34 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$TP= TP1+ TP3$$

$$TP= 133+34 =167 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 18.*Cálculo total vehículos de diseño Tráfico futuro.*

<i>Tipo de Vehículo</i>	<i>Tráfico Total</i>	<i>Factor Conversión</i>	<i>Vehículo Diseño</i>
<i>Livianos</i>	<i>104</i>	<i>0.5</i>	<i>25</i>
<i>Buses</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Camiones</i>	<i>12</i>	<i>1.5</i>	<i>18</i>
<i>Trailers</i>	<i>0</i>	<i>2.5</i>	<i>0</i>
		Σ	<i>72</i>

*Nota: Tráfico de diseño futuro. Fuente: GAD Municipal El Chaco.***Factor de Daño MTOP****Tabla 19.***Factores de daño.*

FACTORES DE DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TRIDEM		TRIDEM		FACTOR DAÑO
	ton	$(P/6.6)^4$	ton	$(P/8.2)^4$	ton	$(P/15)^4$	ton	$(P/23)^4$	
BUS	4.0	0.13	8.0	0.91					1.04
C-2P	2.5	0.02							1.29
	7.0	1.27							
C-2G	6.0	0.68	11.0	3.24					3.92
C-3	6.0	0.68			18	2.07			2.76
C-4	6.0	0.68					25	1.40	2.08
C-5	6.0	0.68			18	2.07			2.76
C-6	6.0	0.68			18	2.07	25	1.40	4.16

Nota: Factores de Daño (FD). Fuente: Dirección de Mantenimiento Vial del MTOP en el Ecuador.

Los factores de Daño (FD) fueron recopilados del cuadro demostrativo de cargas útiles del Departamento de Pesos, Medidas y Peaje de la Dirección de Mantenimiento Vial del MTOP en el Ecuador.

Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes de 8.2 Ton. (W18), En la determinación del tránsito para el diseño de pavimentos asfálticos es fundamental la cuantificación del número acumulado de ejes simples equivalentes de 8.2 Ton. Que circularán por el carril de diseño durante el periodo de diseño.

La vía en estudio tiene dos carriles, se consideró 50% de tránsito de camiones para el carril de diseño, así que cualquier carril puede ser utilizado para el diseño, la cantidad de automóviles (livianos) no se considera para los cálculos.

Cálculo de ejes Equivalentes

Tabla 20.

Cálculo total vehículos de diseño.

<i>Tipo de Vehículo</i>	<i>Tráfico Total</i>	<i>Factor Conversión</i>	<i>Vehículo Diseño</i>
<i>Livianos</i>	<i>50</i>	<i>0.5</i>	<i>25</i>
<i>Buses</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>Camiones</i>	<i>5</i>	<i>1.5</i>	<i>8</i>
<i>Tráiler</i>	<i>0</i>	<i>2.5</i>	<i>0</i>
		Σ	<i>33</i>

Nota: Tráfico de diseño futuro. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

Tabla 21.*Periodo de diseño 10 años.*

<i>Camión C-2-P</i>						
<i>Año</i>	<i>Livianos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camión</i>	<i>Livianos</i>	<i>Camión</i>	<i>Total</i>
			<i>C-2-P</i>		<i>C-2-P</i>	
<i>2012</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>25</i>	<i>8</i>	<i>33</i>
<i>2013</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>26</i>	<i>8</i>	<i>34</i>
<i>2014</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>27</i>	<i>9</i>	<i>36</i>
<i>2015</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>28</i>	<i>9</i>	<i>37</i>
<i>2016</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>29</i>	<i>9</i>	<i>38</i>
<i>2017</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>30</i>	<i>10</i>	<i>40</i>
<i>2018</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>32</i>	<i>10</i>	<i>42</i>
<i>2019</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>33</i>	<i>10</i>	<i>43</i>
<i>2020</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>34</i>	<i>11</i>	<i>45</i>
<i>2021</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>36</i>	<i>11</i>	<i>47</i>
<i>2022</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>37</i>	<i>11</i>	<i>48</i>
<i>2023</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>38</i>	<i>12</i>	<i>50</i>
<i>2024</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>40</i>	<i>12</i>	<i>52</i>
<i>2025</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>42</i>	<i>13</i>	<i>55</i>
<i>2026</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>43</i>	<i>13</i>	<i>56</i>
<i>2027</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>45</i>	<i>13</i>	<i>58</i>
<i>2028</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>47</i>	<i>14</i>	<i>6</i>
<i>2029</i>	<i>4</i>	<i>3.5</i>	<i>5</i>	<i>49</i>	<i>14</i>	<i>63</i>

2030	4	3.5	5	51	15	66
2031	4	3.5	5	53	15	68
2032	4	3.5	5	55	16	71

Nota: Tiempo de diseño 10 años. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

Para el cálculo del W18 o número de ejes equivalentes vamos a utilizar los valores parciales y acumulados de cada año y ese valor lo obtenemos en ejes equivalentes.

Tabla 22.

Calculo ejes equivalentes 8.2 ton (W18).

W18			
Año	Parcial	Acumulado	Un Carril
2012	15538	15538	7769
2013	16009	31547	15774
2014	16951	48498	24249
2015	17421	65919	32960
2016	17892	83811	41906
2017	18834	102645	51323
2018	19776	122421	61211
2019	20247	142668	71334
2020	21188	163856	81928
2021	22130	185986	92993
2022	22601	208587	104294
2023	23543	232130	116065

2024	24484	256614	128307
2025	25897	282511	141256
2026	26368	308879	154440
2027	27309	336188	168094
2028	28722	364910	182455
2029	29664	394574	197287
2030	31076	425650	212825
2031	32018	457668	228834
2032	33430	491098	245549

Nota: Cálculo W18 un solo carril. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

Determinación resistencia del diseño

Tabla 23.

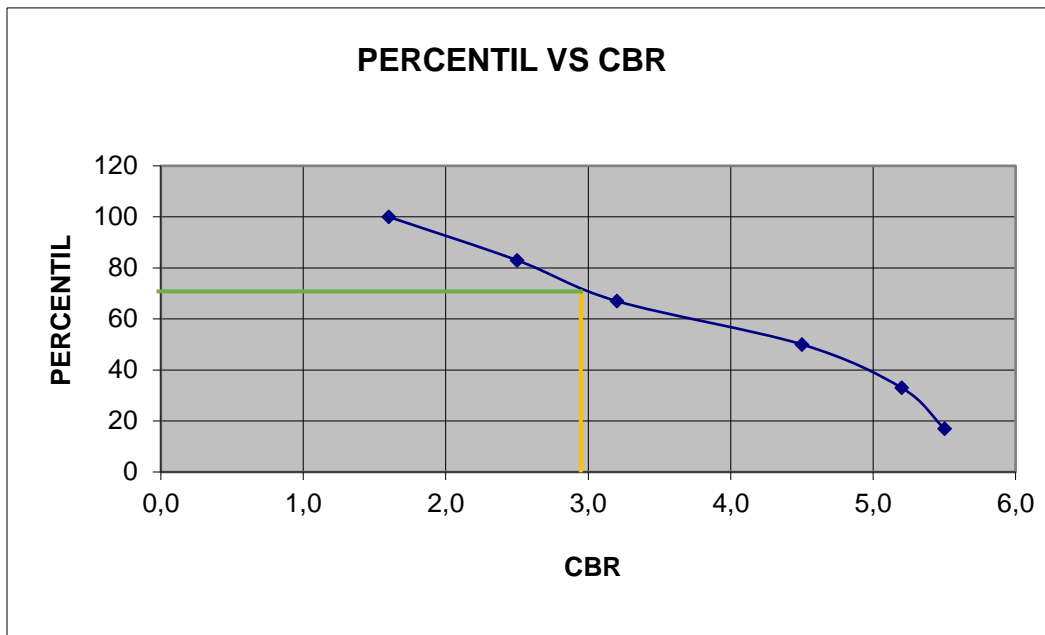
Resistencia del diseño.

<i>Abscisa</i>	<i>CBR</i>	<i>CBR Asc.</i>	<i>Datos iguales</i>	<i>Percentil</i>
<i>0+000</i>	<i>1.6</i>	<i>1.6</i>	<i>6</i>	<i>100</i>
<i>0+001</i>	<i>5.5</i>	<i>2.5</i>	<i>5</i>	<i>83</i>
<i>0+002</i>	<i>5.2</i>	<i>3.2</i>	<i>4</i>	<i>67</i>
<i>0+003</i>	<i>4.5</i>	<i>4.5</i>	<i>3</i>	<i>50</i>
<i>0+004</i>	<i>3.2</i>	<i>5.2</i>	<i>2</i>	<i>33</i>
<i>0+005</i>	<i>2.5</i>	<i>5.5</i>	<i>1</i>	<i>17</i>

Nota: valores obtenidos de los ensayos. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

Figura 53.

Determinación CBR.



Nota: Determinación del CBR con la gráfica. Fuente: GAD Municipal El Chaco.

CBR de diseño= 2.82

Porcentaje de diseño= 75 %

Figura 54.

Calculo SN ecuación AASHTO-93.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' (4230 psi).
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. Below 'Calcular SN' is a text box showing 'W18 = 104294'. To the right, 'Número Estructural' shows 'SN = 2.70'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Nota: Número estructural. Fuente: Programa Ecuación AASHTO 93.

$SN = 2.70$

Cálculo de los espesores del pavimento

Procedimiento:

Datos:

$SN_{req} = 2.69$

$SN_1 = 1.03$

$SN_2 = 1.67$

$a_1 = 0.471$

$a_2 = 0.133$

$a_3 = 0.11$

$$m2 = 0.80$$

$$m3 = 0.80$$

Espesor de la Carpeta D1

Teórico

$$D1 = SN1 / a1$$

$$D1 = 1.03 / 0.417$$

$$D1 = 2.458''$$

$$D1 = 6.02 \text{ cm}$$

Propuesto

Asumiendo D1 = 5 cm

$$SN1' = a1 * D1$$

$$SN1' = 0.417 * 5$$

$$SN1' = 2.085 \text{ cm}$$

$$SN1' = 2.085 / 2.54 = 0.82''$$

Espesor de la Carpeta D2

Teórico

$$D2 = (SN2 - SN1') / (a2 * m2)$$

$$D2 = (0.64 - 0.82) / (0.133 * 0.80)$$

$$D2 = 6.48''$$

$$D2 = 16.5 \text{ cm}$$

Propuesto

Asumiendo D2 = 20 cm

$$SN2' = a1 * m2 * D2$$

$$SN2' = 0.133 * 0.80 * 20$$

$$SN2' = 2.13 \text{ cm}$$

$$SN2' = 2.13 / 2.54 = 0.84''$$

Espesor de la Carpeta D3

$$D3 = (SN3 - (SN2 - SN1')) / (a2 * m2)$$

$$D3 = (2.69 - (0.64 - 0.82)) / (0.11 * 0.80)$$

$$D3 = 11.60''$$

$$D3 = 29.46 \text{ cm}$$

Propuesto

$$\text{Asumiendo } D3 = 35 \text{ cm}$$

$$SN3' = a2 * m3 * D3$$

$$SN3' = 0.11 * 0.80 * 35$$

$$SN3' = 3.11 \text{ cm}$$

$$SN3' = 3.11 / 2.54 = 1.22''$$

Cálculo SNcal

$$SNcal = SN1' + SN2' + SN3'$$

$$SNcal = 0.82 + 0.84 + 1.22 = 2.88''$$

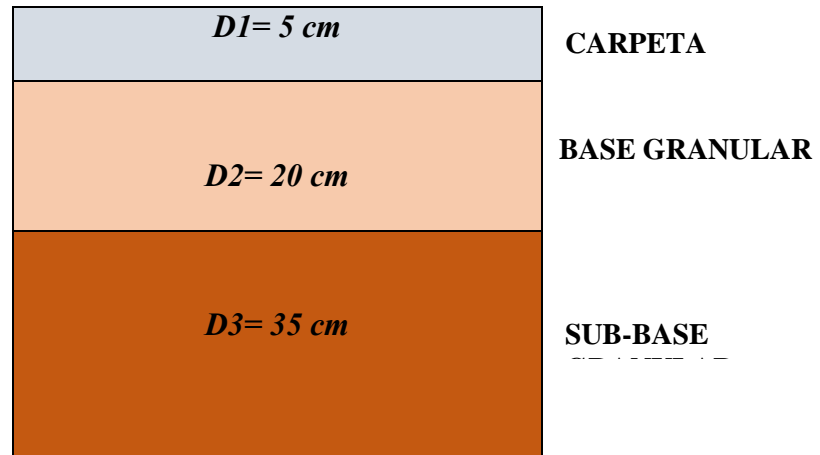
$$SNcal \geq SNreq$$

$$2.88 \geq 2.69$$

Nota: Verificamos que la condición cumple y el SNcal es mayor que el requerido por lo tanto el diseño es el adecuado.

Figura 55.

Grafica espesores de cada carpeta.



Nota: Espesores calculados de cada capa. Elaborado por: Los autores.

4.3.2. EJERCICIO PROPUESTO POR EL SOTWARE WESLEA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

En esta parte pondremos los datos obtenidos en el ejercicio manual utilizando la norma AASHTO 93, aplicando en el software “WESLEA”.

Figura 56.

Pantalla inicial del Software “WESLEA”.



Nota: Pantalla inicial del software “WESLEA” en la cual se muestra el menú de inicio para dar paso a sus demás ventanas de desarrollo. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Una vez que se haya entrado en el software “WESLEA” se debe seleccionar las unidades al SI (métrico) porque esas son las unidades con las que se trabaja en nuestro país, así como se señala en la figura 57, ya que el software es americano y existen unidades para la misma.

Figura 57.

Unidades del Software “WESLEA”.



Nota: Las unidades son el sistema Métrico y el sistema inglés. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

En el menú Input (Ingresos) escogemos la opción de Structure (Estructura).

Figura 58.

Menú Input, opción structure del software “WESLEA”



Nota: La opción structure para el diseño. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

- **Number of Layer (Número de capas):** Se ingresa el número de capas que tiene el pavimento flexible, en este caso son 4 (carpeta asfáltica, base, subbase y la subrasante).
- **Material Type (Tipo de material):** Se especifica el tipo de material para cada capa, en este caso se utiliza como primera capa AC= concreto asfáltico, segunda y tercera capa GB= base granular y para la cuarta capa SOIL= suelo.
- **Layer Modulus (Módulo de capa):** Colocar los valores de los módulos de cada capa, pero estos valores deben ser transformados al Sistema Internacional de unidades (MPa).
- **Módulo de la carpeta asfáltica:** 395.00 ksi = 2723.43 MPa
- **Módulo de la base granular:** 29.00 ksi = 199.95 MPa
- **Módulo de la subbase granular:** 15.10 ksi = 104.11 MPa
- **Módulo de la Subrasante:** 4.23 ksi = 29.16 MPa

El software nos da módulos límites mínimos y máximos, donde los valores que se vayan a ingresar deben estar dentro de los mismos como se indica en la figura 59.

- ***Poisson Ratio (Relación de Poisson):*** *Esta relación de poisson es un valor que el programa te da automáticamente.*

Thickness (Espesores): *Se ingresa los diferentes espesores de cada capa del pavimento.*

Carpeta asfáltica: *5cm*

Base granular: *20 cm*

Subbase granular: *35 cm*

Subrasante: *no se coloca un valor ya que el programa intuye que es suelo natural.*

Figura 59.

Ingreso de datos al software “WESLEA”.

Structural Information (F1 for Help)

Number of Layers: 2 3 4 5

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	GB	GB	Soil	Soil
Min Modulus, MPa	551.6	34.5	34.5	20.7	20.7
Layer Modulus, MPa	2723.4	200	104.1	29.2	29.2
Max Modulus, MPa	13789.5	344.7	344.7	206.8	206.8
Poisson's Ratio	0.35	0.4	0.4	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.3 - 0.45	0.3 - 0.45	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness, cm	5	19.99	35	2537.46	Infinite
Slip (0 or 1) 1 = Full Adhesion 0 = Full Slip		1	1	1	1

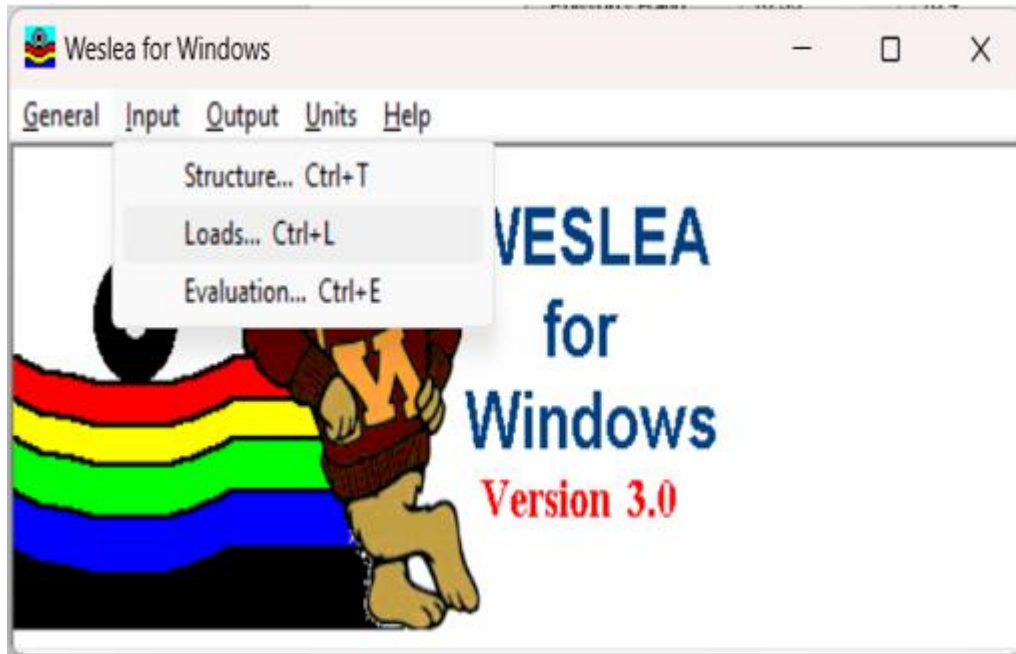
OK Cancel

Nota: Toda la información estructural necesitada se obtiene mediante el del diseño con la AASHTO 93 explicado en la unidad anterior. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

En el menú Input (Ingresos) escogemos la opción de Structure (Estructura).

Figura 60.

Menú Input, opción loads del software “WESLEA”.



Nota: Nota: La opción loads para las cargas. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

- ***Loading Configuration (Configuración de las cargas):*** Colocar en la opción other para la configuración manualmente la distancia para eje rueda doble según la presión del neumático, ya que se debe poner una configuración manual, por lo antes mencionado que el programa ya tiene sus unidades y medidas automatizadas.
- ***Total Number of Load Applications (Número totales de aplicaciones de carga):*** Colocar el valor total de aplicaciones de carga que es igual al número de ejes equivalentes total (W18).

Total Number of Load Application = 104294

➤ **Number of Loads (Número de cargas):** Colocar el número 2 ya que es un eje de rueda doble.

➤ **Location Data (Datos de Ubicación):** Colocar el valor de la distancia de eje a eje como en la figura 61

$$x = 28.8 \text{ cm}$$

$$y = 0$$

➤ **Load Magnitude (Magnitud de carga):** Este valor se calcula con la formula:

$$Q = \frac{P}{\pi * a^2}$$

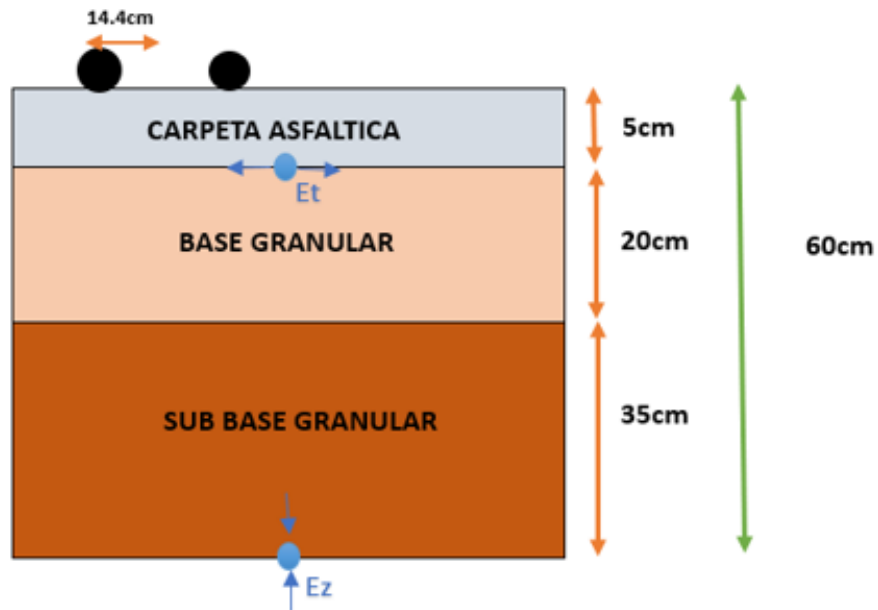
Q: Presión de contacto. = 690kN/m²

P: Magnitud de la carga por neumático. = 20kN

a: Radio del área de la carga circular. = 9.6 cm

Figura 61.

Diseño general del pavimento con la distancia de eje.



Nota: La distancia de eje es un ejemplo que nosotros ponemos ya que es un eje con rueda doble y la carga es de 80kN. Elaborado por: Los autores mediante el software "WESLEA".

Tire Pressure (Presión de Inflado): *La presión de inflado colocaremos como valor 690 kN/m².*

Figura 62.

Ingreso de datos en el software “WESLEA”

The screenshot shows the 'Loads (F1 for Help)' dialog box. It features a 'Loading Configuration' section with five options: Single, Tandem, Tridem, Steer, and Other (selected). Below this is a text field for 'Total Number of Load Applications' containing '104294'. The 'Number of Loads in Configuration' section includes a 'Number of Loads' field with '2' and a status indicator 'Load number 2 of 2 total loads.'. The 'Load Control' section has 'Next Load' and 'Previous Load' buttons. The 'Location Data' section has 'X' (28.8 cm) and 'Y' (0 cm) fields. The 'Load Data' section has 'Uniform?' checked, 'Load Magnitude' (20 kN), and 'Tire Pressure' (690.03 kPa) fields. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Nota: Las cargas para esta ventana se ubica el número de ESAL'S esto es carga, presión de aire y ancho del eje. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

En el menú Input (Ingresos) escogemos la opción de Evaluation (Evaluación) eso nos dará el número de ESAL'S.

Figura 63.

Menú Input, opción evaluation del software “WESLEA”

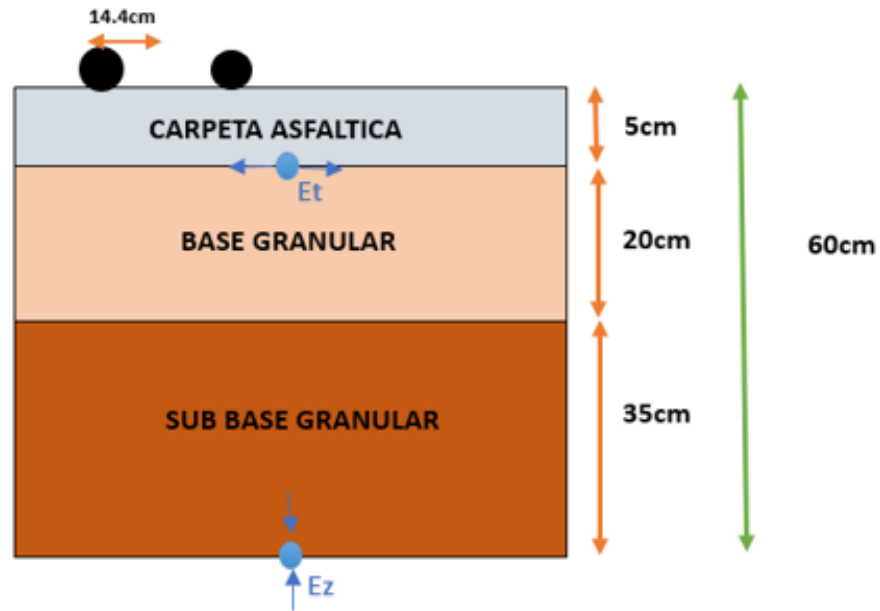


Nota: Selección de la opción evaluation. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Puntos de Análisis

Figura 64.

Ubicación de los puntos de análisis.



Nota: Son cuatro puntos principales de análisis, en la parte superior son dos, en el límite de la carpeta con la base granular y en la parte inferior otros dos, en el límite de la subbase y la subrasante. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

➤ **Number of location (Número de ubicación): 1**

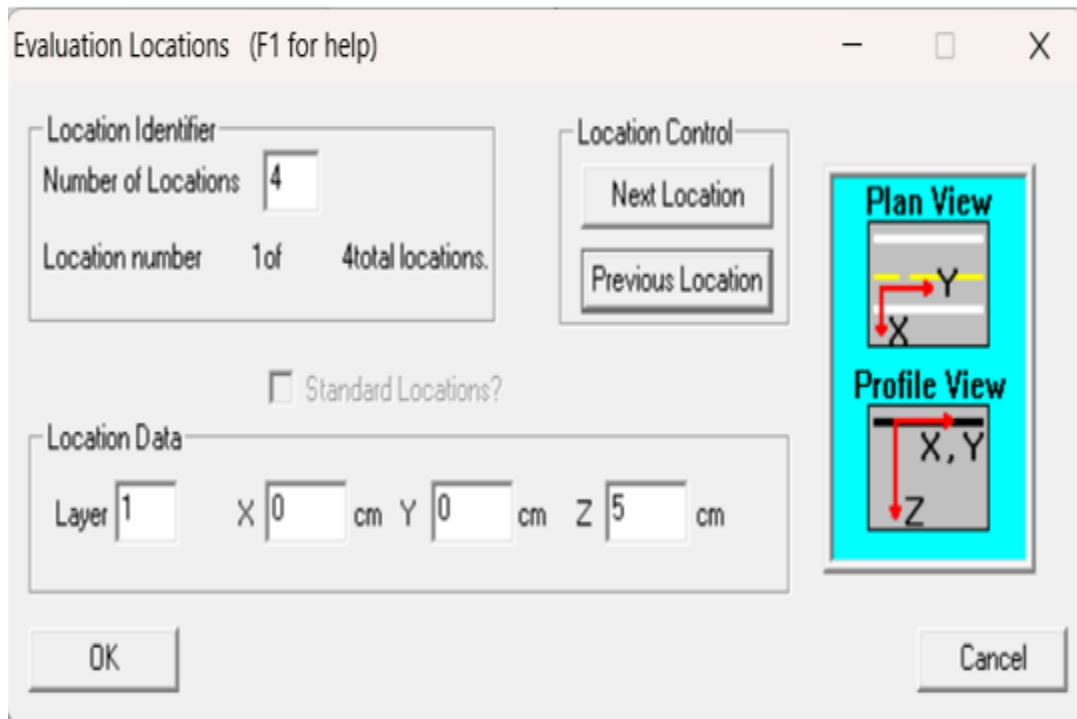
$X = 0$ cm

$Y = 0$ cm

$Z = 5$ cm (Es el espesor de la carpeta asfáltica)

Figura 65.

Número de ubicación 1 de 4 en el software “WESLEA”.



Nota: Este punto es el primero y se encuentra en el límite de la carpeta asfáltica y la base granular.

Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

➤ ***Number of location (Número de ubicación): 2***

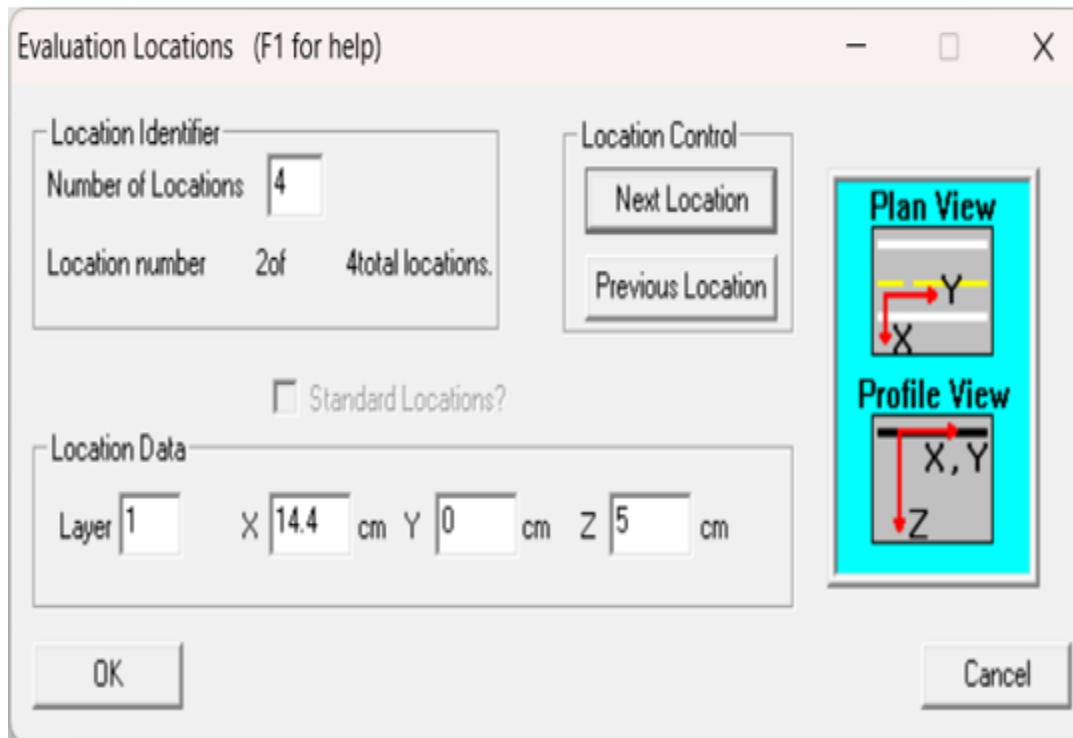
X= 14.4 cm (Es la distancia al centro del eje de la rueda doble)

Y= 0 cm

Z= 5 cm (Es el espesor de la carpeta asfáltica)

Figura 66.

Número de ubicación 2 de 4 en el software “WESLEA”.



Nota: Este punto es el segundo y se encuentra en el límite de la carpeta asfáltica y la base granular. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

➤ ***Number of location (Número de ubicación): 3***

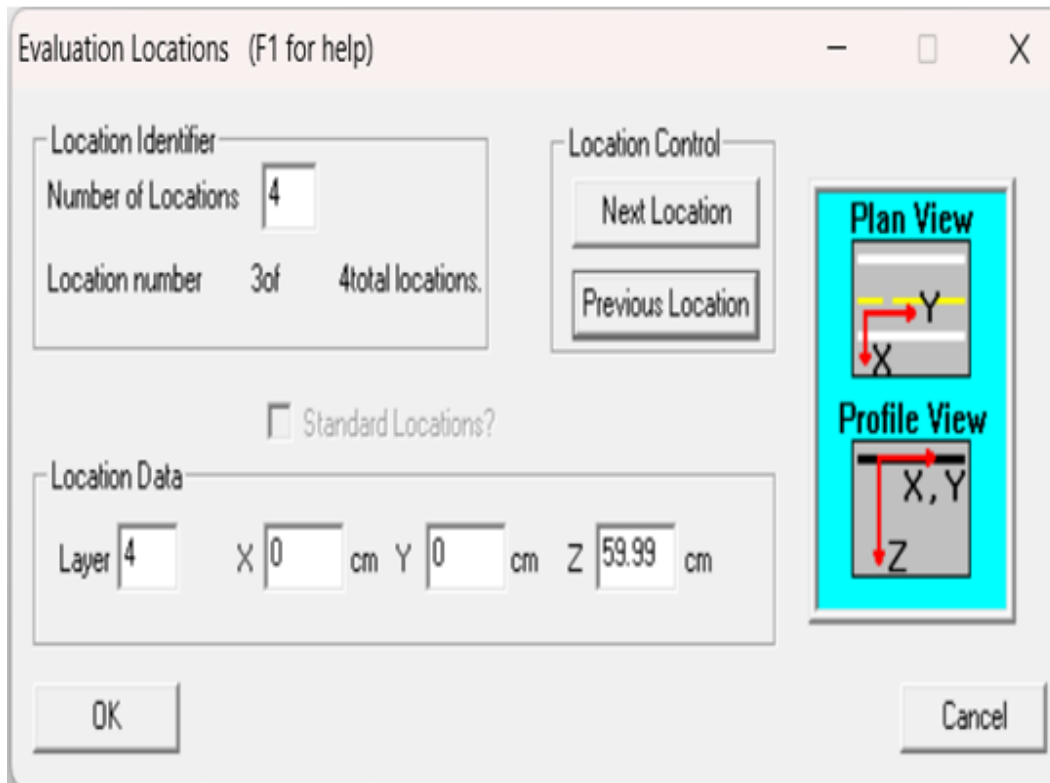
X= 0 cm

Y= 0 cm

Z= 60 cm (Es el espesor total de las 3 capas)

Figura 67.

Número de ubicación 3 de 4 en el software “WESLEA”.



Nota: Este punto es el tres y se encuentra en el límite de la subbase y la subrasante. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

➤ ***Number of location (Número de ubicación): 4***

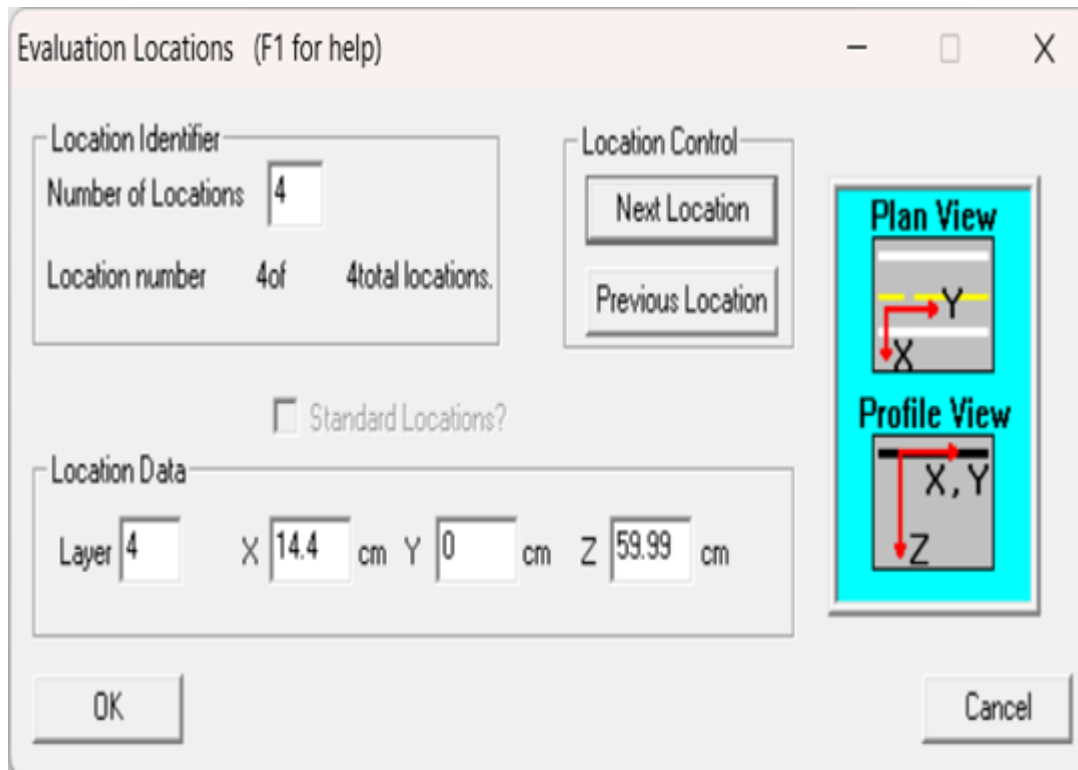
X= 14.4 cm (Es la distancias al centro del eje de la rueda doble)

Y= 0 cm

Z= 60 cm (Es el espesor total de las 3 capas)

Figura 68.

Número de ubicación 4 de 4 en el software “WESLEA”.



Nota: Este punto es el cuatro y se encuentra en el límite de la subbase y la subrasante. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

En esta opción de Output nos indicará los resultados de cada uno de los puntos.

Figura 69.

Menú Output, opción view output del software “WESLEA”

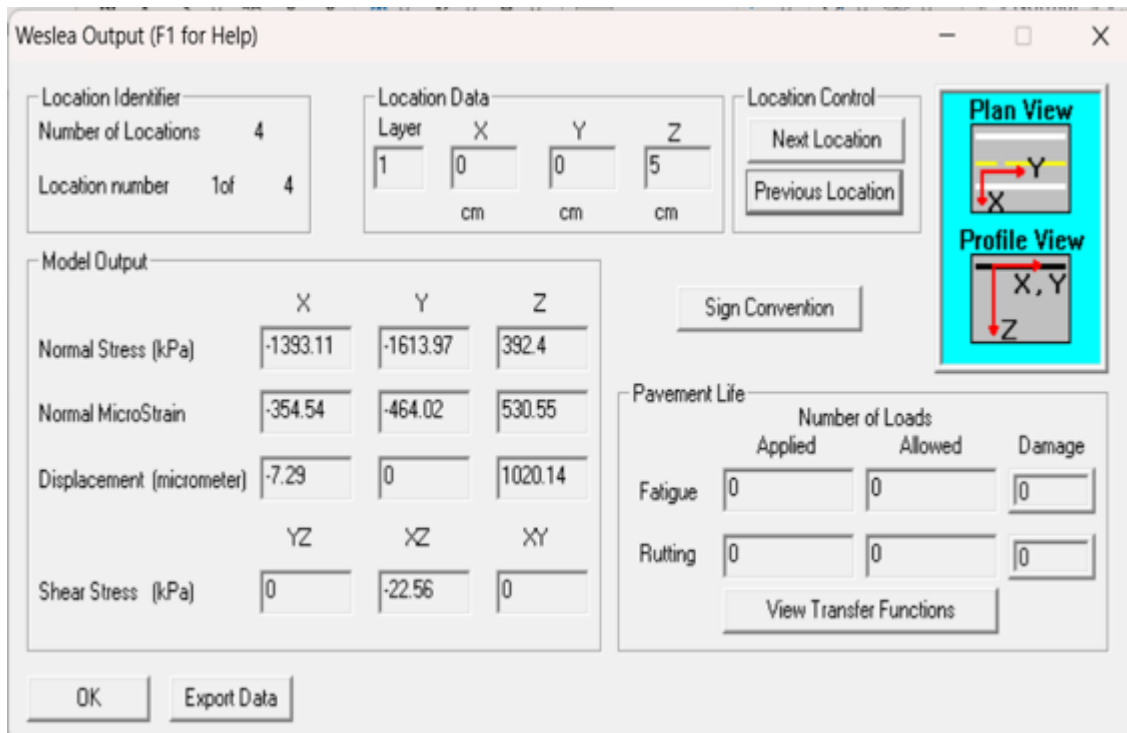


Nota: Selección de la opción view output. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Obtención de resultados del punto 1 de análisis.

Figura 70.

Resultado punto 1 de análisis del software “WESLEA”.



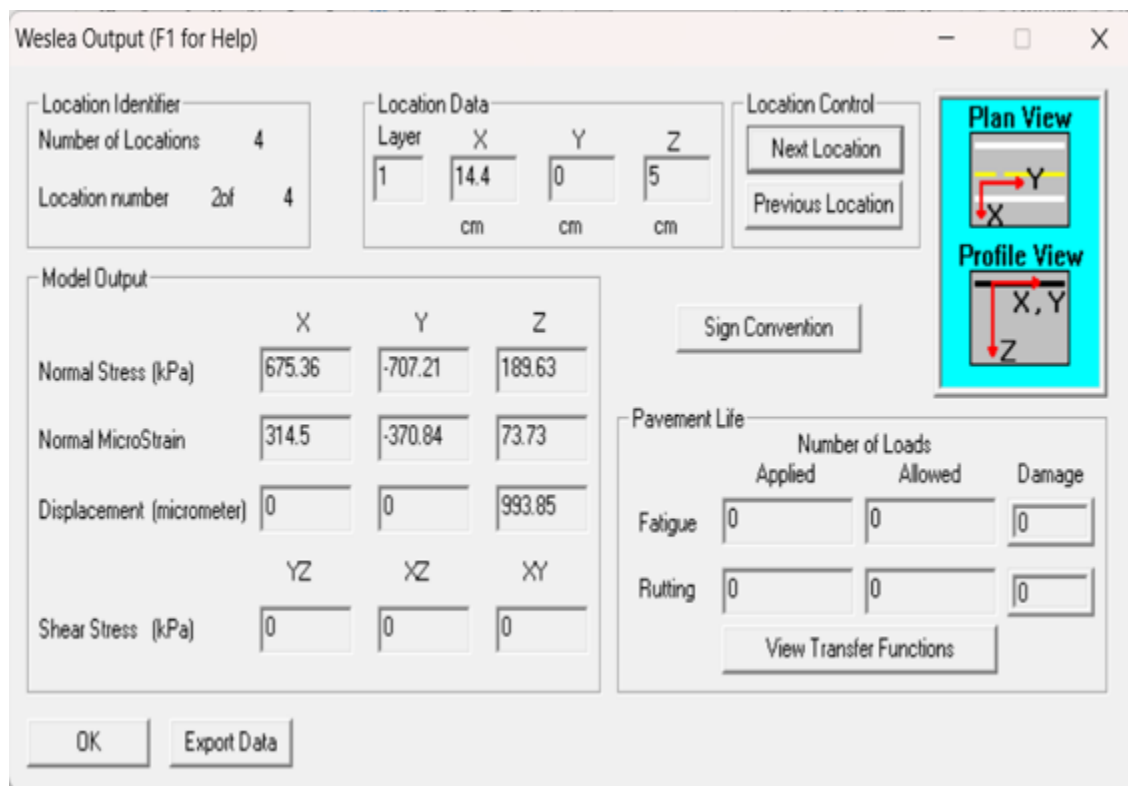
Nota: En este primer punto el dato más crítico lleva al análisis de daño por fatiga al pavimento.

Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Obtención de resultados del punto 2 de análisis.

Figura 71.

Resultado punto 2 de análisis del software “WESLEA”.



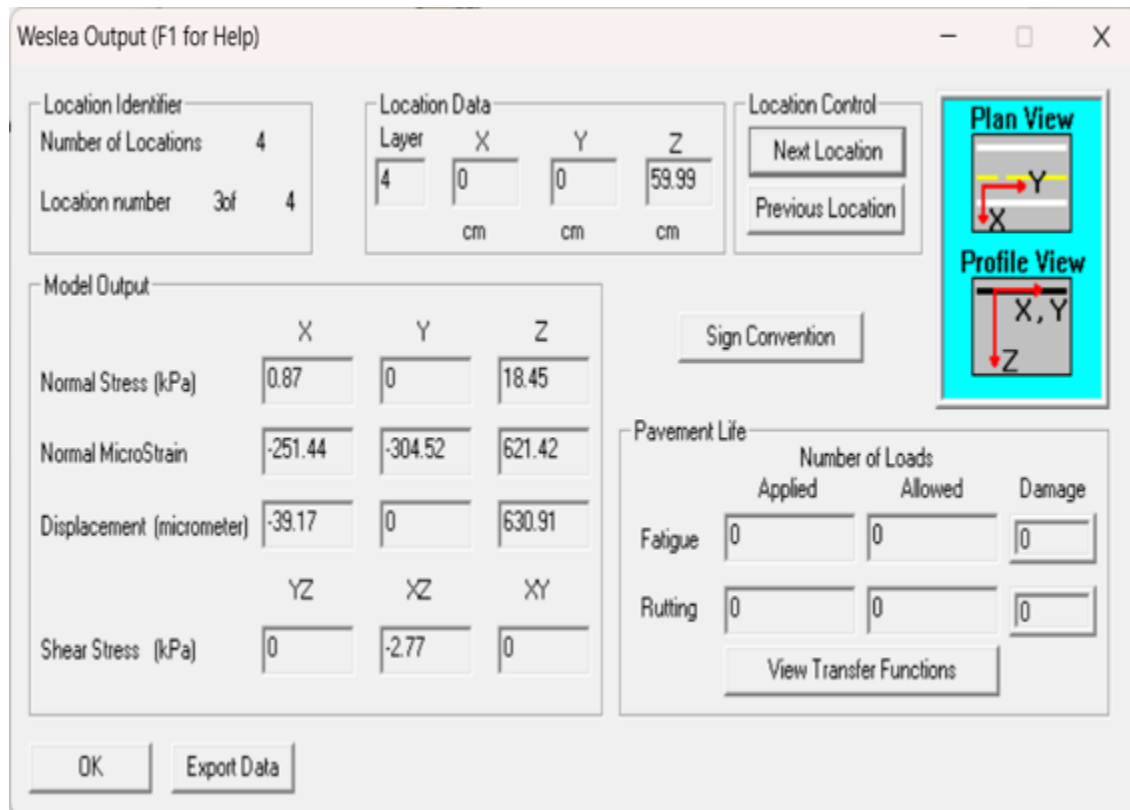
Nota: En este segundo punto el dato más crítico lleva al análisis de daño por fatiga al pavimento.

Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Obtención de resultados del punto 3 de análisis.

Figura 72.

Resultado punto 3 de análisis del software “WESLEA”.

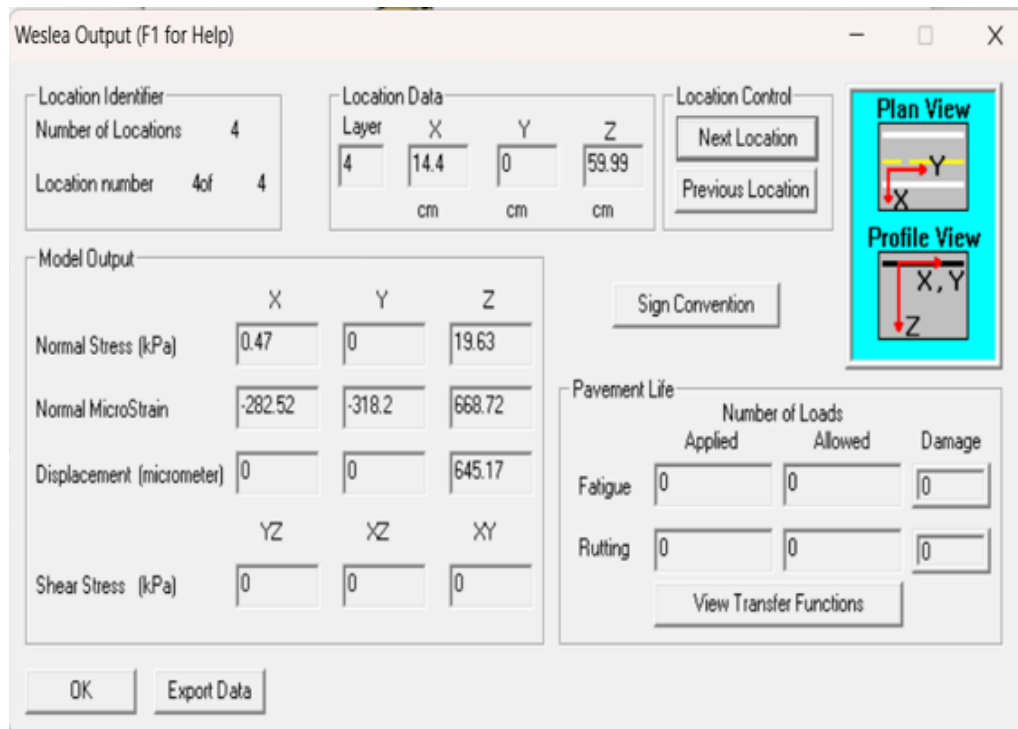


Nota: En este tercer punto el dato más crítico lleva al análisis de daño por ahuellamiento al pavimento. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Obtención de resultados del punto 4 de análisis.

Figura 73.

Resultado punto 4 de análisis del software “WESLEA”.



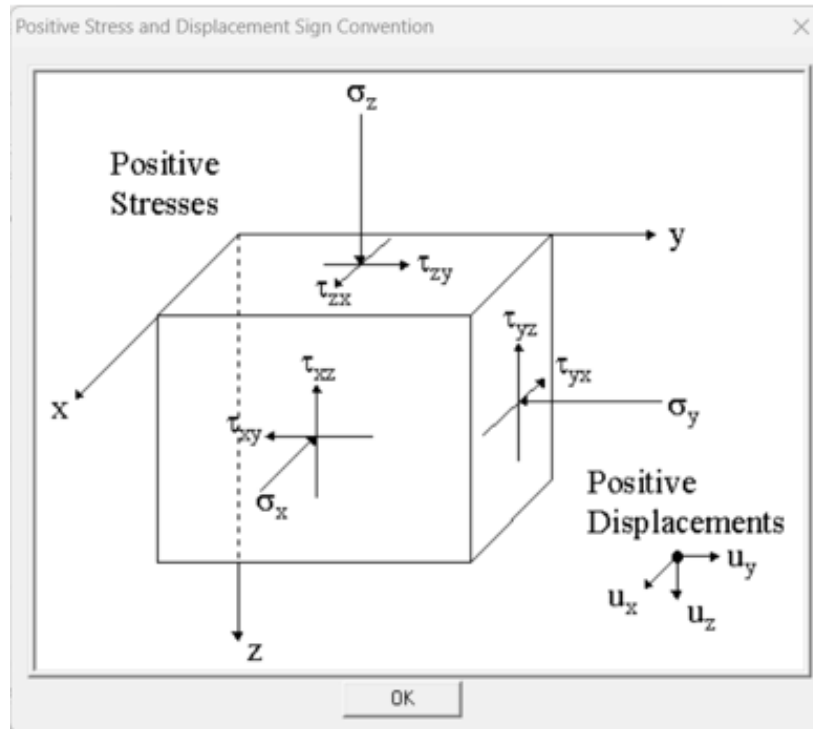
Nota: En este cuarto punto el dato más crítico lleva al análisis de daño por ahuellamiento al pavimento. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

Sign Convention (Convención de signos)

Sign Convention: (-) = tensión, (+) = compresión

Figura 74.

Resultado punto 4 de análisis del software “WESLEA”.



Nota: Los desplazamientos son positivos a lo largo del eje respectivo. Elaborado por: Los autores mediante el software “WESLEA”.

RESULTADOS

Esfuerzo por fatiga

El valor más crítico por fatiga es en el punto 1 dando una deformación con un valor de 464.02×10^{-6} KPa

Esfuerzos por ahuellamiento

El valor más crítico por ahuellamiento es en el punto 4 dando una deformación con un valor de 668.72×10^{-6} KPa

CONCLUSIONES

Se logró desarrollar el programa como una guía práctica de manejo del Software “DISPAV-5 3.0.”, en la cual proporcionamos una descripción detallada del uso y manejo del software, que es de fácil comprensión y uso, con lo cual los estudiantes que vayan a usarlo no tendrán complicaciones en su manejo así no hayan tenido una experiencia anterior en su uso.

Con el resultado de esta guía práctica, todo usuario del software al momento de seguir los pasos indicados, podrán desarrollar sus trabajos de una manera eficiente rápida y eficaz, esto les ayudará a ahorrar tiempo en su trabajo a realizar para el diseño de un pavimento flexible..

Se concluye también que el programa al ser mexicano se ajusta a las normas de diseño del país de origen, por lo que al realizar la comparación con un diseño ya hecho de una vía y comprobar sus espesores, pudimos determinar que los resultados son diferentes a los obtenidos con los de la vida ya construida.

Con el software WESLEA se puede comprobar también que el mismo calcula daños que se producen por ahuellamiento y fatiga para comprobar los espesores que se obtuvieron del método AASHTO 93, lo que nos dice que no es un programa de diseño de pavimento flexible.

En el cálculo de las diferentes capas pudimos verificar que varían un poco por consecuencia del uso de la norma mexicana, ya que las tablas de pesos y dimensiones varían en las cargas de cada uno de los diferentes tipos de vehículos además de varios coeficientes lo cual nos da un resultado diferente en cada capa.

RECOMENDACIONES

Seguir los pasos del software Dispav-5 3.0. de forma correcta y utilizar las tablas de la norma mexicana de manera adecuada. Esto nos permitirá dar un uso correcto y un desempeño óptimo del software dispav-5 3.0. para el cálculo de las diferentes capas del pavimento flexible.

No se recomienda usar tablas de los pesos de otros países por lo que no va a rendir de igual forma que al utilizar la norma de México, ya que dan como resultados pesos diferentes a los que vienen en las tablas de la norma mexicana y el programa está diseñado para trabajar únicamente con la mencionada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (S.f). *GENERALIDADES Y DEFINICIONES SOBRE LOS PAVIMENTOS*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/capitulo2.pdf>
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo. https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Ferrovial. (2023). *Partes de una carretera*. Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-de-una-carretera/>
- Giordani, C., & Leone, D. (S.f). *PAVIMENTOS*. Obtenido de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20IPavimentos.pdf
- Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC). (s.f.). *Métodos de diseño de pavimentos de concreto (AASHTO)*.
- Kraemer, C., & Del Val, M. Á. (2004). *Ingeniería de Carreteras Vol. II*. S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Méndez, P. (2020). *Teorías Esfuerzos y Deformaciones*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/479967282/Teorias-Esfuerzos-y-Defornaciones-pdf#>
- Ministerio de Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimbo_razo_Cumanda_EspecificacionesTecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- Montejo, Alfonso. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*, 2ed.
- Pascuas Rengifo, Y. (2014). *Compilado Metodología de la Investigación*. 21.

<http://www.udla.edu.co/documentos/docs/Programas%20Academicos/Tecnologia%20en%20Informatica%20y%20sistemas/Compilados/Compilado%20Metodologia%20de%20la%20Investigacion.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2017). Dispav-5 3.0 para Windows: Programa interactivo para el diseño de secciones estructurales de pavimentos flexibles.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Áridos o Agregados: Nombre genérico para distintos conjuntos de partículas minerales, de diferentes tamaños, que proceden de la fragmentación natural o artificial de las Rocas.

Asfalto: Betún sólido, semisólido o líquido, de color entre negro o pardo oscuro, encontrado en depósitos naturales u obtenido artificialmente como un residuo del petróleo. (Ministerio de Obras Públicas, 2002).

Capacidad portante (o soportante): Aptitud de un suelo o roca, en desmonte; relleno o capa de firme para soportar las cargas del tránsito.

Capa de rodadura o superficie: Capa superior de la calzada, de material especificado, designada para dar comodidad al tránsito.

Carpeta: Capa de concreto asfáltico, de un espesor determinado, que se coloca para que sirva de capa de rodadura.

CBR: ensayo que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. (CONSTRUMÁTICA, 2021).

Daño: Afectación producida en alguna de las capas del pavimento debido a factores externos como cargas o factores climáticos.

Estructura del Pavimento: Combinación de capas de Sub-base, Base y de Superficie o rodadura colocadas sobre una Sub-rasante, para soportar las cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos en la plataforma

Fatiga: daños ocasionados por la circulación del vehículo que generan grietas en la parte inferior de la carpeta asfáltica y con el tiempo Input: entrada de datos en un software.

Módulo Resiliente: medida de la capacidad de una capa de pavimento de almacenar o absorber

energía sin que este experimente deformación permanente.

Módulo dinámico de la mezcla asfáltica: valor absoluto de la relación entre el valor del esfuerzo máximo y el de la deformación unitaria máxima, obtenido en un ensayo a compresión (uniaxial o triaxial), a flexión y tracción indirecta, utilizando cargas en forma cóncava. (Lara, S.f).

Pavimento: Nombre genérico para toda la "estructura" de un pavimento (Firme). No obstante, se lo utiliza también para designar solo la capa de rodadura, especialmente cuando ella está constituida por una carpeta.

Rasante: Línea de gradiente a nivel de la superficie de rodadura del camino.

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas. (HARDWARE, 2023).

Sub-base: Capas, de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una sub-rasante aprobada, para soportar la capa de base.

Sub-rasante: Superficie superior de la obra básica, preparada como fundación de la estructura de pavimento y de los espaldones.

TPDA: es la unidad de medida en el tráfico de una carretera que representa el volumen del tráfico promedio diario anual. Se determina a partir de las observaciones puntuales del tráfico y de los factores de variación. (Condolo, 2022).

Vía: Área debidamente acondicionada para el paso de peatones, cabalgaduras o vehículos.