



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**“DISEÑO VIAL UTILIZANDO ASFALTO RECICLADO EN EL
SECTOR JOSÉ LUIS TAMAYO DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TUTOR

Mg. Ing. CARLOS LUIS VALERO FAJARDO

AUTORES

ANTHONY EDUARDO BRIONES MOREIRA

MARÍA JOSÉ LUCÍN MORALES

GUAYAQUIL

2022



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

“DISEÑO VIAL UTILIZANDO ASFALTO RECICLADO EN EL SECTOR JOSÉ LUIS TAMAYO DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”.

AUTOR/ES:

Anthony Eduardo Briones Moreira /
María José Lucín Morales

REVISORES O TUTORES:

Mg. Ing. Carlos Luis Valero Fajardo

INSTITUCIÓN:

“Universidad Laica
VICENTE ROCAFUERTE de
Guayaquil”.

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

FACULTAD DE
INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERIA CIVIL

**FECHA DE
PUBLICACIÓN:**

2022

N. DE PAGS:

73

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE: Asfalto, Carreteras, Desarrollo sostenible.

RESUMEN:

El presente trabajo es de carácter cualitativo ya que tiene como finalidad conocer cuáles son las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica reciclada, esto se lo logra hacer mediante una profunda revisión bibliográfica. Identificando los ejes del proyecto, realizando una matriz de operacionalización de variables en la cual se estableció las

<p>dimensiones e indicadores, lo que permitió realizar una investigación ordenada. Se logro determinar las propiedades las cuales están plasmadas el capítulo 2, el cual es el marco teórico, se agregó un mapa mental con dichas características en el capítulo 3 en la parte de presentación de análisis y resultados, demostrando así el cumplimiento de los objetivos propuestos.</p>		
<p>N. DE REGISTRO (en base de datos):</p>	<p>N. DE CLASIFICACIÓN:</p>	
<p>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</p>		
<p>ADJUNTO PDF:</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p>CONTACTO CON AUTOR/ES:</p> <p>Anthony Eduardo Briones Moreira</p> <p>María José Lucín Morales</p>	<p>Teléfono:</p> <p>0978941183</p> <p>0980097277</p>	<p>E-mail:</p> <p>abrionesm@ulvr.edu.ec</p> <p>mlucinm@ulvr.edu.ec</p>
<p>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</p>	<p>Mg. Milton Andrade Laborde (Decano)</p> <p>Teléfono: 042596500 Ext. 260</p> <p>E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec</p> <p>Mg Alexis Wladimir Valle Benitez. (Director de Carrera)</p> <p>Teléfono: 042596500 Ext. 242</p> <p>E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

DISEÑO VIAL UTILIZANDO ASFALTO RECICLADO EN EL
SECTOR JOSÉ LUIS TAMAYO DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA

por María & Anthony Lucín & Briones

Fecha de entrega: 14-jul-2022 08:44p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1870668817

Nombre del archivo: TESIS_FINAL_LUCIN_BRIONES_-13-62.pdf (1.2M)

Total de palabras: 12175

Total de caracteres: 61890

DISEÑO VIAL UTILIZANDO ASFALTO RECICLADO EN EL SECTOR JOSÉ LUIS TAMAYO DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 % INDICE DE SIMILITUD	8 % FUENTES DE INTERNET	1 % PUBLICACIONES	5 % TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	1 %
2	csustentable.minvu.gob.cl Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	sjnavarro.files.wordpress.com Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador Trabajo del estudiante	1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

Tutor:



Mg. Ing. Carlos Luis Valero Fajardo

C.I. 0925766461

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ANTHONY EDUARDO BRIONES MOREIRA & MARÍA JOSÉ LUCÍN MORALES, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “DISEÑO VIAL UTILIZANDO ASFALTO RECICLADO EN EL SECTOR JOSÉ LUIS TAMAYO DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 

ANTHONY EDUARDO BRIONES MOREIRA

C.I. 0951785674

Firma: 

MARÍA JOSÉ LUCÍN MORALES

C.I. 2450058918

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “Diseño vial utilizando asfalto reciclado en el sector José Luis Tamayo de la provincia de Santa Elena”, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “Diseño vial utilizando asfalto reciclado en el sector José Luis Tamayo de la provincia de Santa Elena”, presentado por los estudiantes Anthony Eduardo Briones Moreira & María José Lucín Morales, como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: _____



Mg. Ing. Carlos Luis Valero Fajardo

C.I. 0925766461

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a Dios, por permitirme seguir adelante a pesar de las adversidades que se han presentado a lo largo de esta etapa en mi vida.

A mis padres y hermano, quienes me han brindado todo su apoyo con el fin de que pueda alcanzar una de mis metas deseadas.

Mg. Ing. Carlos Valero, por brindarnos su tiempo, conocimiento y guía para que podamos realizar este trabajo de la mejor forma posible.

A mis amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio y sin importar en qué tipo de situación me encontrara siempre estuvieron apoyándome.

Anthony Briones (2022).

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mi padre Enrique Briones, mi madre Consuelo Moreira, y a mi hermano Luis Briones, por su trabajo sacrificio y paciencia durante todos estos años, gracias a ellos me he convertido en la persona que soy actualmente y he logrado llegar a esta etapa de mi vida.

Anthony Briones (2022).

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme las oportunidades de seguir adelante además de brindarme unos maravillosos padres.

A mis padres por apoyarme y darme una oportunidad muy importante la cual es estudiar para ser un profesional.

A mi familia por brindarme consejos que me ayudaron a no perder la fuerza y decaer si había una adversidad durante mis años de instrucción académica.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y a los maestros quienes gracias a sus conocimientos acerca de la carrera lograron impartir sus conocimientos acerca de la ingeniería.

Al master Carlos Valero nuestro tutor de tesis, quien nos brindó su tiempo, nos ayudó y nos guio en el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación.

A mis amigos compartir sus conocimientos, su amistad y sus risas conmigo.

María Lucín (2022).

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo en primer lugar a Dios porque siempre cuido de mí y de mi bienestar, gracias a sus bendiciones culmino esta etapa de mi vida.

A mis abuelos Tereso y Olinda por cuidarme, inculcarme buenos valores, darme consejos y contarme sus anécdotas de la vida. A mi padre Jorge por educarme y apoyarme en todo momento, mi madre por darme la vida, por ser la persona que estar firmemente conmigo viendo por mi bienestar, por saber entenderme. Al culminar mi carrera universitaria les dedico con gratitud este logro por el detalle que tuvieron conmigo al darme una excelente educación. A mi hermano Jorge por ser una persona muy especial y llena de amor en la familia.

A toda mi familia por toda la confianza y apoyo que han depositado en mí, sin un impulso fundamental en mi vida.

María Lucín (2022).

ÍNDICE GENERAL

FICHA DE REGISTRO DE TESIS	ii
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema:	2
1.2. Planteamiento del Problema:	2
1.3. Formulación del Problema:.....	2
1.4. Objetivo General.....	3
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Idea a Defender	3
1.7. Línea de Investigación Institucional/Facultad.	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Marco Teórico.....	4
2.1.1. Pavimento.....	4
2.1.2. Clasificación del pavimento según su superficie.	5
2.1.3. Estructura del pavimento flexible.	7
2.1.4. Propiedades del asfalto.....	10
2.1.5. Clasificación de las mezclas asfálticas según temperatura	13
2.1.6. Mezclas asfálticas.....	13
2.1.7. Asfalto reciclado	15

2.1.8. Procesos para reciclar pavimento asfáltico.	17
2.1.9. Diseño geométrico	18
2.1.10. Estudio de tránsito.....	22
2.1.11. Propiedades volumétricas de mezclas asfálticas compactadas ..	28
2.1.13. Clasificación de suelos	35
2.2. Marco legal.....	36
2.2.1. Constitución Política de la República del Ecuador:	36
2.2.2. Ley de Tránsito y Transporte Terrestre.....	37
2.2.3. Ley de Régimen Municipal.....	37
2.2.4. Ley de Caminos.....	38
2.2.5. Normas de Diseño de Carreteras del MTOP	38
2.2.6. MOP - 001-F 2002	38
CAPÍTULO III.....	39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1. Enfoque de la investigación	39
3.2. Alcance de la investigación.....	39
3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	39
3.4. Población y muestra	48
3.5. Presentación y análisis de resultados	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Línea de investigación	3
Tabla 2: Categoría de subrasantes de acuerdo a su CBR	7
Tabla 3: Clasificación de la subbase	7
Tabla 4 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices	8
Tabla 5 Limite granulométrico para base clase 1	9
Tabla 6 Limite granulométrico para base clase 2.....	9
Tabla 7 Limite granulométrico para base clase 3.....	10
Tabla 8 Limite granulométrico para base clase 3.....	10
Tabla 9 Descripción de los agregados para mezclas asfálticas.	14
Tabla 10 Criterios para el diseño de mezclas agregados -Emulsión Asfáltica	14
Tabla 11 Ensayo y frecuencia de aplicación para base granular.....	14
Tabla 12 Erosión del material dependiendo de la velocidad del agua.	21
Tabla 13 Velocidad de diseño	27
Tabla 14 Velocidad de circulación.....	28
Tabla 15 Graduaciones propuestas según la (ASTM D3515).....	31
Tabla 16 Criterio de diseño de mezclas.	32
Tabla 17 Porcentaje mínimo de vacíos por agregado mineral.	32
Tabla 18 Porcentaje de material que pasa por los tamices según el tipo de suelo.	36
Tabla 19 Matriz de datos bibliográfica	40
Tabla 20: Paquete estructural.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del pavimento rígido.	5
Figura 2 Estructura del pavimento flexible.....	6
Figura 3: Estructura del pavimento articulado.....	6
Figura 4: Secciones de una cuneta.....	22
Figura 5: Pesos y dimensiones de los vehículos.....	25
Figura 6 Pesos y dimensiones de los vehículos.....	26
Figura 7: Características mecánicas del asfalto reciclado.....	49
Figura 8: Ábaco para número estructural	50
Figura 9: Abaco para coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.....	51
Figura 10: Abaco para coeficiente de la capa "a2"	52
Figura 11: Ábaco para número estructural	52
Figura 12: Abaco para coeficiente de la capa "a3"	53
Figura 13: Ábaco para número estructural	53

INTRODUCCIÓN

En Ecuador existen diferentes sectores en los que aún no cuentan con vías de asfalto por ende en dichos lugares tienen caminos de tierra o de piedra, esto puede llegar a ser contraproducente en diferentes momentos como sería en el caso de los sectores que cuentan con caminos de tierra ya que, en la época de invierno, las lluvias provocan que exista un mayor peligro al moverse ya que pueden llegar a suceder accidentes si no se tiene la debida precaución.

Por dicho motivo se realizó una investigación bibliográfica, la cual cuenta con 3 bloques importantes, los cuales son: Bloque 1 también llamado Diseño de la investigación, bloque 2 o Marco teórico y bloque 3 o Marco metodológico, los cuales se desarrollaron con la finalidad de poder determinar cuáles son las características mecánicas que son necesarias en el diseño de un pavimento flexible con asfalto reciclado. Así como también poder comparar las características del asfalto convencional con respecto al asfalto reciclado, e identificar tanto sus semejanzas como sus diferencias.

En el diseño de la investigación se describe la problemática, los objetivos que buscan cumplir el presente trabajo de titulación, la idea a defender y la línea de investigación institucional. Se redactó un marco teórico misma que está basada en investigación de diferentes fuentes de carácter científico, con la finalidad de adquirir nuevos conocimientos que ayuden a cumplir los objetivos impuestos en la investigación. En el marco metodológico se explica los mecanismos o metodología utilizados con la que se lleva a cabo el proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema:

“Diseño vial utilizando asfalto reciclado en el sector José Luis Tamayo de la provincia de Santa Elena”

1.2. Planteamiento del Problema:

Uno de los recursos principales y que cuentan con una mayor importancia en el Ecuador son las vías que están asfaltadas, ya que estas ayudan a garantizar un óptimo desarrollo urbanístico. Cabe recalcar que para esto ser posible las vías deben de encontrarse en buen estado con la finalidad de facilitar la movilidad vehicular, lo cual será de gran ayuda para el transporte de las personas que circulen por el sitio. De esta forma se podrá mejorar la forma de vida de los habitantes, además de poder obtener un mayor incremento urbanístico.

Actualmente existen algunos sectores que no cuentan con una adecuada red vial, como es el caso del sector de José Luis Tamayo de la provincia de Santa Elena, que en la actualidad no cuentan con todas sus calles en un estado óptimo (vías asfaltadas), por esta razón los carros y las motos en ese sector tienen que circular con mucho cuidado, esto debido a que no todas las calles del sector están asfaltadas, generando así una mayor probabilidad de que haya accidentes. Por este motivo ciertos caminos no presentan condiciones favorables para la circulación vehicular.

1.3. Formulación del Problema:

¿Cuáles son las características mecánicas necesarias para poder realizar el diseño de una vía utilizando asfalto reciclado?

1.4. Objetivo General

Determinar las características mecánicas necesarias para el diseño de un pavimento flexible con asfalto reciclado.

1.5. Objetivos Específicos

- Comparar las propiedades mecánicas entre el asfalto convencional y el asfalto reciclado mediante el estudio de los datos obtenidos.
- Identificar mediante una revisión bibliográfica, cuáles son los factores que se deben considerar para realizar un diseño vial con asfalto reciclado.
- Analizar cuáles son las ventajas de usar asfalto reciclado a través una exhaustiva investigación.

1.6. Idea a Defender

Aportar al desarrollo sostenible del Ecuador, determinando las características mecánicas que sean necesarias para poder llevar a cabo el diseño de un pavimento flexible con asfalto reciclado.

1.7. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1 Línea de investigación

Dominio	Institucional	Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Materiales de construcción.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

El diseño de una carretera viene en función de una necesidad justificada social y económica. Para establecer las características físicas y técnicas que debe llevar una carretera con buenos resultados se deben correlacionar ambas variables, con el propósito de buscar una solución técnica, que sea económica para el beneficio de la comunidad que demanda de un servicio vial en óptimas condiciones. La geometría de la vía deberá cumplir con la premisa básica la cual es ser segura, a través de un diseño simple, uniforme y consistente. La vía tiene que ser compatible con el medio ambiente, por lo que se tiene que adaptar a la topografía natural, a los usos del suelo, encaminada a minimizar el impacto al medio ambiente (Cárdenas, 2013).

2.1.1. Pavimento

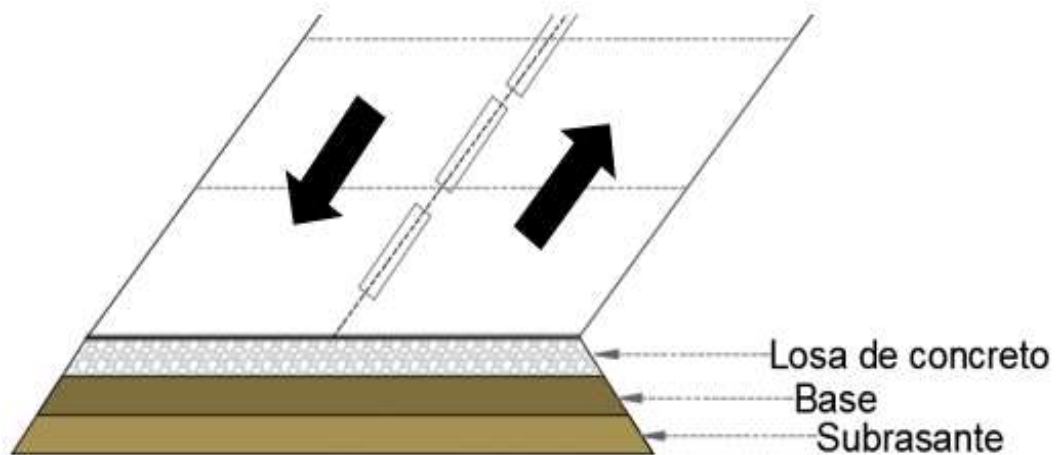
Uno de los primeros materiales que el ser humano utilizó fue la piedra, ya que esta podía ser usada en la construcción de diferentes objetos. Se considera que en el imperio de Hilita durante los 3000 a.c. fue cuando se comenzaron a construir los primeros caminos que eran de suelo firme. Estados Unidos es el país que ha demostrado un gran avance en el desarrollo del pavimento, esto debido a que desarrolló nuevas capas asfálticas, las cuales tienen una mayor flexibilidad al momento de soportar las cargas que los vehículos ejercen sobre la vía cuando se desplazan (Arkiplus, 2022).

El pavimento es una estructura que está formada por una serie de capas (generalmente dos o tres), las cuales se encuentran superpuestas entre sí. Estas tienen la función de soportar las cargas de los vehículos que transitan sobre la calzada, así como también transmitirlas de forma correcta hasta la capa inferior o subrasante.

2.1.2. Clasificación del pavimento según su superficie.

Existen diferentes tipos de pavimentos los cuales se pueden clasificar, de acuerdo al material por el que está compuesto su capa superficial o superficie de rodadura, estos son el pavimento rígido, flexible y articulado.

Pavimento rígido. Estas suelen estar compuestas por dos capas, la losa de concreto o capa superior y la base o capa superior, existen casos en los que puede haber una tercera capa la cual se puede denominar subbase, esto solo ocurre de acuerdo con la capacidad que posea la subrasante.

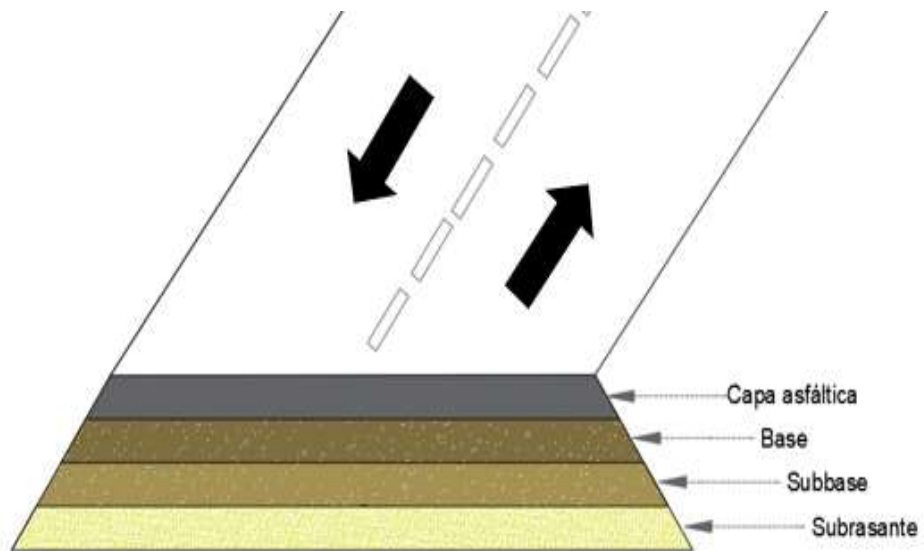


Nota: Capas que componen el pavimento rígido.

Figura 1 Estructura del pavimento rígido.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Pavimento flexible. Estas estructuras están formadas por tres capas, la capa superficial o superior, la base o intermedia y la subbase o inferior como se muestra en la Figura 2. Estas se colocan y compactan sobre la subrasante.

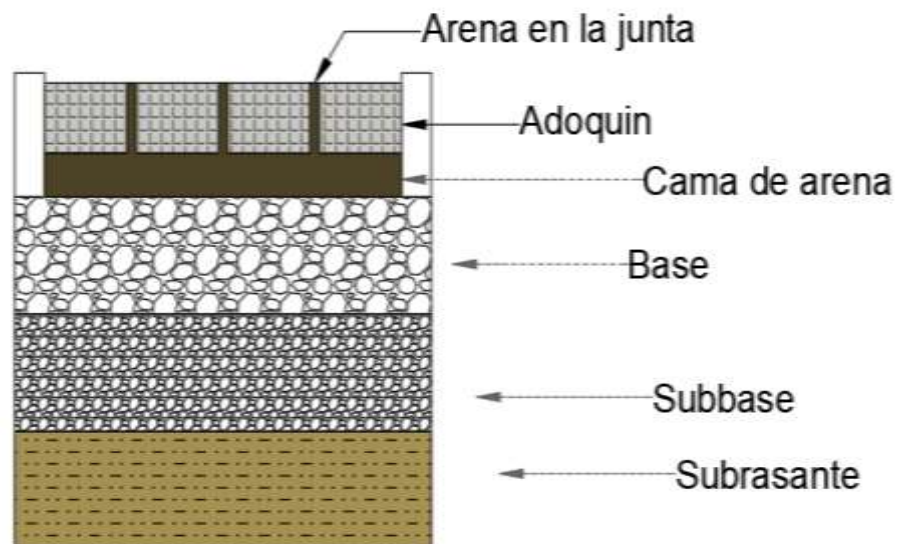


Nota: Capas que componen el pavimento flexible.

Figura 2 Estructura del pavimento flexible.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022)

Pavimento articulado. Esta es una capa de rodadura la cual está construida con bloques de concretos prefabricados, los cuales tienen un espesor uniforme e iguales entre sí.



Nota: Capas que componen el pavimento articulado.

Figura 3: Estructura del pavimento articulado.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

2.1.3. Estructura del pavimento flexible.

Las capas o estratos por los cuales está formado el pavimento flexible son las siguientes:

Subrasante. Esta capa nos ayuda a soportar las capas del pavimento, esta capa debe presentar una óptima capacidad de soporte además de que tiene que estar libre de materias orgánicas. Los materiales que son seleccionados son un factor importante ya que ayudan a cumplir el propósito, el cual es resistir las cargas del tránsito.

Tabla 2: Categoría de subrasantes de acuerdo a su CBR

Categoría de Subrasante	CRB
Subrasante inadecuada	CBR < 3
Subrasante pobre	3 < CBR < 6
Subrasante regular	6 < CBR < 10
Subrasante buena	10 < CBR < 20
Subrasante muy buena	20 < CBR < 30
Subrasante excelente	30 < CBR

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Subbase. Esta capa tiene como principal función, soportar, transferir, y repartir las cargas a las que está sometida la superficie de rodadura de forma homogénea hasta la subrasante, misma que debe estar previamente reconformada, y que está ubicada debajo de la subbase (tabla 2). Cada tipo de clase se tiene un porcentaje de material que debe de pasar por los tamices como se indica en la tabla 3

Tabla 3: Clasificación de la subbase

Clase 1	Clase 2	Clase 3
Están conformado por los agregados que se obtienen mediante la trituración de materiales como la piedra o grava, cuando menos se debe de tener un 30% del material se lo conseguirá mediante este tipo de proceso.	Este tipo de subbase se lo puede obtener de la misma forma que la clase 1 o mediante la depuración de yacimientos de piedras trituradas naturalmente o gravas.	Esta subbase está formada tanto por agregados naturales como por los procesados siempre que cumplan con los parámetros establecidos en la sección 816 de la MTOOP 2002, y que estén dentro de los límites granulométricos.

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 4 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices

TAMAÑO DEL TAMIZ	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	-----	-----	100
2" (50.4 mm.)	-----	100	-----
1 1/2" (38.1 mm.)	100	70-100	-----
Nº4 (4.75 mm.)	30-70	30-70	30-70
Nº40 (0.425 mm.)	10-35	15-40	-----
Nº200 (0.075 mm.)	0-15	0-20	0-20

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Base. Esta capa debe colocarse sobre la subbase después de que dicho estrato esté terminado y aprobado, su función principal es la de repartir las cargas a la subbase, y está conformado por una combinación de materiales tales como la grava, arena, y suelo sin procesar. Las bases pueden clasificarse de acuerdo a los tipos de materiales a utilizar como se muestra a continuación.

Tipo 1. Está compuesta por los agradados gruesos y finos, mismos que deben de estar triturados en un 100%. El proceso para su trituración será realizado en una planta especializada en ese tipo de trabajo, ya que se deben de obtener tamaños específicos. Sin embargo, en el caso de ser necesario más material de relleno, se podrá completar con arena fina, este material de estar dentro de los límites granulométricos indicados en la tabla 4.

Tipo 2. Este tipo de base se lo puede obtener de fragmentos de roca o de grava triturada, se debe de triturar al menos el 50% en peso. El proceso de trituración debe de realizarse en una planta de 400, el material debe estar en el rango mínimo y máximo de granulometría los mismos que están indicados en la tabla 5 De la misma forma que en el tipo 1 se puede complementar utilizando arena fina en caso de que se necesite más material.

Tipo 3. Este tipo de base al igual que en la clase dos están conformadas por fragmentos de roca o grava triturada, con la diferencia de que se deberá triturar como mínimo el 25% en peso, para cumplir con los requisitos. Para saber su límite granulométrico revisar la tabla 6.

Tipo 4. Este es el último tipo de base que existe y se lo puede obtener ya sea por trituración, cribado de piedras que estén fragmentadas de forma natural o de las gravas, estos deben estar graduados de manera uniforme, y mantenerse dentro de la granulométrica indicada en la tabla 7.

Tabla 5 Limite granulométrico para base clase 1

TAMAÑO DEL TAMIZ	TIPO A	TIPO B
2" (50.8 mm.)	100	-----
1 1/2" (38.1 mm.)	70-100	100
1" (25.4 mm.)	55-85	70-100
3/4" (19.0 mm.)	50-80	60-90
3/8" (9.5 mm.)	35-60	45-75
N°4 (4.76 mm.)	25-50	30-60
N°10 (2.0 mm.)	20-40	20-50
N°40 (0.425 mm.)	10-25	10-25
N°200 (0.075 mm.)	2-12	2-12

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 6 Limite granulométrico para base clase 2

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices
1" (25.4 mm.)	100
3/4" (19.0 mm.)	70-100
3/8" (9.5 mm.)	50-80
N°4 (4.76 mm.)	35-65
N°10 (2.0 mm.)	25-50
N°40 (0.425 mm.)	15-30
N°200 (0.075 mm.)	3-15

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 7 Limite granulométrico para base clase 3

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices
3/4" (19.0 mm.)	100
N°4 (4.76 mm.)	45-80
N°10 (2.0 mm.)	30-60
N°40 (0.425 mm.)	20-34
N°200 (0.075 mm.)	3-15

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 8 Limite granulométrico para base clase 3

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60-90
N°4 (4.76 mm.)	20-50
N°200 (0.075 mm.)	0-15

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes 2002.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Capa de rodadura. Este es el estrato superior del pavimento conformado por mezclas bituminosas las cuales son adecuadas para el rodamiento del tráfico, se encarga de transferir cargas de los vehículos hacia la capa base, además de que debe tener la menor permeabilidad posible con la finalidad de evitar que gran cantidad de agua llegue a la base.

2.1.4. Propiedades del asfalto

Las propiedades más importantes para los asfaltos semisólidos utilizados para el diseño son:

La susceptibilidad térmica del asfalto. este criterio permite determinar el comportamiento del asfalto frente a las variaciones de temperatura que puede haber, debido a que el asfalto es un material viscoelástico presenta consistencia dura a bajas temperaturas, mientras que cuando la temperatura aumenta la consistencia es blanda. Para el proceso de construcción y mezcla se debe evaluar la susceptibilidad a la temperatura, puesto que es importante que el asfalto tenga adecuada fluidez a las

temperaturas con la finalidad de que estas no afecten a su calidad (Asphalt Institute, 2001).

La adhesión. Es la capacidad que tiene el asfalto para envolver las partículas de los agregados mismas que permanecen adheridos a ellas, mientras que la cohesión permitirá evaluar la capacidad de mantener unidad las partículas entre ellas.

El envejecimiento del asfalto. Las propiedades del asfalto tienen a cambiar con el tiempo, es por este motivo que las especificaciones de diseño iniciales para sus propiedades físicas no prometen seguir manteniendo un estado óptimo después de realizar la mezcla del asfalto con los agregados. Esta propiedad nos permite evaluar el comportamiento del asfalto ante condiciones normales pero desfavorables que aparecen durante los procesos de construcción, debido a esto es que se evalúa mediante ensayos de pruebas de película delgada en horno (TFO) y horno giratorio (RTFO) (Vargas & Reyes , 2010).

Estabilidad. Es la capacidad que tiene para poder resistir los cambios que pueden sufrir debido a las cargas que se le aplican, se considera que un pavimento que es estable cuando logra conservar sus propiedades resistentes y superficiales. Al momento de diseñar se tiene que considerar que los valores de estabilidad tienen que ser capaces de resistir las cargas que produce el paso de los vehículos sobre la capa asfáltica, pero se debe de tener en cuenta que dichos valores no sobrepasen las exigencias necesarias, en caso de excederse se podrían presentar fisuras como resultado ya que la mezcla resultaría ser muy rígida.

Durabilidad. Es la habilidad que posee el pavimento para resistir los diferentes factores como por ejemplo la desintegración del agregado, los cambios que pueden tener las propiedades del asfalto (polimerizaron y oxidación), y la separación de las películas de asfalto. Los agentes que pueden causar esto son el clima, el tránsito o también la combinación de ambos. Para que la durabilidad aumente se tiene que hacer unas mejoras, las cuales son: aumentar la cantidad de asfalto, usar una graduación densa de agregado que sea resistente a la separación, y diseñando y compactando la mezcla con la finalidad de obtener una máxima impermeabilidad (Prieto, 2006).

Impermeabilidad. Se conoce como impermeabilidad a la resistencia que tiene el pavimento asfáltico al paso del aire y agua hacia el interior de mismo. Está relacionada con el contenido de vacíos de una mezcla compactada.

Trabajabilidad. Se refiere a la facilidad que tiene una mezcla de pavimentación para ser colocada u compactada, es decir que las mezclas asfálticas que tienen una buena trabajabilidad son mucho más fáciles de colocar y compactar a diferencia de las que tienen mala trabajabilidad ya que estas son difíciles de colocar y compactar. Para mejorar este factor se modifican los parámetros de diseño que tiene la mezcla, el tipo de agregado y la granulometría.

Las mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso tienden a ser difíciles de compactar, esto debido a que tienen una tendencia a segregarse durante su manejo. Mediante pruebas de laboratorio es posible que se le llegue a adicionar agregado fino y asfalto para que se vuelva más trabajable. Pero una vez hecho esto se tiene que tener cuidado de que la mezcla modificada cumpla con otros criterios de diseño como por ejemplo contenidos de vacíos y estabilidad (Prieto, 2006).

Flexibilidad. Es la capacidad que tiene un pavimento asfáltico para que este se logre adaptar, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido es más flexible que una mezcla que está densamente graduada de bajo del contenido asfáltico.

Resistencia a la fatiga. Es la resistencia que tiene un pavimento a la flexión que es repetida bajo las cargas de tránsito. Los vacíos y la viscosidad tienen una reacción considerablemente sobre la resistencia a la fatiga. Si el porcentaje de vacíos del pavimento aumenta, la resistencia a la fatiga va a disminuir. Así mismo si el pavimento contiene poca resistencia a la fatiga existe la probabilidad de que se acelere el proceso de envejecimiento.

Resistencia al deslizamiento. Se conoce como resistencia al deslizamiento a una habilidad que tiene la capa de rodadura la cual es minimizar el resbalamiento de las ruedas de los vehículos, especialmente si la capa se encuentra mojada. Para obtener una resistencia óptima el neumático tiene que ser capaz de mantener el contacto con las partículas de agregado.

2.1.5. Clasificación de las mezclas asfálticas según temperatura

Existen tres tipos de mezclas asfálticas según su temperatura, estas son: Mezcla Asfáltica en caliente, en frío y tibias. A continuación, se dará un pequeño concepto de cada una de estas:

Mezcla asfáltica en caliente. Para este proceso de fabricación se necesita que la temperatura este superior a los 145 °C. Aquí se utiliza el material que se una como ligante es un cemento asfáltico que a temperatura ambiente no se comporta de forma fluida, es por esto que para su uso requiere ser calentado a altas temperaturas hasta que se logran reducir su viscosidad hasta obtener un valor que sea óptimo.

Mezcla asfáltica en frío. Este proceso se lo realiza a temperatura ambiente, y para realizarlo se mezcla el asfalto con un emulsificante, luego se lo compacta y se espera a que termine su respectivo tiempo de secado (Acuña, Sibaja Obando, & Molina Zamora, 2009).

Mezcla asfáltica tibia. Esta mezcla se produce con una temperatura que está en el rango de 100°C-135°C, esto implica nuevos desarrollos técnicos los cuales están presentes en su fabricación. Para emplear este tipo de mezclas se necesita tener un mayor cuidado y control durante su preparación, esto ya que podría ocurrir la adición de los productos durante el mezclado si no se tiene el control de forma correcta (González Guzmán, Rodríguez Peralta, & Melo Hernández, 2019).

Emulsión asfáltica. Son concentraciones o aglomeraciones de cemento de asfalto bituminoso. Esta emulsión asfáltica se compone de 3 elementos los cuales son: agua, asfalto y un agente emulsivo, también suelen contener aditivos que ayudan y aportan mejoras a los recubrimientos de adherencia. Para la unión del asfalto y agua se deben utilizar equipos y aditivos químicos.

2.1.6. Mezclas asfálticas

Es un material el cual está compuesto fundamentalmente de arenas finas y conglomerado que están saturadas de asfalto. Por lo general las mezclas asfálticas son fabricadas en centrales ya sean estas fijas o móviles, después de la fabricación se las

transporta a la obra, allí se deben colocar y compactar a una óptima temperatura y viscosidad.

Tabla 9 Descripción de los agregados para mezclas asfálticas.

DENOMINACION	DESCRIPCION
Agregado grueso	Es la porción del agregado la cual se queda retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4)
Agregado fino	Es la porción del agregado que va comprendida entre los tamices de 4.75 y 75µm (No. 4 y No. 200)
Llenante mineral	Es la porción que pasa el tamiz de 75 µm

Fuente: Comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 10 Criterios para el diseño de mezclas agregados -Emulsión Asfáltica

PROPIEDADES DE LOS ENSAYOS	MINIMO	MAXIMO
Estabilidad, N (lb) a 22, 2° C (72°F) Mezclas para pavimentos	2224(500)	-----
Porcentaje de pérdida de estabilidad después de saturación de vacíos e inmersión	-----	50
Agregado para recubrimiento	50	-----

Fuente: Manual de Carreteras 2015.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 11 Ensayo y frecuencia de aplicación para base granular

Ensayos y frecuencias						
Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia	Lugar de muestreo
	Granulometría	MTCE 204	C 136	T 27	750 m ³	Cantera (2) y pista
	Límite líquido	MTCE 110	D 4318	T 89	750 m ³	pista
	Índice de plasticidad	MTCE 111	D 4318	T 90	750 m ³	pista
	Abrasión Los Ángeles	MTCE 207	C 131	T 96	2000 m ³	Cantera (2)

BASE GRANULAR	Equivalente de arena	MTCE 114	D 2419	T 176	2000 m ³	PISTA
	Sales solubles	MTCE 219			2000 m ³	Cantera (2)
	CBR	MTCE 132	D 1883	T193	2000 m ³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTCE 210	D 5821		2000 m ³	Cantera (2) y pista
	Partículas chatas y alargadas		D 4791		2000 m ³	Cantera (2) y pista
	Durabilidad al sulfato de Magnesio	MTCE 209	C 88	T 104	2000 m ³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTCE 115 MTCE 117	D 1557 D 4718	T 180 T 191	750 m ³	Pista
	Compactación	MTCE 124	D 2922	T 238	250 m ³	Pista

Fuente: Manual de Carreteras 2015.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

2.1.7. Asfalto reciclado

El pavimento asfáltico reciclado, o RAP, es el término que se le da al pavimento que contiene materiales como pavimento asfáltico más agregados pétreos que fueron removidos, se lo puede incorporar a la estructura de la carretera. El pavimento flexible tiene una vida útil que va desde los 10 años a 15 años, los agregados pétreos que contiene un pavimento asfáltico cuando ya va a finalizar su vida útil suelen mantener un valor adecuadamente aceptable en sus propiedades físicas y mecánicas, lo que permite que se pueda volver a reutilizar.

El reciclaje de pavimento, es una técnica que se desarrolló en el siglo XX, se empezó a emplear frecuentemente en EEUU en la época de los setenta. El procedimiento para llevar a cabo el reciclaje del asfalto inicia luego de recuperar el material viejo, para luego ser transportado a una planta especializada, en la cual le agregaban diferentes aditivos, esto con el fin de que el asfalto recuperara propiedades físicas, químicas y mecánicas, logrando así que el asfalto obtenga un buen desempeño, sin embargo, para poder realizar ese proceso de reciclaje tenían que hacer algunos viajes desde el sitio hasta la planta (Mendoza, Adame, & Marcos, 2020).

En sus inicios, podíamos encontrar en los vertederos los residuos de las mezclas asfálticas que eran retiradas del suelo luego de que su tiempo de vida útil terminara, en el mejor de los casos dicho material podía llegar a ser reutilizable como relleno en obras. Después, empezó a utilizarse para las capas inferiores de los suelos que forman parte del paquete estructural, este tipo de usos prácticamente desacreditaba los posibles usos que se le podían dar a el asfalto reciclable (Frentes, Bianchetto, & Delbono del Lemac, 2020).

El utilizar asfalto reciclado (Rap por sus siglas en inglés) conlleva beneficios los cuales incluyen aspectos económicos, energéticos y técnicos. En la parte económica, el utilizar rap como un sustituto de agregado pétreo produce un ahorro sustancial. Con respecto al punto de vista técnico se tiene una serie de beneficios, ya que la técnica del reciclaje se considera adecuada para remover las capas dañadas, aplicando la técnica de mantenimiento y rehabilitación con el fin de obtener un incremento del nivel del servicio de la vía (Unidad de Materiales y Pavimentos, 2014).

El reciclado de pavimentos es una técnica viable y económica para el mejoramiento y mantenimiento de las carreteras las cuales han cumplido su vida útil. El uso del asfalto reciclado se relaciona en un factor beneficio-costos ya que se puede reutilizar hasta un 40% del material que ya ha cumplido su ciclo de funcionamiento, esto es un factor muy importante en el uso de materia prima y costos (Chochon Gomez & Archi Robinson, 2019).

El pavimento recuperado llega a proporcionar agregados y aglutinantes de alta calidad por lo que se pueden reciclar hasta un 100% en nuevas carreteras, esto se da combinando es asfalto recuperado con agentes rejuvenecedores los cuales restauran las propiedades del aglomerante asfáltico antiguo, ayudando así a que exista un ahorro considerable en el costo (Areche, Castillo, & Yamasqui, 2021).

Una de las principales características que posee el asfalto RAP, es que gracias a este tipo de asfalto es posible disminuir los costos de la mezcla asfáltica, siendo este uno de los principales beneficios al usar este tipo de material. Por otro lado, es importante tener en cuenta que para se requiere de buenas prácticas para poder implementar esta técnica, estas necesitan estar siempre presente en los procesos de recuperación, triturado e incorporación del material, asegurando la correcta distribución y recubrimiento de las partículas de agregado para de esta forma

garantizar su correcta contribución a las propiedades de la mezcla final (Argüello & Aguiar, 2019).

El proceso constructivo del reciclaje en frío empieza cuando los materiales se reciclan del pavimento que existe, es decir la disgregación de los residuos del pavimento existente. En el proceso de disgregación se lo hace en planta por lo que antes de disgregar se tiene que haber realizado el fresado del material, para luego ser trasladado a la planta encargada de realizar el procedimiento correspondiente, en la disgregación de material lo que se busca es dividir los agregados gruesos, además de romper las partes finas que aún se mantienen mezclados por la acción del asfalto viejo, con la finalidad de las partículas puedan adherirse nuevamente entre ellas (Restrepo & Stephens, 2015).

El uso de este tipo de asfalto ayuda en gran medida a la reducción del impacto medio ambiental de forma proporcional. Esto sucede ya que se puede utilizar este material varias veces, lo cual es importante para sus futuros usos. Mientras mayor sea el porcentaje del asfalto reciclado (RAP) menor será el gasto energético, además de producir una reducción en la emisión de gases de invernadero durante el proceso constructivo (Alonso García, 2017).

El asfalto reciclado está conformado en su mayor parte por asfaltos envejecidos que aún tienen una gran parte de sus cualidades, para su obtención se necesita de un 1% a un 3% de betún adicional en su mezcla mientras que si se utilizara un hormigón asfáltico nuevo se debería utilizar más del 6% (Pavimentos asfálticos Lario S.L., 2020).

2.1.8. Procesos para reciclar pavimento asfáltico.

El proceso de reciclado se puede realizar tanto in situ como también en planta especializada, para cada uno de estos métodos se necesitan diferentes maquinarias, para llevar a cabo reciclaje in situ es necesario contar con una recicladora móvil mientras que en planta se utiliza un mezclador continuo (Wirtgen group company, 2004). Estos procesos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Fresado en frío. Las fresadoras en frío sirven para la retirada rápida y eficiente de superficies de asfalto y hormigón.

Reciclado en caliente. En este método el material que ya ha sido retirado es trasladado para comenzar con su proceso respectivo de reciclado, durante el cual se le agregaran materiales con la finalidad de mejorar su calidad, esto se lo hace con la ayuda del calor.

Reciclado caliente in - situ. Para realizar este tipo de reciclaje se toma los materiales de residuo directamente del pavimento existente, mediante el fresado de la capa asfáltica sin incluir la base, para la segunda fase la cual consiste en recuperar o rejuvenecer el asfalto reciclado, con la finalidad de otorgarles nuevamente las propiedades que tenían originalmente como la resistencia y sus ligante, al final se mezcla el material con los aditivos para obtener un nuevo material, el cual cumple óptimas condiciones para trabajar como mezcla asfáltica para la capa de rodadura (Restrepo & Stephens, 2015).

Reciclado en frío. Para poder realizar este tipo de reciclaje se debe de retirar la capa asfáltica que ya cumplió con su tiempo de vida útil o que se encuentra deteriorada, para luego realizar el proceso de mejoramiento de sus propiedades, esto se logra agregando nuevos materiales. Para colocar el material después de haber realizado su respectivo proceso de reciclaje primero se lo debe de mezclar con un emulsificante o cemento, el mismo que será tendido y mezclado sobre la nueva capa asfáltica, para su posterior compactación dando como resultado una nueva estructura.

Recuperación capa completa. Para realizar este método se debe triturar una parte de los componentes subyacentes y una sección completa del asfalto, para posteriormente ser mezclados de manera uniforme, dando como resultado una base estabilizada.

2.1.9. Diseño geométrico

El diseño geométrico es la técnica que nos ayuda a determinar las características geométricas que va a tener una vía dependiendo de los factores como el tránsito, la topografía, las velocidades, como resultado logramos obtener una carretera en la cual se pueda transitar de manera cómoda y segura (Agudelo Ospino, 2002).

Para poder realizar un correcto el diseño geométrico se deben considerar tres elementos bidimensionales que forman parte del mismo, estos actúan de manera individual, pero relacionados entre sí, dando como resultado un elemento tridimensional correspondiente a la vía. Los elementos son:

- **Alineamiento horizontal.** Es el que está conformado por ángulos y distancias los cuales forman un plano horizontal con coordenadas norte y este.
- **Alineamiento vertical.** Es el que está conformado por distancias horizontales y pendientes dando como resultado un plano vertical con abscisas y cotas.
- **Diseño transversal.** Contiene distancias horizontales y verticales generando así un plano transversal con distancias y cotas.

Topografía del terreno. Uno de los principales elementos para poder identificar y de delimitar de manera correcta el lugar donde va a estar ubicada la vía es la topografía, puesto que con esta se puede determinar cuáles son las características que posee el terreno, como lo son sus pendientes y sus secciones transversales (Chocontá Rojas, 2008).

- **Terreno plano.** Este tipo de terreno se caracteriza por tener menos del 5% en sus pendientes transversales. En estos terrenos es más fácil llevar a cabo la construcción de vías ya que solo se realiza un pequeño movimiento de tierra. Por dicho motivo cuentan con menos del 3% sus pendientes longitudinales.
- **Terreno ondulado.** Sus pendientes transversales se encuentran en el rango del 6% al 12%, en este tipo de terreno se deben de realizar los movimientos de tierra una manera moderada, mientras que en sus pendientes longitudinales el rango es del 3% al 6%.
- **Terreno montañoso.** El rango en sus pendientes transversales es del 13% al 40%, debido a esto se deben de realizar grandes movimientos de tierra, dando como resultado que sea más difícil realizar el trazado del terreno, mientras que en sus pendientes longitudinales el rango es del 6% al 8%.

- **Terreno escarpado.** En este tipo están clasificados los terrenos en los cuales sus pendientes transversales son superiores al 40%, esto provoca que se deba realizar masivos movimientos de tierra, lo mismo que provoca que sea difícil realizar el trazado al igual que en los montañosos. Sus pendientes longitudinales serán superiores al 8%.

Aspectos geotécnicos. Las condiciones presentes en el terreno son visibles durante el trazado especialmente en estos aspectos (Kraemer C. , y otros, 2003).:

- El precio de extraer los materiales tiende a variar según el tipo de terreno.
- Los materiales que fueron extraídos se pueden utilizar como parte del relleno e incluso como áridos en los hormigones.
- Para la seguridad en las nivelaciones del terreno se deben de considerar coeficientes de seguridad frente a un desplazamiento y los asentamientos previsibles en los rellenos.
- Para las condiciones de cimentación de las estructuras y de drenaje: las zapatas son más económicas que los pilotes, pero es siempre son aplicables.

Carretera. Es el plano el cual esta adecuado para que los vehículos puedan transitar, el objetivo del mismo es brindar comodidad, seguridad y bajos costos. Dependiendo del diseño pueden existir de una a más calzadas en cada uno de las direcciones (Muñoz Prieto, 2007).

Calzada. Es la parte de la carretera en la cual transitan los vehículos, pueden estar compuestas por dos o más carriles en un sentido o en ambos sentidos, están separados por las señalizaciones horizontales en este caso son pinturas.

Carril. La calzada esa divide en los carriles los cuales son franjas longitudinales, delimitadas por marcas viales longitudinales, tienen que tener un ancho óptimo para que todo tipo de vehículo puedan transitar, dependiendo del tipo de volumen de tránsito y de la composición que se obtenga se podrá determinar el ancho de carril (Muñoz Prieto, 2007).

Bermas. Las bermas son fajas longitudinales que van a ambos lados de la calzada, tienen que estar a continuidad de la calzada y por seguridad se recomienda que las bermas y la calzada formen parte de un solo elemento y solo exista una leve separación por la línea del borde de la calzada (Correa Montoya, 2021).

Sistemas de drenaje

Sistema de desagüe longitudinal. Es necesario establecer la ubicación del sistema de desagüe ya que comprende las obras de captación y defensa de la vía, se establecen calculando el área hidráulica que se necesita, la sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, además de que se selecciona el tipo de proyecto constructivo. Es fundamental que el diseño del desagüe este en coordinación con las labores de la ingeniería geotécnica y con el trazado de la vía (Kraemer C. , y otros, 2004).

Cunetas. Son canales que son construidos en las zonas de corte, a uno o en ambos lados de la carretera, con la finalidad de interceptar el agua de la lluvia que escurre la corona de la vía, para alejar de manera rápida de la zona de la carretera. Está situado generalmente entre el espaldón de la carretera y el pie del talud del corte, la pendiente siempre tiene que ser igual al del perfil de la longitudinal que tendrá la vía.

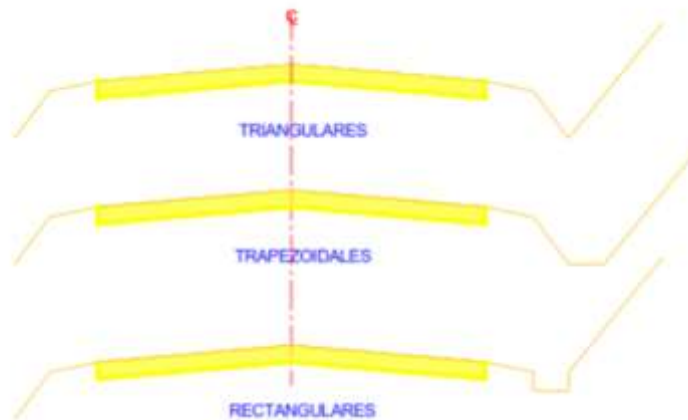
Tabla 12 Erosión del material dependiendo de la velocidad del agua.

MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)
ARENA FINA	0.45	PIZARRA SUAVE	2
ARCILLA ARENOSA	0.5	GRAVA GRUESA	3.5
ARCILLA ORDINARIA	0.85	ZAMPEADO	3.4- 4.5
ARCILLA FIRME	1.25	ROCA SANA	4.5 -7.5
GRAVA	2	HORMIGÓN	4.5- 7.5

Fuente: Ingeniería de carreteras Volumen 2.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Las cunetas dependiendo de su sección transversal pueden ser triangulares, rectangulares y trapezoidales, cuando utilizamos una cuneta triangular es gracias a la facilidad de construcción y mantenimiento, dependiendo del área requerida.



Nota: Tipos de cunetas según su diseño.

Figura 4: Secciones de una cuneta.

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras 2003.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Bombeo. Es una pendiente transversal de la plataforma de la vía cuando existen tramos rectos. El objetivo de esta pendiente es ayudar a facilitar el drenaje de las aguas lluvias hacia las cunetas, así mismo el valor tiende a variar de acuerdo al acabado de la superficie y dependiendo de las intensidades de las lluvias en el sector.

2.1.10. Estudio de tránsito.

El tránsito es la variable que más influye en el diseño de pavimentos, por lo que para el dimensionamiento de un pavimento es necesario que se determinen los efectos de las cargas los vehículos que transitaran por esa vía, por lo cual se tiene que conocer el número y tipo de vehículo circularan (Corredor , 2008).

Se considera al peatón como usuario de la carretera. Para realizar el diseño vial se necesita conocer las características físicas y psicológicas del usuario; como peatón y como conductor. Este es un elemento importante que nos ayuda a determinar algunas características del tránsito. Se debe determinar la altura del ojo del conductor sobre el camino para el cálculo de la distancia de visibilidad, el valor promedio que han determinado algunos investigadores es de 1.15m (Guerrero Recalde, 2015).

Además del tiempo de reacción del conductor, estos tiempos son importantes ya que nos ayuda a determinar las distancias de visibilidad de parada, de las

velocidades de seguridad en las intersecciones o accesos a otra vía y en los semáforos al momento de programarlos.

Al vehículo, sus dimensiones, clasificación y características. Para proyectar una carretera debemos de tener en cuenta las características del tipo de vehículo que van a circular por esa vía, esto más la combinación con las reacciones y limitaciones que tendrá el conductor, como, por ejemplo: el tipo de vehículo, si es para vehículos livianos, pesados o para ambos (Guerrero Recalde, 2015).

Las características que puede tener el tráfico. Es el factor que nos indica para que tipo de servicio se va a diseñar la vía, por lo que afecta a las características geométricas que va a tener la vía, como por ejemplo el ancho de la calzada, los alineamientos, las pendientes. Para obtener este factor se deben estudiar características las cuales son:

Volúmenes. Para medir el volumen de tráfico que pasa por la determinada vía se utiliza el transito promedio diario (TPD), este factor se define como el volumen total de los vehículos que transitan en un determinado periodo el cual es mayor de un día y menor de un año, dividido por el número de días en el periodo. Si se tiene un periodo de conteo de un año se procede a obtener el TPDA, el cual se denomina transito promedio diario anual (Correa Montoya, 2021).

- **TPD:** Nos sirve para que se justifique el diseño, se clasifique la categoría de camino y también para hacer estudios de justificación técnico-económica, el periodo de conteo tiene que ser mayor a tres y mejor a treinta días.
- **TPDA:** es el resultado que obtenemos del conteo de vehículos que se hace durante las 24 horas del día, los 356 del año.

Tasa de crecimiento. Se conoce como tasa de crecimiento anual del tránsito en la vía, esto se expresa en porcentaje, para determinar el valor se necesita los datos de las estaciones de conteo o también extrapolando la tendencia de los datos estadísticos.

Proyección del tránsito. Para calcular el volumen de tránsito a un año es importante la utilización de la siguiente ecuación:

$$PDT_f = PDT_o * (1 + i)^n$$

Donde tenemos que:

- PDT_f = Es el volumen diario de vehículos para el año.
- PDT_o = Es el volumen diario de vehículos considerado.
- i = Es la tasa de crecimiento para el periodo de años en el que se está haciendo el análisis.
- n = Es el número de años para el cual se diseñó.

Distribución direccional. Es la distribución porcentual del tráfico que hay en cada una de las direcciones y carriles de la vía, debe ser tomada en cuenta tanto como en el diseño vial como en la operación de la misma. Es por esto que para un camino vecinal en zonas urbanas o rurales se recomienda usar valores de de 50% o 0.5.

La Composición. Se mide en porcentajes sobre el volumen total, dependiendo del tipo de vehículo que transite por esa vía afectara a la operación de la misma, como por ejemplo no es lo mismo que por la vía circule un camión que transporte una carga pesada a un automóvil que solo lleva a el conductor como carga (Correa Montoya, 2021).

- ***Vehículos livianos.*** Este tipo de vehículo tienen dos ejes y cuatro ruedas como, por ejemplo: automóviles, camionetas y camiones de dos ejes que tienen ruedas traseras sencillas.
- ***Vehículos pesados.*** En esta clasificación podemos encontrar a todo vehículo que tenga 3 ejes más en su carrocería.

Los vehículos en Ecuador se encuentran clasificados según su peso y número de ejes con una simbología determinada como se muestra en las figuras 5 y6.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Longitud	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	4,30
3-A			27	12,20	2,60	4,30
4-C			31	12,20	2,60	4,30
4-D			32	12,20	2,60	4,30
V2DB			18	12,20	2,60	4,30
V3A			27	12,20	2,60	4,30
V2S			27	12,20	2,60	4,30
T2			18	8,50	2,60	4,30
T3			27	8,50	2,60	4,30
S3			24	13,00	2,60	4,30
S2			20	13,00	2,60	4,30
S1			11	13,00	2,60	4,30
R2			22	10,00	2,60	4,30
R3			31	10,00	2,60	4,30
B1			11	10,00	2,60	4,30
B2			20	10,00	2,60	4,30
B3			24	10,00	2,60	4,30

Nota: Pesos y dimensiones máximas permitidas según el tipo de vehículo.

Figura 5: Pesos y dimensiones de los vehículos.

Fuente: Nevi 12 – MTOP.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Nota: Pesos y dimensiones máximas permitidas según el tipo de vehículo.

Figura 6 Pesos y dimensiones de los vehículos.

Fuente: Nevi 12 – MTOP.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Velocidad. La velocidad se define como una magnitud física la cual expresa una relación del espacio recorrido de un objeto, el tiempo que se empleó y la dirección.

Velocidad de diseño. Es la velocidad máxima con la que los vehículos pueden transitar en la vía, la velocidad se obtiene en función de las condiciones físicas y topográficas que puede tener el terreno, el nivel de importancia que va a tener el

camino, el volumen de tránsito y el uso de la tierra, considerando de que el valor sea compatible con la seguridad. Para calcular los elementos geométricos de la vía para el alineamiento horizontal y vertical se usa esta velocidad (MOP, 2003).

Tabla 13 Velocidad de diseño

Categoría de la vía	TPDA Esperado	BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
		(RELIEVE LLANO)				(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)			
		Para el cálculo de los elementos trazados del perfil longitudinal.		Utilizado para el cálculo de los elementos.		Para el cálculo de los elementos trazados del perfil longitudinal.		Utilizado para el cálculo de los elementos.		Para el cálculo de los elementos trazados del perfil longitudinal.		Utilizado para el cálculo de los elementos.	
		Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.
RI O RII	>8000	120	110	110	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Velocidad instantánea. Es la velocidad que tiene el vehículo en un determinado punto y en un instante específico, las entidades del control de tránsito utilizan este tipo de velocidades mediante radares con la finalidad de controlar que no existan exceso de velocidad (Correa Montoya, 2021).

Velocidad de operación. Es la velocidad en la que circula un vehículo en un determinado tramo, en esta velocidad no intervienen factores como la intensidad del tránsito o la meteorología, es decir que se asume una velocidad determinada en función solamente de las características físicas que posee la vía.

Velocidad de recorrido. Se la denomina también como velocidad de viaje, se la calcula mediante la división de la distancia total que se recorrió en todo el trayecto dividido para el tiempo total que se utilizó en recorrerla.

Velocidad de circulación o marcha. Se define como la velocidad real del vehículo a lo largo de una sección determinada de la carretera, esta es igual a la distancia que recorrió el vehículo dividido para el tiempo de circulación del mismo.

Tabla 14 Velocidad de circulación

Velocidad de diseño (Km/h)	Volúmenes de tránsito (Km/h)		
	Bajos	Medios	Altos
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	--
120	105	85	--

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

2.1.11. Propiedades volumétricas de mezclas asfálticas compactadas

Para poder obtener una referencia de cuál es el desempeño probable de la mezcla se tienen que tomar en cuenta los diferentes parámetros que tiene que tener una mezcla asfáltica compactada las cuales son: los vacíos de aire (VA), los vacíos de agregado mineral (VAM), vacíos llenos con asfaltos (VAF), y el contenido de asfalto (Pbe).

El agregado mineral es poroso por lo que puede absorber el agua y el asfalto en diferentes grados esto dependiendo de cada agregado. Para poder medir la gravedad específica existen 3 métodos los cuales son ASTM Bulk, el ASTM aparente y la gravedad específica efectiva (Aulestia Viscarra & Chávez Romero, 2017).

➤ Gravedad específica Bulk

Es la relación que existe entre la masa de un volumen de la mezcla sin compactar (no teniendo en cuenta los vacíos que están entre las partículas las cuales están revestidas con asfalto) y la masa que es del volumen igual de agua, esto tiene que estar a una temperatura establecida, este valor es adimensional (Blanco Gallo & Montañez Nieto, 2016).

➤ **Gravedad específica Aparente**

También conocida como densidad aparente o relativa aparente, es una unidad de volumen de un material sólido el cual puede ser impermeable siempre que se encuentre a una temperatura determinada, excluyendo los pequeños espacios que existen entre las partículas las cuales si permiten el paso del agua (Aulestia Viscarra & Chávez Romero, 2017).

➤ **Gravedad específica Efectiva**

La gravedad específica efectiva es una proporción de la masa, es una unidad de volumen de un material sólido el cual puede ser permeable siempre que se encuentre a una temperatura determinada, excluyendo vacíos permeables de asfalto.

➤ **Vacíos en el agregado mineral**

Son áreas vacías las cuales se encuentran en los espacios existentes que tienen las partículas de la capa asfáltica luego de su compactación, las cuales abarca los vacíos del aire y su contenido de asfalto, las mismas se pueden medir como volumen.

➤ **Contenido efectivo de asfalto**

Se denomina como contenido ejecutivo de asfalto al contenido total de una mezcla de asfalto menos la proporción del asfalto que se perdió debido a la absorción en las partículas de agregados.

➤ **Vacíos de aire**

Se denomina vacío de aire al volumen total del hueco de aire que existen en las partículas de agregado revestidas totalmente de la mezcla asfáltica, se expresa como el porcentaje que tiene el volumen bulk de la mezcla asfáltica ya compactada (Aulestia Viscarra & Chávez Romero, 2017).

➤ **Vacíos llenos con asfalto**

Es una sección del volumen de espacios vacíos intergranulares los cuales están entre las partículas del agregado que se han ocupado por asfalto efectivo.

2.1.12. Método Marshall para el diseño de mezclas

El método de Marshall fue formulado por el ingeniero de asfaltos Bruce Marshall del departamento de autopistas ubicado en el estado de Mississippi. Este

criterio de diseño de mezclas se desarrolló gracias a una profunda investigación y estudios de correlación, mejorando y añadiendo ciertos aspectos al proceso de prueba.

Este criterio de diseño se lo utiliza en la mayor parte del mundo y se puede decir que es el proceso de diseño de mezcla que predomina para los pavimentos de vías y aeropuertos (Asphalt institute, 2014).

Se lo realiza con la finalidad de establecer el contenido óptimo de asfalto, de modo que se pueda garantizar una buena estabilidad y así mismo un buen recubrimiento de las partículas logrando así que se obtenga un pavimento durable (Aulestia Viscarra & Chávez Romero, 2017).

Para poder seleccionar el contenido óptimo de asfalto se requiere de pruebas según los criterios volumétricos y de resistencia, estos se sacan por medio un proceso, para una sola gradación de agregados que se seleccione, se deben utilizar cinco diferentes contenidos de asfalto, los resultados de este proceso serán válidos siempre se debe notificar cuál fue el promedio que se determinó luego de obtener tres mezclas iguales. Para poder escoger el contenido que tendrá el asfalto, se debe de tener en consideración factores como el tráfico, los cambios climáticos entre otros. Las normas que se aplican en los procedimientos de ensayo de Marshall fueron estandarizadas por The American Society for Testing and Materials (ASTM) y por the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (Asphalt institute, 2014).

Si se quiere realizar este método se debe hacer la respectiva preparación de los especímenes que va a hacer de prueba, se siguen unos pasos preliminares para la respectiva preparación de la muestra, estos:

- Todos los materiales que se necesiten, deben cumplir con los requisitos físicos de las especificaciones.
- Se requiere cumplir con los requisitos de gradación en las combinaciones de agregados dependiendo de las especificaciones del proyecto.
- Se tiene que determinar la gravedad específica de los agregados que se utilizan en la mezcla y la gravedad específica que tiene el cemento asfalto realizando análisis de densidad y vacíos.

Especificaciones acerca de la metodología. Se establece como punto inicial, para comenzar a diseñar se necesita escoger un porcentaje de asfalto para el promedio que existe en los límites de vacíos de aire, el cual es de 4%, si todos los criterios tienen una respuesta positiva, a partir de eso se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, si el criterio no se cumple, se tendrá que hacer ajustes o rediseñar la mezcla. (Garnica Anguas, Delgado Alamilla, & Sandoval Sandoval, 2005).

Tabla 15 Graduaciones propuestas según la (ASTM D3515)

Tamaño del tamiz	Mezclas cerradas								
	Tamaño máximo nominal del agregado								
	2" (50 mm)	1 ½ (37,5 mm)	1" (25 mm)	¾ (19 mm)	½" (12,5 mm)	3/8 (9,5 mm)	N° 4 (4,75 mm)	N°8 (2,36 mm)	N°16 (1,18 mm)
Graduaciones para mezclas de agregados									
2 1/2" (63 mm)	100	---	---	---	---	---	---	---	---
2" (50 mm)	90-100	100	---	---	---	---	---	---	---
1 ½ (37,5 mm)	---	90-100	100	---	---	---	---	---	---
1" (25 mm)	60-80	---	90-100	100	---	---	---	---	---
¾ (19 mm)	---	56-80	---	90-100	100	---	---	---	---
½" (12,5 mm)	35-65	---	56-80	---	90-100	100	---	---	---
3/8 (9,5 mm)	---	---	---	56-80	---	90-100	100	---	---
N° 4 (4,75 mm)	17-47	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85	80-100	---	100
N°8 (2,36 mm)	10-36	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67	65-100	---	95-100
N°16 (1,18 mm)	---	---	---	---	---	---	40-80	---	85-100
N°30 (600 µm)	---	---	---	---	---	---	35-65	---	70-95
N°50 (300 µm)	3-15	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23	7-40	---	45-75
N°100 (150 µm)	---	---	---	---	---	---	3-20	---	20-40
N° 200 (75 µm)	0-5	0-6	1-7	2-8	2-10	2-10	2-10	---	9-20
Porcentaje de asfalto con respecto en función al peso total de la mezcla									
	2-7	3-8	3-9	4-10	4-11	5-12	6-12	7-12	8-12

Fuente: Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 16 Criterio de diseño de mezclas.

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico pesado		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		Carpeta y base		Carpeta y base	
Criterio de mezcla	Min.	Máx	Min.	Máx	Min.	Máx
Numero de golpes para su compactación	35		50		75	
Estabilidad, (N) (lb)	3336		5338		8006	
	750	----	1200		1800	
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
	3	5	3	5	3	5
% de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

Fuente: Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Tabla 17 Porcentaje mínimo de vacíos por agregado mineral.

Máximo tamaño de partícula nominal		% mínimo		
		% diseños vacíos de aire		
Mm	In	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	½	13.0	14.0	15.0
19	¾	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

Fuente: Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Consideraciones que se deben tener en cuenta acerca de la estabilidad y flujo en el ensayo Marshall. Se denomina estabilidad de Marshall a el valor de la carga máxima de la resistencia que es obtenida cuando se aplica una velocidad de deformación constante. Así mismo el flujo de Marshall es la medida de la deformación ya sea elástica y plástica de la muestra durante el ensayo que se hace. En caso de que el flujo del contenido de aglutinante seleccionado sobrepase el límite especificado superior, la mezcla puede llegar a considerarse demasiado plástica o inestable. Si el flujo da como resultado por debajo del límite especificado inferior, la mezcla puede llegar a considerarse como muy frágil. Dependiendo de la medida del grado de aglutinante, la cantidad del mismo y la estructura del agregado se determinarán los resultados de estabilidad y flujo.

Preparación para los procedimientos Marshall. Las características varían dependiendo de los diferentes agregados y asfaltos, estas características influyen en la naturaleza del pavimento. Como primer paso para el método de diseño, tenemos que determinar las características (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, etc.) que tiene que tener una mezcla de pavimentación, para posteriormente seleccionar un tipo de agregado y un tipo de asfalto que sea compatible con la finalidad de que puedan combinarse para producir esas características. Una vez definido la parte preliminar, se procede con la preparación de los ensayos (Aguilar Batista, 2018).

Estabilidad de Marshall. El ensayo se lo utiliza para medir la resistencia a la deformación que puede llegar a tener la mezcla. Se mide la estabilidad al momento que la medida de la carga de una probeta falla. En el proceso durante el ensayo, se aplica la carga lentamente y los cabezales superiores e inferiores de la maquina se van acercando, a medida que pasa la carga sobre la probeta va aumentando al igual que los valores de la lectura en el indicador del cuadrante. La estabilidad de una mezcla está en función de la cohesión de la misma y su fricción interna. Las características del agregado en cuanto a la forma y textura son un factor importante para la fricción, que dependerá del ángulo, es decir mientras mayor sea el grado angular, mayor será la fricción, como consecuencia se obtendrá un menor desplazamiento del agregado frente a las cargas que provienen del tráfico (Cáceres Morales, 2007).

Valor de fluencia de Marshall. Se la mide en centésimas de pulgadas y representa la deformación de la probeta, esta deformación está en función de la disminución del diámetro vertical de la probeta. Si las mezclas tienen valores bajos en la fluencia y valores altos en la estabilidad, las mezclas se considerarán muy frágiles y rígidas para un pavimento (Asphalt institute , 2014).

La selección de las muestras. Para la primera preparación se reúnen muestras del asfalto y del agregado que se va a usar en el diseño, es de suma importancia que las muestras del asfalto cumplan con una similitud de características a las del asfalto que va a ser usado en la mezcla final. Los datos que se extraigan de los procedimientos de diseño van a determinar la fórmula que se usara para la mezcla de pavimentación.

Preparación del agregado. Se debe tener el conocimiento acerca de la relación que existe entre viscosidad- temperatura ya que con eso se puede establecer las temperaturas del mezclado y la compactación. El resultado de los procedimientos preliminares ayuda a identificar exactamente las características del agregado, estos procedimientos incluyen el secado del agregado, determinar su peso específico y realizar un análisis granulométrico por lavado.

Secado del agregado. Al realizar el proceso del método de Marshall lo que se necesita es que los agregados que se utilizan para los ensayos estén completamente secos. Esto evita que la humedad pueda afectar los resultados de los ensayos. Cada muestra que va a ser ensayado se tiene que calentar en un horno a temperatura de 110 °C. Para posteriormente, pesar la muestra y registrar su valor.

Análisis granulométrico por lavado. Este procedimiento se lo utiliza con la finalidad de determinar cuáles son las proporciones de las partículas de tamaños distintos que tiene la muestra del agregado. El procedimiento necesario para realizar este tipo de análisis es el siguiente:

- La muestra primero se debe de secar para luego pesarla.
- Luego la muestra debe de pasar a través del tamiz N°200, esto se realiza con la finalidad de eliminar cualquier partícula de polvo mineral que esté presente en el agregado.
- Por último, se registra el peso que tiene cada muestra.

Determinación del peso específico. Se lo determina al comparar el peso de una unidad de volumen dado de agregado con el peso de un volumen igual de agua, esto

a una misma temperatura, el cálculo del peso específico establece un eje importante para medir los pesos específicos que se necesitan para determinar las proporciones agregados, el asfalto, y vacíos que van a usarse en el método.

Preparación de las muestras de ensayo. Las probetas que se utilizan en el ensayo son de las posibles mezclas de pavimentación, estas mismas tienen que contener en su preparación una ligera cantidad diferente de asfalto en cada una. El margen del contenido del asfalto que se usa en las probetas de ensayo está en función del conocimiento previo que se obtiene de los agregados de la mezcla. Con ayuda del margen del contenido anterior se puede determinar el contenido exacto de asfalto en la última mezcla. La preparación de las mezclas se hace de la siguiente manera:

- El agregado y el asfalto comienzan un proceso el cual es calentarlo y mezclarlo completamente hasta que las partículas del agregado estén completamente revestidas. Estos procesos son similares a los procesos de calentamiento y mezclado que se hace en planta.
- Las mezclas pasan a ser colocadas en moldes precalentados esto como preparación para pasar a compactación, donde para la compactación se usa el martillo Marshall, el cual antes de golpear la superficie de la mezcla es calentado con la finalidad de que no la enfríe.
- Las probetas son compactadas por medio de los golpes del martillo de compactación, el número de golpes va a depender del diseño con el que fue calculado, la cantidad de tránsito que va a soportar. En ambos lados de las caras de cada probeta se da reciben el mismo número de golpes. Para finalmente pasar a enfriamiento y después ser extraídas de los moldes.

2.1.13. Clasificación de suelos

Se pueden dividir los tipos de suelo en ocho clases distintas, las cuales se las identifica mediante la letra A y van desde el 1 al 8. En este tipo de clasificación los suelos que son inorgánicos, se encuentran divididos en 7 clases distintas los cuales son desde el A1 al A7. Mientras que la clase A8 corresponde a los suelos que están formado en mayor parte por materia orgánica (Montejo Fonseca, 2002).

Tabla 18 Porcentaje de material que pasa por los tamices según el tipo de suelo.

Clasificación general	Materiales granulares (35%, o menos, que pasa por el tamiz N° 200)			Suelos limo- arcillosos (>35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
Grupos	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
% que pasa por el tamiz							
N° 10 (2.00 mm)	----	----	----	----	----	----	----
N° 40 (0.075)	50 max.	----	51 min.	----	----	----	----
N° 200 (0.075)	25 max.	35 max.	10 min.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Tamiz N° 40 (0.425)							
Limite liquido	----	----	----	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Índice de plasticidad	6 max.	----	NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Terreno	Excelente a bueno			Regular a malo			

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

2.2. Marco legal

Las normas utilizadas en el proyecto son las siguientes:

2.2.1. Constitución Política de la República del Ecuador:

Según el artículo 86 sección segunda del medio ambiente nos dice que “el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.”

- a) La preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país.

- b) La prevención de la contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados, el manejo sustentable de los recursos naturales y los requisitos que para estos fines deberán cumplir las actividades públicas o privadas.

Según el artículo 87 sección segunda del medio ambiente nos dice que “La ley tipificará las infracciones y regulará los procedimientos para establecer las responsabilidades administrativas, civiles y penales, que correspondan a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, por acciones u omisiones en contra de las normas de protección al medio ambiente”.

2.2.2. Ley de Tránsito y Transporte Terrestre

Según el Artículo 235 de la ley de tránsito y transporte terrestre “Ningún vehículo que circule en el país podrá emanar o arrojar gases de combustión que exceda del 60 %”.

Según el Capítulo II De la Prevención y Control del Ruido “Contiene disposiciones respecto a las prohibiciones a los conductores de vehículos sobre uso de señales acústicas o sonoras, arrastrar piezas metálicas, alteración del tubo de escape, etc.”.

2.2.3. Ley de Régimen Municipal

Artículos del Capítulo I de la LRM:

Según el Artículo 212, literal d “Análisis de estructuras físicas fundamentales: morfología, geología, naturaleza de los suelos; climatología, flora y fauna terrestre y acuática”.

Según el Artículo 215 “Ordenanzas y reglamentaciones sobre el uso del suelo, condiciones de seguridad, materiales, condiciones sanitarias y otras de naturaleza similar”.

Según el Artículo 216 “Podrá contemplar estudios parciales para la conservación y ordenamiento de ciudades o zonas de ciudad de gran valor artístico e histórico o protección del paisaje urbano”.

Según el artículo 164 de la LRM declara en;

Literal a, inciso 1°. En materia de higiene y asistencia, la municipalidad coordinará su acción con la autoridad de Salud, de acuerdo a lo dispuesto en el Título XIV del Código de la materia y, al efecto le compete.

Literal j. Velar por el fiel cumplimiento de las normas legales sobre saneamiento ambiental y especialmente de las que tienen relación con ruidos, olores desagradables, humo, gases tóxicos, polvo atmosférico, emanaciones y demás factores que puedan afectar la salud y bienestar de la población.

2.2.4. Ley de Caminos

Según el Artículo 37 de la ley de caminos declara que “El estado en general, el ministerio de obras públicas, los consejos provinciales, los consejos municipales y contratistas, en los trabajos de mantenimiento y construcción que se realicen, deberán conservar y cuidar árboles, arbustos, plantas y cercos naturales que crezcan al borde del camino”.

2.2.5. Normas de Diseño de Carreteras del MTOP

En esta normativa se establecen las políticas, criterios, procedimientos y metodologías que se deben de cumplir en los proyectos viales para factibilizar los estudios de planificación, diseño y evaluación de los proyectos viales, así como para asegurar la calidad y durabilidad de las vías, mitigar el impacto ambiental y optimizar el mantenimiento del tráfico en las fases de contratación, construcción y puesta en servicio.

2.2.6. MOP - 001-F 2002

Esta es la normativa que se encuentra actualmente vigente en Ecuador, en la misma se indican las especificaciones generales que se debe de tener en cuenta para la construcción de caminos y puentes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque que se utilizó en este trabajo de investigación es de carácter cualitativo, puesto que se realizó la recolección de datos sin medición numérica. Se obtuvo información bibliográfica pertinente de diversas fuentes para poder desarrollar de forma correcta el tema. Posteriormente se analizaron todos los datos obtenidos a lo largo de la investigación. Esto con la finalidad de poder determinar, cuáles son las características mecánicas que serán necesarias para poder realizar el diseño de un pavimento flexible utilizando asfalto reciclado.

3.2. Alcance de la investigación

A continuación, se describe la estrategia que se adoptó en el presente tema de investigación la cual es descriptiva ya que analizaran y evaluaran las diversas informaciones recopiladas. Además, tiene como propósito determinar las características importantes mecánicas necesarias en el diseño de una vía empleando material reciclado en su composición. De tal manera que permita establecer la finalidad práctica y factible de su uso, considerándolo como un material alternativo en la elaboración de futuras obras de pavimentación.

3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos

Este trabajo se lo realizó mediante la observación, ya que en primer lugar debemos de adquirir y tomar en cuenta todo tipo de información que sea pertinente, así como también de utilidad para llevar a cabo el trabajo de investigación, para esto se realizó una observación minuciosa para poder asimilar los rasgos de todos los elementos que influyen en esto utilizando esta técnica como uno de nuestros instrumentos principales. También se utilizó como instrumento de recolección de datos la matriz de datos bibliográficos como se muestra en la tabla 18.

Tabla 19 Matriz de datos bibliográfica

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	LIBROS	ARTICULOS	TESIS
VARIABLE DEPENDIENTE: DISEÑO VIAL	Diseño Geométrico, Topografía, Transito Promedio Diario Anual, Mezclas asfálticas	Alineamiento horizontal, Alineamiento vertical, Diseño transversal, Topografía, Estudio de tránsito, volumen de tránsito, velocidad de diseño.	Se utilizo el libro Diseño geométrico de carreteras de James Cárdenas Grisales, el cual nos permitió sacar información importante acerca del correcto diseño de carreteras.	El fenómeno de envejecimiento de los asfaltos de Vargas & Reyes este articulo sirvió de ayuda para ayudarnos a saber cómo cambian las propiedades del asfalto conforme el tiempo avanza.	Manual de diseño de vías urbanas de Mariana Correa, el cual nos ayudó a sintetizar de manera coherente los criterios para el diseño de una vía urbana.
			Ingeniería de pavimentos para carreteras del Ing. Alfonso Montejo, el libro contiene un texto básico el cual está dentro de la ingeniería en pavimentos, ayudando bastante con		Diseño de mezclas en frio con pavimento reciclado de la ingeniera Denisse Vargas, el trabajo de investigación brinda una extensa cantidad de información bibliográfica.

			información de diseño de pavimentos.		
			MOP - 001-F 2002 normativa con especificaciones generales para el diseño de caminos, el cual es de suma importancia en el proyecto de investigación	Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones de Acuña, Sibaja Obando, & Molina Zamora. Esta sirvió de guía para identificar cual es el proceso que se usa en las mezclas asfálticas en frío.	Comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor de González Guzmán, Rodríguez Peralta, & Melo Hernández la información retirada de esta tesis fue acerca del rango de temperatura que en el que se debe de encontrar la mezcla.
			Ingeniería de carreteras volumen 1 de Kraemer, y otros de este libro se recuperó información acerca de cuáles los aspectos geotécnicos		Diseño geométrico de vías con aplicaciones básicas en Excel y AutoCAD de Muñoz Prieto mismo que sirvió como base para que podamos definir cuáles son los conceptos de carretera y carril.

			al momento de diseñar una vía.		
			Diseño geométrico de vías de Chocontá Rojas libro del cual se obtuvo la información pertinente acerca de cómo se define la topografía y cuáles son los tipos de terrenos existentes.	Historia del pavimento de Arkiplus, la información obtenida de aquí fue acerca de que es el pavimento y cuál es su origen.	Manual de diseño de vías urbanas de Correa Montoya mismo que sirvió como base para que podamos definir el concepto de berma.
			Diseño geométrico de vías del Ing. Pedro Chocontá, del cual se obtuvo información relevante acerca de		Diseño geométrico de vías de Agudelo Ospino en el cual se define que es el diseño geométrico y para qué sirve.

			cómo identificar la topografía del terreno.		
			Manual de carreteras de Ministerio de transporte y comunicaciones con la ayuda de este texto se determinaron cuáles son los criterios para el diseño de mezclas agregados.		Obtención y Manejo de la información de tránsito para diseño de pavimentos del Ing. Gustavo Corredor que indica cuales son las variables que influyen en el diseño de una vía.
				Dosificación de mezclas asfálticas en caliente del Ing. Gustavo Prieto con dicho documento se determinó cuáles son los factores que influyen en la durabilidad del pavimento, así como también cuál es su dosificación recomendable.	Las condiciones actuales de la vía el tejlar - guanto grande en la parroquia de Canchagua, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi y su influencia en la calidad de vida de los habitantes de Guerrero Recalde de esta tesis se recopiló información acerca de las características viales que se

					debe de tener en cuenta al momento de realizar el diseño.
			Normas de diseño geométrico de carretera de estas normativas se obtuvo información acerca de las velocidades de diseño remendables.		Análisis del comportamiento físico – en mezclas asfálticas de Blanco Gallo & Montañez Nieto de aquí se consiguió información relevante acerca de que es la gravedad de especifica bulk.
			Asphalt Mix Design Methods de Asphalt institute del cual se retiró información acerca de los criterios de diseño según el método de Marshall.	Beneficios ambientales del reciclaje de pavimentos de Mendoza, Adame, & Marcos con la ayuda de este artículo se logró entender cuando se comenzó a utilizar la técnica del asfalto reciclado y cuál es el procedimiento que se debe de realizar.	Análisis comparativo de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas de Garnica Anguas, Delgado Alamilla, & Sandoval Sandoval con este documento se amplió la información que teníamos acerca del método de Marshall.

					<p>Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca de Aulestia Viscarra & Chávez Romero la cual se usó para determinar cuáles son las propiedades volumétricas que puede tener una mezcla asfáltica compactada.</p>
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: ASFALTO RECICLADO (propiedades mecánicas)</p>	<p>Comportamiento mecánico</p>	<p>Método de Marshall, ensayo de estabilidad de Marshall, Valor fluencia de Marshall.</p>	<p>Wirtgen cold recycling technology de Wirtgen Group Company en este manual se indican que tipos de procesos se realizan para el reciclado.</p>	<p>Comportamiento de las propiedades mecánicas de material reciclado de mezcla asfáltica, el artículo contiene información importante acerca del asfalto reciclado.</p>	<p>Reciclaje en pavimentos de la unidad de materiales y pavimentos San José Costa Rica el cual sirvió de guía para comenzar notar cuales son los beneficios que puede traer la reutilización del asfalto.</p>

				<p>Mezclas asfálticas con rap: pavimentos asfálticos reciclados, de la cual se obtuvo información acerca de las características que posee el asfalto reciclado.</p>	<p>Diseño de mezcla asfáltica con material reciclado para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo km 90+000 al km 95+000 de la carretera canta a huayllay ubicado en el distrito y provincia de canta en el departamento de lima de Chochon Gomez & Archi</p> <p>Robinson de esta tesis retiramos información acerca de cuál es la relación costo beneficio de reciclar el material asfáltico.</p>
				<p>Uso de los RAP derivados de mezclas con asfaltos modificados de Frentes, Bianchetto, & Delbono del Lemac del cual se comprendió cuáles fueron los primeros usos que se le dio al asfalto reciclado.</p>	
				<p>Mezclas asfálticas con rap: pavimentos asfálticos reciclados de Argüello & Aguiar el cual habla acerca de cuáles son las principales características que tiene el asfalto reciclado.</p>	<p>Estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in situ de pavimentos asfálticos de Restrepo & Stephens de esta se obtuvo cual es el proceso constructivo del reciclaje en frío.</p>

				Comportamiento de las propiedades mecánicas de material reciclado de mezcla asfáltica con aceite de motor de Areche, Castillo, & Yamasqui gracias a este artículo se logró comprender que es lo que puede proporcionar el asfalto reciclado.	
--	--	--	--	--	--

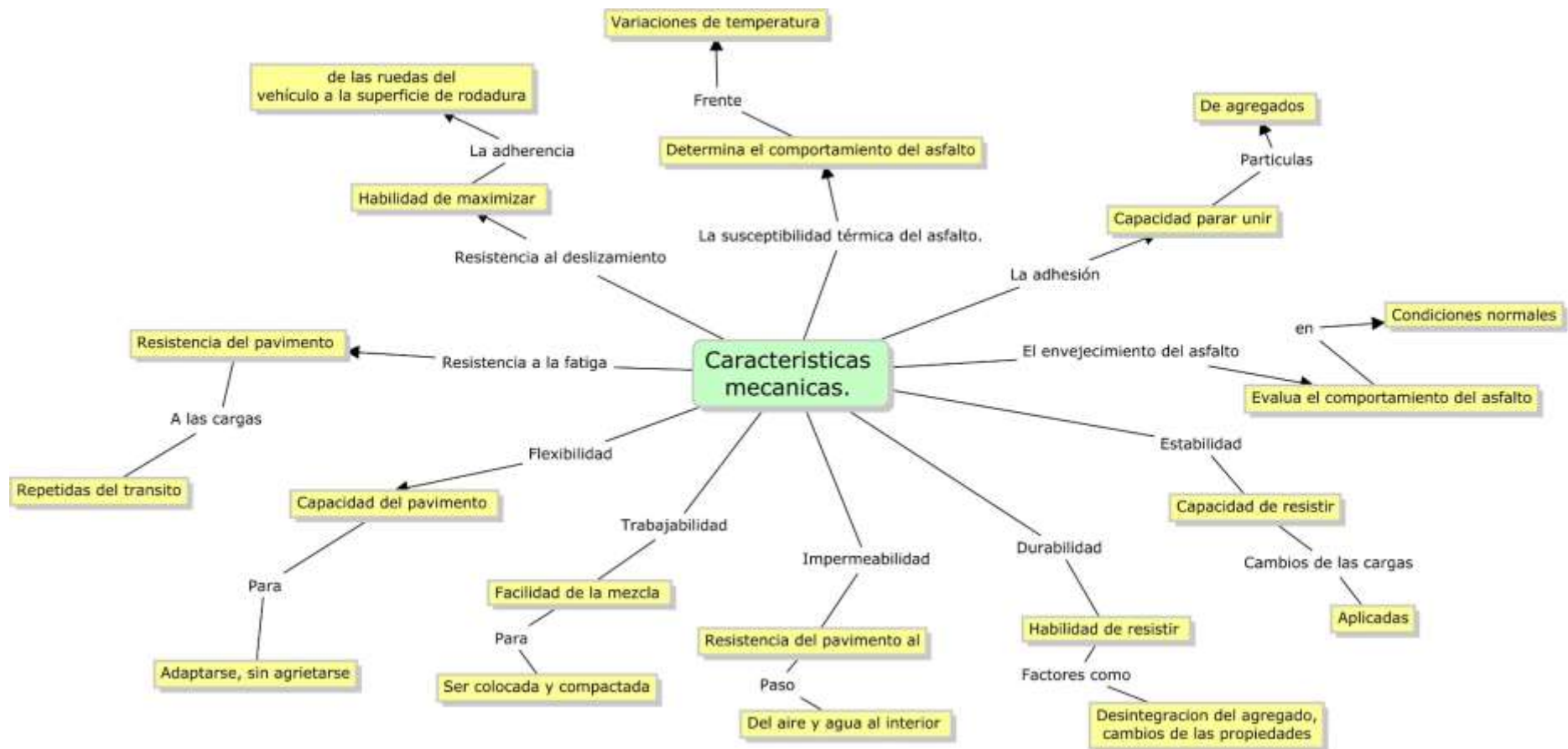
Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

3.4. Población y muestra

La población del presente proyecto constituye a todas las referencias bibliográficas ya sean libros, artículos y tesis que se han utilizado para la obtención y recolección de información fundamental para desarrollo de la investigación, mientras que el tipo de muestra que se utilizó fue el muestreo no probabilístico por conveniencia ya que se seleccionó de acuerdo al nivel de importancia información accesible, ya sea en la biblioteca de la universidad como en repositorios de la nube.

3.5. Presentación y análisis de resultados

Después de realizar la búsqueda de toda la información pertinente se identificaron cuáles son las características mecánicas que posee el asfalto reciclado tal como se muestra en la figura



Nota: Mapa mental sobre las características las características mecánicas principales que posee el asfalto reciclado.

Figura 7: Características mecánicas del asfalto reciclado.

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

Propuesta de diseño de una vía urbana de dos carriles

CBR=12% considerando que la vía tiene una buena subrasante.

$$MR=2555*(12^{0.64}) = 12533.34$$

Factor camión

$$W_{18} = F_d \cdot F_C \cdot \overline{W}_{18}$$

$$W_{18} = 5321842*0.5*0,8= 2128737= 2E+06$$

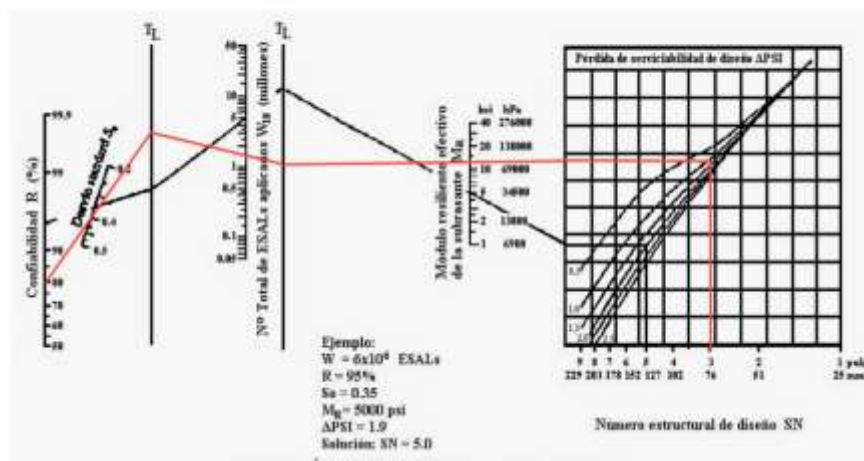
$$S_o= 0.45$$

Para utiliza un camino vecinal en zonas urbanas o rurales se recomienda un nivel de confiabilidad recomendado es de 50- 80

Factor de distribución recomendado para una vía de dos carriles es de 80% - 100%.

Perdida de servicialidad.

$$PSI= (4.2-2.5) = 1.7$$



Nota: Abaco para determinar el número estructural “SN”

Figura 8: Ábaco para número estructural

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

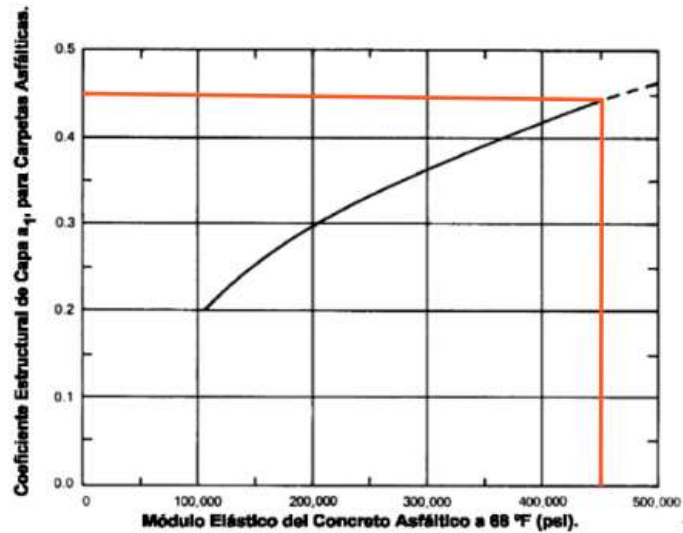
$$SN= 3$$

Espesores por capa

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Modulo elástico de la carpeta asfáltica= 450.000 PSI

Coefficiente Estructural para Carpeta Asfáltica (plg.)



Nota: Abaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta utilizando el módulo elástico del concreto asfáltico.

Figura 9: Abaco para coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.

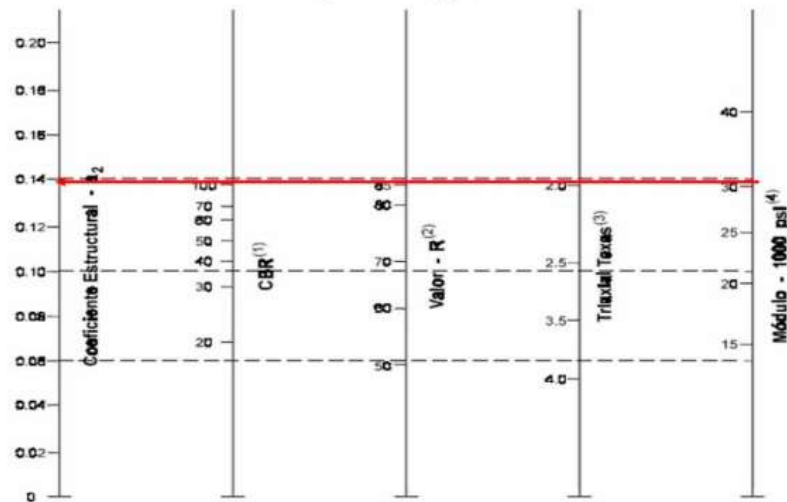
Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

$$a_1=0.45\text{plg}$$

CBR= 100% para base granulares

CBR= 33% para subbase

Coeficientes Capa "a₂", Bases Granulares



Nota: Abaco para determinar el coeficiente de la capa "a₂" utilizando el CBR

Figura 10: Abaco para coeficiente de la capa "a₂"

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

$$a_2 = 0.135 \text{ plg}$$

$$MR = 30000 \text{ PSI}$$

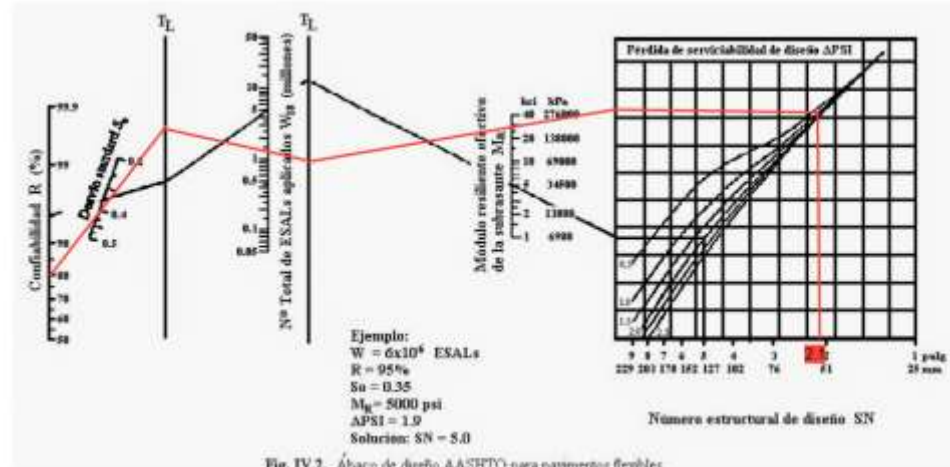


Fig. IV.2. Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.

Nota: Abaco para determinar el número estructural "SN1"

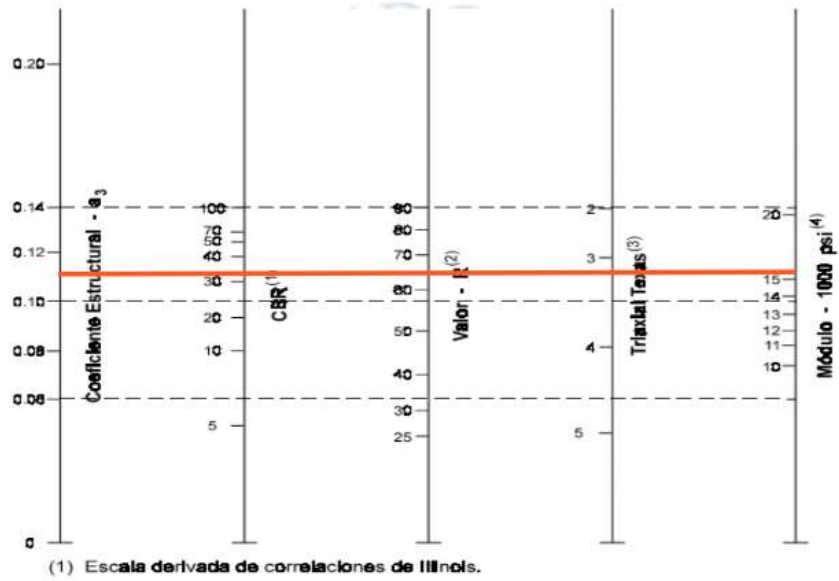
Figura 11: Abaco para número estructural

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

$$D1 = 2.1 / 0.45 = 4.67 \text{ plg}$$

$$SN_1 = 4.67 * 0.45 = 2.1 \text{ plg}$$

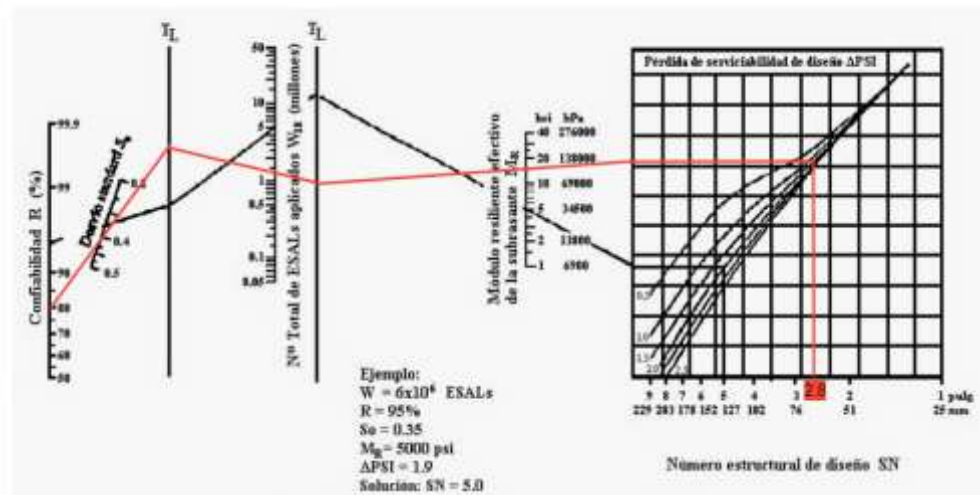
Coeficientes Capa "a₃", Subbases Granulares



Nota: Abaco para determinar el coeficiente de la capa "a₃" utilizando el CBR
Figura 12: Abaco para coeficiente de la capa "a₃"
Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

$$a_3 = 0.114 \text{ plg}$$

$$M_r = 15100 \text{ PSI}$$



Nota: Abaco para determinar el número estructural "SN₂"
Figura 13: Ábaco para número estructural
Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

$$SN_2 = 2.8 \text{ plg}$$

$$D_2 = (2.8 - 2.1) / (0.135 * 1) = 5.19 \text{ plg}$$

$$SN_2^* = 5.19 * 0.135 * 1 = 0.70 \text{ plg}$$

$$SN = 3 \text{ plg}$$

$$D_3 = (3 - (2.1 + 0.7)) / (0.114 * 1) = 1.75 \text{ plg}$$

$$SN_3 = 1 * 1.75 * 0.114 = 0.20 \text{ plg}$$

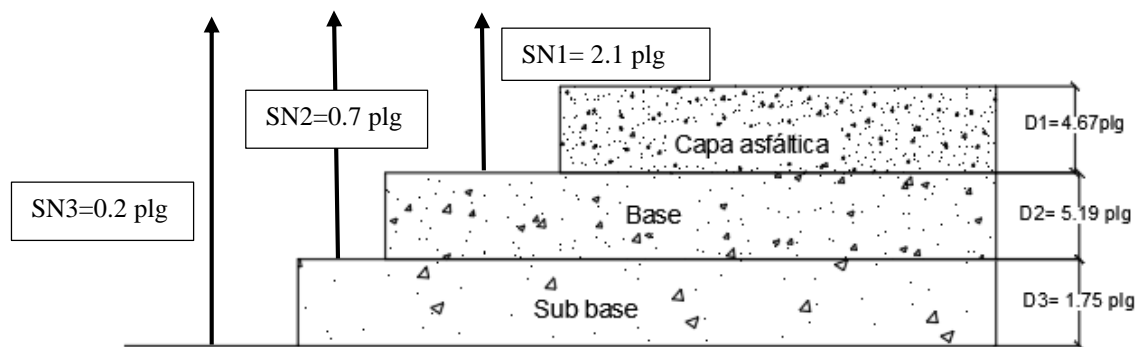
$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$2.1 + 0.7 + 0.2 \geq 3 =$$

Tabla 20: Paquete estructural

SN1	2.1 plg
SN2	0.7 plg
SN3	0.2 plg

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).



Nota: Grafico para representar los valores del paquete estructural.

Figura 14: Representación del paquete estructural

Elaborado por: Briones, A. y Lucín, M. (2022).

CONCLUSIONES

- Luego de haber realizado la recopilación de toda información que sea relevante y que aporte a la investigación se pudo determinar cuáles son las propiedades mecánicas que tienen los asfaltos reciclados y los convencionales. Al analizar las mismas se llegó a la conclusión que ambos asfaltos comparten propiedades similares, puesto que el asfalto reciclado pasa por un proceso en el cual su única finalidad es que este recupere las propiedades con las que originalmente contaba. La única diferencia importante es que en el asfalto reciclado el porcentaje de vacíos aumenta.
- El análisis de la información bibliográfica nos permitió identificar cuáles son los factores que se deben de considerar para realizar un correcto diseño vial con asfalto reciclado. Los más importantes a tener en cuenta son: el tipo de mezcla que se utilizará, las propiedades que tendrá el ligante o la emulsión, y cuál será la humedad contenida en el asfalto.
- El asfalto reciclado, a diferencia del asfalto convencional, presenta una serie de ventajas que pueden llegar a ser significativas. Entre los más importantes encontramos beneficios tales como el ahorro en la extracción de materia prima ayudara a mantener el suministro de material virgen.
- En el proyecto de investigación se realizó la propuesta de diseño de un pavimento flexible con los valores recomendados que fueron sacados mediante las normativas de construcción de una vía. Se realizaron los cálculos llegando así a la determinación del paquete estructural.
- Con los resultados obtenidos se pudo determinar que usando el asfalto reciclado se logra aportar al desarrollo sostenible, puesto que se puede contribuir a la disminución de los residuos que provienen de la extracción de la capa asfáltica deteriorada y que cumplió con su tiempo de vida útil puede ser reutilizado lo cual aportara en la disminución del volumen de residuos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores que quieran hacer un diseño vial hacer una investigación profunda y tener en cuenta las propiedades mecánicas ya que el conocimiento del tema influye a que no se cometan errores que influyeran de forma negativa al comportamiento del asfalto.
- Se debe tener en cuenta que las propiedades del material, pueden cambiar dependiendo del entorno en el que se lo almacene. Es por dicho motivo que se debe colocar el material en un entorno adecuado mientras se espera la colocación del mismo.
- Cuando se realice el diseño del pavimento flexible con mezcla asfáltica reciclada se recomienda seguir y cumplir con sus respectivas normativas y pasos, como por ejemplo realizar ensayos los cuales se describen en los libros de investigación, para de esta forma evitar que las características de la mezcla asfáltica se alteren durante su proceso de colocación y así impedir que ocurra cualquier tipo de error en la resistencia que tendrá la mezcla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, M., Sibaja Obando, D., & Molina Zamora, D. (2009). Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones. *Infraestructura Vial*, 11(21), 18-29. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/2015#:~:text=Las%20mezclas%20asf%C3%A1lticas%20en%20fr%C3%ADo,tiempo%20permitan%20un%20desarrollo%20sostenible.>
- Agudelo Ospino, J. (2002). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE MEDELLÍN*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE MEDELLÍN: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- Aguilar Batista, B. (Noviembre de 2018). *Comprobación de la fórmula witzak para el cálculo del módulo dinámico de la mezcla asfáltica*. Obtenido de <https://1library.co/document/zgrogk2q-comprobacion-formula-witzak-calculo-modulo-dinamico-mezcla-asfaltica.html>
- Alonso García, J. (18 de Octubre de 2017). *Soluasfalt*. Obtenido de <https://asfaltomadrid.com/asfalto-verde-reciclado/>
- Areche, Castillo, & Yamasqui. (20 de 10 de 2021). Comportamiento de las propiedades mecánicas de material reciclado de mezcla asfáltica con aceite de motor. *Polo del conocimiento*, 6(10), 627-648.
doi:10.23857/pc.v6i10.3228
- Argüello, F., & Aguiar, J. (Enero de 2019). Mezclas asfálticas con rap: pavimentos asfálticos reciclados. *Boletín Técnico PITRA-LanammeUCR, Volumen 10(N.º1)*. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1421/Boletin%201%20%20Mezclas%20asf%C3%A1lticas%20con%20RAP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arkiplus. (25 de 06 de 2022). *Historia del Pavimento*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/historia-del-pavimento/>

- Asphalt institute . (2014). *Asphalt Mix Design Methods*. Asphalt institute.
- Asphalt Institute. (2001). *Principios de construccion de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente* . USA: MS-22 (2da ED.).
- Asphalt institute. (2014). *Asphalt Mix Design Methods*. Asphalt institute.
- ASTM International . (06 de 10 de 2001). Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures. doi:10.1520/D3515-96
- Aulestia Viscarra, S. A., & Chávez Romero, S. F. (2017). *Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca*. Obtenido de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR:
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14556>
- Blanco Gallo, F. L., & Montañez Nieto, J. J. (2016). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO – EN MEZCLAS ASFÁLTICAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA :
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14348/1/AN%C3%81LISIS%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20F%C3%8DSICO%20%E2%80%93%20EN%20MEZCLAS%20ASF%C3%81LTICAS%20MDC-19%20MODIFICADO%20CON%20SODIO%20Y%20GLUCOSA.pdf>
- Cáceres Morales, C. A. (2007). *Biblioteca de la universidad de las Americas*. Obtenido de
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/caceres_m_ca/capitulo1.pdf
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de carreteras*. Ecoe Ediciones.
- Chochon Gomez, V., & Archi Robinson, B. (2019). *REPOSITORIO ACADEMICO USMP*. Obtenido de
https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6001/balbin_ar-chochon_gvh.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chocontá Rojas, P. (2008). *Diseño geometrico de vías* (2° ed.). Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería. Obtenido de

<https://www.libreriaingeniero.com/2020/04/disenio-geometrico-de-vias-pedro-antonio-choconta-rojas.html>

Correa Montoya, M. (2021). *Manual de diseño de vías urbanas*. Obtenido de UNIVERSIDAD EAFIT : <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/29835>

Correa Montoya, M. (2021). *UNIVERSIDAD EAFIT*. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/29835>

Corredor , G. (2008). *Universidad Nacional de Ingeniería*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manejo-de-transito-para-diseno-de-pavimentos.pdf>

Frentes, N. N., Bianchetto, H. D., & Delbono del Lemac, H. (2020). Uso de los RAP derivados de mezclas con asfaltos modificados (RMAP). *Vial*, 28, 14-15. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/00634734710977776438e>

Garnica Anguas, P., Delgado Alamilla, H., & Sandoval Sandoval, C. D. (2005). *SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES*. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnicapt271.pdf>

Gómez López, J., Delgado Alamilla, H., Alonso Romero, S., Alarcón Orta, H., & Garnica Anguas, P. (2004). Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. *Secretaría de comunicaciones y transportes instituto mexicano del transporte*.

González Guzmán, D., Rodríguez Peralta, J., & Melo Hernández, O. (2019). Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/8329/3/2019_Comportamiento_Mezclas_Asfalticas.pdf

Guerrero Recalde, B. (2015). *UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/20184/1/Tesis%20969%20-%20Guerrero%20Recalde%20Bryan%20Inicio.pdf>

Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana , M. G., Sanchez Blanco, V., & Del Val, M. Á. (2004). *Ingeniería de carreteras* (Vol. 2). Mc Graw Hil.

Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánchez Blanco, V., & Ángel del Val, M. (2003). *Ingeniería de carreteras* (Vol. 1). Amelia Nieva.

- Mendoza, J. F., Adame, E., & Marcos, O. (2020). *Instituto mexicano de transporte*.
Obtenido de <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=504&IdBoletin=184>
- Mendoza, J., Adame, E., & Marcos, O. (2020). *Gobierno de México*. Obtenido de Beneficios ambientales del reciclaje de pavimentos: <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=504&IdBoletin=184>
- Ministerio de transporte y comunicaciones. (2015). *Manual de Carreteras*.
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). *Nevi 12 - MTOP* (Vol. 2). Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (Segunda ed.). Bogota: Stella Valbuena de Fierro. Recuperado el 01 de 07 de 2022
- MOP . (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- MOP. (2003). *DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS*.
- Mop, Normas de diseño geométrico de carreteras. (2003). Obtenido de https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedise3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- Muñoz Prieto, W. (2007). *DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS CON APLICACIONES BASICAS EN EXCEL Y AUTOCAD*.
- Pavimentos asfálticos Lario S.L. (11 de 30 de 2020). *Lario*. Obtenido de <https://pavimentoslario.com/el-asfalto-reciclado-y-sus-diferencias-frente-al-asfalto-verde/#:~:text=Diferencia%20entre%20asfalto%20verde%20y%20asfalto%20reciclado&text=La%20mezcla%20para%20la%20producci%C3%B3n,de%20agregados%20asfalto%20y%20pl%C3%A1sti>

- Prieto, G. (2006). *FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*. Recuperado el 2022, de <https://filadd.com/doc/apunte-marshall-1-pdf-construccion-de-carreteras>
- Restrepo, H., & Stephens, S. (2015). *Estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in situ de pavimentos asfálticos*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PVY0IZxayy8J:https://core.ac.uk/download/pdf/51196278.pdf+&cd=13&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>
- Unidad de Materiales y Pavimentos. (2014). *Programa de Infraestructura del Transporte*. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1359/LM-PI-UMP-014-P%20Reciclaje%20en%20pavimentos%20L%C3%ADnea%20de%20investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas , X., & Reyes , F. (2010). El fenómeno de envejecimiento de los asfaltos. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 27-44. Obtenido de Scielo: <https://www.redalyc.org/pdf/643/64316140003.pdf>
- Wirtgen group company. (2004). *WIRTGEN COLD RECYCLING TECHNOLOGY*. wirtgen.