



**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 Y ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN, RESISTENCIA DEL
CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE UTILIZANDO ROCA
VOLCÁNICA. VERMICULITA, PET COMO AGREGADOS.**

TUTOR

MSC. ALEXIS VLADIMIR VALLE BENITES

AUTORES

CHAPALVAY AULLA EDDI SANTIAGO

PAZMIÑO REYES MARÍA ISABEL

GUAYAQUIL - 2022

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Diseño y análisis de la deformación, resistencia del concreto asfáltico en caliente utilizando roca volcánica, vermiculita, PET como agregados.	
AUTOR/ES: CHAPALVAY AULLA EDDI SANTIAGO PAZMIÑO REYES MARÍA ISABEL	REVISORES O TUTORES: MSC Alexis Vladimir Valle Benites
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PAGS: 75
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Asfalto, PET, Vermiculita, Roca volcánica	
RESUMEN: La mezcla asfáltica es considerada en su sistema constructivo tanto como un cemento asfáltico u hormigón asfáltico de agregados finos y gruesos, el cemento asfáltico sirve para la producción de carpetas asfálticas en los pavimentos flexibles.	

El análisis consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteadas a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Para plantear el análisis es conveniente plantear un plan de análisis o lo que se conoce como un plan de explotación de datos. En él se suele detallar de manera flexible cómo vamos a proceder al enfrentarnos a los datos, cuáles serán las principales líneas de análisis, qué orden vamos a seguir, y qué tipo de pruebas o técnicas de análisis aplicaremos sobre los datos.

El análisis respectivo de cada muestra en nuestro caso serán briquetas elaboradas con los materiales roca volcánica, vermiculita, PET serán medidos y comparados con las normas vigentes.

Como resultado de los ensayos realizados en el laboratorio de asfalto se concluye que el desempeño de la roca volcánica, vermiculita, PET adicionado a una mezcla de asfalto tradicional cumple la función de diseño para un tráfico mediano de acuerdo a las normas establecidas por el MTOP.

De acuerdo a las diferentes dosificaciones variando el porcentaje de material en cada una de las mezclas asfálticas elaboradas en el laboratorio de asfalto se concluye que cuando tenemos un porcentaje de vacíos que es entre el 3 al 5% y seleccionamos un valor intermedio que es de 4% de porcentaje de vacíos observamos que se produce una estabilidad de 1550lbs, un flujo de 14.5 Pulg/100, un vma de 10.5% y un peso unitario de 139.20 lbs/pies³, al comparar los resultados se concluye que la mezcla de la roca volcánica, vermiculita, PET es apta para un asfalto de tránsito mediano ya que para un asfalto de tránsito pesado su estabilidad debe de ser mínimo 1800 lb de estabilidad.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
---	-----------------------------

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

CONTACTO CON AUTOR/ES: Pazmiño Reyes María Isabel Chapalvay Aulla Eddi Santiago	Teléfono: 0962950060 0962950060	E-mail: mpazminor@ulvr.edu.ec echapalvaya@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombres: Mgs. Ing. Milton Andrade Laborde Teléfono: 042596500 Ext. 210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN, RESISTENCIA DEL CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE UTILIZANDO ROCA VOLCÁNICA VERMICULITA, PET COMO AGREGADOS.

por *Chapalvay Aulla Eddi Santiago Y Pazmiño Reyes María Isabel*

Fecha de entrega: 14-feb-2022 10:09a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1762171686

Nombre del archivo: TESIS_DE_GRADO_-_copia.docx (2.69M)

Total de palabras: 11959

Total de caracteres: 68141



Atentamente,

**ING. ALEXIS WLADIMIR VALLE BENÍTEZ, MSIG
PROFESOR TUTOR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados PAZMIÑO REYES MARIA ISABEL Y CHAPALVAY AULLA EDDI SANTIAGO, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN, RESISTENCIA DEL CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE UTILIZANDO ROCA VOLCÁNICA. VERMICULITA, PET COMO AGREGADOS, 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.

Autor(es)



Firma:

PAZMIÑO REYES MARIA ISABEL

C.I. 0929315588



Firma:

CHAPALVAY AULLA EDDI SANTIAGO

C.I. 0927193847.

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN, RESISTENCIA DEL CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE UTILIZANDO ROCA VOLCÁNICA. VERMICULITA, PET COMO AGREGADOS**, designado(a) 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 Y ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN, RESISTENCIA DEL CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE UTILIZANDO ROCA VOLCÁNICA. VERMICULITA, PET COMO AGREGADOS**, presentado por los estudiantes **Pazmiño Reyes Maria Isabel y Chapalvay Aulla Eddi Santiago** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándonos apto para su sustentación.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexis Valle Benites', with a large, sweeping flourish extending to the right.

MSc Alexis Vladimir Valle Benites
C.C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que han sido parte de mi formación profesional además de mi formación personal y todo lo que les manifieste en este agradecimiento es muy poco la verdad, pero cabe recalcar que le agradezco a Dios por la salud y la vida de cada una de las personas que se han sacrificado y esforzado para que pudiera cumplir una meta más en mi vida.

Así mismo agradezco infinitamente a mi padre por inculcar en mí esta carrera permitiéndome amar cada cosa que implique la ingeniería civil, a mi madre por su constante apoyo de que a pesar de las circunstancias me decía recuerda lo que tu padre te enseñó y de eso se trata la vida de tener personas que te pongan la semilla y de que otros las rieguen en ese caso es mi familia.

Agradecer a mi hermana y su esposo que han sido un pilar fundamental en mi camino universitario, a mi amado esposo por su apoyo incondicional por su tenaz fuerza de seguir y cumplir el mismo sueño de ser Ingenieros Civiles.

También agradezco mucho al Ing. Alexis Valles e Ing. Max Almeida que han estado con nosotros en el transcurso de nuestra investigación, por sus consejos y su guía en todo momento. A cada uno de mis profesores por su paciencia, esfuerzo, dedicación y sobre todo a sus enseñanzas las cuales me han permitido certificar toda su labor al encontrar en cada proyecto que he asistido, a un graduado de esta dura carrera de la Universidad Laica Vicente Roca fuerte, los cuales reflejan todos los conocimientos adquiridos creando grandes profesionales.

Un agradecimiento total para cada uno de ellos.

María Isabel Pazmiño Reyes

DEDICATORIA

Dedico mi tesis y por ende el resultado de todo este gran esfuerzo a mi madre, a mi hermana y a su esposo por su apoyo constante, a mi esposo y a mis hijos por ser mi fuente de energía para crecer y darles una mejor calidad de vida y sobre todo inculcarles que todo en esta vida merece de un gran esfuerzo para obtener frutos.

A mi padre el Ing. Fidel Enrique Pazmiño Rendon que, aunque no esté conmigo físicamente me dejó un gran ejemplo a seguir, siendo una inspiración en mi vida y a pesar de estar con nuestro creador siempre fue un pilar fundamental en este proceso de obtener mi título profesional.

Con mucho amor para ustedes MI FAMILIA.

María Isabel Pazmiño Reyes

AGRADECIMIENTO

Agradezco ante todo a Dios por la salud y vida que me ha brindado a pesar de la situación sanitaria que estamos atravesando a nivel mundial, a mi madre por ser un ejemplo de lucha, perseverancia y por su apoyo incondicional, a mi padre por la paciencia y su tenacidad, a mis hermanos que ayudaron en mi formación y me han guiado por el sendero correcto, a mi amada esposa por su apoyo incondicional, el motivo de no rendirme y seguir con el mismo propósito de poder ser Profesionales.

También agradecer a mis docentes que formaron parte de este sueño que me aconsejaron y enseñaron desde el principio a ser una buena persona para convertirme en un gran profesional, al Ing. Alexis Valle e Ing. Max Almeida que nos han guiado en nuestro proyecto de investigación, por su tolerancia y dedicación para así poder tener unos resultados óptimos, a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por hacer de este establecimiento una segunda casa, y poder ser Ingeniero Civil

Agradecimiento de corazón a cada uno de ellos.

Eddi Santiago Chapalvay Aulla

DEDICATORIA

Se lo dedico de todo corazón a mis padres, hermanos por el apoyo que recibí durante todo el proceso, se lo dedico a mi esposa y en especial a mis hijos (Mia, Victoria y Santiago) ya que se convirtieron en mi motor de lucha para que pueda cumplir con mis objetivos y que todo lo que se propongan en la vida se puede lograr con constancia y perseverancia. No tengo palabras para demostrar lo que realmente siento por ellos.

Con mucho amor se los dedico familia.

Eddi Santiago Chapalvay Aulla

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Delimitación del problema	4
1.7. Hipótesis.....	4
1.8. Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Marco teórico.....	6
2.2. Marco referencial	6
2.2.1. Pavimento	10
2.2.2. Elementos estructurales que integran un pavimento.....	10
2.2.3. Clasificación de los Pavimentos.....	12
2.2.4. Asfaltos.....	13
2.2.5. Proceso constructivo de un pavimento flexible	17
2.2.6. El Módulo de Rigidez	22
2.2.7. Plástico	28
2.2.8. Clasificación de los Plásticos que se Pueden Reciclar.	31
2.3. Marco conceptual	36
2.4. Marco legal.....	36
CAPÍTULO III	39
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1. Metodología.....	39
Método inductivo.....	39
Método deductivo.....	39
3.2. Tipo de investigación.....	40
3.3. Enfoque	41
3.4. Técnicas de la investigación.....	41

3.5.	Población.....	42
3.6.	Muestra.....	43
3.7.	Validez y confiabilidad.....	43
3.7.1.	Validez.....	43
3.7.2.	Confiabilidad.....	43
3.8.	Análisis de resultados.....	43
3.9.	Propuesta.....	44
3.10.	Diseño de Concreto Asfáltico (Ensayos).....	53
3.11.	Conclusiones.....	57
3.12.	Recomendaciones.....	58
Referencias		59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Esquema tipo del Pavimento Flexible</i>	13
Figura 2: <i>Código de Reciclaje de Plástico Pet</i>	31
Figura 3: <i>Código de Reciclaje de Plástico PE de alta y baja densidad</i>	31
Figura 4: <i>Código de Reciclaje de Plástico PVC</i>	31
Figura 5: <i>Código de Reciclaje de Plástico BOPP</i>	32
Figura 6: <i>Envases Elaboradas con Plásticos Pet</i>	33
Figura 7: <i>Equipos para la elaboración de briqueta (ensayo Marshall)</i>	45
Figura 8: <i>Calentamiento de asfalto tradicional</i>	46
Figura 9: <i>Asfalto en caliente dosificada</i>	46
Figura 10: <i>Piedra volcánica, vermiculita, PET</i>	47
Figura 11: <i>Áridos dosificados</i>	47
Figura 12: <i>Mezcla en caliente dosificada</i>	48
Figura 13: <i>Base de compactación, molde y sujetador</i>	48
Figura 14: <i>Vertiendo la mezcla en el molde</i>	49
Figura 15: <i>Distribuir la mezcla con espátula de bordes redondeados</i>	49
Figura 16: <i>: Compactación a 75 golpes por cada cara de la probeta</i>	50
Figura 17: <i>Probetas secas en aire luego de 2 horas desde su fabricación</i>	50
Figura 18: <i>Peso de probetas secas en aire luego de 2 horas desde su fabricación</i>	50
Figura 19: <i>Peso de probetas en agua</i>	51
Figura 20: <i>Baño de agua a 60°C</i>	51
Figura 21: <i>Colocación de probeta en la mordaza para su respectivo ensayo</i>	51
Figura 22: <i>Curvas de porcentaje de Vacíos (%)</i>	54
Figura 23: <i>Curvas de Peso Unitario (lbs/pies³)</i>	54
Figura 24: <i>Curvas de Vacíos en el Agregado Mineral (%)</i>	55
Figura 25: <i>Curvas de Flujo</i>	55
Figura 26: <i>Curvas de Estabilidad (lbs)</i>	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Línea de Investigación Institucional/Facultad</i>	5
Tabla 2: <i>Datos Técnicos del PET</i>	34
Tabla 3: <i>Resistencia del PET a Distintas Sustancias Químicas</i>	35
Tabla 4: <i>Criterio del Instituto (USA) para el diseño Marshall</i>	44
Tala 5: <i>Datos obtenidos en ensayo de briquetas</i>	52
Tabla 6: <i>Diseño de Concreto Asfáltico - Método de Marshall</i>	53

INTRODUCCIÓN

La mezcla asfáltica es considerada en su sistema constructivo tanto como un cemento asfáltico u hormigón asfáltico de agregados finos y gruesos, el cemento asfáltico sirve para la producción de carpetas asfálticas en los pavimentos flexibles. (plástico, 2017)

Uno de los problemas básicos de la mezcla asfáltica tradicional es su durabilidad y estabilidad sumada la deformación, por el uso cuando el pavimento flexible está en etapa operativa.

Para nuestro proyecto de titulación se propone el uso de tres materiales roca volcánica. vermiculita, PET como adicionados en la mezcla asfáltica tradicional para mejorar su estabilidad, deformación y durabilidad.

Los ensayos se los realizaron en el laboratorio de asfalto partiendo de un diseño tradicional para tránsito pesado luego se fue adicionando por medio de porcentajes los tres elementos, roca volcánica, vermiculita, PET dando como resultados una estabilidad promedio de 1550 lb clasificando la mezcla para uso de tránsito mediano.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Diseño y análisis de la deformación, resistencia del concreto asfáltico en caliente utilizando roca volcánica, vermiculita, PET como agregados.

1.2. Planteamiento del Problema

El concreto asfáltico está formado por agregados gruesos, finos, cemento asfáltico, se lo utiliza como capa de rodadura en los pavimentos flexibles.

Uno de los problemas básicos del concreto asfáltico al ser utilizado como capa de rodadura son los deterioros que se producen por su uso, generado por el tráfico, acciones químicas y ambientales, creando deformaciones a lo largo de la carpeta asfáltica, perjudicando los años de vida de la misma, para mejorar su estructura en el comportamiento de la carpeta asfáltica se debería considerar la resistencia y sus agregados (plástico, 2017).

En nuestro proyecto de titulación se establece el uso de los materiales como son; la roca volcánica que es un material de origen volcánico ligera de forma porosa, la vermiculita que es un mineral de tipo rocoso ligero y absorbente y el PET producto de los desechos plásticos.

Si consideramos la roca volcánica y el Pet son elementos que contribuyen a la contaminación del medio ambiente por lo tanto al ser utilizado como agregado para el concreto asfáltico se estaría ayudando a preservar el medio ambiente ayudando también a la resistencia del concreto asfáltico objeto de nuestro proyecto.

1.3. Formulación del Problema

¿De qué manera mejoraría la deformación y resistencia si utilizamos roca volcánica, vermiculita, PET en un concreto asfáltico en caliente?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Diseñar el concreto asfáltico utilizando la roca volcánica, vermiculita, PET para mejorar la resistencia, deformación.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar el desempeño de la roca volcánica, vermiculita, PET en el concreto asfáltico en caliente.
- Establecer en porcentaje las cantidades necesarias para el diseño del concreto asfáltico con roca volcánica, vermiculita. PET.
- Evaluar los resultados de la resistencia y deformación del concreto asfáltico con roca volcánica y el concreto asfáltico tradicional.

1.5. Justificación de la investigación

El concreto asfáltico es una mezcla conformada por algunos materiales como son el cemento asfáltico, agregado fino, agregado grueso.

En la parte teórica de nuestra investigación vamos analizar el desempeño de La roca volcánica de origen volcánico producto de las erupciones de los volcanes en nuestro país, la vermiculita un mineral de tipo rocoso ligero y absorbente, el PET un desecho de origen plástico en el concreto asfáltico como agregados.

Nuestro proyecto de investigación se utilizará un método deductivo de tipo exploratorio con un enfoque cuantitativo se lo realizará por medio de ensayos en laboratorio de asfalto.

Para demostrar los resultados en lo practico se realizarán diferentes tipos de muestra de concreto asfaltico por medio de briquetas con diferentes porcentajes de roca volcánica, vermiculita, PET en un concreto asfáltico en caliente utilizando el método Marshall con el fin de medir la resistencia y deformación de cada elemento elaborado en el laboratorio de asfalto.

En la parte ambiental se considera la roca volcánica y el Pet como elementos que contaminan el medio por lo que se considera en nuestro proyecto sacarlos del medio para adicionarlos como materiales innovadores de construcción.

1.6. Delimitación del problema

Área: Ingeniería civil.

Campo: Educación superior. Tercer nivel de grado.

Tema: Diseño y análisis de la deformación, resistencia del concreto asfáltico en caliente utilizando roca volcánica. vermiculita, PET como agregados.

Delimitación espacial: Laboratorio de asfalto

Delimitación temporal: 6 meses.

1.7. Hipótesis

Utilizando la roca volcánica, vermiculita, PET como agregados en el concreto asfaltico mejorara su deformación y resistencia.

1.8. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1: *Línea de Investigación Institucional/Facultad*

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	1. Materiales de Construcción	A. Materiales innovadores de construcción
--	-------------------------------	---

Fuente: (ULVR, 2021)

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco teórico

Diseño y análisis de la deformación, resistencia del concreto asfáltico en caliente utilizando roca volcánica, vermiculita, PET como agregados.

2.2. Marco referencial

En su tema de tesis Análisis comparativo de la estabilidad y la deformación del pavimento asfáltico con fibras celulósicas y pavimento asfáltico tradicional. La granulometría utilizada en esta investigación cumple con las especificaciones establecidas en la normativa MOP-001-F 2002, la cual estipula los límites granulométricos de los agregados para mezclas asfálticas confirmando que el agregado tanto fino como grueso se encuentren dentro de los límites granulométricos de los agregados (Jimenez, 2016).

Para determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico se utilizó tres parámetros esenciales los cuales son, el porcentaje de cemento asfáltico para el máximo peso específico "Bulk", porcentaje de cemento asfáltico para un índice de vacíos igual a 4% y el porcentaje de cemento asfáltico para la máxima estabilidad, resultando 6,09% de contenido óptimo de cemento asfáltico para pavimentos asfálticos tradicionales y 6,76% de contenido óptimo de asfalto para pavimentos asfálticos con fibra de coco (Jimenez, 2016).

El tema tesis "Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles". La investigación de este tema de tesis es utilizar los tapones plásticos como parte de la mezcla asfáltica, estos tapones serán triturados, se realizaron varias briquetas hasta obtener los resultados que permitan utilizar este material de reciclado como parte del pavimento asfáltico, y así al utilizar este material también se está ayudando al medio ambiente, se obtuvo buenos resultados que aporte en su utilización (Aimacaña, 2017).

En su tesis Maila “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros Etileno vinil acetato”. Este tema consiste en mejorar las propiedades físico-mecánica, para esto se realizó varios ensayos de acuerdo a las especificaciones establecidas y de acuerdo a las normas respectivas. Los resultados obtenidos dan como referencia que el diseño con este material da muchas ventajas para su utilización dando características de durabilidad e incrementa sus propiedades físico-mecánicas para evitar el desgaste producida por el tráfico (Maila, 2015).

En su tesis titulada ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA), ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL de la Universidad técnica de Ambato En el presente trabajo experimental se analizan los resultados obtenidos de un estudio realizado para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica adicionada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA). Además, se utilizaron dos tipos de material pétreo para la conformación de las mezclas, material convencional obtenido en la Mina Villacrés y material de origen volcánico obtenido en la ciudad de Baños, esto con la finalidad de determinar la idoneidad de cada material para la elaboración de la mezcla. Para alcanzar los objetivos propuestos se utilizó el ensayo Marshall (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

En primera instancia se efectuaron ensayos con los agregados fino y grueso, de acuerdo a las especificaciones de las respectivas normas. Seguidamente se realizó ensayos en el asfalto para determinar las propiedades necesarias y verificar si es apto para su utilización en la mezcla. Después se obtuvo el polímero Eva con su respectiva ficha técnica, en la Empresa Plasticaucho Industrial. Finalmente se procedió a elaborar 15 briquetas con mezcla convencional y 15 con mezcla con agregados de origen volcánico; 3 probetas con cada porcentaje de asfalto: 5, 5,5, 6, 6,5 y 7%, de las cuales se obtuvo el 6,4% y 6,6% como porcentaje óptimo de asfalto para cada clase de mezcla respectivamente (Jimenez, 2016)..

Una vez realizado eso se procedió a elaborar 12 briquetas con el porcentaje óptimo de asfalto y el 0, 2, 3 y 4% de EVA; 3 probetas para cada porcentaje, obteniendo como

resultado un incremento importante de la estabilidad con el 6,4% de asfalto y 3,3% de EVA para la mezcla convencional y 6,6% de asfalto y 3,2% de EVA para la mezcla con escoria y arena volcánica (Jimenez, 2016)..

Los valores de flujo también se optimizan significativamente con estos porcentajes, lo que indica claramente que la incorporación de Polímero EVA en la mezcla asfáltica mejora las propiedades de la mezcla. Como consecuencia del presente estudio se da viabilidad a la utilización de EVA para el mejoramiento de las mezclas asfálticas, además de dejar un precedente para futuras investigaciones sobre los beneficios de utilizar este polímero en mezclas modificadas en el Ecuador (Jimenez, 2016)..

En su tesis titulada Incorporación de Plástico Reciclado de Tereftalato de Polietileno (PET) Mediante Vía Húmeda en una Mezcla Asfáltica en Caliente Utilizando Agregados Pétreos del Cantón Guamote. De la Universidad Nacional de Ambato.

El objetivo de la investigación es incorporar plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote y comparar sus propiedades mecánicas con una mezcla convencional. El material modificador es de origen plástico que contiene tereftalato de polietileno (PET) proveniente de botellas plásticas recicladas, con el fin de crear una alternativa de adición en la mezcla asfáltica (Jimenez, 2016).

Esta combinación de materiales mejora las características de los pavimentos y a su vez disminuye la contaminación ambiental, puesto que su biodegradación se produce a los 500 años. La granulometría utilizada corresponde a la mezcla asfáltica convencional determinada por la Norma MOP-001-F 2002 (Anexo A), para un árido de tamaño máximo nominal 3/4" (Jimenez, 2016).

El trabajo realizado en laboratorio consta en determinar las propiedades de los materiales que conforman la mezcla asfáltica para posteriormente realizar briquetas que serán ensayados por el método Marshall obteniendo valores de densidad bulk, estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral, vacíos de aire y así determinar el porcentaje óptimo de ligante (Jimenez, 2016).

Luego se adiciona el material modificador PET mediante vía húmeda en porcentajes variables empezando con el 5%, en relación con el porcentaje en peso de ligante de la Mezcla Convencional (Jimenez, 2016).

Finalmente se procede a realizar un análisis de costos entre ambas combinaciones teniendo a la mezcla asfáltica modificada con mayor valor económico.

En su tesis titulada la incorporación de material triturado de productos reciclados de Tereftalato de Polietileno (PEP), utilizando los agregados de la Mina del Río Pita en la Ciudad de Quito, mediante la determinación del módulo de rigidez expone lo siguiente:

Debido al crecimiento exponencial de la humanidad alrededor del mundo se ha visto reflejado en el uso innecesario de elementos nocivos contra la naturaleza. Gran parte de estos no cuentan con una larga vida útil, por lo cual después de ser utilizados pasan a ser desechos (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

El presente trabajo de carácter investigativo y correlacional tiene como principal objetivo la comparación de las propiedades mecánicas y reológicas entre una mezcla asfáltica convencional, y una mezcla asfáltica modificada con Tereftalato de polietileno (PET), que es el elemento que constituye a las botellas plásticas. Esto con el fin de promover nuevas técnicas que mejoren las características de desempeño de los pavimentos y que a su vez sean amigables con el medio ambiente (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

El proceso a implementarse utilizando material triturado PET en una vía seca, se lo realiza mediante la incorporación de este en porcentajes que suplantarán al agregado fino que se asemeje a su granulometría. La investigación abarcará de forma breve la caracterización del polímero utilizado (PET), el cuál fue obtenido mediante un proceso de reciclaje implementado en las calles de la Ciudad de Quito por parte de la empresa ENKADOR, la cual a su vez nos facilitó el producto ya triturado y listo para ser incorporado a la mezcla asfáltica. Los resultados obtenidos en laboratorio están en base a la realización del ensayo Marshall, en cual nos indica si la incorporación de material triturado (PET) en una mezcla asfáltica mejora las propiedades mecánicas y reológicas del mismo (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

De tal forma que pueda ser ésta una manera de aumentar los niveles de reciclaje de productos plástico. Finalmente, y mediante la interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio se procede a realizar un análisis costo – beneficio entre la mezcla asfáltica convencional y la modificada, teniendo como pilar fundamental la reducción de desechos plásticos en las calles de Quito y el mejoramiento de las características mecánicas del asfalto (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

2.2.1. Pavimento

Se define pavimento a la estructura vial multicapa utilizada para la construcción de carreteras y vías urbanas, es decir la estructura por la cual está formada el pavimento se encuentra constituida por un conjunto de capas de materiales seleccionados superpuestas horizontalmente (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015).

Su diseño tiene como finalidad soportar las cargas producidas por el tránsito y las diferentes condiciones ambientales que se presenten cumpliendo así, su función estructural. Además de ello, debe otorgarle al parque automotor un paso cómodo seguro y confortable en un determinado periodo de tiempo o durante el tiempo que éste se imponga sobre la superficie (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015).

El pavimento es soportado por una subrasante natural o una plataforma, pudiendo ser una subrasante mejorada, estabilizada o un terraplén denominándose capa de conformación. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

2.2.2. Elementos estructurales que integran un pavimento

2.2.2.1. Subrasante

De la estructura que conforma el pavimento, la subrasante será la capa inferior de la misma; cuya función es la de receptor los esfuerzos y deformaciones que la carga vehicular impone sobre las capas superiores, es decir; las cargas impuestas sobre la sub-base, la base, la capa asfáltica o la losa de concreto. Generalmente se constituye por las capas que conforman las explanadas en una profundidad que oscila los 30-60 cm. Se deberá usar capas de mejoramiento de subrasante, en caso de ubicarse en zonas de tráfico pesado. (Andrade & Franco, 2019)

2.2.2.2. Sub-base de agregados

Esta capa de la estructura del pavimento se encontrará ubicada entre la subrasante y la base en caso de que esta última forme parte de la estructura. (Andrade & Franco, 2019)

La sub base generalmente se divide en 4 tipos:

Clase I: Se denomina sub-base de Clase I a la conformada por agregados gruesos provenientes de la trituración de la roca o grava, por lo general no menos del 30% del agregado grueso que la conforma debe obtenerse por medio de la trituración. (Andrade & Franco, 2019)

Clase II: La Sub-base Clase II se compone de agregados gruesos que provienen del cribado o la trituración en yacimientos de material pétreo como lo es la roca o grava fragmentadas de forma natural. (Andrade & Franco, 2019)

Clase III: Se considera una sub-base de Clase III aquella que se conforma por la mezcla de agregados gruesos como lo es el cribado de roca o grava y el agregado fino generalmente arena. (Andrade & Franco, 2019)

2.2.2.3. Base de Agregados

Se considera base de agregados a la capa que se encuentra entre la sub-base y la capa de rodadura ya sea de cemento asfáltico o losa de concreto. (Andrade & Franco, 2019)

Las Bases de Agregados pueden clasificarse en cuatro tipos:

Es la capa de material que se construye sobre la subbase. los materiales con los que se construye deben ser de mejor calidad que los de la subbase y su función es la de tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos. Tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub base. Aunque exista humedad la base no debe de presentar cambios volumétricos perjudiciales (Andrade & Franco, 2019).

Clase I: se compone en su totalidad de triturado de agregados gruesos y finos triturados en un 100%.

Clase II: se compone por agregados gruesos y finos triturados en un porcentaje máximo del 50%.

Clase III: se conformará de agregados gruesos y finos triturados al menos en un 25%.

Clase IV: se conforma de agregados gruesos y finos triturados o cribados de piedras ya fragmentadas (Andrade & Franco, 2019).

2.2.2.4. Capa de rodadura o revestimiento asfáltico

En el caso de los pavimentos flexibles, como es de conocimiento general está constituida por un material pétreo, al que se adiciona un producto asfáltico que tiene por objeto servir de aglutinante. Esta capa transmite las cargas inducidas por el tráfico hacia la capa de base en la que se apoya, además que provee una superficie adecuada para el rodamiento del tráfico. También debe poseer la menor permeabilidad posible, con el fin de que el agua superficial drene en su mayor parte sobre ésta, reduciendo la cantidad de agua que llegue a la base (Andrade & Franco, 2019).

En general, la carpeta de rodamiento de mayor calidad se construye con mezcla asfáltica producida y colocada en caliente teniendo como elementos compuestos por cemento asfáltico, agregado grueso y fino (Andrade & Franco, 2019)

2.2.3. Clasificación de los Pavimentos

Los pavimentos se clasifican en:

- I. Pavimentos Flexibles
- II. Pavimentos Rígidos
- III. Pavimentos Articulado

2.2.3.1. Pavimento flexible

El pavimento flexible se encuentra estructurado por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez compuestas por materiales granulares no tratados o

ligados (base, subbase, afirmado y en casos distintos subrasante mejorada o material de conformación) que se asientan sobre el terreno natural o subrasante. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

Los esfuerzos producidos por la carga vehicular se disiparán a través de cada capa que conforma el pavimento flexible, de tal forma que cuando lleguen a la subrasante la resistencia mecánica del suelo por la cual está compuesta debe tener la capacidad de soportar deformaciones minimizando así el deterioro estructural de la vía. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

Las metodologías para diseñar estos pavimentos de acuerdo a (Andrade & Franco, 2019) son:

- ASSHTO.
- Metodología del Instituto de Asfalto de los Estados Unidos.

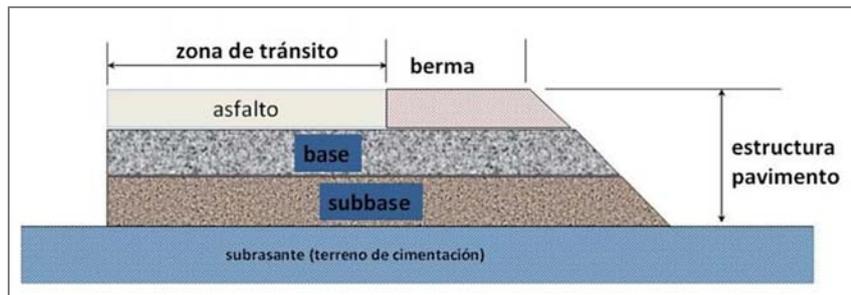


Figura 1: Esquema tipo del Pavimento Flexible.

Fuente: (google, 2021)

2.2.4. Asfaltos

El asfalto es aquel material ligante que varía con un color marrón oscuro a negro, el cual en su composición generalmente contiene betunes obtenidos ya sea de forma natural o por la refinación del petróleo. También se considera el asfalto como un material cementante, con una consistencia variada entre el estado sólido y semisólido en temperaturas ambientes normales, sin embargo, si el asfalto se calienta lo suficiente presenta una consistencia líquida sin evaporarse debido a sus componentes químicos. (ConstruMine Chile, 2018)

El asfalto utilizado en obras de pavimentación, generalmente conocido como cemento asfáltico se considera por ser un material viscoso y pegajoso, con la habilidad de adherirse a las partículas del agregado que contienen las mezclas asfálticas; es considerado como un excelente material impermeabilizante que no presenta afectaciones por los ácidos, los álcalis o incluso las sales. Los asfaltos tienen dos orígenes; los derivados del petróleo y los naturales. (ConstruMine Chile, 2018)

2.2.4.1. Asfaltos para pavimentos:

Éstos se subdividen en

- I. Cementos Asfálticos
- II. Asfaltos Cortados
- III. Emulsiones Asfálticas

2.2.4.2. Cementos asfálticos:

- ✓ Los Cementos Asfálticos, son preparados especialmente para pavimentación.
- ✓ Es un material ideal para la construcción de pavimentos ya que:
- ✓ Es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, impermeable y duradero.
- ✓ Es consistente y puro. - Es termoplástico, es decir, se licua a medida que se va calentando.
- ✓ Es resistente a los ácidos, sales y álcalis.
- ✓ Se denominan por las letras CA, y se clasifican según su grado de dureza, el que mide según el ensayo de penetración.
- ✓ Podemos distinguir CA 40 – 50, CA 60 – 70, etc.; CA indica que es un cemento asfáltico y los números el rango de penetración.
- ✓ Para su aplicación debe estar libre de agua y con características homogéneas.
- ✓ En Chile los CA más utilizados son:
- ✓ CA 40 – 50: uso en rellenos de junta y grietas.
- ✓ CA 60 – 70: en mezcla en planta en caliente para la construcción de bases binder y carpetas de rodado.
- ✓ CA 120 – 150: usados en tratamientos superficiales.

- ✓ Su aplicación no debe hacerse bajo amenaza de lluvia, temperatura ambiente bajo los 10°C en superficies húmedas, tampoco deben ser calentadas sobre los 170 °C.

2.2.4.3. Asfalto cortado:

- ✓ Los asfaltos cortados, AC, llamados también diluidos, líquidos o Cut-Back, son asfaltos líquidos que resultan de la dilución de cemento asfáltico con destilados del petróleo. (ConstruMine & Chile, 2018)
- ✓ Se presenta como un líquido de color negro, de viscosidad variable.
- ✓ Los solventes usados actúan como vehículos, proporcionando productos menos viscosos que pueden ser aplicados a bajas temperaturas.
- ✓ Los solventes se evaporan después de su aplicación.

Se clasifican según:

1.- Su velocidad de curado: lo cual se divide en 3 categorías:

- 1) RC: Asfalto Cortado de Curado Rápido (Rapid Curing), se producen al mezclar CA con destilados ligeros del tipo Nafta o Bencina.

Se utilizan generalmente en:

- RC – 1 / RC – 70: Riegos de liga.
- RC – 2 / RC – 250: Mezclas asfálticas abiertas.
- RC – 3 / RC – 800: Sellos de arena, tratamientos superficiales.
- RC – 5 / RC – 3000: Sellos de arena, macadam de penetración.

- 2) MC: Asfalto Cortado de Curado Medio (Médium Curing), cuyo solvente es la Parafina o Kerosene, lo que da trabajabilidad a temperatura relativamente baja (ConstruMine & Chile, 2018).

Se emplean en:

- MC – 0 / MC – 30: Como imprimante en bases estabilizadas.
- MC – 2 / MC – 250: Mezclas en sitio de graduación abierta y cerrada.
- MC – 3 / MC – 800: Mezclas en sitio de graduación abierta y cerrada.

- MC – 4, MC – 5 / MC – 3000: En zonas calurosas y agregados absorbentes.

3) SC: Asfaltos Cortados de Curado Lento (Slow Curing), los aceites son los que le dan cierta fluidez.

Este tipo de asfalto ya no se utiliza.

Según su viscosidad cinemática (Centistokes): 30, 70, 250, 800, 3000.

Según grados antiguos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, de menor a mayor viscosidad que definen rangos en Segundos Saybot Furol.

Los asfaltos cortados (AC), no deben emplearse en días de lluvia o con amenaza de lluvia, en temperaturas inferiores a 10°C y en superficies húmedas (ConstruMine & Chile, 2018).

2.2.4.4. Emulsiones asfálticas:

Son de cemento asfáltico en una fase acuosa, con estabilidad variable. El tiempo de quiebre y la viscosidad de las emulsiones, dependen entre otros factores, de la calidad y la cantidad de los agentes emulsificantes. (ConstruMine & Chile, 2018)

La cantidad de emulsificantes y aditivo químico utilizados varía generalmente de 0.2 % a 5 %, y la cantidad de asfalto en el orden de 60 % a 70 %.

El color de emulsiones asfálticas antes del quiebre es marrón y después del quiebre negro, constituyéndole en un elemento auxiliar para la inspección visual. (ConstruMine & Chile, 2018)

Las emulsiones asfálticas se clasifican de acuerdo a la carga de la partícula en:

- ✓ Catiónica (Utilizadas referentemente en pavimentación)
- ✓ Aniónica. (Aplicaciones industriales, levemente en pavimentación)

En cuanto al tiempo de quiebre, se clasifican en:

- ✓ Quiebre rápido CRS
- ✓ Quiebre medio CMS

- ✓ Quiebre lento CSS
- ✓ Quiebre controlado. CQS

Las emulsiones asfálticas de quiebre rápido son el ligante más adecuado para la ejecución de tratamientos superficiales, por su facilidad de empleo y su excelente adherencia a todo tipo de áridos (ConstruMine & Chile, 2018).

Las emulsiones de quiebre lento se emplean en riegos de liga, en la preparación de lechadas asfálticas (slurry seal) y riegos negros (fog seal). (ConstruMine & Chile, 2018)

Las emulsiones asfálticas de quiebre medio y lento se emplean en la preparación de mezclas en frío, ya sea en planta o en sitio.

Las emulsiones de quiebre controlado (conocidas como Quick Setting) se utilizan para la fabricación de slurries o lechadas asfálticas de rápida apertura al tránsito.

Otros usos para las emulsiones son reciclados en frío, estabilización de suelos, sellos de terminación, membrana de curado, riego de penetración (Macadam) y, en la agricultura, para prevenir la erosión o retardar la evaporación del agua (Castro, Carlos Delgado, 2016).

2.2.5. Proceso constructivo de un pavimento flexible

2.2.5.1. Perfilado y compactación de sub-rasante

Esta partida consiste en perfilar, refinar, regar y compactar la superficie de la subrasante sin añadir material adicional para mantenerla en condiciones adecuadas, mediante las actividades señaladas para eliminar las elevaciones formadas por el sentido transversal al eje de la vía y conformación de una pendiente uniforme (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

Procedimiento:

Perfilar, refinar, regar y compactar al material superficial desde el borde hacia el eje de la vía, con moto niveladora, cisterna y rodillo respectivamente (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018)

Efectuar pasadas adicionales esparciendo el material suelto llenando las depresiones de la plataforma a fin de obtener un bombeo adecuado y finalmente reconformar (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

La compactación in situ se realizará con rodillo liso vibratorio al 100% del Proctor modificado y se efectuaran periódicamente los ensayos respectivos (Elbert Chávez Gema Alejandra, 2018).

2.2.5.2. Colocación de la sub-rasante:

Esta partida considera la colocación sobre el nivel de la sub rasante, debidamente preparada, de materiales zarandeados compuestos por piedra fracturada natural con un porcentaje adecuado de finos procedentes de canteras seleccionadas y en conformidad con los alineamientos, cotas, niveles y secciones transversales indicadas en los planos (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

La sub base será granular y debe estar libre de materiales orgánicos.

Procedimiento:

1. Se transporta, se extiende y compacta el material.
2. Hacer el control topográfico colocando los niveles respectivos.
3. Perfilar, refinar, regar y compactar al material superficial, desde el borde hacia eje de la vía, con moto niveladora, cisterna y rodillo respectivamente (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).
4. Efectuar pasadas adicionales esparciendo el material suelto llenando las depresiones de la plataforma a fin de obtener un bombeo adecuado y finalmente reconformar.
5. La compactación será realizada cuando el material presente una humedad adecuada, hasta alcanzar una densidad no menor del 100% de la densidad

máxima obtenida por el método del Proctor Modificado, empleando el equipo adecuado.

6. Se efectuará periódicamente los ensayos respectivos (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

2.2.5.3. Colocación de la base:

Esta partida consiste en colocar, extender, batir y compactar las capas de materiales compuestos por grava o piedra fracturada en forma natural y finos, sobre la sub-base debidamente preparada, en conformidad con los alineamientos, niveles y secciones transversales típicas indicadas en los planos (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Procedimiento:

Extendido de material de Base granular: El material de base será colocado sobre la capa de sub-base o sub-rasante debidamente preparada y será compactada en capas. El material será extendido en una capa uniforme por medio de una moto niveladora, de tal forma que forme una capa suelta, de mayor espesor que el que debe tener la capa compactada (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Batido de material de Base granular (Mezcla): Para la conformación de la base, se batirá todo el material por medio de la cuchilla de la moto niveladora en toda la profundidad de la capa, llevándolo en forma alternada hacia el centro y los bordes de la calzada (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Escarificado de material de base granular: El escarificado del material se deberá de realizar para poder uniformizar con el riego de agua que se le aplicará y poder tener una humedad homogénea en todo el material colocado en la calzada (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Conformación de material de base granula: Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Humectación de material de Base granular: El agua que se utilizará en el proceso de compactación deberá estar limpia de impurezas.

Compactación de material de base granular: Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios. Dicho rodillo deberá progresar en forma gradual desde los bordes hacia el centro, en sentido paralelo al eje de la vía y continuará de este modo hasta que toda la superficie haya recibido este tratamiento (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Terminación del material de base granular: El material será tratado con moto niveladora y rodillo hasta que se haya obtenido una superficie lisa y uniforme. La cantidad de cilindrado ya pisonado arriba indicada se considerará la mínima necesaria para obtener una compactación adecuada (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Imprimación asfáltica:

El riego de imprimación consiste en la aplicación de un material asfáltico, en forma de película, sobre la superficie de la subrasante o de un material granular no tratado (sub-base o grava de río), o sobre una base granular no tratada (piedra chancada, grava triturada) (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Esta partida considera el suministro y aplicación de riego de asfalto de baja viscosidad sobre la base granular del tramo a pavimentar, preparado con anterioridad de acuerdo con las especificaciones y de conformidad con los planos. Un riego de imprimación recubre y liga las partículas minerales sueltas en la superficie de la base, endurece o refuerza la superficie de la base, impermeabiliza la superficie de la base obturando los vacíos capilares o interconectados, provee adhesión entre la base y la mezcla asfáltica (Ramos Arce Judith Yimena, 2017)

Entre las principales funciones tenemos:

- ✓ Impermeabilizar la superficie
- ✓ Cerrar los espacios capilares
- ✓ Revertir y pegar sobre la superficie las partículas sueltas
- ✓ Endurecer la superficie
- ✓ Facilitar el mantenimiento

Promover la adherencia entre la superficie sobre la cual se coloca y la primera capa de mezcla asfáltica sobre ella colocada.

El área Imprimada debe estar cerrada al tráfico entre 24 y 48 horas para que el producto bituminoso penetre y se endurezca superficialmente. El exceso de material bituminoso que forme charcos, será retirado con escobas y trabajo manual (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

2.2.5.4. Colocación de la carpeta asfáltica en caliente:

Esta partida consistirá en la colocación de una capa de superficie de rodadura compuesta de una mezcla compacta de agregado mineral y material asfáltico, construida sobre una base debidamente compactada e imprimada (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas intermitentes.

La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico que le permite mezclarse íntimamente con el agregado combinado (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentadora auto propulsada de tipo y estados adecuados para que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen espesor y densidad de capa uniforme.

El esparcido será complementado con un acomodo y rastrillado manual cuando se compruebe irregularidades a la salida de la pavimentadora (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

La compactación de la carpeta se deberá llevar a cabo inmediatamente después de que la mezcla haya sido distribuida uniformemente teniendo en cuenta que solo durante el primer rodillazo se permitirá rectificar cualquier irregularidad en el acabado.

Utilizando rodillos cilíndricos lisos en tándem y rodillo neumático, además el número de pasadas del equipo de compactación será tal que garantice el 95% de la densidad lograda en el laboratorio (Ramos Arce Judith Yimena, 2017).

Por último, las juntas de dilatación en la construcción serán perpendiculares al eje de la vía y tendrá el borde vertical. Mezcla asfáltica

Está compuesta por grava, arena y el ligante asfáltico, sus proporciones de los agregados varía de acuerdo al diseño solicitado de acuerdo a lo requerido en una determinada obra, varía su granulometría y también el porcentaje de ligante a utilizar. Toda mezcla asfáltica debe cumplir las normas especificadas para su uso, esto le da un mejor control de la vida útil que tendría esta carpeta asfáltica, (Cámara mexicana de la industria de la construcción, 2019).

La fatiga en las mezclas asfáltica es el principal inconveniente en el deterioro de su estructura que afecta al pavimento asfáltico, esto es producido por las cargas vehiculares que está expuesta, produciendo pérdida en su rigidez produciendo fisuras y grietas. La vida de los pavimentos está directamente relacionada con este fenómeno por ese motivo debe realizarse las correcciones adecuadas para evitar este deterioro en su estructura. (Gomez, Hernandez, Delgado, & Flores, 2019).

2.2.6. El Módulo de Rigidez

Es una relación de tensiones y deformaciones, que particularmente en las mezclas asfálticas no se presenta como un valor único, como en el caso de otros materiales, sino como dependiente de la Temperatura de ensayo y la Frecuencia de aplicación de la carga. Para estos materiales, el Módulo de Rigidez que valora la respuesta del pavimento asfáltico ante sollicitaciones dinámicas, considerando el rango de Temperaturas que pueda sufrir el pavimento en servicio, es comúnmente conocido como el Módulo Dinámico (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

En líneas generales puede decirse que la variación de las propiedades dinámicas por el cambio de la Temperatura provoca una disminución apreciable en el valor del Módulo Dinámico a medida que ésta aumenta. Por otro lado, el efecto de la Frecuencia

de aplicación de la carga se manifiesta a través del movimiento de los vehículos pesados sobre la estructura, y genera módulos mayores a medida que la velocidad se incrementa, es decir a medida que aumenta la Frecuencia de carga (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

Para conocer en cada caso en particular cómo esto se manifiesta en forma cuantitativa, se efectúan determinaciones del módulo en laboratorio, por medio de distintos procedimientos, sometiendo a las muestras a deformación en su rango lineal, bajo cargas repetidas o cargas con velocidad de deformación controlada, registrando durante el ensayo ambos esfuerzos (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

Arena.

Material utilizado en el área de la construcción como agregado fino, son de granulometría fina su origen es de rocas y minerales dependiendo del tipo de mezcla a elaborar puede ser utilizada para morteros, hormigón hidráulico, hormigón asfáltico, el diámetro varío de 0,065 mm a 1,98 mm.

2.2.6.1. Agregado grueso

Su origen es de rocas, minas y se las trata por medio de equipos trituradores para darle los diámetros deseados en el área de la construcción sirven para la mezcla de hormigón hidráulico y asfáltico (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

2.2.6.2. Cemento asfáltico.

Su origen es de la destilación del petróleo crudo es un residuo de los hidrocarburos pesados es considerado un material cementante para los agregados de la mezcla asfáltica (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

2.2.6.3. Roca volcánica

Las rocas volcánicas, efusivas o, más raramente, extrusivas son aquellas rocas ígneas que se formaron por el enfriamiento de lava en la superficie terrestre o de magma (masa de materia fundida subterránea) a escasa profundidad (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

El enfriamiento rápido del magma o lava que se torna en roca volcánica hace que se formen muchos cristales pequeños, también llamados microcristales o granos finos, en estas rocas (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

El enfriamiento rápido también puede formar rocas volcánicas compuestas total o parcialmente de vidrio (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

Las rocas volcánicas más comunes en la tierra son el basalto seguido por la andesita. Otras rocas volcánicas son la riolita, la dacita y la traquita para mencionar unas pocas.

Las rocas volcánicas constituyen una pequeña parte de las rocas que se originan a partir de magma. Se estima que durante el Cenozoico se han generado un promedio anual de 3.7 a 4.1 km³ de rocas volcánicas en la tierra, una cantidad bastante menor a los 22.1 a 29.5 km³ de rocas plutónicas que se creen haber formado en promedio anualmente en el mismo lapso de tiempo (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

Las rocas volcánicas pueden dividirse entre las que no tienen cristales visibles a simple vista, es decir tienen textura afanítica, y las que tienen cristales visibles a simple vista, es decir de textura fanerítica. Cuando hay grandes cristales, que destacan en la matriz, se denomina porfídica (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

La diferenciación del magma del que proceden las rocas volcánicas produce que su composición química pueda variar gradualmente en su ascenso hacia la superficie, dando lugar a diferentes rocas volcánicas. A su vez, las diferencias iniciales de composición de los magmas, la asimilación de rocas encajantes, o la mezcla de magmas, dan lugar a que estos procesos de diferenciación sigan tendencias diferentes. Así se establecen tres series ígneas principales:

2.2.6.4. Serie toleítica:

Parte de basaltos toleíticos, con poca diferenciación magmática debido a la formación de los magmas primarios a poca profundidad. Es típica de las dorsales oceánicas y de las mesetas basálticas (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

2.2.6.5. Serie alcalina

Parte de basaltos alcalinos, que por diferenciación producen traquibasaltos, traquitas, fonolitas y riolitas. La proporción de silicio, sodio y potasio va aumentando durante la evolución magmática. Son rocas relativamente poco abundantes, típicas del vulcanismo intraplaca (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

2.2.6.6. Serie calcoalcalina:

Está formada por diferentes tipos de basaltos, como andesitas, dacitas o riolitas, son típicos del vulcanismo de zonas de subducción (Apas, Ricci, & Rivera, 2017)..

2.2.6.7. Basalto

De un gris oscuro, solo se pueden apreciar algunos cristales de los que se compone. Se trata de una de las rocas volcánicas más comunes, dado que es más numerosa que cualquier otra, incluso juntas. Se encuentra en fondos oceánicos y en grandes extensiones en el continente, llamados traps. También se halla fácilmente en islas oceánicas y en el fondo de los océanos. Es de composición máfica y suele tener fenocristales de olivino, plagioclasa, augita y una matriz cristalina fina. También puede aparecer en forma de vidrio (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

2.2.6.8. Pumita

La conocemos como piedra pómez. Es porosa y clara, formada principalmente por dióxido de silicio, óxido de aluminio y otros óxidos. Uno de sus principales yacimientos se encuentra en Idaho, Estados Unidos (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

2.2.6.9. Obsidiana

Más que un mineral, la obsidiana es un vidrio natural. Suele ser negra, en ocasiones con motas blancas o irisaciones. Muchas culturas la han utilizado como elemento de joyería o decoración, aunque su filo considerable se ha aprovechado para fabricar cuchillos y puntas de flecha (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

2.2.6.10. Andesita

Además del basalto, la andesita es la roca volcánica más común en la Tierra, además de Marte. Es de un color gris o negro, con cristales de feldespato plagioclasas, clinopiroxeno u ortopiroxeno y hornablenda. También puede contener olivino. Es común en la isla de Nisiros y en el volcán de Methana (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

2.2.6.11. Traquita

Compuesta por feldespato alcalino (sanidica y anortoclasa), y podría contener cuarzo o feldespatoideos. Es de color gris claro por lo general, aunque a veces se puede observar en un tono rosado o dorado, y no contiene demasiado vidrio (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

2.2.6.12. Vermiculita

Es un mineral formado por silicatos de hierro o magnesio, del grupo de las micas, se utiliza como sustrato en cultivos hidropónicos, como árido para elaborar hormigones de baja densidad, como aislante térmico y acústico, en extintores, como elemento filtrante, como protección de materiales o equipamientos frágiles, para aumentar la viscosidad de aceites lubricantes, como absorbente de humedad y otras contaminaciones líquidas y como excipiente en productos diversos, incluyendo medicamentos (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

Al elevar rápidamente la temperatura de la vermiculita se genera una expansión conocida como exfoliación, resultando un producto utilizado como agregado liviano para construcción con propiedades aislantes térmicas y acústicas, además de ser químicamente inerte (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

La vermiculita también es utilizada para incubar huevos de tortuga terrestre y ciertos tipos de hongos superiores (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

En México, existen productores como VERLITE, quienes procesan este mineral, para aplicaciones en Horticultura, y en la Industria como para Balatas, Absorbentes, Morteros Anti fuego, entre otros (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

La vermiculita no es un nombre comercial, sino un término genérico para un mineral de la familia de la mica compuesto básicamente por silicatos de aluminio, magnesio y de hierro. Su forma natural es la de una mica de color pardo y estructura laminar, conteniendo agua ínter laminada (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

Su característica principal es que, al calentarla a una temperatura determinada, su capacidad de expansión o exfoliación produce que aumente de ocho a veinte veces su volumen original (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

Esta exfoliación se debe a la presencia de agua en el mineral crudo. Cuando se calienta con rapidez por encima de 870°C a medida que el agua se evapora se va transformando cada partícula laminar del mineral en un fuelle a modo de gusano y crea un gran número de pequeñas láminas con reflejos metálicos, de color pardo, con baja densidad aparente y elevada porosidad (Apas, Ricci, & Rivera, 2017).

Propiedades de la vermiculita

Ligereza: las densidades aparentes de la vermiculita oscilan entre 60 y 140kg/m³, según granulometrías.

Aislamiento térmico: la vermiculita expandida mantiene su capacidad de aislamiento entre 200 y 1200 °C.

Su conductividad térmica es de 0,053 kcal/h m °C para una temperatura media de 20°C.

Su capacidad calorífica es muy baja (0,2). Naturalmente con el aumento de la temperatura, el coeficiente aumenta como en cualquier material aislante, pero con una proporción mucho menor (ConstruMine & Chile, 2018).

Las paredes brillantes de las laminillas de mica de vermiculita forman una multitud de pantallas que reflejan y dispersan la energía calorífica transmitida por radiación, y convierten a dicho material en el aislante ideal para altas temperaturas.

Aislamiento acústico: al incidir las ondas sonoras sobre las laminillas multidireccionales de la vermiculita expandida, estas son reflejadas en multitud de direcciones y absorbidas por la estructura microscópica de burbujas de aire del mineral. Por estas razones la vermiculita es un excelente aislante acústico para una amplísima gama de frecuencias (ConstruMine & Chile, 2018).

Resistencia al fuego: el punto de fusión de la vermiculita es 1.370 °C y la temperatura de reblandecimiento es 1.250° C. Es un mineral incombustible y químicamente muy estable a altas temperaturas lo que lo convierte en un material idóneo para la protección contra el fuego (ConstruMine & Chile, 2018).

Inalterabilidad: la vermiculita es insensible a los agentes atmosféricos y al paso del tiempo. Es estable, químicamente neutra (pH = 7,2) e inerte, no es higroscópica y no produce ninguna acción sobre el hierro o el acero (ConstruMine & Chile, 2018).

2.2.7. Plástico

Estudio Sobre las Propiedades Térmicas y Mecánicas del PET Virgen, del PET Reciclado y de sus Mezclas.

El polietileno tereftalato (PET) es un poliéster de condensación producido por una reacción entre un di-ácido y un di-alcohol. Las principales materias primas para la producción de PET son el di-metil tereftalato (DMT), ácido tereftálico (TPA) y etilén glicol (EG). El PET es un polímero de alta producción con diversas aplicaciones. La naturaleza semi-cristalina de este poliéster permite obtener una gran variedad de propiedades tanto físicas como mecánicas que se ajustan muy bien a la fabricación de fibras, películas, botellas y diferentes partes moldeadas (plástico, 2017).

Estas partes son convertidas en productos finales tales como prendas de ropa, alfombras, empaques y bienes industriales. La mayoría de las propiedades físicas y mecánicas del PET mejoran si el peso molecular aumenta. El peso molecular requerido depende del uso final del poliéster. Por ello, las resinas de PET (especialmente las de

grado alimenticio) se someten a una poli-condensación en estado sólido con el fin de aumentar su peso molecular (plástico, 2017).

El PET es conocido por ser un material termoplástico higroscópico que absorbe la humedad con facilidad. Por lo tanto, las condiciones óptimas de secado antes del procesamiento son cruciales. El contenido de humedad en el polímero promueve la degradación durante el procesamiento y conlleva a la reducción del peso molecular, que a su vez afecta las propiedades del producto final (plástico, 2017). .

Experimentación

Materiales:

La compañía Leading Synthetics. Suministró los gránulos de tres grados diferentes de PET:

- PET 100% virgen (BK3180)
- PET 100% reciclado grado alimenticio
- PET 100% reciclado grado fibra (plástico, 2017).

Procedimientos:

Las mezclas de PET virgen y PET reciclado grado alimenticio se prepararon con las siguientes tasas en peso:

- 90% PET virgen 10% PET reciclado.
- 80% PET virgen 20% PET reciclado.
- 70% PET virgen 30% PET reciclado.
- 50% PET virgen 50% PET reciclado (plástico, 2017).

Todos los diferentes grados de PET se secaron en un horno al vacío a una temperatura de 170° C durante 4 horas. Los materiales secados se introdujeron en bolsas de aluminio selladas para prevenir su exposición a la atmósfera. Las muestras para los ensayos mecánicos fueron hechas utilizando la máquina de inyección por moldeo "Battenfeld BA 350/75" con las siguientes condiciones:

Temperatura del tornillo:

Zona trasera: 25° C.

Zona media: 290° C.
Zona frontal: 285° C.
Boquilla: 285° C.
Tiempo de enfriamiento: 13s.
Temperatura del molde: 10-15° (plástico, 2017).

Los ensayos de calorimetría diferencial de barrido (DSC) se realizaron en atmósfera de nitrógeno utilizando una rampa de calentamiento/enfriamiento de 10° C/min, desde temperatura ambiente hasta 290° C usando una masa de muestra entre 6 y 12mg. Los ensayos de TGA fueron hechos utilizando una rampa de temperatura de 10° C/min desde temperatura ambiente hasta 500° C. Los análisis de TGA se efectuaron para resaltar las diferencias en el comportamiento de degradación de los materiales. En el caso de la DSC se realizaron ensayos en 2 ciclos (plástico, 2017).

El primer ciclo borra la historia térmica de la muestra, al calentarla por encima de la temperatura de fusión, de forma que los datos correspondientes al segundo ciclo no estén influenciados por el programa de enfriamiento indefinido. Los ensayos de tensión se hicieron en primera instancia a condiciones ambientales y luego a temperatura elevada para todos los materiales. A condiciones ambientales, los ensayos se realizaron en una máquina de ensayos universal Zwick Z010 conforme con la norma australiana AS 1145.1-2001 (plástico, 2017).

Los ensayos de tensión se hicieron en una máquina INSTRON usando una recámara térmica que rodea el sistema de mordazas y la muestra en tensión. La temperatura del ensayo fue de 110°C. Se escogieron estas condiciones para comparar el comportamiento a la elongación de varios materiales. La máxima velocidad del ensayo a la cual las mordazas podían sostener la muestra sin que ésta resbalara fue de 200mm/min. Antes de comenzar el ensayo las probetas de tensión se acondicionan durante 5 min en la recámara térmica para garantizar el equilibrio en temperatura. Se utilizan cinco muestras para obtener un conjunto de resultados por cada material. (plástico, 2017).

2.2.8. Clasificación de los Plásticos que se Pueden Reciclar.

PET (polietileno tereftalato) Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros. (ver Figura 2).



Figura 2: Código de Reciclaje de Plástico Pet

Fuente: (Google, Google, 2019)

PE (Polietileno) plásticos procedentes de embalajes de golosinas, yerba, jabones. (Ver Figura 3).



Figura 3: Código de Reciclaje de Plástico PE de alta y baja densidad

Fuente: (Google, Google, 2019)

PVC (Policloruro de vinilo) juguetes, tuberías, molduras, tableros para automóviles, etc. (Ver Figura 4).



Figura 4: Código de Reciclaje de Plástico PVC

Fuente: (Google, Google, 2019)

BOPP (Polipropileno bi-orientado) constituidas por (residuo industriales)
(Ver Figura 5)



Figura 5: Código de Reciclaje de Plástico BOPP

Fuente: (Google, Google, 2019)

Para objeto de investigación se escogerá el Plástico Pet, pead, pebd y pp, por ser lo más adecuado, al encontrarse en gran cantidad de desecho para su reciclaje en diferentes lugares del país, también se tomará en cuenta la resistencia que puedan tener cada clasificación de plástico reciclado para que no se vea afectada el bloque plástico reciclado (Google, Google, 2019).

Estudio del Plástico Polietileno Tereftalato PET y sus Características.

El polietileno tereftalato (PET, PETE), es un polímero plástico, lineal, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, por lo que lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección-soplado y termoformado. Es extremadamente duro, resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y tiene buenas propiedades dieléctricas. Existe disponibilidad, se produce PET en Sur y Norteamérica, Europa, Asia y Sudáfrica. (Quiminet, 2005).

El PET Para Reciclarlo se lo Puede Obtener de:

Fibra: Alfombras, Ropa, Telas para Decoración Cortinas, ropa de cama, tapicería, empaques, bebidas gaseosa, agua mineral, jugos, perfumerías y cosméticos, productos para el hogar, licores, productos farmacéuticos, plásticos de embalaje de gasolina, frasco de shampoo, tapa de botella, gaveta, etiqueta de todos tipos de plástico (ver figura 6)



Figura 6: Envases Elaboradas con Plásticos Pet.

Fuente: (Google, Google, 2019)

Entre las características más importantes que presenta el PET, se encuentran:

- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Buena resistencia química
- Buenas propiedades térmicas
- Muy buena barrera contra la humedad
- Totalmente reciclable
- Ligero (plástico, 2017)

El Polietileno Tereftalato Cuya Materia Prima se la Encuentra en los Sigüentes Productos:

Las Aplicaciones del PET son:

- Envase y empaque
- Bebidas Carbonatadas
- Agua Purificada
- Aceite
- Conservas
- Cosméticos
- Detergentes y Productos Químicos
- Productos Farmacéuticos (plástico, 2017)

Electro-Electrónico

Este segmento abarca diversos tipos de películas y aplicaciones desde las películas ultra delgadas para capacitores de un micrómetro o menos hasta de 0,5 milímetros, utilizadas para aislamiento de motores. Debido a su resistencia, el PET se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas (Quiminet, 2005).

Otras aplicaciones

Se utiliza para bandejas de horno convencional o microondas, pero su principal uso es en botellas. También se utiliza en monofilamentos para fabricar cerdas de escobas y cepillos. (plástico, 2017)

Tabla 2: Datos Técnicos del PET

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm ³	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	--	Rockwell M94
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 – 254

Fuente: (Google, Google, 2019)

Tabla 3: Resistencia del PET a Distintas Sustancias Químicas

Alcoholes	
Metanol	Muy resistente
Etanol	Muy resistente
Isopropanol	Resistente
Ciclohexanol	Muy resistente
Glicol	Muy resistente
Glicerina	Muy resistente
Alcohol bencílico	Resistente
Aldehídos	
Acetaldehído	Muy resistente
Formaldehído	Muy resistente
Compuestos clorados	
Tetracloruro de carbono	Muy resistente
Cloroformo	Resistente
Difenil clorado	Muy resistente
Tricloro etileno	Muy resistente
Disolventes	
Éter	Muy resistente
Acetona	No resistente
Nitrobenceno	No resistente
Fenol	No resistente
Ácidos	
Ácido fórmico	Muy resistente
Ácido acético	Muy resistente
Ácido clorhídrico 10%	Resistente
Ácido clorhídrico 30%	Resistente
Ácido fluorhídrico 10 y 35%	Muy resistente
Ácido nítrico 10%	Muy resistente
Ácido nítrico 65%	No resistente
Ácido fosfórico 30 y 85%	Muy resistente
Ácido sulfúrico 20%	Resistente
Ácido sulfúrico 80%	No resistente
Anhídrido sulfuroso seco	Muy resistente
Álcalis (soluciones acuosas)	
Hidróxido amónico	No resistente
Hidróxido cálcico	Muy resistente
Hidróxido sódico	No resistente
Sales (soluciones)	
Dicromato	Muy resistente
Carbonatos alcalinos	Muy resistente
Cianuros	Muy resistente
Fluoruros	Muy resistente
Sustancia varias	
Cloro	Muy resistente
Agua	Muy resistente
Peróxido de hidrógeno	Muy resistente
Oxígeno	Muy resistente

(Google, Google, 2019)

2.3. Marco conceptual

Mezcla asfáltica: Es una combinación de asfalto y agregados minerales pétreos.

Ensayo de Marshall: Es para determinar el contenido óptimo de asfalto para un determinado diseño.

Ensayo de briqueta: Es una mezcla de asfalto en caliente para el pavimento flexible que sirve para el control de calidad.

Ensayo Rice: Determina la gravedad específica de la mezcla asfáltica.

Estabilidad Marshall: es la carga máxima que soporta la briqueta de asfalto realizada a una temperatura determinada (plástico, 2017).

Flujo: es la deformación que de la probeta al realizar el ensayo de estabilidad hasta lograr su falla (plástico, 2017).

Asfalto: es producido por el proceso de destilación del petróleo que se los mezcla con el agregado fino y grueso para formar el pavimento asfáltico (plástico, 2017).

Prueba volumétrica: es la reacción química de una muestra con una cantidad desconocida y compararla con otra conocida (plástico, 2017).

2.4. Marco legal

La pirámide de Kelsen es una representación gráfica de la idea de sistema jurídico escalonado. Esta figura muestra de manera simple la manera en la que se relacionan el conjunto de normas jurídicas de un ordenamiento jurídico, que para Kelsen es el principio de jerarquía normativa. Esto implica que una norma situada en un escalón concreto nunca va a poder contradecir a una norma situada en un escalón superior (Gonzales, 2020).

Nuestro proyecto de investigación empieza por estar sujeta en lo que establece la CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0 Registro oficial 449 de 20-oct-2018 Última actualización: 01-ago-2018: Reformado.

Referente al Plan Nacional del Buen vivir este proyecto refuerza el cumplimiento de los propósitos establecidos en los subsecuentes puntos:

Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población.

3.8. Proporcionar condiciones adecuadas para el acceso de un hábitat seguro e incluyente.

3.10. Garantizar el acceso universal, permanente, sostenible y con calidad de agua segura y a servicio básicos de saneamiento, con pertinencia, ambiental, social y cultural.

3.10. Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico.

Este proyecto está sujeto a las especificaciones técnicas del Ministerio y Transporte de Obras Publicas en sus capítulos.

SECCION 405 Capas de Rodadura IV-77

SECCION 811 Agregados para Hormigón Asfáltico VIII-94

Art. 386.- El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales.

Normas Técnicas Ecuatorianas

- ✓ INEN NTE 2515: Producto derivado del petróleo - cemento asfáltico
- ✓ INEN NTE 2515 – 808 Determinación del punto de inflamación en capa abierta Cleveland
- ✓ INEN NTE 2515 – 915 Determinación de la solubilidad en tricloroelileno
- ✓ INEN NTE 2515 – 916 Determinación de la Ductilidad
- ✓ INEN NTE 2515 – 917 Determinación de la penetración
- ✓ INEN NTE 923 Gravedad específica del asfalto
- ✓ INEN NTE 0695 Muestreo del agregado
- ✓ INEN NTE 696 y 697 Ensayos granulométricos.
- ✓ INEN NTE 0860 Ensayos de Abrasión.
- ✓ INEN NTE 0858 Determinación de la masa unitaria en agregado.
- ✓ INEN NTE 0857 Determinación del peso específico en agregado grueso.
- ✓ INEN NTE 0856 Determinación del peso específico en agregado fino.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología.

Una investigación es un proceso que se lleva a cabo mediante la aplicación de un método científico, nuestro trabajo será el método inductivo y deductivo (Arrieta, 2019).

Método inductivo. - Se utiliza el método inductivo partiendo de casos particulares para llegar a una proposición general. El uso del razonamiento inductivo fue y es de gran importancia en el trabajo científico en general, ya que consiste en la recolección de datos sobre casos específicos y su análisis para crear teorías o hipótesis (Arrieta, 2019).

Características del método inductivo

- Sigue la dirección de abajo hacia arriba, de lo particular a lo general.
- Parte de observaciones empíricas y luego construye teorías sobre lo observado.
- Aún es utilizado en las ciencias, pero dentro del método hipotético-deductivo.
- Está limitado a la observación de los fenómenos.
- Sus conclusiones son probables y pueden llegar a ser falsas (Arrieta, 2019).

Método deductivo. - El método deductivo es un tipo de razonamiento usado para aplicar leyes o teorías a casos singulares. Es el método utilizado en las ciencias formales, como la lógica y la matemática. Además, el razonamiento deductivo es clave en la aplicación de leyes a fenómenos particulares que se estudian en la ciencia (Arrieta, 2019).

Es una forma jerárquica de razonamiento, ya que se parte de generalizaciones, que poco a poco se aplican a casos particulares. Esto hace al método deductivo muy útil para producir conocimiento de conocimientos anteriores. También es práctico cuando es imposible o muy difícil observar las causas de un fenómeno, pero sí aquellas consecuencias que produce (Arrieta, 2019).

Características del método deductivo

- Sigue la dirección de arriba hacia abajo, de lo general a lo particular.
- Es el método utilizado en las ciencias formales.
- Se basa en la teoría para predecir fenómenos observables por medio de hipótesis.
- La conclusión está contenida en las premisas.
- Si las premisas son válidas y verdaderas, la conclusión también lo es.
- Sus conclusiones deben llevar a consecuencias lógicas y rigurosas.
- Por sí mismo no produce nuevo conocimiento (Arrieta, 2019).

Nuestro proyecto se lo realizara por medio de una investigación deductiva partiendo de diseños tradicionales de mezcla asfáltica adicionando porcentajes controlados de roca volcánica. vermiculita, PET como agregados con el fin de llegar a una resistencia optima por medio de los ensayos Marshall (Arrieta, 2019)..

3.2. Tipo de investigación.

Los autores Hernández, Fernández y Baptista deducen que es una investigación experimental debido a que tiene dos sentidos, una general y otra particular; por el termino general se refiere a “elegir o llevar a cabo una acción” para luego analizar las consecuencias. El uso de esta palabra es muy coloquial; Así, nos referimos a “experimentar”, a comparar la mezcla asfáltica tradicional con la adición de roca volcánica. vermiculita, PET como agregados, haciendo pruebas o ensayos por el método marshall, hasta obtener la resistencia, deformación adecuada según las normas.

3.3. Enfoque

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Fernandez, 2016).

El enfoque de nuestro proyecto es cuantitativo por medio del método Marshall se realizarán ensayos con soportes técnicos llenos de información de acuerdo al porcentaje de roca volcánica. vermiculita, PET se recopilarán los resultados para ser analizados (Fernandez, 2016)..

3.4. Técnicas de la investigación.

Las técnicas de investigación son procesos e instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (lifeder, 2020)

Con la recopilación de los materiales incluidos roca volcánica. vermiculita, PET, se realizarán los respectivos ensayos por medio del método Marshall:

- Ensayo de estabilidad y flujo
- Ensayo de densidad vs vacío

- Ensayo Marshall

Los instrumentos utilizados en la investigación son:

- Equipos de laboratorios para los ensayos Marshall

Prensa Estabilidad Marshall.

Moldes para la preparación de muestras de 10 cm. (4") de diámetro interior con una base metálica y se halla dividida en dos secciones; la sección inferior tiene 7,5 centímetros (3") de altura, y la superior 6,35 cm. (2 ½").

Un sujetador de molde.

Un martillo o pisón.

Balanza de precisión.

Hornos.

Bandejas.

Brocha.

Se procederá al diseño de una mezcla tradicional de concreto asfáltico para luego adicionar en porcentajes los tres elementos roca volcánica. vermiculita, PET como agregados y comparar sus resultados.

3.5. Población

Según Hernández & Fernández explican cómo delimitar la magnitud adecuada de una muestra cuando procuramos generalizar los datos alcanzados de una población y cómo ejecutarse para conseguir la muestra, dependiendo del modelo de selección escogido, en ciertas investigaciones no se llevan a cabo estudios de muestras. Al definir la muestra una vez delimitada la población que se va a analizar los datos alcanzados, tal como lo hablan muchos autores de libros acerca de investigación científica entre ellos Hernández, Fernández y Baptista (Fernandez, 2016)..

La población para nuestro proyecto de investigación estará dada por el número de briquetas que se elaboren en el laboratorio para su correspondiente análisis en nuestro proyecto fueron elaboradas 21 briquetas

3.6. Muestra

Se construirán varias briquetas con diferentes porcentajes de roca volcánica, vermiculita, PET para analizar el desempeño de estos materiales en la mezcla asfáltica.

3.7. Validez y confiabilidad

3.7.1. Validez

“La validez, en términos generales, se refiere al índice en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir”. (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

El nivel de confianza determinado para el estudio es del 100% debido a que los instrumentos empleados para la realización de los ensayos han sido calibrados y acreditados por el laboratorio de asfalto.

3.7.2. Confiabilidad

Para lograr determinar la confiabilidad de un equipo esta depende del resultado que se haya obtenido durante la realización de la misma prueba en varias ocasiones. (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Los ensayos practicados a la mezcla asfáltica por el método marshall son confiables debido a la garantía que presta el laboratorio de asfalto.

3.8. Análisis de resultados.

El análisis consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteadas a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Para plantear el análisis es conveniente plantear un plan de análisis o lo que se conoce como un plan

de explotación de datos. En él se suele detallar de manera flexible cómo vamos a proceder al enfrentarnos a los datos, cuáles serán las principales líneas de análisis, qué orden vamos a seguir, y qué tipo de pruebas o técnicas de análisis aplicaremos sobre los datos. (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

El análisis respectivo de cada muestra en nuestro caso serán briquetas elaboradas con los materiales roca volcánica, vermiculita, PET serán medidos y comparados con las normas vigentes.

3.9. Propuesta

Bruce G. Marshall perteneció al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos donde se realizó una extensa investigación y estudios de diseños y control de mezclas asfálticas las cuales fueron comparadas y evaluadas para desarrollar un método simple para el diseño de mezclas asfálticas, en el cual fue adoptado el método Marshall quien mejoro y complemento criterios sobre el diseño de mezclas asfálticas (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Marshall nos permite determinar cantidad optima de asfalto para un determinado tipo de mezcla asfáltica, por medio de un análisis de estabilidad, deformación, densidad/vacíos de mezclas bituminosas compactadas (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

CRITERIOS DEL INSTITUTO (USA.) PARA EL DISEÑO MARSHALL

Tabla 4: Criterio del Instituto (USA) para el diseño Marshall

Criterios de diseño para mezcla del Método Marshall	Tránsito Liviano		Tránsito Mediano		Tránsito Pesado	
	Carpeta y Base		Carpeta y Base		Carpeta y Base	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta	35		50		75	
Estabilidad (Lb.)	750	-	1200	-	1800	-
Flujo. 0.25 mm (0.01 pulgadas)	8	18	8	18	8	14
Porcentaje de Vacíos (Va)	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

Fuente: (Google, 2020)

Para la realización de las briquetas partimos con la dosificación de un diseño de mezcla de asfalto tradicional a la cual se le fue agregando porcentajes de cada uno de los materiales como la roca volcánica, la vermiculita y el PET.

Para la elaboración y ensayo de las muestras se utilizaron los siguientes equipos:

- ✓ Prensa Estabilidad Marshall.
- ✓ Moldes para la preparación de muestras de 10 cm. (4") de diámetro interior, con una base metálica y se halla dividida en dos secciones; la sección inferior tiene 7,5 centímetros (3") de altura, y la superior 6,35 cm. (2 ½").
- ✓ Un sujetador de molde.
- ✓ Un martillo o pisón.
- ✓ Balanza de precisión.
- ✓ Hornos.
- ✓ Bandejas.
- ✓ Brocha.

Partimos con los parámetros normalizados de un diseño de mezcla asfáltica tradicional y así al momento de adicionar la roca volcánica, vermiculita y el PET, podremos verificar su comportamiento como la estabilidad, deformación, densidad/vacíos y mejorar su diseño y obtener un asfalto de mayor durabilidad (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 7: Equipos para la elaboración de briqueta (ensayo Marshall)

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 8: *Calentamiento de asfalto tradicional*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 9: *Asfalto en caliente dosificada*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Las briquetas son preparadas en laboratorio variando los porcentajes de asfalto a cada 0.5% desde 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%,7.0%; para un PEN 120-150, se elaboran 3 especímenes por cada porcentaje de asfalto, por medio de estos se obtendrán los diferentes cálculos para conocer si el tipo de asfalto obtenido es apto para su respectivo uso (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 10: *Piedra volcánica, vermiculita, PET*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Como primer paso cuantificamos los porcentajes de material (roca volcánica, vermiculita y PET) que se adicionará a la mezcla de asfalto tradicional, calentamos el asfalto para que de esta manera sea manejable, poder sacar las cantidades necesarias y obtener las muestras, nos referenciamos con las normas donde especifican que el peso de cada probeta será aproximadamente de 1200gr (Chapalvay & Pazmiño, 2022)..



Figura 11: *Áridos dosificados*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Se coloca en una bandeja el material cuantificado para cada uno de los porcentajes de asfalto donde se calienta a una temperatura ($140^{\circ}\text{C} \rightarrow 150^{\circ}\text{C}$) al igual que los moldes previamente limpios de residuos (Chapalvay & Pazmiño, 2022)..



Figura 12: *Mezcla en caliente dosificada*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Preparamos nuestra base de compactación con el molde donde se le pone un papel filtro en la parte inferior y se lo ajusta con su respectiva abrazadera, una vez que tengamos listos y a temperatura nuestros materiales, se coloca dentro del molde la mezcla uniforme (Chapalvay & Pazmiño, 2022)..



Figura 13: *Base de compactación, molde y sujetador.*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Luego de elaborar las briquetas , se compacta las mismas utilizando un martillo de compactación el cual consiste en un dispositivo de acero formado por una base plana circular de 98.4 mm (3 7/8") de diámetro y un pisón de 4.53 kg (10 lb) de peso total, montado en forma que proporcione una altura de caída de 457.2 mm (18"), dando 75 golpes por cada cara de la briqueta , de acuerdo a las normas establecidas del MTOP se repite la operación para cada una de las probetas (Chapalvay & Pazmiño, 2022)..



Figura 14: *Vertiendo la mezcla en el molde*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 15: *Distribuir la mezcla con espátula de bordes redondeados.*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Después de dos horas de su fabricación se retira del molde la briqueta , a cada una de las briquetas se le toma el peso donde obtenemos los valores secos en aire, por consiguiente, se introducen en un recipiente con agua a una temperatura de 25°C durante 5 minutos extraemos la probeta y la pesamos en agua, una vez anotados los valores secamos la muestra superficialmente y volvemos a pesar y será el peso saturado superficialmente seco, y por último se toma el espesor de cada una de ellas (Chapalvay & Pazmiño, 2022)..



Figura 16: *Compactación a 75 golpes por cada cara de la probeta.*
Elaborado por: (Cnapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 17: *Probetas secas en aire luego de 2 horas desde su fabricación.*
Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 18: *Peso de probetas secas en aire luego de 2 horas desde su fabricación.*
Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 19: *Peso de probetas en agua.*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 20: *Baño de agua a 60°C*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).



Figura 21: *Colocación de probeta en la mordaza para su respectivo ensayo.*

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Una vez obtenidos los pesos y el espesor, lo introducimos en un baño de agua hasta obtener una temperatura de 60°C, y verificada la temperatura se sumergen las briquetas durante 35 minutos luego se extraen las briquetas, se secan cada una de ellas.

Pasado el tiempo de inmersión se saca las probetas del baño se enjuagan la superficie y se coloca en la mordaza, enceramos los comparadores de estabilidad y deformación y aplicamos la carga a la velocidad normalizada, al aplicar la carga el comparador del anillo comienza a elevarse hasta que la probeta llega al estado límite de su estabilidad el comparador del anillo se estabiliza y luego empieza a descender, el valor a tomar es cuando el comparador se estabiliza y se anota el valor de la deformación en el comparador de la mordaza (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Tala 5: Datos obtenidos en ensayo de briquetas

% ASFALTO	ALTURAS PROMEDIOS	AIRE gr	AGUA gr	DSSSgr	DIAL	FLUJO
4	6.5-6.6-6.5	1178.00	665.00	1183.00	390.00	14.75
	6.5-6.6-6.5	1177.40	666.00	1182.50	391.20	12.70
	6.5-6.6-6.5	1179.00	668.00	1183.70	389.47	13.78
4.5	6.8-6.8-6.6	1158.00	642.00	1153.00	332.00	11.81
	6.8-6.8-6.6	1158.78	642.70	1153.80	352.00	12.50
	6.8-6.8-6.6	1159.00	641.80	1152.60	361.00	14.20
5	6.9-6.8-6.8	1183.00	640.00	1187.00	340.00	18.70
	6.9-6.8-6.8	1184.40	641.20	1188.60	340.52	17.50
	6.9-6.8-6.8	1182.70	639.41	1186.10	341.32	18.20
5.5	6.8-6.8-6.8	1186.00	633.00	1190.00	375.00	20.00
	6.8-6.8-6.8	1185.20	633.20	1189.50	392.89	18.70
	6.8-6.8-6.8	1187.00	632.00	1190.20	393.80	18.00
6	6.7-6.7-6.8	1181.00	634.00	1186.00	345.00	24.60
	6.7-6.7-6.8	1179.80	636.00	1187.40	377.13	20.30
	6.7-6.7-6.8	1180.60	635.00	1187.20	365.75	20.70
6.5	6.7-6.7-6.8	1181.00	638.00	1186.00	405.00	18.70
	6.7-6.7-6.8	1180.50	638.45	1185.80	410.92	17.80
	6.7-6.7-6.8	1181.30	637.58	1187.10	409.10	16.80
7	6.8-6.8-6.9	1188.00	640.00	1194.00	460.00	21.00
	6.8-6.8-6.9	1187.40	641.50	1193.54	445.62	20.40
	6.8-6.8-6.9	1188.80	640.30	1194.80	423.71	21.50

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

3.10. Diseño de Concreto Asfáltico (Ensayos)

Tabla 6: Diseño de Concreto Asfáltico - Método de Marshall

Proyecto Tema: **Diseño y análisis de la deformación, resistencia del concreto asfáltico en caliente utilizando roca volcánica, vermiculita, Pet como agregados**

Solicita: **ISABEL PAZMIÑO - EDDI CHAPALVAY**

Fecha: **ENERO DE 2022**

Solicita: **ISABEL PAZMIÑO - EDDI CHAPALVAY**

Fecha: **ENERO DE 2022**

DATOS:

γ ASFALTO	1,010 Kg / m3	0,00101 g / cm3
γ AGREGADO	2,378 Kg / m3	0,002378 g / cm3
% ABSORCION =	1,86 %	
PENETRACION =	0,0098 mm	

k del anilloMarshall **4,3804**

DATOS:

γ ASF	1,010 Kg / m3	0,00101 g / cm3
γ AGG	2,378 Kg / m3	0,002378 g / cm3
% ABSORCION =	1,86 %	
PENETRACION =	0,0098 mm	

k del anilloMarshall **4,3804**

MUESTRA #	ASFALTO %	PESO (gr)			VOLUMEN (cm³) (A) - (C)	MEZCLA COMPACTADA BULK (gr / cm³) (B) / (D)	PESO DEL ASFALTO (gr) (E) % ASFALTO (F)	VOLUMEN TOTAL ASFALTO (cm³) (F) / γ ASFALTO (G)	% ASFALTO ABSORCION EFECTIVO (((E*100)-(F))*Absorc)) / 100 * γ ASFALTO (G) - (H)	AGREGADO (E) * 100 - ((G) * γ ASFALTO) (I) * γ AGG (J)	VACIOS (Va) 100 - (I) - (J)	V. m. a. (%) 100 - (J)	PESO UNITARIO DE LA MUESTRA (lib*pie³) (E) * 0,06234	Información Dial	ESTABILIDAD MARSHALL (libras)			FLUJO Pulg/100	
		SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (gr) (A)	AIRE (gr) (B)	AGUA (gr) (C)											MEDIDA	FACTOR DE CORRECCION	CORREGIDA		
1	4,00	1183,0	1178,0	665,0	518,0	2,274	9,10	9,01	4,10	4,91	91,81	3,29	8,2	141,77	390,00	1708	0,93	1589	14,75
2	4,00	1182,5	1177,4	666	516,5	2,280	9,12	9,03	4,11	4,92	92,04	3,05	8,0	142,12	391,20	1714	0,93	1584	12,7
3	4,00	1183,7	1179,0	668	515,7	2,286	9,15	9,06	4,12	4,93	92,30	2,76	7,7	142,54	389,47	1706	0,93	1587	13,78
PROMEDIO						2,280	9,12	9,03	4,11	4,92	92,05	3,03	8,0	142,14		1709		1590	13,74
1	4,50	1153,0	1158,0	642	511,0	2,266	10,20	10,10	4,07	6,03	91,01	2,96	9,0	141,27	332,00	1454	0,93	1352	11,81
2	4,50	1153,8	1158,8	642,7	511,1	2,267	10,20	10,10	4,07	6,03	91,05	2,91	8,9	141,34	352,00	1542	1,04	1604	12,5
3	4,50	1152,6	1159,0	641,8	510,8	2,269	10,21	10,11	4,07	6,04	91,12	2,84	8,9	141,45	361,00	1581	1,09	1724	14,2
PROMEDIO						2,267	10,20	10,10	4,07	6,03	91,06	2,90	8,9	141,35		1526		1560	12,84
1	5,00	1187,0	1183	640	547,0	2,163	10,81	10,71	3,86	6,85	86,40	6,75	13,6	134,82	340,00	1489	1,14	1698	18,70
2	5,00	1188,6	1184,4	641,2	547,4	2,164	10,82	10,71	3,86	6,85	86,44	6,71	13,6	134,88	340,52	1492	1,04	1551	17,60
3	5,00	1186,1	1182,7	639,41	546,7	2,163	10,82	10,71	3,86	6,85	86,43	6,72	13,6	134,87	341,32	1495	0,96	1435	18,20
PROMEDIO						2,163	10,82	10,71	3,86	6,85	86,42	6,73	13,6	134,9		1492		1561	18,13
1	5,50	1190,0	1186	633	557,0	2,129	11,71	11,60	3,78	7,81	84,62	7,57	15,4	132,74	375,00	1643	0,96	1577	20,00
2	5,50	1189,5	1185,2	633,2	556,3	2,131	11,72	11,60	3,78	7,82	84,66	7,52	15,3	132,82	392,89	1721	0,96	1652	18,70
3	5,50	1190,2	1187	632	558,2	2,126	11,70	11,58	3,78	7,80	84,50	7,69	15,5	132,56	393,80	1725	0,96	1656	18,00
PROMEDIO						2,129	11,71	11,59	3,78	7,81	84,59	7,59	15,4	132,7		1696		1628	18,90
1	6,00	1186,0	1181	634	552	2,139	12,84	12,71	3,78	8,93	84,57	6,50	15,4	133,38	345,00	1511	1,00	1511	24,60
2	6,00	1187,4	1179,8	636	551,4	2,140	12,84	12,71	3,78	8,93	84,58	6,49	15,4	133,39	377,13	1652	1,00	1652	20,3
3	6,00	1187,2	1180,6	635	552,2	2,138	12,83	12,70	3,78	8,93	84,51	6,56	15,5	133,28	365,75	1602	1,00	1602	20,7
PROMEDIO						2,139	12,83	12,71	3,78	8,93	84,55	6,52	15,4	133,3		1588		1588	21,87
1	6,50	1186,0	1181,0	638	548,0	2,155	14,01	13,87	3,79	10,08	84,74	5,18	15,3	134,35	405,00	1774	1,00	1774	16,70
2	6,50	1185,8	1180,5	638,45	547,35	2,157	14,02	13,88	3,79	10,09	84,80	5,11	15,2	134,45	410,92	1800	1,00	1800	17,80
3	6,50	1187,1	1181,3	637,58	549,52	2,150	13,97	13,83	3,78	10,06	84,52	5,42	15,5	134,01	409,10	1792	1,00	1792	16,80
PROMEDIO						2,154	14,00	13,86	3,78	10,08	84,69	5,23	15,3	134,27		1789		1789	17,77
1	7,00	1194,0	1188	640	554	2,144	15,01	14,86	3,75	11,12	83,86	5,02	16,1	133,68	460,00	2015	1,00	2015	21,00
2	7,00	1193,5	1187,4	641,5	552,0	2,151	15,06	14,91	3,76	11,15	84,12	4,73	15,9	134,09	445,62	1952	1,00	1952	20,40
3	7,00	1194,8	1188,8	640,3	554,5	2,144	15,01	14,86	3,75	11,11	83,85	5,04	16,2	133,65	423,71	1856	1,00	1856	21,50
PROMEDIO						2,146	15,02	14,88	3,75	11,13	83,94	4,93	16,1	133,8		1941		1941	20,97

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

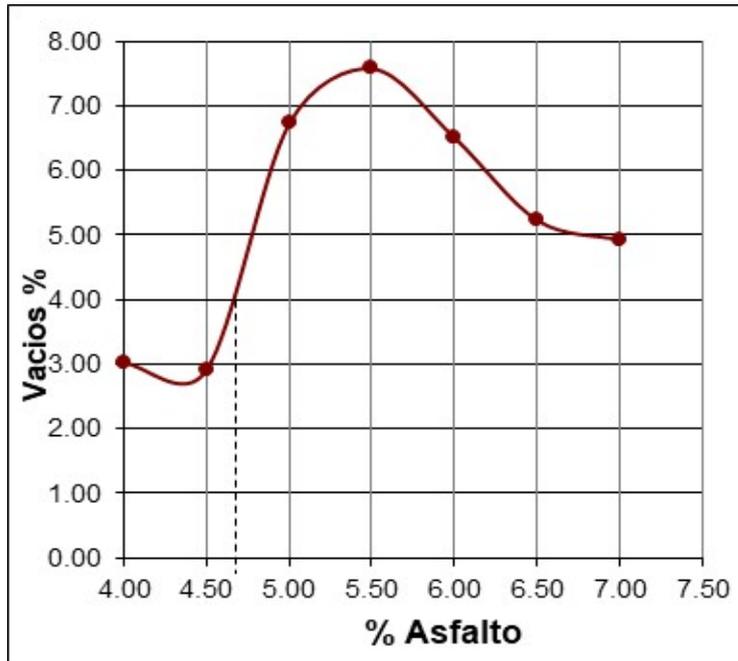


Figura 22: *Curvas de porcentaje de Vacíos (%)*
 Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

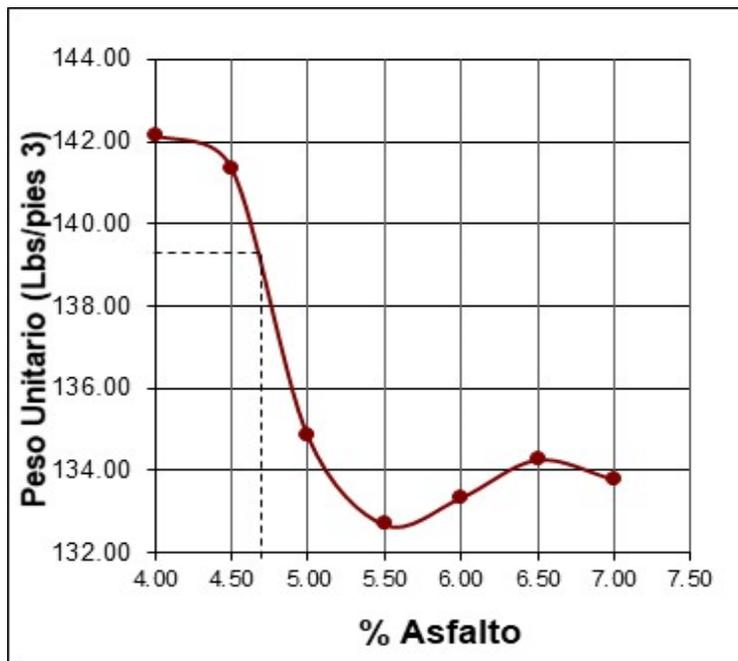


Figura 23: *Curvas de Peso Unitario (lbs/pies³)*
 Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

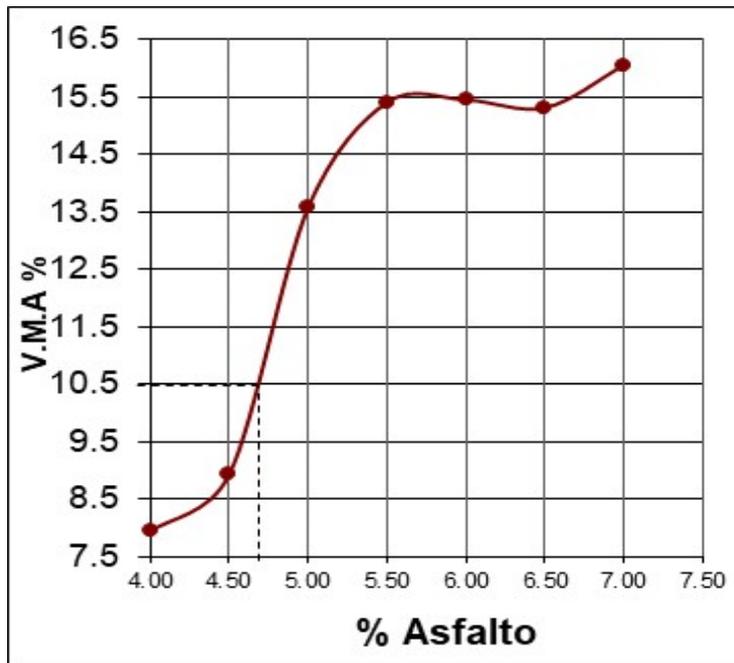


Figura 24: Curvas de Vacíos en el Agregado Mineral (%)

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

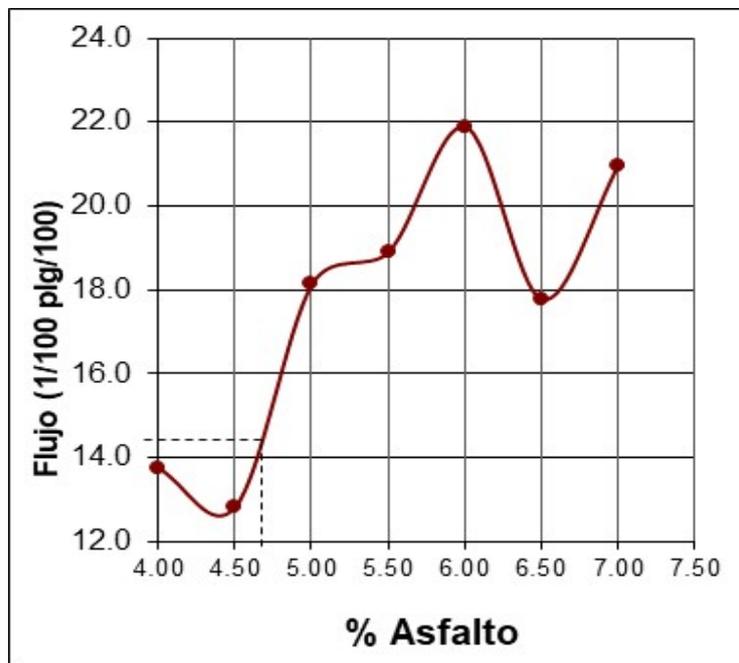


Figura 25: Curvas de Flujo

Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

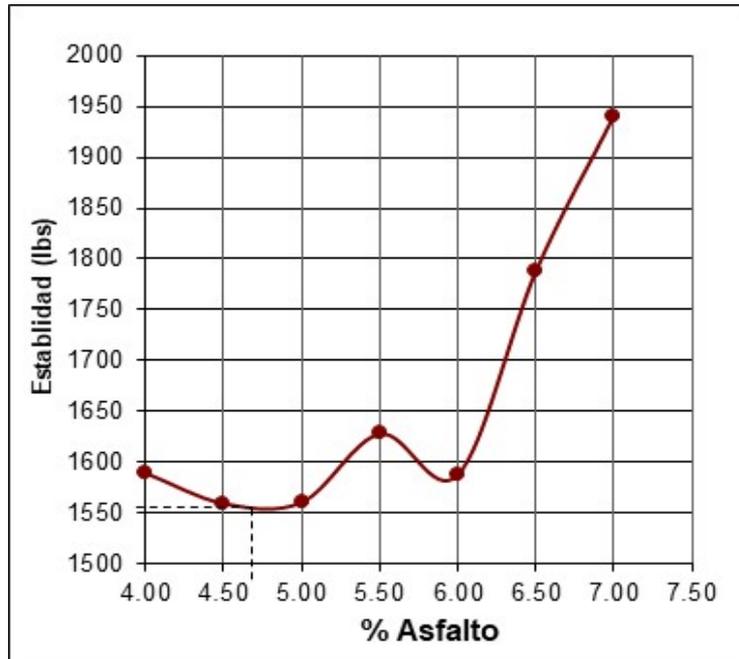


Figura 26: *Curvas de Estabilidad (lbs)*
Elaborado por: (Chapalvay & Pazmiño, 2022)

3.11. Conclusiones

Como resultado de los ensayos realizados en el laboratorio de asfalto se concluye que el desempeño de la roca volcánica, vermiculita, PET adicionado a una mezcla de asfalto tradicional cumple la función de diseño para un tráfico mediano de acuerdo a las normas establecidas por el MTOP (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

De acuerdo a las diferentes dosificaciones variando el porcentaje de material en cada una de las mezclas asfálticas elaboradas en el laboratorio de asfalto se concluye que cuando tenemos un porcentaje de vacíos que es entre el 3 al 5% y seleccionamos un valor intermedio que es de 4% de porcentaje de vacíos observamos que se produce una estabilidad de 1550lbs, un flujo de 14.5 Pulg/100, un vma de 10.5% y un peso unitario de 139.20 lbs/pies³ (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Al comparar los resultados se concluye que la mezcla de la roca volcánica, vermiculita, PET es apta para un asfalto de tránsito mediano ya que para un asfalto de tránsito pesado su estabilidad debe de ser mínimo 1800 lb de estabilidad (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

3.12. Recomendaciones

Se recomienda el uso de la roca volcánica, vermiculita, PET como agregado en la elaboración de mezclas asfálticas para la producción de carpetas asfálticas en el pavimento flexible considerando los resultados de los ensayos para un tráfico mediano al obtener una estabilidad promedio de 1550 lb (Chapalvay & Pazmiño, 2022).

Se recomienda que realice investigaciones sobre mezclas asfálticas agregando materiales y de esta manera aportar con una mejor calidad y un largo periodo de vida útil de un pavimento.

Se recomienda el uso de los materiales con la dosificación planteada para la producción de mezclas asfálticas futuras.

Referencias

- Aimacaña, J. (2017). *Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales*. Recuperado el 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25265>
- Andrade, & Franco. (2019). Los Pavimentos compuestos como alternativa constructiva vías de tráfico pesado. (*Trabajo de Titulación de Ingeniería Civil*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Apas, A., Ricci, L., & Rivera, J. (20 de diciembre de 2017). *repositorio institucional abierto*. Recuperado el marzo de 2020, de repositorio institucional abierto web site: <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/2541/Modelo%20de%20correlaci%C3%B3n%20entre%20par%C3%A1metros%20Marshall%20y%20la%20Curva%20Maestra%20de%20mezclas%20asf%C3%A1lticas.pdf?sequence=1>
- Arrieta, E. (21 de enero de 2019). *diferenciador*. Recuperado el 2020, de diferenciador web site: <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-metodo-inductivo-y-deductivo/>
- Cámara mexicana de la industria de la construcción. (15 de febrero de 2019). *Revista Mexicana de la Construcción*. Recuperado el 2020, de Revista Mexicana de la Construcción web site: <https://www.cmic.org/lo-que-es-necesario-saber-de-la-mezcla-asfaltica/>
- Castro, Carlos Delgado. (2016). Obtenido de [file:///C:/Users/Brayan%20Goya/Downloads/Dialnet-IngenieriaSismicaFundamentosMatematicosEnLaReducci-5761582%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Brayan%20Goya/Downloads/Dialnet-IngenieriaSismicaFundamentosMatematicosEnLaReducci-5761582%20(1).pdf)
- Chapalvay, E., & Pazmiño, M. (2022). Diseño y análisis de la deformación, resistencia del concreto asfáltico en caliente utilizando roca volcánica. vermiculita, PET como agregados. Guayaquil.
- ConstruMine Chile. (10 de Mayo de 2018). *TECNOLOGÍA DEL ASFALTO*. Obtenido de Construmine Chile: <https://construmine.webnode.cl/l/tecnologia-del-asfalto/>
- ConstruMine, & Chile. (03 de 01 de 2018). *Historia de los materiales Bituminosos (Asfalto)*. Obtenido de Construmine Chile: <https://construmine.webnode.cl/l/historia-de-los-materiales-bituminosos-asfalto/>
- Elbert Chávez Gema Alejandra. (2018). Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11226/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-266.pdf>
- Fernández, Baptista, & Hernández. (2014). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- Fernandez, J. (12 de julio de 2016). *jorgelfdez.wordpress*. Recuperado el JUNIO de 2020, de <https://jorgelfdez.wordpress.com/2016/07/12/el-enfoque-cuantitativo/>
- Gomez, J., Hernandez, R., Delgado, H., & Flores, M. (23 de agosto de 2019). *instituto mexicano del transporte*. Recuperado el febrero de 2020, de instituto mexicano del transporte web site: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/EvaluacionTecnologica/et7.pdf>
- Gonzales, D. (8 de enero de 2020). <http://lefis.unizar.es/>. Recuperado el junio de 2020, de http://lefis.unizar.es/lefispedia/doku.php?id=es:piramide_de_kelsen
- Google. (2019). *Google*. Obtenido de https://www.google.com/search?q=de+Reciclaje+de+Pl%C3%A1stico+pet&sxsrf=ACYBGNR8PgrqFAzdFPoL4PQqwZ0qDYmP5Q:1572281372034&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwji36rFtL_IhWytVkkHaD-DPcQ_AUIEigB
- Google. (2020). Obtenido de https://www.google.com/search?q=&rlz=1C1CHBF_esEC875EC875&sxsrf=ALeKk00HVbr4ahoSZEU2GDimgvXoXuGklg:1593903843814&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiCoarD2rTqAhXjTN8KHUi_D_kQ_AUoAXoECBQQAw&biw=1920&bih=937
- google*. (2021). Obtenido de https://www.google.com/search?q=zona+de+transito+berma++estructura+pavimento&tbm=isch&ved=2ahUKEwiLp83xj1AhUPsxoKHVdgA2EQ2-cCegQIABAA&oq=zona+de+transito+berma++estructura+pavimento&gs_lcp=CgNpbWcQAzoLCAAQgAAQsQMQgwE6BQgAEIAEOggIABCABBCxAzoKCAAQsQMQgw
- Huertas, G., & Cazar, J. (2014). *ESPE Universidad de las fuerzas armadas, departamento de Ciencias de la tierra y la construcción Carrera de Ingeniería Civil*. Recuperado el 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8413>
- Jimenez, C. (2016). *repositorio digital de universidad tecnica de ambato*. Recuperado el 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25151>
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Lizcano, R. Q. (2015).
- Lizcano, R. Q. (2015).
- Maila, M. (2015). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)*. Recuperado el 2020, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/742>
- plástico, T. d. (30 de Noviembre de 2017). *ISSU*. Obtenido de ISSU: <https://issuu.com/carvajalb2b/docs/tecnologia-del-plastico-vol-32-ed-6>

- Quiminet. (22 de Noviembre de 2005). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>
- Quiminet. (14 de Mayo de 2011). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/ usos-y-aplicaciones-del-polietileno-tereftalato-pet-42703.htm>
- Ramos Arce Judith Yimena. (2017). Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9524>
- rocas y minerales. (10 de diciembre de 2018). *rocas y minerales*. Recuperado el 2020, de <https://www.rocasyminales.net/grava/#:~:text=Grava%20triturada%20o%20Grava%20redondeada,y%20esfuerzo%20para%20el%20amasado.>
- Rondón Quintana, & Reyes Lizcano. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*.
- Silva, J. (2015). *direccion de vialidad gobierno de chile*. Recuperado el 2020, de [http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/CAP%20I%20LIGANTES%20LAB%20C%20\[Modo%20de%20compatibilidad\].pdf](http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/CAP%20I%20LIGANTES%20LAB%20C%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf)
- tecnica de investigacion social. (12 de octubre de 2017). *tecnica de investigacion social*. Recuperado el junio de 2020, de <https://sites.google.com/site/tecninvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/analisis-e-interpretacion-de-resultados>
- ULVR. (2021).
- Vallejos, & J. (2004). *Mezcla asfáltica tipo slurry seal como tratamientosuperficial utilizado en mantenimiento preventivo y correctivo de los pavimentos asfálticos*.
- wikipedia. (22 de mayo de 2017). *wikipedia. la enciclopedia libre*. Recuperado el junio de 2020, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Arena>