



**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

**PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE USANDO
PLÁSTICO DE POLIPROPILENO Y POLICARBONATO**

TUTOR

MSC. ARECHE GARCIA JAVIER

AUTORES

OMAR ALEXANDER LÓPEZ ESTRADA

JOHAN ENRIQUE MANTILLA QUINTO

GUAYAQUIL

2022

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato.	
AUTOR/ES: Omar Alexander López Estrada Johan Enrique Mantilla Quinto	REVISORES O TUTORES: Areche García Javier
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Tercer nivel de grado
FACULTAD: Faculta de ingeniería, industria y construcción.	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PAGS: 77
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Asfalto, clasificación de suelo, petrografía, piedra caliza, planificación de proyecto, enfrentamiento social	
RESUMEN: Este trabajo busca la reutilizar del plástico polipropileno y policarbonato adicionándolo al pavimento flexible tradicional con la finalidad de obtener resultados mecánicos que cumplan con las normativas.	
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: López Estrada Omar Alexander Mantilla Quinto Johan Enrique	Teléfono: 0987753533 0968601729	E-mail: olopeze@ulvr.edu.ec jmantillaq@ulvr.edu.ec	
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mgtr. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde Decano de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción. Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec		

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

TESIS MANTILLA - LOPEZ / ARECHE

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

vbook.pub

Fuente de Internet

8%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía Activo



Ing. Javier Areche García. PhD.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **OMAR ALEXANDER LÓPEZ ESTRADA Y JOHAN ENRIQUE MANTILLA QUINTO**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato, corresponde totalmente los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autores

Firma:



Omar Alexander López Estrada

C.I. 0921179982

Firma:



Johan Enrique Mantilla Quinto

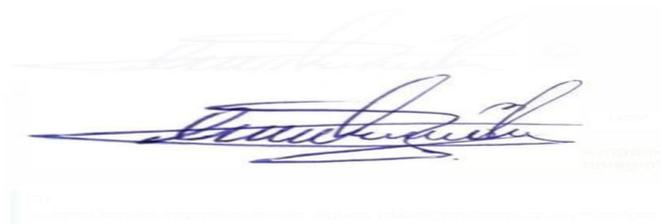
C.I. 0952167278

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato, 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: Pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato, presentado por los estudiantes OMAR ALEXANDER LÓPEZ ESTRADA Y JOHAN ENRIQUE MANTILLA QUINTO como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

PhD: Javier Nicolás Areche García

C.C. 0962174165

AGRADECIMIENTO

Quisiéramos brindar nuestros más sentidos agradecimientos a todas las personas que de una forma u otra han colaborado en la realización de esta investigación.

A nuestro tutor PhD. Javier Nicolás Areche García. Quien nos apoyó en la realización de este trabajo, con su tutoría, por sus palabras de aliento en cada momento, a quien pudimos consultar todas nuestras dudas.

A nuestros compañeros de trabajo de hoy y ayer, por la confianza depositada en nosotros.

A todos los que fueron nuestros profesores por contribuir a la elevación de nuestro desarrollo profesional.

Les quiero agradecer a los maestros y directivos de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, a quienes motivaron la puesta en práctica de la propuesta elaborada.

Llegue a todas las educadoras y compañeras de estudio, nuestro eterno agradecimiento por emplear y enriquecer nuestros conocimientos durante el estudio, en el cual se necesita mucho amor y pasión.

López Estrada y Mantilla Quinto

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Gloria María Estrada Estrada y mi padre Luis Fortunato López García, quienes con mucha paciencia y esfuerzo me impulsaron lo necesario para estudiar y seguir esforzándome con el objetivo de superarme.

El presente trabajo también lo dedico a mi hermana Cinthya Nataly López Estrada quien a pesar que está en Italia estuvo apoyándome desde lejos y aconsejándome técnicas para mejorar mi aprendizaje.

Dedico este trabajo a mi abuelo Luis Ernesto Estrada Gaibor, quien ahora esta con Dios nuestro Señor y no pudo ver la culminación de mi carrera.

Y por último a todos ustedes va dedicado este trabajo y mi agradecimiento desde el fondo de mi corazón.

Omar Alexander López Estrada

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo a Dios por siempre acompañarme en cada paso, por darme fuerzas y aliento para poder culminar esta gran etapa de mi titulación.

A mis queridos padres Juan Enrique Mantilla Prieto y Rosa Teresa Quinto Alvarado mis dos grandes motores en esta etapa y por siempre darme el coraje para poder culminar cada etapa que me propongo en la vida.

A mi único hermano Juan Fabricio por motivarme y demostrarme que con un gran esfuerzo se pueden alcanzar grandes objetivos.

Dedico también este trabajo a mis queridos abuelos Adolfo Quinto y Blanca Alvarado quienes siempre me apoyaron y ahora están con nuestro padre celestial Dios y desde el cielo ven la culminación de esta etapa.

Y por último agradezco a todos ustedes.

Johan Enrique Mantilla Quinto

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Formulación del Problema	3
1.4 Sistematización del Problema	3
1.5 Objetivo General	3
1.6 Objetivos Específicos	4
1.7 Justificación.....	4
1.8 Delimitación del Problema	4
1.9 Hipótesis o Idea a Defender	5
1.10 Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	5
CAPÍTULO II.....	6
Antecedentes	6
Marco Teórico.....	9
Materiales o ligantes asfálticos.....	9
Cemento Asfáltico modificado.....	11
1) Mezclas Asfálticas.....	12
II. Agregados pétreos	13
III. Mezcla asfáltica abierta en caliente	14
1) Evaluación de pavimentos.....	18
1. Tecnología de materiales	24
□ Teoría de plásticos.....	24
□ Materiales celulares.....	25
□ Plásticos en el sector de la automoción	25
1. MATERIALES POLIMÉRICOS – POLIPROPILENO	27

1.1	FUNDAMENTOS Y ESTRUCTURAS DE LOS POLIMEROS	27
1.1.2	POLIMEROS LINEALES, RAMIFICADOS Y DE CADENA TRANSVERSAL	28
1.3	TERMOPLASTICOS	29
1.3.3	POLIPROPILENO.....	30
1.3.4	POLIESTIRENO	31
2.2	Marco conceptual	31
	Pavimento	31
	Pavimento flexible.....	31
	Mezcla asfáltica	32
	Asfalto en caliente	32
	Polímeros.....	32
	Carga monotónica.....	32
	Emulsificantes	32
	Monómeros.....	32
2.3	Marco Legal	33
	Constitución de la República del Ecuador.....	33
	Ley Orgánica de Educación Superior LOES	33
	ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES MOP - 001-F 2002	33
	NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP.....	35
	NORMA TÉCNICA ECUATORIANA	35
	CAPÍTULO III.....	36
3.1	Metodología.....	36
3.2	Enfoque.....	36
3.3	Tipo de investigación.....	36
3.4	Técnica e instrumentos	36

3.5	Población	37
3.6	Muestra	37
3.7	Análisis de resultados	38
	Polímeros.....	38
	ETAPA 2: Determinar el porcentaje de dosificación	39
	ETAPA 3: Obtención de briquetas	40
	ETAPA 4: Análisis del peso.....	41
	ETAPA 5: Ensayo de estabilidad y determinación de flujo	42
	CAPÍTULO IV.....	43
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES.....	55
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Línea de investigación	5
Tabla 2 Tabla 2 Granulometría del agregado pétreo para MAC	14
Tabla 3 Caracterización de los agregados para mezclas MAC.....	15
Tabla 4 Tolerancias granulométricas para agregados de MAC.....	17
Tabla 5 Caracterización de los agregados para mezclas.....	17
Tabla 6 Propiedades mecánicas del material PC/ABS.	24
Tabla 7 Aplicaciones principales del policarbonato	25
Tabla 8 Características de los termoplásticos	30
Tabla 9 Diseño de pavimento	37
Tabla 10 Determinar el porcentaje de dosificación	39
Tabla 11 Propiedades físicas del polipropileno	43
Tabla 12 Propiedades físicas del policarbonato.....	43
Tabla 13 Diseño del pavimento asfáltico.....	44
Tabla 14 Peso unitario	45
Tabla 15 Peso unitario de la muestra	45
Tabla 16 Peso unitario de porcentaje de polímeros	46
Tabla 17 Agregado de vacíos #1.....	46
Tabla 18 Agregado de vacíos #2.....	47
Tabla 19 Porcentaje de vacíos y polímeros	47
Tabla 20 Promedio de vacíos presente en la partícula de agregado pétreo	48
Tabla 21 Muestra y porcentaje de vacíos presente en las partículas de agregado pétreo	48
Tabla 22 Estabilidad de marshall.....	49
Tabla 23 Estabilidad corregida	50
Tabla 24 Flujo de polímeros	51
Tabla 25 Flujo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de los polímeros	28
Figura 2: Moléculas ramificadas	29
Figura 3: Polipropileno	30
Figura 6: Plástico triturado	38
Figura 7: Agregados tradicionales donado por Ingeniero Byron Vacacela	39
Figura 8: Prueba de ensayo	40
Figura 9: agregado	40
Figura 10: Compactación	41
Figura 11: Diseño prueba #1	41
Figura 12: Peso de briquetas	42
Figura 13: Prueba	41
Figura 14: Briqueta puesta en horno	43
Figura 15: Recolección de datos	42
Figura 17: Tomando pruebas	42
Figura 18: Diseño	42
Figura 19: Prueba de compresión	42
Figura 20: Prueba de compresión	42

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Plásticos en el sector de la automoción	26
Gráfico 2: Porcentaje de plástico en automóviles	26
Gráfico 3: Porcentaje de polímeros	49
Gráfico 4: Porcentaje de polímeros según su estabilidad	50
Gráfico 5: Porcentaje de polímeros respecto al flujo	52

ANEXOS

Anexo 1: Peso unitario.....	60
Anexo 2: Agregado de vacíos.....	60
Anexo 3: Promedio de vacíos presente en la partícula de agregado pétreo.....	61
Anexo 4: Estabilidad de Marshall.....	61
Anexo 5: Flujo de polímeros	62

INTRODUCCIÓN

Los diferentes tipos de pavimentos en su mayoría están conformados por las capas de los materiales granulares las cuales son las encargadas de captar directamente las cargas de tránsito de vehículos sean estos livianos o pesados; estas cargas son transmitidas a la capas debajo de dicho pavimento de forma disipada en la cual esta facilita un espacio para la circulación vehicular.

Los pavimentos asfálticos en caliente obtienen unas mejoras al momento de trabajar en caliente debido a que existe un mayor rango de variación en las temperaturas y por ende el pavimento tiene un incremento 30% en soportar deformaciones y desplazamientos de las cargas vehiculares livianas y pesadas; esto además presenta un periodo de utilidad mayor a 10 años pero su única y mayor desventajas es que se le debe dar mantenimiento constantemente para que este cumpla su vida útil.

Se busca evaluar nuevos métodos y elementos para dar una mejora al pavimento asfáltico en la cual podemos mejorar sus características dando muchas alternativas a su uso para la durabilidad de las vías primarias y secundarias; esto también ayuda a cuidar el medio ambiente dando un gran paso para el desarrollo sustentable ya que los elementos utilizados son plásticos reciclados.

El procedimiento del pavimento usando el polipropileno y policarbonato en pavimento asfáltico en caliente usando materiales plásticos reciclados, en la cual dichos elementos son llevados a las trituradoras para su mejor estudio con los materiales como los líquidos asfálticos como el RC2, el material de base para elaborar el asfalto nos da resultados altos en comparación al pavimento flexible en la cual tenemos mayor resistencia a la compresión.

CAPÍTULO I

1.1 Tema

Pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato.

1.2 Planteamiento del Problema

Según la información de NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA, en el mundo se venden alrededor de 1'000.000 de botellas de plástico, el 90% de los plásticos se producen de combustibles fósiles donde el 42% es utilizado para el empaquetado de los alimentos y productos de manufactura que son los cuales son de un solo uso. Del total de estos residuos plásticos 8'000.000 de toneladas terminan siendo arrojadas en los océanos cada año, estos llegan mediante vía fluvial y su llegada es en los grandes ríos de todo el mundo.

En las grandes capitales del mundo del continente Europeo desde el año 2006 el reciclaje de estos materiales plásticos se han duplicado, donde uno de los países más grandes en la producción de plásticos es España siendo este el cuarto productos de la unión europea; según GREENPEACE solo el 30% de estos plásticos son reciclados en ese país. En uno de los países más grandes como China se produjo el 30% de los plásticos de todo el planeta.

Según el diario El TELÉGRAFO cada día alrededor de unas 145.000 toneladas de residuos en el continente americano son eliminadas de una forma incorrecta y tan solo un 10% se vuelve a reutilizar con ayuda de la aplicación del reciclaje y las diferentes técnicas de recuperación de los plásticos. Según el Diario MILENIO de México, informan que en un solo año se reciclan 420.000 toneladas de varios tipos de plásticos y como resultados evitan emisiones de CO₂ (Dióxido de Carbono) y ahorran el uso de 1'848.000 barriles de petróleo.

En América del Sur los Plásticos que mayoritariamente trabajan son el policarbonato, polipropileno, ABS, COM y ABS mezclado con policarbonato; Colombia recibió una condecoración al país reciclador del año, este reconocimiento se lo otorgaron al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial del país, en la cual el proceso viene directamente de la recolección del material en los basureros, estos materiales son el polietileno y el polipropileno, en Ecuador la compañía RECICLART la cual es la encargada de producir cucharas, pinzas y bolsas de basura y está interviene desde la fase de la recuperación de los residuos en un 90% post consumo y 10% post industriales.

En el Ecuador, en la provincia del Guayas existen varias vías donde requieren implementar caminos eficientes para el transporte vehicular principalmente los que son de conexiones de productos agrícolas, lácteos, carnes y demás; y caminos que dificultan la comunicación a centros de estudios, estos caminos no pavimentados tienden a levantar polvo causando gran malestar a los habitantes por las implicaciones de salud para el organismo humano.

Hoy en día muchos objetos como son el plástico de polipropileno y el plástico del policarbonato se suelen desperdiciar y en los peores de los casos se los utiliza para ser reutilizados mediante un proceso de reciclaje y trituración, además la elaboración de estos envases de polipropileno como son las botellas está basada en grandes cantidades de petróleo, para este proceso se requieren aproximadamente 24'000.000 de galones para producir un aproximado de 1.000'000.000 de botellas.

Con este proyecto se trata de mitigar el daño al medio ambiente ya que una botella se demora en degradarse en unos 500 años, ya que hoy en día en vías terrestres de la provincia del guayas tienden a tener mayor demanda de combustibles para las maquinarias pesadas, mayor contaminación del aire, ruido sobre todo en el campo de la ingeniería civil cuyo avance constructivo de estos caminos suelen perjudicar alrededor de los sectores cercanos.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo se comporta el pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato?

1.4 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son las características físicas del plástico polipropileno?
- ¿Cuáles son las características físicas del plástico policarbonato?
- ¿Cuál es el diseño de la mezcla asfáltica en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato?
 - ¿Cómo es el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con plástico de polipropileno y policarbonato?

1.5 Objetivo General

Evaluar el pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato.

1.6 Objetivos Específicos

- Definir las características físicas del plástico polipropileno.
- Establecer las características físicas del plástico policarbonato.
- Diseñar el pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato.
- Analizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato.

1.7 Justificación

En tesis es necesaria desde el punto de vista teórico, debido a que se van a estudiar aspectos que construyen teorías, o aspectos que no estaban claros sobre la teoría de las variables en estudio, las cuales son polipropileno, policarbonato y mezcla asfáltica en caliente.

Este proyecto de titulación desde el punto de vista metodológico abarca el paradigma positivista, una metodología que permite conocer el comportamiento de las variables en estudio.

Esta tesis brindará una guía explícita que los ingenieros y operadores de plantas asfálticas podrán usar para el diseño de mezcla asfáltica en caliente usando estos materiales reciclados que permitirán bajar los costos de producción.

Desde el punto de vista ambiental esta tesis sustenta la visión de encontrar un sitio de disposición final a dos grandes contaminantes plásticos como son el polipropileno y policarbonato.

1.8 Delimitación del Problema

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel de grado
Área:	Ingeniería civil
Aspecto:	Investigación experimental.
Tema:	Diseño de pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato
Delimitación espacial:	Garzota
Delimitación temporal:	6 meses

1.9 Hipótesis o Idea a Defender

El pavimento asfáltico en caliente usando el plástico polipropileno y policarbonato cumple con un excelente comportamiento mecánico y resistencia a los esfuerzos aplicados por el tránsito vehicular según lo especificado en la norma.

1.10 Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1 Línea de investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		
Dominio	Línea institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Materiales de construcción

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2020)

CAPÍTULO II

Antecedentes

Para la primera variable mezcla asfáltica en caliente utilizaremos la siguiente investigación “análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS- en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas-Lima 2017” realizado por Valdivia Sánchez Vitmer Lubel como requisito para el título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo presentada en enero del 2017 tiene como objetivo principal determinar en qué manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezcla asfáltica en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas-Lima 2017 se obtuvo una mejora a la hora de trabajar mezcla asfáltica en caliente debido a un mayor rango de variación de temperatura además tiene un incremento de 38,28% en resistir deformación y desplazamiento de cargas vehicular por tanto en el presente estudio desde el punto de vista teórico aporta un conocimiento a nuestra tesis al emplearse la resistencia en las cargas.

Continuando con la variable de mezcla asfáltica en caliente emplearemos la siguiente investigación “Diseño del pavimento flexible en caliente de la vía Santa Rosa – Chaupelanche del km 0+000 al km 13+025.00 del distrito de Chota – Provincia de Chota – Cajamarca realizado por Acuña Campos Manuel Steeven y Sanchez Gonzales Diogenes Alexander como requisito para Ingeniero Civil en Universidad César Vallejo presentada en el 2019 tiene como objetivo diseñar la Estructura de Pavimento Flexible en Caliente de la Vía Santa Rosa – Chaupelanche del km 0+000 al km 13+025.00 Distrito de Chota – Provincia de Chota – Cajamarca” se obtuvo en las características del suelo de baja plasticidad un buen diseño con un CBR de 10,60% a 13,49% y una humedad de 17,85% por tanto en el presente estudio desde el punto metodológico ayuda a establecer los criterios de diseño en nuestro proyecto de titulación.

Para la variable mezcla asfáltica en caliente usaremos la siguiente tesis “Diseño de mezcla asfáltica en caliente con incorporación de grano de caucho reciclado en pavimento flexible, Av Santa Rosa 2019” realizado por Gonzales Rizarme, Jonathan Braulio, Quispe Cotrina y Milagros Katherine como requisito para aspirar al título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo en el año 2019 tiene como objetivo principal Diseñar la mezcla asfáltica en caliente con incorporación de grano de caucho reciclado en pavimento flexible, Av. Santa Rosa

2019 se obtuvo en la presente investigación una mejora del diseño sin embargo no cumple con los estándares reglamentarios para carretera tipo B por lo tanto la presente tesis aporta desde el punto de vista metodológico una mejora en el diseño de pavimento asfáltico para el proyecto de titulación.

Para la segunda variable tenemos el plástico de Polipropileno procedemos a utilizar la siguiente investigación “análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaria – Nuevo” realizado por Chapoñan Cueva José Miguel y Quispe Cirilo Joel como requisito para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Santa de Chimbote del país Perú presentada en el año 2017, tiene como enfoque principal realizar el análisis del adecuado comportamiento de las propiedades de un concreto hidráulico en el diseño de pavimentos rígidos conociendo los materiales como las fibras sintéticas que se obtienen y la aplicación de fibras de polipropileno para luego buscar su porcentaje óptimo que se coloque a una mezcla de concreto mediante las pruebas de laboratorio para así determinar la cantidad adecuada utilizadas para obtener mejores resultados en la resistencia a la flexión y compresión; por lo tanto en la presente investigación debemos hacer énfasis en la consideración de cantidad óptima de fibras de polipropileno, para tener un buen porcentaje de adición al asfalto en caliente en nuestro proyecto de titulación.

Continuando con la variable del plástico de Polipropileno tenemos: Emplearemos la siguiente investigación sobre el “comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polipropileno” elaborado por Modera Tovar Edwin Camilo como requisito para la obtención del título de Ingeniero Civil presentada en la Universidad Católica de Colombia, ciudad Bogotá – Colombia en el año 2018 con la idea principal de realizar una evaluación de esta mezcla asfáltica para tráfico pesado en forma de polisombras en tiras de 10cm realizando la metodología de Marshall y los lineamientos del INVIAS ya que usando las polisombras se genera un impacto positivo ambientalmente con el reciclaje, para ser usados en mezclas asfálticas siendo este un material que es usado en industrias agrícolas y construcción, por lo tanto la presente tesis aporta a la nuestra la importancia de cantidad de plástico polipropileno, que se genera y se recicla correctamente en las industrias que realizan este tipo de reutilización.

La misma variable plástico de Polipropileno nos ayudamos con la tesis de “Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall-2018” realizada por Saavedra Cortez Roger y Ypanaque Gómez Roy Yoishi para la obtención del título de ingeniero civil presentada en la universidad Cesar Vallejo de Chimbote – Perú en el año 2018 con el principal objetivo de determinar la adecuada influencia de este plástico en las propiedades físicas y mecánicas las cuales se realizaron ensayos en base a los procedimientos indicados en las normas del país en la cual la conclusión en costo es del 1.58% menos comparándolo con el costo de la mezcla asfáltica tradicional, por lo cual desde el punto de vista teórico aporta a la nuestra en la utilización del plástico polipropileno, la disminución del costo, aplicando el polímero en el hormigón asfáltico como agregado.

Para la tercera variable tenemos el plástico de Policarbonato procedemos a utilizar la siguiente investigación, “Determinación de la resistencia a compresión de hormigón preparado con policarbonato, vidrio templado y hormigón reciclado” elaborada por Abril Gavilanes Bernarda Estefanía para la obtención del título de ingeniera civil en la Universidad Técnica de Ambato en el año 2016, esta investigación tiene con un enfoque principal la adecuada resistencia para este tipo de hormigón reciclado y posterior con la comparación a la compresión del hormigón tradicional en la cual con las mezclas según las normativas NTE INEN 858 salió un resultado positivo para ser apta para la elaboración de un hormigón de 210 kg/cm² con un 36% de agregado fino y de agregado grueso un 64%, con este enfoque se resuelve que el policarbonato es muy resistente para una prueba de compresión, dada la información de la siguiente tesis, nos percatamos que el aporte principal que este proyecto influye al nuestro es la capacidad de resistencia a la compresión, del polímero como agredo al hormigón.

Continuando con la variable del plástico de policarbonato tenemos:

Avanzando con la misma variable del policarbonato emplearemos la investigación sobre “un Panel prefabricado de madera, lamina de policarbonato alveolar y lamina contrachapada para muros no estructurales” realizada por León Pinilla Diego, Restrepo Rosero Nelson y Huaytalla Soriano Ricardo para la obtención del título de Tecnólogo en construcciones arquitectónicas en la Universidad La Gran Colombia en Bogotá en el año 2017 con la idea primordial de diseñar este panel estableciendo los tipos de materiales a emplearse y analizar una comparación con los paneles prefabricados ya existentes sobre los pesos y sus formas de instalaciones con la cual tenemos un resultado que el panel no supera al rango de peso ya establecido ya que obtuvoun peso de 36kg < 42kg, es muy fácil y rápida de instalar en comparación al sistema en seco

(drywall), con esto concluimos que desde el punto de vista metodológico contribuye a nuestra tesis la información de la aplicación del policarbonato junto con otros elementos, estipula un peso más aligerado aplicando estos materiales, por ende resultara más favorable la trabajabilidad del polímero .

Para concluir con la misma variable procedemos con la siguiente investigación que trata sobre “Diseñar estructuras livianas con cubiertas y paredes de policarbonato para la selección de padrones de camarón en el Ecuador” elaborada por Albán Vega Vicente Fernando para la respectiva obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Internacional del Ecuador ubicada en la ciudad de Quito y realizada en Junio del 2016 con un enfoque re-direccionado a tomar una solución constructiva para saber si aporta como una solución para el avance de infraestructuras con el objetivo de garantizar la estabilidad y optimización de los recursos ya que todo esto en comparación de las cubiertas y paredes tradicionales, estas tienen un costo bajo tomando en cuenta el momento de hacer un remplazo de materiales en dicha estructura, por lo tanto este trabajo aporta que el polímero policarbonato es más económico en las infraestructuras garantizando su estabilidad con respecto a los métodos tradicionales.

Marco Teórico

La presente investigación presenta la mezcla de pavimentos asfálticos en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato por esta razón se procede a estudiar y definir las variables de este estudio a continuación.

La variable pavimento asfáltico utilizamos el libro “Pavimentos materiales, construcción y diseño” publicado en Bogotá junio 2016 por los autores Rendón Quintana y Hugo Alexander.

Materiales o ligantes asfálticos:

Los ligantes de los pavimentos asfálticos son productos provenientes de la separación del petróleo crudo, “Son los responsables de brindar, a la capa asfáltica, resistencia mecánica bajo carga monotónica, estática y/o cíclica, impermeabilidad y durabilidad.” (Quintana,Alexander 2016).

Hay diferentes maneras de utilización de mezcla asfáltica dentro lo cual están:

- a. Cemento asfáltico
- b. Emulsiones asfálticas
- c. Asfaltos rebajados
- d. Asfalto modificado y multigrados

- e. Asfaltos espumados
- f. Crudos pesados
- g. Asfaltos naturales

a) **Cemento Asfáltico**

La clasificación del cemento asfáltico es a través de ensayos los cuales son de viscosidad y penetración que permite clasificar el cemento asfáltico según sus parámetros.

• **Rigidez del cemento asfáltico**

Para determinar la rigidez de cemento asfáltico “CA” si puede utilizar los ensayos col viscosímetro ad alta o baja temperatura también se puede utilizar el reómetro espectómetro mecánico. De acuerdo al método tradicional el módulo de rigidez se lo puede calcular mediante la fórmula:

$$S_b = 1.157 \times 10^{-7} t^{-0.368} (T_{R\&B} - T_{mix})^5 \times \exp(-IPen)$$

Fuente: Hugo Alexander Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano, Pavimentos, materiales, construcción y diseño 2016
t: tiempo de aplicación de la carga en segundos

T_{R&B}: Temperatura del punto de ablandamiento del asfalto en °C

T_{mix}: Temperatura de mezcla en °C

exp: Frecuencia

Ipen: Índice de penetración del asfalto

$$t = \frac{L}{V} 10^{0.004h}$$

Fuente: Hugo Alexander Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano, Pavimentos, materiales, construcción y diseño 2016

L: Longitud de contacto de la llanta col pavimento

V: Velocidad del vehiculo en cm/s

h: Profundidad estimada en el tiempo (cm)

$$F = \frac{1}{2\pi t}$$

Fuente: Hugo Alexander Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano, Pavimentos, materiales, construcción y diseño 2016

Ecuación de la frecuencia

- **Estructura física**

La estructura de los pavimentos asfálticos está formada por asfaltenos, resinas, aromáticos y saturados, todos ellos proporcionan rigidez, adherencia, manejabilidad y tiempo útil.

Cemento Asfáltico modificado

El cemento asfáltico modificado se lo utiliza para comprobar el comportamiento, al experimentar cargas y sometidas a condiciones climáticas del medio ambiente, este elemento modificado está formado por polímeros u otras sustancias con la finalidad de corroborar la sostenibilidad de adaptación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Las propiedades del cemento asfáltico modificado tienden a mejorar la rigidez, la fatiga, resistencia a cargas monotónica, mayor vida útil y disminución de daños por humedad.

Los elastómeros utilizados para modificar el cemento asfáltico tiende a mejorar la recuperación elástica del mismo, bajo esfuerzos verticales provenientes del peso de los vehículos y la liberación de las cargas cuando estas no están sometidas bajo ninguna fuerza aplicada en la superficie.

Los plastómeros son un tipo de polímeros cuya principal característica, es la capacidad de ser reciclada y volverse a utilizar sin sufrir un cambio significativo en sus propiedades básicas, por lo tanto, el uso de estos elementos al aplicarlo en el cemento asfálticos, mejora la rigidez y funcionamiento ad altas temperaturas de servicio.

Al utilizar cierto porcentaje en base al peso del cemento asfáltico el almidón mejora la adherencia y las nano partículas mejoran el módulo de rigidez, unas de las principales diferencias que presentan estos elementos comparados con los polímeros es su bajo costo económico.

b) Emulsiones Asfálticas

Es la cantidad de agua que se agrega al cemento asfáltico, lo cual hace necesario el uso de adicción de otros factores emulsificantes, en base a los agentes se puede clasificar la resistencia de las emulsiones bajo terminologías específicas:

RR: Rompimiento rápido

RM: Rompimiento medio

RL: Rompimiento lento

Existen dos tipos de emulsión, la catiónicas (C) y las aniónicas (A), antes de las letras que representan las emulsiones asfálticas se les diferencia con el tipo de emulsión, luego se determina en que rango pertenece la viscosidad del compuesto, baja viscosidad (0), viscosidad media (1) y alta viscosidad (2).

Para diferenciar si el cemento asfáltico es modificado o no se los diferencia con las siguientes letras, cuando es modificado se le aplica el sufijo de (a) y cuando no lo está (h).

Ejemplo:

ARM-2h: Emulsión aniónicas de rompimiento medio, con viscosidad alta que utiliza cemento asfáltico no modificado.

1) Mezclas Asfálticas

I.Generalidades

Estas mezclas que llevan asfalto tienen la combinación de algunos agregados pétreos y también de un ligante asfáltico, este material que es muy utilizado en carreteras y caminos pequeños son normalmente elaborados en grandes plantas mezcladoras, pero esto no quiere decir que siempre sea así, ya que este material también se puede fabricar in situ.

Algunas de estas mezclas asfálticas son:

- abiertas en frío y también en caliente
- mezclas en frío
- concreto o mezcla asfáltica densa en caliente
- área - asfalto
- tratamientos superficiales.

Las mezclas asfálticas también pueden ser discontinuas en caliente, tibias, modificadas y muchas más. Existen varias propiedades en las mezclas asfálticas, entre las cuales tenemos las principales resistencias y son:

- bajo carga en estabilidad
- deformaciones permanentes
- fatiga
- deslizamiento
- impermeabilidad
- al envejecimiento
- a las condiciones ambientales

Estas mezclas están conformadas por varios agregados pétreos que contienen granulometría y deben cumplir con los requisitos mínimos de la calidad, estos presentan diferencias en la estructura en función al pavimento y también al tipo de material ligante o ya sea este también de asfalto que utilizan.

II. Agregados pétreos

Los agregados pétreos en pavimentos se describen como una acumulación de partículas inactiva de grava, arenas, finos empleados para la elaboración de mezclas asfálticas. El concreto hidráulico, capas de terraplén, súbbase o base granular. La mayoría de veces se procedea realizar ensayos de granulometría por tamizado, las partículas cuyo diámetro esta entre 2 mmy 6.4 cm son registradas como gravas. El cual tiene un diámetro entre 0.075 y 2 mm son registradas como arenas (gruesas y finas) y aquellas que son de diámetro inferior a 0.075 mm son registradas como el tamaño de la arcilla. Posterior logran obtener la etiqueta de filler o llenante mineral si no observan plasticidad en acercamiento con el agua.

Los agregados pétreos más exigente en cuanto a la estabilidad, resistencia, contextura en una estructura de pavimento con manto asfáltica, son aquellos que conforman las mezclas asfálticas. Los agregados pétreos concuerdan entre el 88% y el 96% de la masa y más del 75% del volumen. Las mezclas asfálticas, son los delegados de sobrellevar las cargas asignadas por el parque automotor y emitir en menores compensaciones a las capas subyacentes. Una de las propiedades de estos materiales depende de la evolución de los mecanismos de daño que suceden en mezclas asfálticas como son el ahuellamiento, la fatiga, el daño por humedad

La granulometría adecuada para los agregados pétreos debe poseer requisitos mínimos de calidad para formar mezclas asfálticas. Sin embargo, la jerarquía de los requisitos de calidad que exigen a los agregados está conformada por la resistencia al desgaste Para medir la resistencia a la abrasión o desgaste por fricción entre partículas. Para experimentar con partícula de mezcla asfáltica cuando este oprimida a carga vehicular se determina los Materiales, de construcción y diseño mejor manera el desgaste por fricción. Existe otro ensayo a base de agregados gruesos el cual son desgastados dentro de un cilindro metálico este ayuda a simular el desgaste por abrasión más por fricción entre partículas que por impacto. Entonces, este ensayo permite valorar el efecto de la humedad sobre la resistencia a la abrasión del agregado pétreo.

En ese mismo contexto se ejecuta el ensayo para valorar la resistencia a la fractura miento de las partículas del agregado grueso. Por lo tanto, en este ensayo se mide la carga monotónica de compresión inevitable en la cual se aplican partículas del agregado pétreo grueso para que este se rompa que en tal sentido que origine un 10% de material fino que pase el tamiz No. 8 de un ensayo de granulometría por cribado.

Al mismo tiempo el ensayo que explora calcular la resistencia del agregado pétreo a la desintegración dentro de sus poros, en el cual el agua se expande por congelamiento. En efecto es un ensayo que investiga y evalúa la resistencia del agregado pétreo al intemperismo. Por lo tanto, el ensayo, radica en una muestra del agregado pétreo que se sume en sulfato de sodio para luego ser secada en horno. De igual forma en el ensayo la sal que se encuentra en el interior de los poros del agregado se deshidrata. La fuerza interna de expansión dentro de los poros que genera esta causa de rehidratación de la sal genera desintegración de la muestra.

Geometría de las partículas. Lo correcto en una mezcla asfáltica es que el agregado pétreo muestre una forma circular con caras fracturadas. Las partículas con este método generan un soporte granular más sólido. Las Partículas aplanadas y alargadas en el cual se generan soportes granulares porosos y bajas resistencias a fracturarse bajo una carga mecánica.

III. Mezcla asfáltica abierta en caliente

En Colombia estas mezclas son conocidas como MAC-75, MAC-63 y MAC-50 de acuerdo con Invías (2013, artículo 451). El número indica el tamaño máximo de partícula del agregado pétreo de la mezcla en mm.

Tabla 2 Granulometría del agregado pétreo para MAC

Tamiz		Porcentaje que pasa		
Normal	Alternativo	MAC-75 MAC60	MAC-63 MAC50	MAC-50 MAC40
75 mm	3"	100	-	-
63 mm	2 ½"	95-100	100	-
50 mm	2"	-	-	100
37.5 mm	1 ½"	30-70	35-70	75-90
19 mm	¾"	3-20	5-20	50-70
9.5 mm	3/8"	0-5	-	-

4.75 mm	No. 4	-	-	8-20
2.36 mm	No. 8	-	0-5	-
150 μ m	No. 100	-	-	0-5

Fuente: Quintana y Reyes (2016)

Es una mezcla equivalente a las MAF; la diferencia radica en que este tipo de mezcla que se emplea como ligante cemento asfáltico Aneos que, son mezclas que se deben fabricar, extender y compactar a altas temperaturas. La temperatura de fabricación de esta mezcla oscila entre 110 y 120 °C.

Tabla 3 Caracterización de los agregados para mezclas MAC

Ensayo	Método	NT1	NT2	NT3
Agregado grueso				
Resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV. E- 218, 219	35% máx.	35% máx.	35% máx.
Micro Deval	INV. E- 238	-	30% máx.	25% máx.
10% de finos en seco	INV. E- 224	-	-	90 kN mín.
10% de finos relación húmedo/seco	INV. E- 224	-	-	75% mín.
Pérdida en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV. E- 220	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Caras fracturadas: 1 cara	INV. E- 227	60% mín.	75% mín.	75% mín.
Caras fracturadas: 2 caras	INV. E- 227	-	-	-
Partículas planas y alargadas	INV. E- 240	10% máx.	10% máx.	10% máx.

Contenido de impurezas	INV. E- 237	0.5% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.
Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo				
	INV. E- 757	Reportar en %		

Fuente: Quintana y Reyes (2016)

Las principales ventajas de utilizar este tipo de mezcla son las siguientes:

- Asisten a reducir el grado de accidentalidad en las vías debido a que disminuyen el fenómeno de hidroplano al permitir el ingreso del agua a la mezcla durante lluvia.

Asimismo, como desventajas de utilizar estas mezclas se pueden enunciar las siguientes:

- Por su entrada porosidad son de baja rigidez y resistencia mecánica.
 - El asfalto dentro de la mezcla se oxida y envejece rápidamente debido a la fácil entrada y posterior evaporación del agua.
- Dificultad de construcción al ser extendidas y compactadas a alta temperatura.

➤ **Controles generales durante la construcción de MAC:**

- Eficacia del cemento asfáltico.
- Característica de los agregados pétreos.
- Contenido de asfalto (AASHTO T 164, INV. E-732-13) y granulometría de los agregados (AASHTO T 30, INV. E-782-13).
- No se admite el avance del tránsito durante su construcción debido al bajo contenido deligante.
- No se debe consentir la construcción durante lluvia, ni cuando la temperatura ambiente sea menor a 5 °C.
- Manejo ambiental (artículo INV. 400.4.7-13).

- En la tabla 2.8 se presentan algunas tolerancias granulométricas del agregado pétreo de MAC.

Tabla 4 Tolerancias granulométricas para agregados de MAC.

Tamiz	Tolerancia en puntos de % sobre el peso seco de los agregados
4.75 mm (No. 4) y mayores	5% \pm
Menores que 4.75 mm (No. 4)	3% \pm

Fuente: Quintana y Reyes (2016)

- El grosor promedio de la capa compactada no podrá ser inferior al espesor de diseño.
- El área compactada no deberá presentar irregularidades en su sección transversal de más de 15 mm.
- Se considera realizar medidas de deflexión con la viga Benkelman (AASHTO T 256, INV. E-795-13)

Tabla 5 Caracterización de los agregados para mezclas

Ensayo	Método	NT1	NT2	NT3
Agregado grueso				
Resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV. E-218	35% máx	35% máx	35% máx
Micro Deval	INV. E-238	-	30% máx	25% máx
10% de finos en seco	INV. E-224	-	-	90 kn mín

10% de finos relación húmedo/seco	INV. E-224	-	-	75% mín
Pérdida en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV. E-220	18% máx	18% máx	18% máx
Caras fracturadas: 1 cara	INV. E-227	60% mín	75% mín	75% mín
Caras fracturadas: 2 caras	INV. E-227	-	-	-
Partículas planas y alargadas	INV. E-240	10% máx	10% máx	10% máx
Contenido de impurezas	INV. E-237	0.5% máx	0.5% máx	0.5% máx
Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	INV. E-757	Reportar en %		

Fuente: Quintana y Reyes (2016)

1) Evaluación de pavimentos

I.I Inventario de daños

La determinación de los daños a los pavimentos se debe a su severidad y extensión, estos deterioros se deben a los siguientes principales tipo:

a) Fisuras:

Estos daños están definidos como segmentos que suelen ser perpendicular, lineal con respecto al tránsito,

➤ Las fisuras longitudinales están producidas bajo cargas de tránsito continuo, es decir cargas perpetuas en la superficie del pavimento, produciendo una pérdida de rigidez, las cuales

Provocan deformaciones que llevan a fisuras visuales a nivel de la rasante. Esta pérdida de rigidez se la define como fatiga según textos literarios, los cuales conllevan además de coalescencia una integración de factures terciarios, como líquidos y aire produciendo humedad hacia la subrasante y reduciendo de manera drástica la vida útil del pavimento.

- Las fisuras transversales son producidas bajo diferentes aspectos como:
 - Agrietamiento por baja temperatura: “Es producido cuando el esfuerzo interno es mayor a la mezcla asfáltica” (Quintana, Alexander 2016).
 - Fatiga térmica: “Producido por el cambio térmico interno el cual supera la resistencia del pavimento” (Quintana, Alexander 2016).
 - Envejecimiento de la mezcla asfáltica:
 - Deformación por esfuerzos muy altos: “Ocurre por las vibraciones de cargas muy altas producidas por vehículos, hacia la carpeta asfáltica” (Quintana, Alexander 2016).

b) Deformaciones

Las deformaciones están divididas por ahuellamiento, hundimiento y ondulación.

- Ahuellamiento: “Es el asentamiento longitudinal a lo largo de la llanta de los vehículos, la causa de este fallo está producido por baja rigidez, altas temperaturas de servicio, exceso de asfalto, compactación insuficiente y esfuerzos altos” (Quintana, Alexander 2016).
- Hundimiento: “Son depresiones localizadas en el pavimento, la causante de dicho fenómeno es dado por la insuficiencia de drenaje, fallos constructivos, pérdida de agua de la subrasante, humedad elevada, deficiencia de compactación, intervención de líquidos producidos por tuberías y alcantarillado” (Quintana, Alexander 2016).
- Ondulación: “Distorsión lineal del pavimento sus causantes son dosificación errónea de los agregados, cemento asfáltico de baja calidad, temperatura elevada, fricción a baja velocidad en intersecciones de vehículos pesados” (Quintana, Alexander 2016).

c) Pérdida de las capas de la estructura

La pérdida de las capas de la estructura se subdivide en descaramiento, bache, parches.

- Descaramiento: “Es la separación de la carpeta asfáltica sin afectar la capa intermedia del pavimento asfáltico, las causas del daño pueden ser producidas por espesor erróneo de la capa superficial, ligante asfáltico de baja calidad, mal compactado, capacidad de unión de agregados pétreo con ligantes relativamente baja, vida útil del ligante asfáltico, baja calidad del cemento asfáltico, elaboración del pavimento durante día lluvioso” (Quintana, Alexander 2016).
- Bache: “Producido por la alta cantidad de humedad presente en la subrasante y es la evolución de la deformación el cual es la separación de la capa de rodadura exponiendo la capa granular.” (Quintana, Alexander 2016).
- Parche: “Es una solución para el desprendimiento de la carpeta asfáltica, el cual consiste en sellar las grietas con el remplazo de la capa de rodadura.” (Quintana, Alexander 2016).

d) Daños superficiales

Estos daños están expuestos de manera continuo al tránsito vehicular ya que afecta principalmente a la capa de rodadura y son:

- Daño por desgaste
Producido por el deslizamiento de las llantas de los vehículos en la rasante, el cual produce pérdida de ligante asfáltico.
- Perdida de agregado
Es la perdida de agregados en la capa de rodadura dejando así expuesto más la carpeta asfáltico a cargas y situaciones climáticas.
- Surcos
Desgaste producido en franjas u canales longitudinales
- Pulimento de los agregados
Presenta una disminución de resistencia al deslizamiento y sus causantes son producidas por la unión de cantidad de tránsito y las cargas relativamente altas.

- **Cabezas duras**

El daño producido por este fenómeno permite producir vibraciones que pueden ser fastidiosas por el conductor, este percance es debido al encontrarse agregados muy sólidos y de tamaño grande en la capa de rodadura.

- e) **Otros**

-  **Afloramiento del agua y finos**

La causa del afloramiento está asociada a la mala ejecución u falta de obras de construcción de drenaje.

-  **Desplazamiento de bermas**

Puede producirse en dos tipos, la primera la berma se separa de manera vertical, la segunda el desplazamiento es de forma horizontal.

II. Inspección de obra de drenaje

Para esta inspección el encargado de obra debe realizar un estudio para el control de erosión, firmeza de taludes y zanjas, los drenajes pueden ser superficiales u subterráneas, en el primer caso se presentan en baje al sentido de las vías y las subterráneas son pozo séptico, tuberías.

III. Estado superficial a través del MDR

Mediante la formula $MDR = 100 - \sqrt{\sum pn_i^2}$

“Fuente: Quintana y Reyes (2016)”

Se determina el rango de daños que tiene la vía, el pn representa. Quintana H y Reyes F (2016). El peso de ponderación del daño según su severidad y extensión. pag 286

IV. Determinación del PCI

En el 1978 se publica una tabla de serviciabilidad el cual representa con una escala del 0 al 100, el daño sobre áreas afectadas al igual que el MDR, este método es más sencillo para

determinar el deterioro de la vía ya que se la puede apreciar mediante ayuda visual y no requiere fórmula.

V. Determinación de la irregularidad superficial

Las irregularidades de los pavimentos proporcionan al conductor una inconformidad los cuales pueden producir aceleraciones verticales. Su clasificación según el Banco mundial por las siguientes técnicas:

- Medidas de precisión del perfil

En este método se utiliza equipo topográfico, el cual es altamente efectivo para determinar las irregularidades presentes en el camino, sin embargo, la toma de datos representa un trabajo cuyo tiempo de ejecución es relativamente alto, por ende, se considera una desventaja debido a que el tiempo es proporcional al costo.

- Medidores de rugosidad

Mediante el ensayo de cuarto de carro se determina la regularidad del perfil superficial de la vía, dicha técnica consiste en determinar el comportamiento deflexión mecánica del pavimento y la reacción que podría obtener el conductor

VI. Determinación del PSI

El PSI es el índice de serviciabilidad de un pavimento, es decir que su parámetro subjetivo va entre 0 y 5, en el cual el valor más alto, indica que la vía esta en perfecto estado, para determinar el índice de serviciabilidad las referencias ad aplicarse deben ser con un inicio de índice que oscila entre 4 y 4,2 y teniendo en cuenta la vida útil del concreto asfáltico su valor final debe estar en un rango de 1,5 a 2,5 teniendo una variación entre el inicial y final de 1,5 a 2,7. La siguiente fórmula representa los datos en tener en cuenta para evaluar el PSI.

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log(1 + SV) - 1,38RD^2 - 0,01(C + P)^{0,5}$$

SV es la variación de la pendiente

RD representa en ahuellamiento en pulgadas

C enfoca el área dañada y P las zonas parchadas

Fuente: *Quintana y Reyes (2016)*

VII. Determinación del OPI

Quintana, H y Reyes, F . (2016). El índice de condición global del pavimento OPI en un parámetro adimensional que considera la condición funcional y superficial. Libro Pavimento materiales, construcción y diseño, pag 298

$$OPI = MDR \left(\frac{5 \exp^{0.198 - 0.261 \times IRI}}{5} \right)^{0.12}$$

Fuente: *Quintana y Reyes (2016)*

VIII. Determinación de la textura superficial

Capacidad d resistencia al deslizamiento en la capa de rodadura el cual permite la detención del vehículo cuando el conductor lo requiere. La carpeta asfáltica debe tener una superficie ruborosa debido a las lluvias el cual si esta textura esta lisa puede produciré perdida de fricción en los vehículos al contacto con la superficie.

La micro textura, macro textura y mega textura so la desviación que presentan su superficie en relación con una superficie plana_en sentido longitudinal.

La micro textura al tener una rugosidad inferior a 0,5 milímetro no se aprecia visualmente además de ser responsable de la resistencia a la fricción y provoca mayor desgaste a los neumáticos.

La macro textura tiene una rugosidad de 0,5 y 50mm, tiene alta resistencia al deslizamiento ad altas velocidades

La macro textura tiene un espesor de 50 a 500mm de rugosidad,

I. Medidas de deflexión

La deflexión de un pavimento es la capacidad elástica de absorber las cargas verticales producidas por el movimiento como el tipo, magnitud y volumen del tránsito.

La aplicación utilizada para determinar esta deflexión es el estudio de las características del pavimento teniendo en cuenta los espesores de las capas, humedad etc...

Para la siguiente variable policarbonato utilizaremos el libro titulado “Caracterización de polipropileno con fibra de vidrio y policarbonato/acrilonitrilo butadieno estireno micro espumados mediante modelo por inyección MuCell®” elaborado por Ana Rojas Jiménez en el año 2016 en la Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.

1. Tecnología de materiales

- Teoría de plásticos

El policarbonato está considerado como un polímero compuesto blend, también se los conoce como aleaciones.

Este plástico se lo utiliza para aumentar las propiedades mecánicas creando un sistema de dos fases, el policarbonato “PC” es un polímero amorfo y su mezcla también lo es.

Tabla 6 Propiedades mecánicas del material PC/ABS.

Densidad	1,11 g/cm ³
Módulo de Young	2100 MPa
Alargamiento en rotura en tracción	45%
Fuerza de rotura	45 a 55 MPa
Módulo de flexión	1800 MPa
Propiedad térmica bajo carga HDT	95°-125°C
Propiedad térmica de transición vítrea	150°C
Resistencia química	Bajo ante aceites y solventes
Absorción de humedad	Baja
Procesado	Fácil
Contracción	Baja
Tolerancia dimensional	Excelente

Fuente: Rojas, 2016.

Tabla 7 Aplicaciones principales del policarbonato

Aplicaciones principales	
Automoción	Revestimientos
Telecomunicaciones	Celulares, teléfonos
Sector medico	Armazones/ carcasas de equipamiento eléctrico
Sector eléctrico- electrónico	Equipamiento eléctrico y de medición, interruptores y discos de almacenamiento
Equipamiento de oficina	Fotocopiadoras, impresoras y carcasas de ordenadores
Electrodomésticos	Microondas, secadoras
Usos varios	Laminas, botellas y envases

Fuente: Rojas,2016.

- **Materiales celulares**

La formación de los polímeros es dada por dos fases, una sólida y otra gaseosa, la segunda influye con un agente espumante y da las características físicas y químicas del polímero el cual genera celdas.

Las utilizaciones de estos materiales favorecen la reducción de cantidad a utilizar, además de aumentar su producción y obtener un costo más accesible, sin embargo, la utilización del polímero es de suma importancia por el remplazo de las de las piezas del material a modificar.

- **Plásticos en el sector de la automoción**

A nivel mundial el plástico en la actualidad representa un 12% a 15% del total del peso del vehículo como se muestra en el gráfico, esto no tiende a crecer por las exigencias emitidas por dichos vehículos ya que estos están directamente relacionados con el peso.

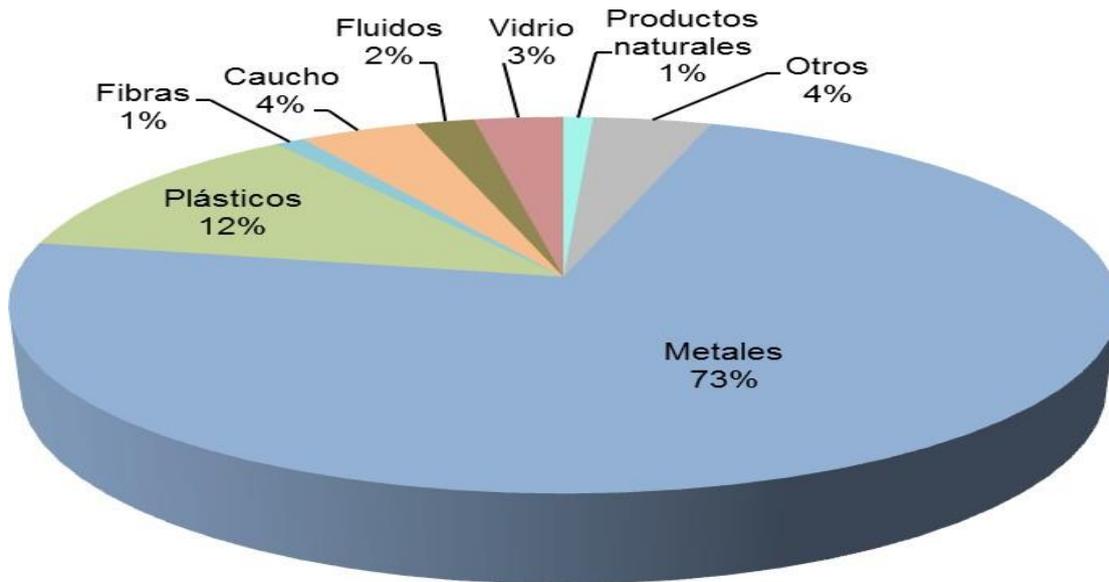


Gráfico 1: Plásticos en el sector de la automoción

Fuente: Rojas (2016)

En este otro gráfico se observa cómo se distribuye según las variedades de zonas del vehículo y la cantidad de plástico totalizada en estos; en los estacionamientos automovilísticos del continente europeo estos tienen un promedio de 150 mil kilómetros de vida útil, esto es gracias al empleo de los plásticos, por ende el consumo de los combustibles reduce en un aproximado de 12 millones de toneladas anuales y las emisiones de dióxido de carbono (Co2) reducen en 30 millones.

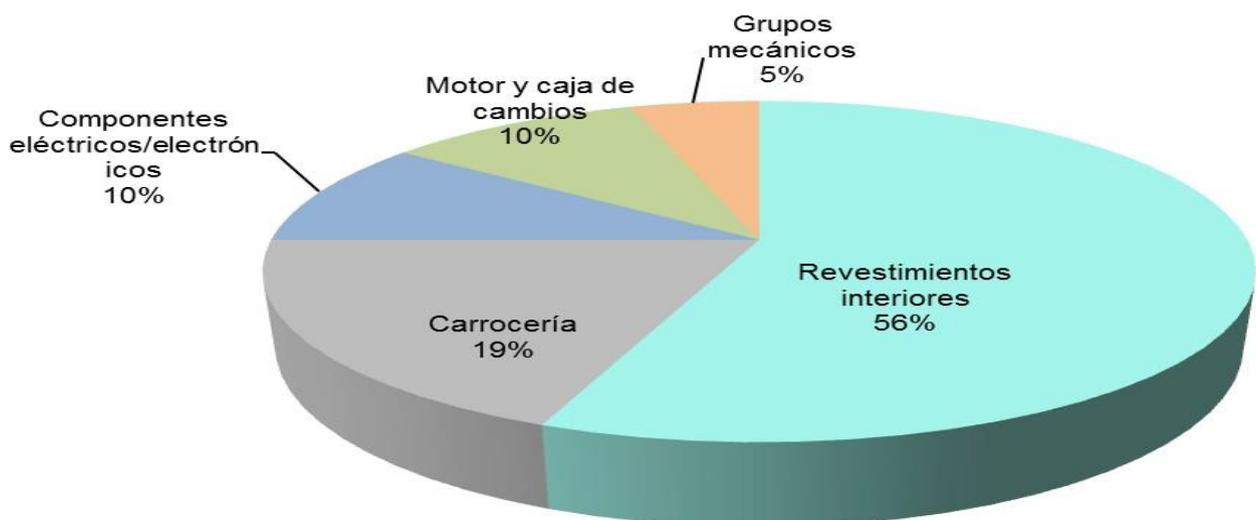


Gráfico 2: Porcentaje de plástico en automóviles

Fuente: Rojas (2016)

Para la variable polipropileno utilizaremos el libro titulado “Procesos de fabricación en polímeros y cerámicos” elaborado por los Sres. Leonardo Emiro Contreras, Luis Fernando Vargas Tamayo y Ricardo Augusto Rios Linares publicado en el año 2018 en la editorial Ediciones de la U, En la ciudad de Bogotá, Colombia.

1. MATERIALES POLIMÉRICOS – POLIPROPILENO

Cuando observamos alrededor podemos observar los incontables productos elaborados con el plástico en los cuales se los utiliza en el ámbito de la enseñanza como también en los transportes y agricultura, sin dejar en el olvido a las empresas de telecomunicaciones e inmobiliarios y muchas más; el polipropileno y varios plásticos más son materiales derivados del carbón, como también del petróleo y del gas natural.

El significado de la palabra polímeros viene del latín poly (muchos) y meros (partes), esta última quiere decir que vienen de varias partes por lo que están constituidos por una secuencia o cadena repetitiva de muchas moléculas, mayormente este polímero está conformado por hidrogeno (H), oxígeno (O), carbono (C), nitrógeno (N), y el azufre(S).

Características:

- Facilidad para moldearlos para realizar diferentes figuras sin tener la necesidad de realizar procesos posteriores.
- Tienen una baja densidad en lo que son los metales y cerámicos.
- Poseen una elevada resistencia a la corrosión.
- Mayormente usados en materiales compuestos.
- Algunos polímeros o plásticos son transparentes o translucidos por esta razón existe la competencia con el material del vidrio.

1.1 FUNDAMENTOS Y ESTRUCTURAS DE LOS POLIMEROS

Los polipropilenos como polímeros son cadenas unidas de elementos covalentes del carbono-carbono, en la cual se unen diferentes partes como lo es el C₂H₄ (etileno) ya que, si este se repite, esta forma un polímero en la cual se observa en la siguiente figura:

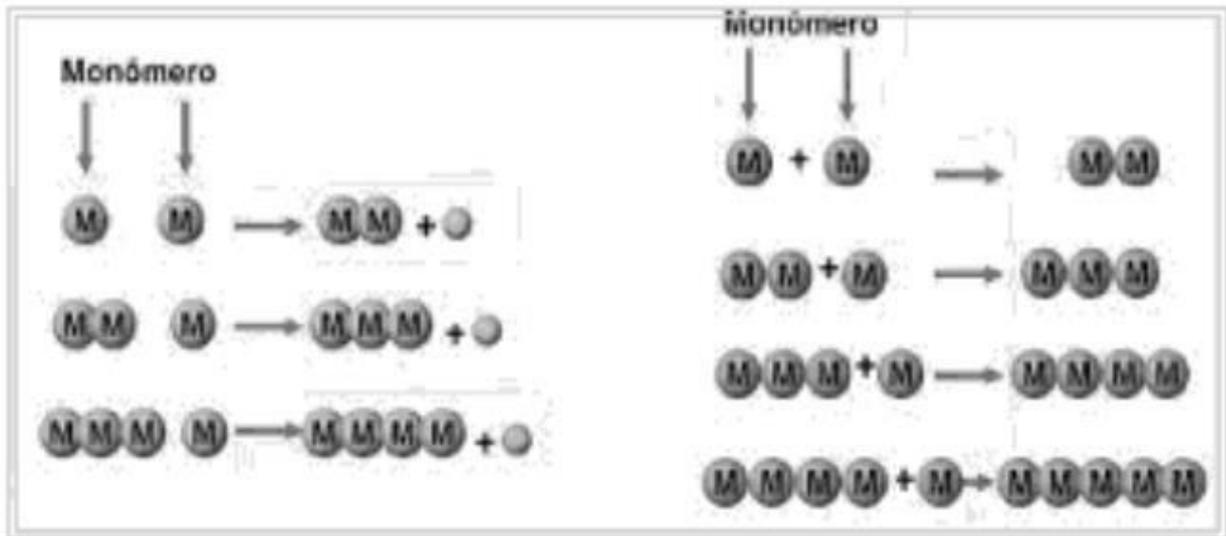


Figura 1: Estructura de los polímeros

Fuente: (Contreras, Tamayo, & Linares, 2018)

En todas partes se puede notar la existencia de diferentes tipos de productos elaborados del plástico, pero no todos son iguales, existen 3 grandes grupos de polímeros los cuales son:

Termoplásticos: estos son de materiales reciclados por lo que sus propiedades permiten ablandarse y estos se funden cuando entran a la etapa de calentarlos y el material se pone por goteo, en este grupo existe el polietileno (PE) pero el que más importa es el polipropileno (PP) también encontramos el poliestireno (PS) y el más común el policloruro de vinilo (PVC).

Termoestables: son los plásticos que al calentarse estos se queman y esto hace que dicho material pase a la fase de estado gaseoso; dentro de este grupo encontramos la resina fenólica (PF) y la resina epoxicas (EP).

Elastómeros: estas como su nombre mismo lo indica son plásticos que poseen una propiedad peculiar como son las elásticas como por ejemplo los cauchos.

1.1.2 POLIMEROS LINEALES, RAMIFICADOS Y DE CADENA TRANSVERSAL

El grupo de los termoplásticos donde se encuentra el polipropileno (PP); estos presentan una estructura llamada esta como polímero lineal y también de cadenas ramificadas llamada también como polímero ramificado; estos polímeros mientras sean más lineales estos nos proporcionan mayor:

- Densidad
- Grado de cristalización

- Temperatura de fusión
- Este también nos proporciona:
- Mejor resistencia química
 - Menor brillo
 - Menor transparencia

También encontramos otra cadena la cual se denomina como transversal, estos tienen la virtud de poseer monómeros y tienen la capacidad de adaptarse y unirse con monómeros adyacentes en dos o más lados, el beneficio de esta es la adición de varias moléculas ramificadas.

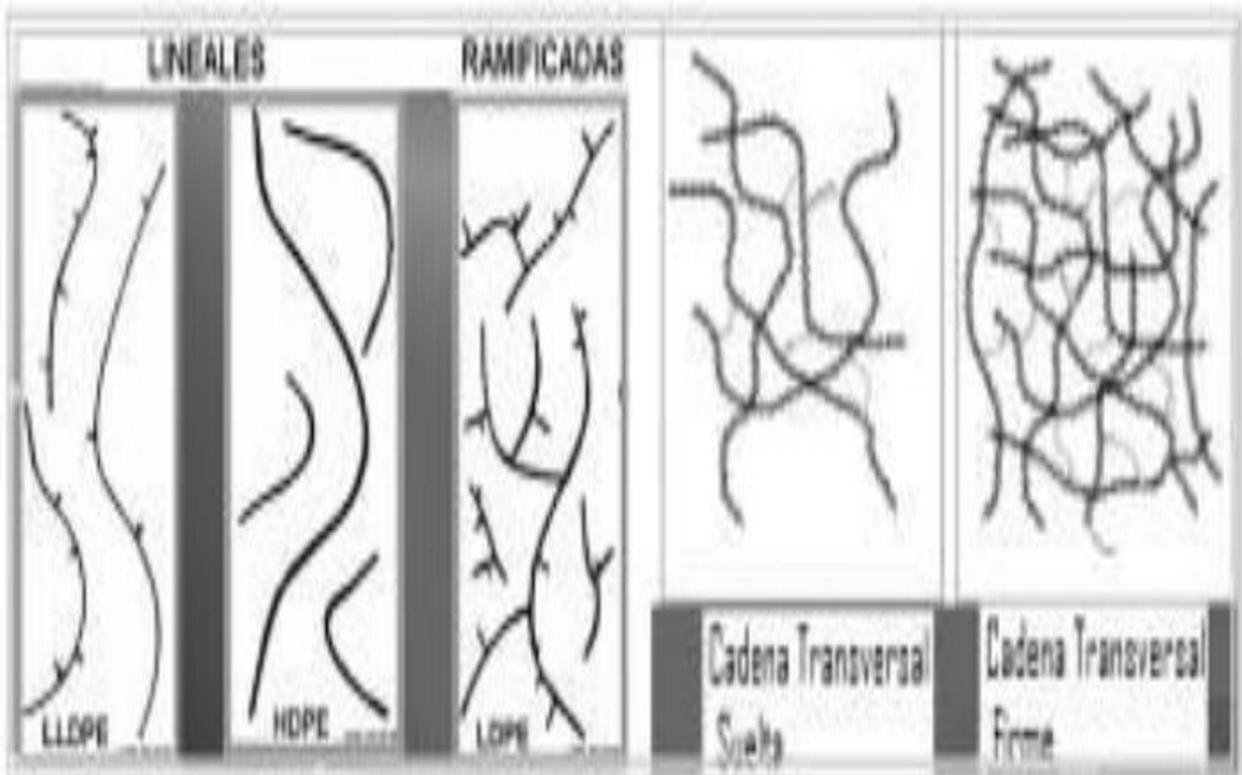


Figura 2: Moléculas ramificadas

Fuente: (Contreras, Tamayo, & Linares, 2018)

1.3 TERMOPLÁSTICOS

Una de las características principales de los termoplásticos es que se pueden calentar hasta tenerlo en un estado de líquido-viscoso y a la vez enfriarse cuantas veces sea necesario esto lo hace que sea reutilizable; entre estos polímeros que son caracterizados como termoplásticos se encuentra el polipropileno y varios más como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8 Características de los termoplásticos

	Resistencia a la tensión (Psi)	% de alargamiento	Módulo elástico (psi)	Densidad (g/cm3)	Impacto Izod (pie-lb/pulg)
Polietileno (PE)					9,0
Baja densidad	3.000	800	40.000	0,92	4,0
Alta densidad	5.500	130	180.000	0,96	
Policloruro de vinilo (PVC)	9.000	100	600.000	1,40	
Polipropileno (PP)	6.000	700	220.000	0,90	1,0
Poliestireno (PS)	8.000	60	450.000	1,06	0,4
Poliacrilonitrilo (PAN)	9.000	4	580.000	1,15	4,8
Policarbonato (PC)	11.000	130	400.000	1,2	16

Fuente: (Contreras, Tamayo, & Linares, 2018)

1.3.3 POLIPROPILENO

El polipropileno es un material del grupo del termoplástico en la cual su temperatura de fusión está muy por encima de los 160 ° C y es muy utilizado para los envases de alimentos como lo son las botellas, también para equipos de laboratorios, para partes automotrices y para películas transparentes.

El monómero de dicho material se muestra en la siguiente imagen, el polipropileno es un excelente material dieléctrico ya que tiene alta resistencia a diversos solventes químicos, ácidos y álcalis; también tiene resistencia a la humedad y al calor, estas propiedades lo hacen que este material sea perfecto para cubiertas de ventiladores de vehículos y también para ductos de calefacción y para estudios de vías principales (autopistas).

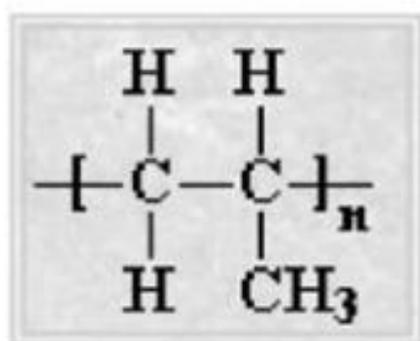


Figura 3: Polipropileno

Fuente: (Contreras, Tamayo, & Linares, 2018)

1.3.4 POLIESTIRENO

Dicho material se produce desde la polimerización del monómero estireno de la cual cuya estructura química se refleja en la imagen , el polipropileno es un material transparente, frágil e inodoro, además es opaco; para poder modificar las propiedades de este material puro se le procede a añadir caucho por lo cual generalmente polibutadieno, este hace producir un material denominado poliestireno choque o poliestireno de alto impacto (HIPS), esto adquiere muchas características como lo es la mayor resistencia y también mayor ductilidad y resistencia al impacto.

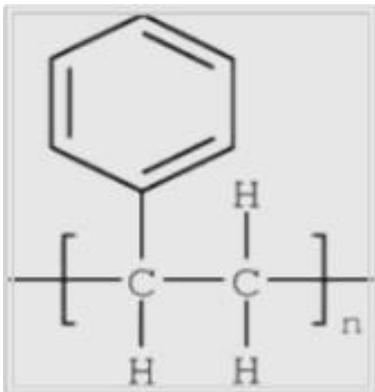


Figura 4: Poliestireno

Fuente: (Contreras, Tamayo, & Linares, 2018)

2.2 Marco conceptual

Pavimento

Se puede definir como una superficie de alta resistencia, el cual a sido fabricado con materiales de alta duración, cuyo objetivo es la de permitir el transporte de diferentes medios, así como de animales y personas.

Pavimento flexible

Su nombre proviene debido a su particularidad de flexionarse formadas por os capas flexibles y d base granular, en otras palabras, posee característica maleable. Las cargas generadas debido al tránsito vehicular hacia las capas inferiores se distribuyen a través de la fricción y cohesión de las partículas de los materiales que están compuestos.

Mezcla asfáltica

Según (Vise, 2019) relata que la mezcla asfáltica es uno de los compuestos importantes en la construcción de vías, esta mezcla esta compuesta por varios materiales, esta es el resultado de mezclar el material asfáltico con agregados de carácter pétreos de manera uniforme. De las proporciones dependen las propiedades físicas de la mezcla.

Asfalto en caliente

De acuerdo a (Involucrasl, 2021) el asfalto caliente es una mezcla de varios componentes, es también llamada mezcla bituminosa, esta se mezcla con áridos en los cuales se encuentra el polvo mineral, también se usa un ligante, el cual ayuda a unir todos los elementos, algo importante a tener en cuenta es que no todos los ligantes son iguales, ni tampoco los áridos.

Polímeros

De acuerdo con (zschimmer & schwarz, 2019) los polímeros son macromoléculas las cuales están compuestas por una o varias unidades químicas las cuales se van repitiendo a lo largo de toda la cadena. Aunque no se aprecie a primera vista, los polímeros están en nuestro día a día, un ejemplo de aquello es lo que se conoce como poliuretano, es uno de los más versátiles el cual se utiliza en zapatos hasta en la construcción de grandes obras de ingeniería.

Carga monotónica

Según (Ayala, Chicaiza, Hernández, Velástegui, & Baquero, 2021) mencionan que la carga monotónica consiste en aplicar carga de manera paulatina sobre un área transversal de una viga como mínimo de un lapso de tiempo de 15 minutos hasta que se produzca el fallo.

Emulsificantes

Según la página especializa en polímeros (todo en polímeros, 2020), detalla que un emulsificante es una sustancia que permite que dos compuestos líquidos permanezcan mezclados y estables. Los emulsificantes otorgan estabilidad a una emulsión.

Respecto a la industria del plástico se usan emulsificantes con cualquier tipo de producto en el cual tenga forma de emulsión.

Monómeros

Es una molécula única básica relativamente pequeña, sin embargo, dicha molécula es capaz de hacer una reacción en cadena con sustancia igual o similar formando así el proceso de polimerización.

2.3 Marco Legal

Constitución de la República del Ecuador

En el siguiente artículo de la Constitución nos menciona lo siguiente:

Sección segunda Ambiente sano Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Ley Orgánica de Educación Superior LOES

Art. 8.- Fines de la Educación Superior. - en la que encontramos los siguientes fines:

- a) Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción científica, de las artes y de la cultura y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas.
- b) Fortalecer en las y los estudiantes un espíritu reflexivo orientado al logro de la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico.
- c) Contribuir al conocimiento, preservación y enriquecimiento de los saberes ancestrales y de la cultura nacional.
- d) Formar académicos y profesionales responsables, en todos los campos del conocimiento, con LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR, LOES.
- f) Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional en armonía con los derechos de la naturaleza constitucionalmente reconocidos, priorizando el bienestar animal; (LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR, LOES, 2018)

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES MOP - 001-F 2002

CAPITULO 200: MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL:

SECCIÓN 103-3: Control de Material

SECCIÓN 205: Control de polvo

SECCIÓN 206: Protección de vía

SECCION 211: Instalación y Operación de Plantas de Asfalto

SECCION 212: Rellenos Sanitarios

SECCION 213: Seguridad Industrial y Salud Ocupacional

SECCION 214: Prevención y Control de la Contaminación del Suelo

SECCION 215: Prevención y Control de la Contaminación del Agua

SECCION 216: Prevención y Control de la Contaminación del Aire

SECCION 217: Prevención y Control de Ruidos y Vibraciones

SECCION 218: Conservación de la Flora y Fauna

SECCION 222: Manejo y Transporte de Materiales Peligrosos

SECCION 224: Transporte de Materiales y Movimiento de Maquinaria

CAPITULO 300 MOVIMIENTO DE TIERRAS

SECCION 302: Desbroce, Desbosque y Limpieza

SECCION 303: Excavación y Relleno

SECCION 305: Terraplenado

SECCION 306: Mejoramiento de la Subrasante

SECCION 313: Fuentes de Materiales

CAPITULO 400 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

SECCION 401: Superficies de Rodadura

SECCION 402: Mejoramiento de la Subrasante

SECCION 403: Subbases

SECCION 404: Bases

SECCION 405: Capas de Rodadura

SECCION 406: Reparación y Mantenimiento de Pavimentos

SECCION 407: Control Ambiental durante la Conformación de la Carpeta Asfáltica

CAPITULO 600 INSTALACIÓN DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO

SECCION 601: Alcantarillas de Tubo de Hormigón Armado

SECCION 602: Alcantarillas de Tubo de Metal Corrugado

SECCION 603: Alcantarillas de Láminas de Acero Estructural

SECCION 604: Alcantarillas de Tubo de PVC

SECCION 605: Túneles de Drenaje

SECCION 606: Desagües Subterráneos

SECCION 607: Desagües de la Calzada
SECCION 608: Instalaciones de Drenaje Misceláneos
SECCION 609: Cloacas
SECCION 610: Aceras y Bordillos de Hormigón
SECCION 611: Equipos para Estaciones de Bombeo
SECCION 612: Dispositivos e Instalaciones Misceláneos de Metal
SECCION 613: Sistemas de Protección Ambiental
SECCION 614: Badenes

NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP:

Volumen 1: Procedimientos para proyectos viales
Volumen 2A-B: Norma para estudios y diseños viales
Volumen 3: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes
Volumen 4: Estudios y criterios ambientales para proyectos viales
Volumen 5: Procedimientos de operación y seguridad vial
Volumen 6: Operaciones de mantenimiento vial

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 16039: Construcción de carreteras y mantenimiento de equipo
NTE INEN-ISO 15143-1 Maquinaria para movimiento de tierras y máquinas móviles de construcción de carreteras
NTE INEN 2060:2009 Productos derivados del petróleo. Cementos asfálticos. Requisitos
NTE INEN 2061:2009 Productos derivados del petróleo. Asfaltos diluidos. Requisitos
NTE INEN 2062:2009 Productos derivados del petróleo. Emulsiones asfálticas catiónicas. Requisitos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

El proceso constructivo para esta investigación según Jiménez y Pérez 2017 la metodología es de tipo deductiva consiste en descubrir principios desconocidos a partir de lo conocido, infiriendo soluciones o características concretas en la generalización, también pretende descubrir consecuencias desconocidas, de principio conocido.

Por ende en la presente tesis busca comportamientos desconocidos, adicionando polímeros a un pavimento asfáltico tradicional por lo cual esta investigación es de tipo deductiva.

3.2 Enfoque

Según (Ramírez et al., 2018) la investigación es cuantitativa debido a que debe existir una conexión natural lineal entre elementos (variable dependiente y variable independiente) y esta misma recolecta información a través de datos numéricos surgidos por experimentos, esta investigación va acorde en el campo estadístico.

Esta investigación presenta técnicas ed instrumentos de recolección de datos que recolectan solo datos numéricos, tales como el ensayo de estabilidad, ensayo de porcentaje de vacíos, entro otros, de tal manera, que esta investigación responde al enfoque cuantitativo

3.3 Tipo de investigación

Según (Galeano, 2020) la investigación experimental son procesos fundamentales usados por el investigador para determinar la realidad de estudio. El análisis de toma de datos son las bases acudidas por el autor por la formulación de hipótesis previas, lo cual pretende anticipar el comportamiento del objeto en estudio.

Debido a que en esta investigación se realizaran ensayos en ambientes controlados para determinar la realidad del estudio de la mezcla asfáltica en caliente usando plástico polipropileno y policarbonato, analizando los datos para determinar si la hipótesis planteada se cumple o no, razón por la cual, esta investigación se enmarca dentro de una investigación experimental.

3.4 Técnica e instrumentos

Para este proyecto de grado la técnica utilizada es el ensayo Marshall el cual permite por varios procesos determinar el flujo y estabilidad del pavimento asfáltico en caliente usando plástico polipropileno y policarbonato.

Los instrumentos usados por el ensayo son:
Hornilla, horno, molde para la briqueta, balanza, martillo Marshall, tamices, la máquina de compresión universal y dial.

3.5 Población

Según Hernández, Fernández y Batista en su libro metodología de investigación establece que la población son los individuos que poseen características similares y los cuales serán objeto de estudio.

Por ende, la presente tesis de grado tiene 21 briquetas con diferentes dosificaciones aplicadas, como polipropileno, policarbonato y ligante tradicional.

3.6 Muestra

Tal como indica Hernández, Fernández y Batista la muestra es una proporción más pequeña que posee características homogéneas de la población y son los individuos a los cuales se les aplicaran las técnicas para la recolección de datos.

Los mismos autores del libro metodología de investigación indican que cuando la población es pequeña entonces la muestra es igual a la población, de la manera que la muestra de esta investigación está formada por 21 briquetas subdivididas de la siguiente manera, 7 dosificaciones diferentes y 3 briquetas para cada dosificación.

Tabla 9 Diseño de pavimento

Numero de dosificación	Dosificación de polipropileno	Dosificación de policarbonato	Dosificación total de adición	Numero de briquetas
1	2%	2%	4%	3
2	2,25%	2,25%	4,5%	3
3	2,5%	2,5%	5%	3
4	2,75%	2,75%	5,5%	3
5	3%	3%	6%	3
6	3,25%	3,25%	6,5%	3
7	3,5%	3,5%	7%	3
Cantidad de briquetas				21

Elaborado por: López, O. y Mantilla, J. (2022)

Los textos indican que la validez estadística de una muestra es de mínimo 32 especímenes, sin embargo, por razones económicas y logísticas incitada por la pandemia se obtuvieron 21 especímenes.

3.7 Análisis de resultados

Para entender el proceso aplicado para la obtención y respuestas sobre la mezcla asfáltica en caliente utilizando plástico polipropileno y policarbonato se la subdividirá por etapas.

ETAPA 1: La obtención de los materiales

En esta etapa los materiales usados para los ensayos fueron donados:
Ligante asfáltico de tipo RC2 donado por el Ingeniero Byron Vacacela



Figura 5: Obtención de materiales
Elaborado por: López, O. y Mantilla, J. (2022)

Polímeros



Figura 4: Plástico triturado
Elaborado por: López, O. y Mantilla, J. (2022)



Figura 5: Agregados tradicionales donado por Ingeniero Byron Vacacela
Elaborado por: López, O. y Mantilla, J. (2022)

ETAPA 2: Determinar el porcentaje de dosificación

Tabla 10 Determinar el porcentaje de dosificación

Proceso	Fotografía
<p>Como el agregado fue donado por el Ingeniero Byron Vacacela nos dimos como un material ya unificado, en base en donde se va ad elaborar su dosificación tradicional como grava y arena, por ende, se utiliza los tamices para determinar la granulometría del material recibido.</p>	

Luego tras determinar el agregado tradicional, se procederá aplicando una adición inicial de 4% de polímero hasta llegar a un 7% en la mezcla asfáltica usando una hornilla para sustentar calor para la elaboración de la carpeta asfáltica.



Elaborado por: López, O. y Mantilla, J. (2022)

ETAPA 3: Obtención de briquetas

Para la obtención de las muestras de mezclas asfálticas en caliente usando policarbonato y polipropileno se las preparo en un molde cilíndrico y luego tras golpear 75 veces luego se repetirá el proceso, pero con cada invertida con el martillo Marshall, se dejó enfriar por 2 horas mínimo



Figura 6: Prueba de ensayo

Elaborado por: López, O. y Mantilla, J. (2022)



Figura 7: agregado

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 8: Compactación
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 9: Diseño prueba #1
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

ETAPA 4: Análisis del peso

En este proceso se va a pesar la briqueta 3 veces:

La primera vez cuando se la hizo descansar por 2h en el aire, la segunda se la moja en un balde y se repite el mismo proceso al final se los ubica en el horno y volver a pesar la briqueta para tomar el peso saturado, al final anotar los valores.



Figura 10: Peso de briquetas
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 11: Prueba
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 12: Briqueta puesta en horno
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 13: Recolección de datos
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

ETAPA 5: Ensayo de estabilidad y determinación de flujo

En el proceso final las briquetas se las sumergieron en el baño María, por 15 minutos a 30°C para luego retirarlos y proceder a utilizar la máquina de compresión universal para determinar la estabilidad “dial” y el flujo



Figura 16: Tomando pruebas
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 17: Prueba de compresión
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 14: Diseño
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)



Figura 15: Prueba de compresión
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

CAPÍTULO IV INFORME FINAL

Para el primer objetivo específico definir las características físicas del plástico polipropileno se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 11 Propiedades físicas del polipropileno

PESO ESPECIFICO	0,91 g/cm ³
DENSIDAD	0,83 g/cm ³
PUNTO DE FUSION	165°C
PUNTO DE DEGRADACION	287°C

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Para el segundo objetivo específico establecer las características físicas de plástico policarbonato se obtuvo los siguientes parámetros.

Tabla 12 Propiedades físicas del policarbonato

PESO ESPECIFICO	1,2 g/cm ³
DENSIDAD	1 g/cm ³
PUNTO DE FUSION	297°C
PUNTO DE DEGRADACION	447°C

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Para el tercer objetivo específico diseñar el pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato.

Tabla 13 Diseño del pavimento asfáltico

Numero de dosificación	% de polipropileno	% de policarbonato	% de ligante asfáltico	% de grava	% de gravilla	% de arena	Numero de briquetas
1	2%	2%	5%	18%	12%	68%	3
2	2,25%	2,25%	5%	18%	12%	67,5%	3
3	2,5%	2,5%	5%	18%	12%	67%	3
4	2,75%	2,75%	5%	18%	11,5%	67%	3
5	3%	3%	5%	18%	11%	67%	3
6	3,25%	3,25%	5%	17,5%	11%	67%	3
7	3,5%	3,5%	5%	17%	11%	67%	3

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Se estima en base a las tesis relacionadas a este trabajo, el mejor comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica se dio al agregar porcentaje de ambos polímero entre 4 y 7% y del porcentaje de la mezcla y 5% de ligante asfáltico, razón por la cual, solo se estudió este rango de adición de polímero.

Para el cuarto objetivo específico analizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 14 Peso unitario

MUESTRA #	OLIMEROS %	PESO (gr)			VOLUMEN (cm ³) (A)-(C)	MEZCLA COMPACTADA BULK (gr/cm ³) (B)/(D)	PESO UNITARIO DELA MUESTRA (lib*pie ³) (E)*0,06234*1000 (M)
		SATURADO ERFICIALME	AIRE (gr)	AGUA (gr)			
		SECO (gr)	(B)	(C)	(D)	(E)	
		(A)					
1	4,00	1238,0	1226,1	715	523,0	2,344	146,15
2	4,00	1232,7	1225,3	711	521,7	2,349	146,42
3	4,00	1232,2	1225,4	710	522,2	2,347	146,29
PROMEDIO							146,28
1	4,50	1256,4	1243,5	723,7	532,7	2,334	145,52
2	4,50	1257,3	1237,5	725,8	531,5	2,328	145,15
3	4,50	1255,6	1247,0	721,2	534,4	2,333	145,47
PROMEDIO							145,38
1	5,00	1278,0	1264	717	561,0	2,253	140,46
2	5,00	1288,6	1268,1	713	575,6	2,203	137,34
3	5,00	1276,8	1270,3	720	556,8	2,281	142,22
PROMEDIO							140,01
1	5,50	1276,0	1258	710	566	2,223	138,56
2	5,50	1279,5	1255,2	713,2	566,3	2,216	138,18
3	5,50	1270,0	1257,1	712	558	2,253	140,44
PROMEDIO							139,06
1	6,00	1269,0	1248	697	572,0	2,182	136,01
2	6,00	1267,4	1249,6	696	571,4	2,187	136,33
3	6,00	1267,2	1250	695	572,2	2,185	136,18
PROMEDIO							136,18
1	6,50	1386,0	1381,0	768	618,0	2,235	139,31
2	6,50	1385,8	1380,5	768,45	617,35	2,236	139,40
3	6,50	1387,1	1381,3	767,58	619,52	2,230	139,00
PROMEDIO							139,23
1	7,00	1294,0	1288	706	588,0	2,190	136,55
2	7,00	1293,5	1287,4	701,6	591,94	2,175	135,58
3	7,00	1294,8	1288,8	704,3	590,5	2,183	136,06
PROMEDIO							136,07

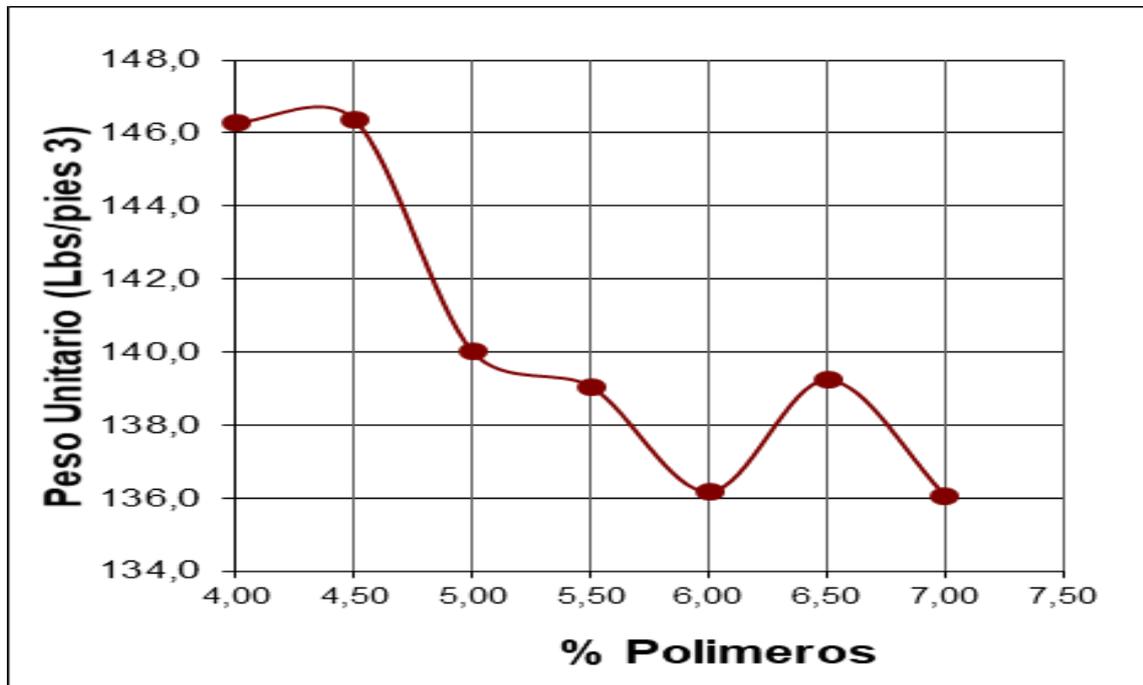
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 15 Peso unitario de la muestra

#Dosificación	% de Polímeros	Peso Unitario de la Muestra
1	4,00	146,3
2	4,50	145,4
3	5,00	140,0
4	5,50	139,1
5	6,00	136,2
6	6,50	139,2
7	7,00	136,1

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 16 Peso unitario de porcentaje de polimeros



Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 17 Agregado de vacíos #1

MUESTRA #	POLIMEROS %	MEZCLA	PESO DEL	PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO	VOLUMEN TOTAL	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO	% PORCENTAJE DE ABSORCION	% ASFALTO	% ASFALTO	AGREGADO	VACIOS (Va)
		COMPACTADA	ASFALTO		ASFALTO			ABSORCION	EFFECTIVO		
		BULK (gr/cm³)	(gr)		(cm³)			$\frac{((E \cdot 100) - F) \% \text{Absorc}}{100 \cdot G_{\text{ASFALTO}}}$	$\frac{(G) \cdot (H)}{Z_{\text{ASFALTO}}}$		
		(B) / (D)	(E) * % ASFALTO	(F) / Z_{ASFALTO}	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	$100 - (I) - (J)$	
1	4,00	2,344	9,38	1,010	9,28	2,378	1,86	4,23	5,06	94,64	0,30
2	4,00	2,349	9,39	1,010	9,30	2,378	1,86	4,24	5,07	94,82	0,12
3	4,00	2,347	9,39	1,010	9,29	2,378	1,86	4,23	5,06	94,73	0,21
PROMEDIO			9,39					4,23	5,06	94,73	0,21
1	4,50	2,334	10,50	1,010	10,40	2,378	1,86	4,19	6,21	93,75	0,04
2	4,50	2,328	10,48	1,010	10,37	2,378	1,86	4,18	6,20	93,50	0,30
3	4,50	2,333	10,50	1,010	10,40	2,378	1,86	4,19	6,21	93,71	0,08
PROMEDIO			10,49					4,18	6,21	93,65	0,14
1	5,00	2,253	11,27	1,010	11,15	2,378	1,86	4,02	7,13	90,01	2,86
2	5,00	2,203	11,02	1,010	10,91	2,378	1,86	3,93	6,97	88,01	5,01
3	5,00	2,281	11,41	1,010	11,29	2,378	1,86	4,07	7,22	91,14	1,64
PROMEDIO			11,23					4,01	7,11	89,72	3,17
1	5,50	2,223	12,22	1,010	12,10	2,378	1,86	3,95	8,16	88,33	3,52
2	5,50	2,216	12,19	1,010	12,07	2,378	1,86	3,93	8,14	88,08	3,78
3	5,50	2,253	12,39	1,010	12,27	2,378	1,86	4,00	8,27	89,53	2,20
PROMEDIO			12,27					3,96	8,19	88,64	3,17
1	6,00	2,182	13,09	1,010	12,96	2,378	1,86	3,85	9,11	86,25	4,65
2	6,00	2,187	13,12	1,010	12,99	2,378	1,86	3,86	9,13	86,45	4,42
3	6,00	2,185	13,11	1,010	12,98	2,378	1,86	3,86	9,12	86,35	4,53
PROMEDIO			13,11					3,86	9,12	86,35	4,53
1	6,50	2,235	14,53	1,010	14,38	2,378	1,86	3,93	10,46	87,86	1,68
2	6,50	2,236	14,54	1,010	14,39	2,378	1,86	3,93	10,46	87,92	1,61
3	6,50	2,230	14,49	1,010	14,35	2,378	1,86	3,92	10,43	87,67	1,90
PROMEDIO			14,52					3,92	10,45	87,82	1,73
1	7,00	2,190	15,33	1,010	15,18	2,378	1,86	3,83	11,35	85,67	2,98
2	7,00	2,175	15,22	1,010	15,07	2,378	1,86	3,80	11,27	85,06	3,67
3	7,00	2,183	15,28	1,010	15,13	2,378	1,86	3,81	11,31	85,36	3,33
PROMEDIO			15,28					3,81	11,31	85,36	3,33

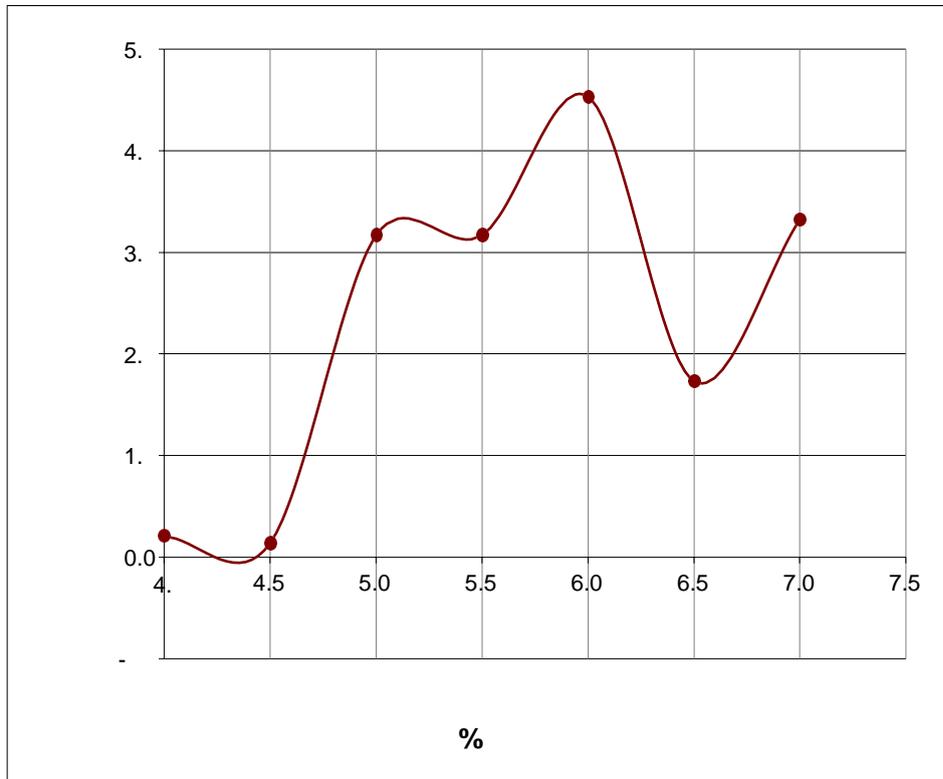
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 18 Agregado de vacíos #2

#Dosificación	% de Polímeros	Vacíos(Va)
1	4,00	0,21
2	4,50	0,14
3	5,00	3,17
4	5,50	3,17
5	6,00	2,98
6	6,50	1,73
7	7,00	3,33

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 19 Porcentaje de vacíos y polímeros



Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 20 Promedio de vacíos presente en la partícula de agregado pétreo

MUESTRA #	OLIMEROS %	AGREGADO	V. m.a. (%)
		$\frac{((E*100)-(F))*\% \text{ Absorc}}{100*1000}$	100- (J)
		$\frac{100*}{c} \text{ ASFALTO}$	(L)
		J	
1	4,00	94,64	5,36
2	4,00	94,82	5,18
3	4,00	94,73	5,27
PROMEDIO		94,73	5,27
1	4,50	93,75	6,25
2	4,50	93,50	6,50
3	4,50	93,71	6,29
PROMEDIO		93,65	6,35
1	5,00	90,01	9,99
2	5,00	88,01	11,99
3	5,00	91,14	8,86
PROMEDIO		89,72	10,28
1	5,50	88,33	11,67
2	5,50	88,08	11,92
3	5,50	89,53	10,47
PROMEDIO		88,64	11,36
1	6,00	86,25	13,75
2	6,00	86,45	13,55
3	6,00	86,35	13,65
PROMEDIO		86,35	13,65
1	6,50	87,86	12,14
2	6,50	87,92	12,08
3	6,50	87,67	12,33
PROMEDIO		87,82	12,18
1	7,00	85,67	14,33
2	7,00	85,06	14,94
3	7,00	85,36	14,64
PROMEDIO		85,36	14,64

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 21 Muestra y porcentaje de vacíos presente en las partículas de agregado pétreo

#Dosificación	% de Polímeros	V.m.a. (%)
1	4,00	5,27
2	4,50	6,35
3	5,00	10,28
4	5,50	11,36
5	6,00	13,65
6	6,50	12,18
7	7,00	14,64

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

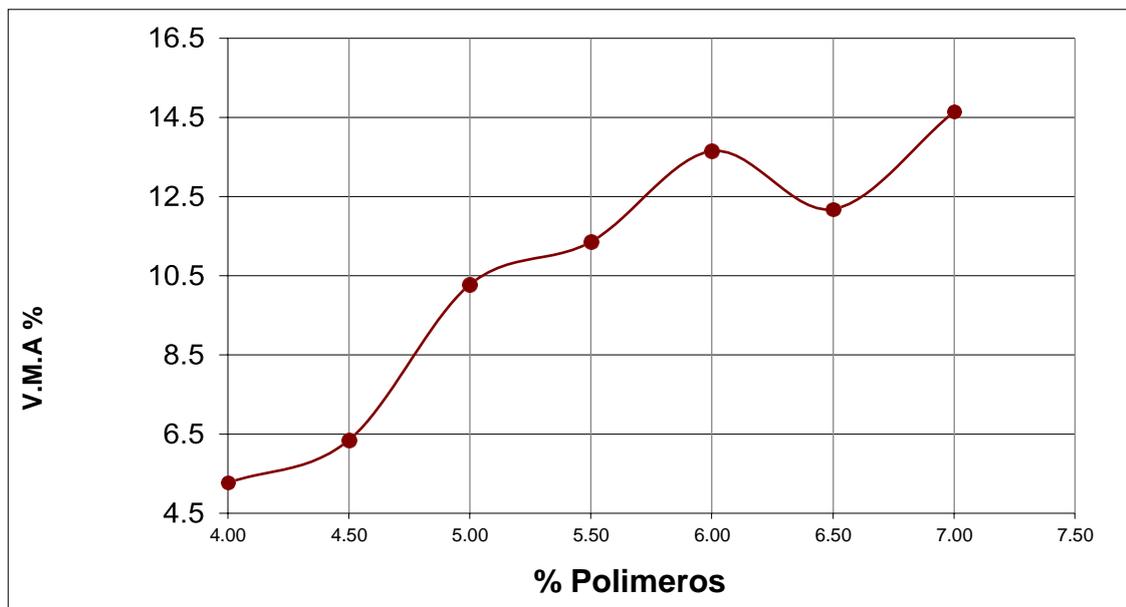


Gráfico 3: Porcentaje de polímeros
 Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 22 Estabilidad de marshall

MUESTRA #	OLIMEROS %	Deformación Dial	Resistencia anillo Marshall K	ESTABILIDAD MARSHALL (libras)		
				MEDIDA (D*K)	FACTOR DE CORRECCION	CORREGIDA
				(N)	(O)	(P)
1	4,00	425,00	4,3804	1861,7	0,93	1731,35
2	4,00	424,78	4,3804	1860,7	0,93	1730,46
3	4,00	426,34	4,3804	1867,5	0,93	1736,81
PROMEDIO						1732,87
1	4,50	424,00	4,3804	1857,3	0,93	1727,28
2	4,50	425,00	4,3804	1861,7	1,04	1936,14
3	4,50	421,00	4,3804	1844,1	1,09	2010,12
PROMEDIO						1891,18
1	5,00	1240,00	4,3804	5431,7	1,14	6192,13
2	5,00	1340,00	4,3804	5869,7	1,04	6104,53
3	5,00	1230,00	4,3804	5387,9	0,96	5172,38
PROMEDIO						5823,01
1	5,50	1400,00	4,3804	6132,6	0,96	5887,26
2	5,50	1340,00	4,3804	5869,7	0,96	5634,95
3	5,50	1420,70	4,3804	6223,2	0,96	5974,30
PROMEDIO						5832,17
1	6,00	1080,00	4,3804	4730,8	1,00	4730,83
2	6,00	1076,00	4,3804	4713,3	1,00	4713,31
3	6,00	1082,00	4,3804	4739,6	1,00	4739,59
PROMEDIO						4727,91
1	6,50	705,00	4,3804	3088,2	1	3088,18
2	6,50	713,00	4,3804	3123,2	1	3123,23
3	6,50	707,00	4,3804	3096,9	1	3096,94
PROMEDIO						3102,78
1	7,00	860,00	4,3804	3767,1	1	3767,14
2	7,00	858,00	4,3804	3758,4	1	3758,38
3	7,00	861,00	4,3804	3771,5	1	3771,52
PROMEDIO						3765,68

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 23 Estabilidad corregida

#Dosificación	% de Polímeros	Estabilidad Corregida
1	4,00	1732,87
2	4,50	1891,18
3	5,00	5823,01
4	5,50	5832,17
5	6,00	4727,91
6	6,50	3102,78
7	7,00	3765,68

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

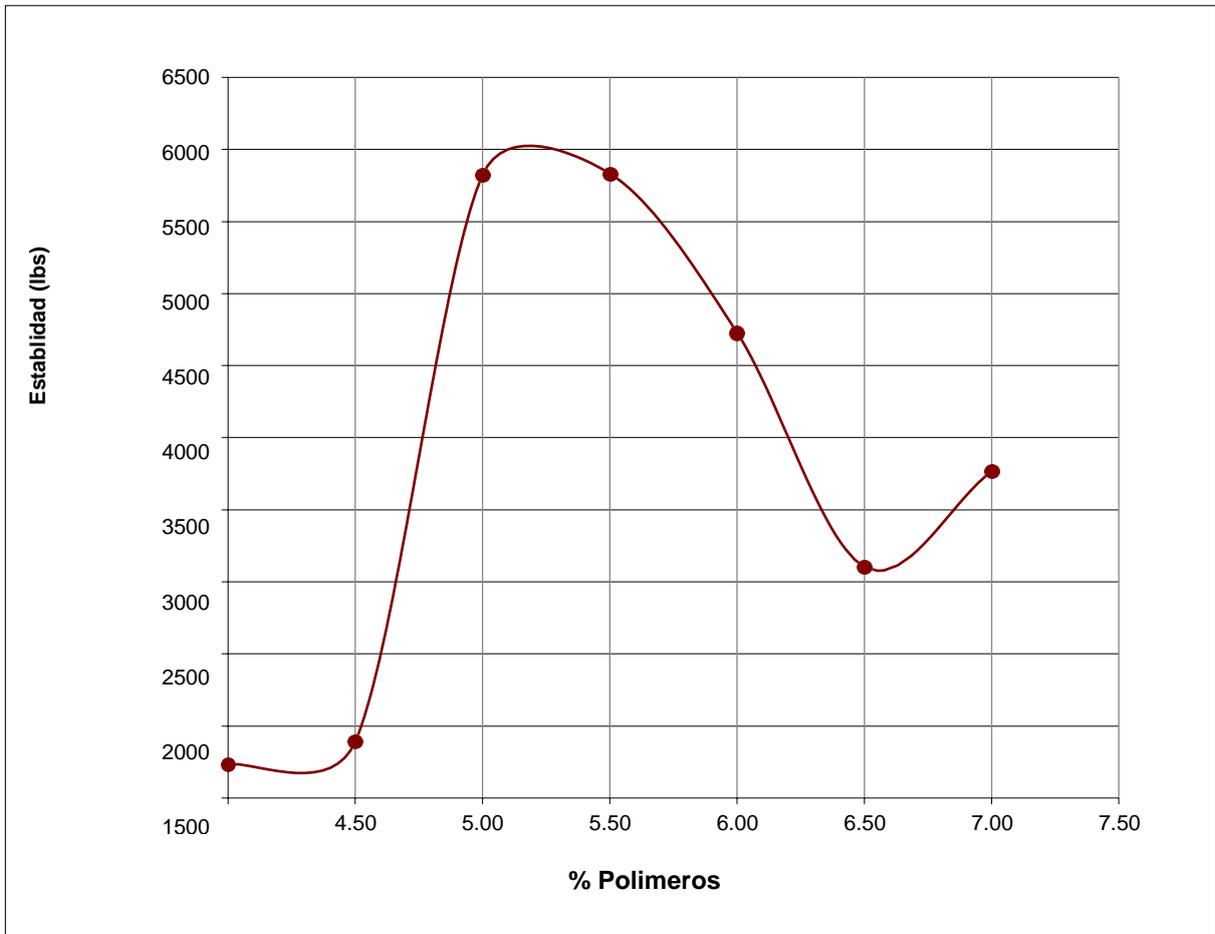


Gráfico 4: Porcentaje de polímeros según su estabilidad

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 24 Flujo de polímeros

MUESTRA #	OLIMEROS %	FLUJO
		Pulg/100
		(Q)
1	4,00	4,50
2	4,00	4,44
3	4,00	4,53
PROMEDIO		4,49
1	4,50	4,50
2	4,50	4,49
3	4,50	4,30
PROMEDIO		4,43
1	5,00	6,00
2	5,00	5,80
3	5,00	6,20
PROMEDIO		6,00
1	5,50	5887
2	5,50	5635
3	5,50	5974
PROMEDIO		5832
1	6,00	5,50
2	6,00	5,25
3	6,00	5,75
PROMEDIO		5,50
1	6,50	8,04
2	6,50	8,44
3	6,50	8,13
PROMEDIO		8,20
1	7,00	6,10
2	7,00	6,04
3	7,00	6,15
PROMEDIO		6,10

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

Tabla 25 Flujo

#Muestra	% de Polímeros	Flujo
1	4,00	4,5
2	4,50	4,4
3	5,00	6,0
4	5,50	6,7
5	6,00	5,5
6	6,50	8,2
7	7,00	6,1

Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

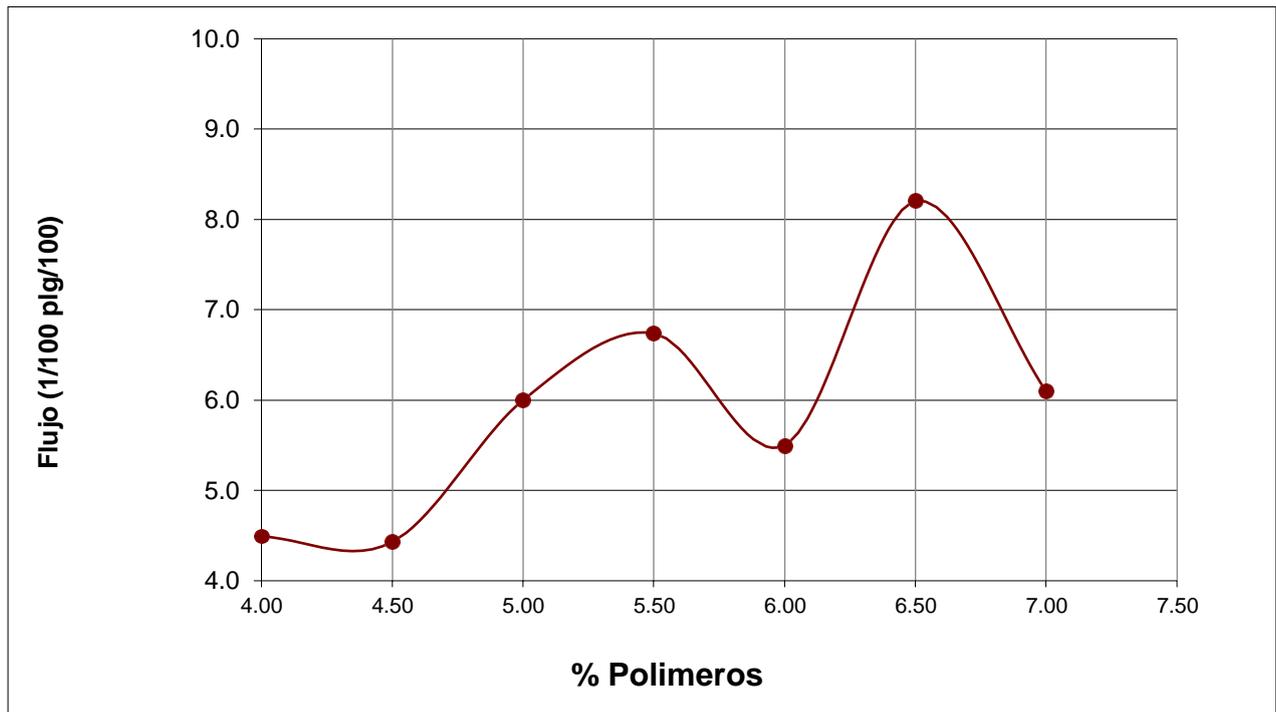


Gráfico 5: Porcentaje de polímeros respecto al flujo
Elaborado por: López, O y Mantilla, J. (2022)

CONCLUSIONES

Este presente trabajo procede a formular las conclusiones aplicadas para llegar al objetivo principal evaluar el pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato también para responder a la hipótesis planteada.

Para el primer objetivo específico definir las características físicas del plástico polipropileno concluimos que los resultados obtenidos como la densidad, es obtenida mediante el principio de Arquímedes.

Mientras que el punto de fusión y de degradación del plástico se lo obtuvo mediante un ensayo el cual ubicaba el elemento encima de un envase de metal el cual se lo calienta en una hornilla, con un termómetro digital se controlaba el punto de fusión y de degradación.

Con respecto al segundo objetivo específico establecer las características físicas del plástico policarbonato se concluyó que el plástico, al ser un polímero de alta resistencia a la fusión requiere que el pavimento asfáltico este bajo temperaturas alta, las cuales no deben exceder el punto de degradación del otro polímero.

Para el tercer objetivo específico diseñar el pavimento asfáltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato se lo obtuvo mediante el ensayo de granulometría, utilizando tamices el cual nos dio como resultado de porcentaje de agregado tradicional, para luego adicionar un porcentaje de polímeros, como lo son el polipropileno y policarbonato, además de agregar un porcentaje de ligante asfáltico.

Con respecto al cuarto objetivo específico analizar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato se obtuvieron mediante el ensayo Marshall, los resultados más relevantes para esta tesis de grado como los son el porcentaje de vacío, peso unitario, el porcentaje de vacío contenido en las partículas de agregado pétreo, estabilidad y por ultimo flujo en relación a la adición del nuevo agregado.

Para la hipótesis del pavimento asfáltico en caliente usando el plástico polipropileno y policarbonato cumple con un excelente comportamiento mecánico y resistencia a los esfuerzos aplicados por el tránsito vehicular según lo especificado en la norma, cumple de manera parcial ya que el comportamiento mecánico, porcentaje de vacío, estabilidad y

portaje de vacío de partículas de agregado pétreo cumple con las normativas del tránsito vehicular, sin embargo la deformación máxima de este pavimento es más baja que la del pavimento asáltico en caliente tradicional por lo tanto el flujo del mismo tiende a ser más rígido y no cumple con la norma especificada.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los nuevos estudiantes tener en cuenta la calidad del polipropileno y su punto de fusión y degradación el mismo ya que ad altas temperaturas baja sus propiedades mecánicas.

Para los nuevos profesionales tener muy en cuenta la dosificación utilizada para el nuevo pavimento asfaltico ya que se los elaboro en base a los rangos específicos relacionados a los antecedentes, es donde los polímeros tienen mejor rendimiento como adición al pavimento asfaltico en caliente.

Se recomienda a las personas interesadas sobre el proyecto utilizar las herramientas en buena calidad ya que una mala elaboración de las muestras afectaría en su resultado final.

Se aconseja a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte obtener más maquinarias de buena calidad para realizar ensayos más ensayos relacionados a temas similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 10tipos.com. (2021). Obtenido de <https://10tipos.com/tipos-de-pavimentos/>
- AIMACAÑA, J. C. (21 de Febrero de 2017). Estudio comparativo del comportamiento a copresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25265/1/Tesis%201114%20-%20Aimaca%C3%B1a%20Iza%20Juan%20Carlos.pdf>
- Ayala, D., Chicaiza, C., Hernández, L., Velástegui, G., & Baquero, R. (19 de Julio de 2021). Obtenido de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/journal/5703/570367986005/html/>
- Barradas, M. (2014). Seguimiento de Egresados: Una excelente estrategia para garantizar una educación de calidad. Bloomington: Palibrio.
- Bastos, A. (2010). Implantación de Productos y servicios. Madrid: Ideaspropias.
- Blanco Gallo. (14 de 8 de 2017). Normas y especificaciones 2017 INVias. Repositoria de la Universidad Católica, 1-440. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14348/3/Anexo%20E.%20Norma%20NVIAS%20-%20Capitulo%204.pdf>
- CALLA, C. A. (10 de 5 de 2017). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS. Lima, Perú, Perú.
- Contreras, L. E., Tamayo, L. F., & Linares, R. A. (2018). Procesos de fabricación en polímeros y cerámicos. Bogotá: Ediciones de la U.
- CORBLOK. (6 de 6 de 2017). CORBLOCK. Obtenido de [https://www.corblock.com/noticia/34/diferencias-entre-pavimento-de-hormign-pavimento-de-asfalto-y-pavimento-de-adoquines#:~:text=Pavimentos%20de%20Asfalto%20\(de%20hormig%C3%B3n,y%20suelen%20tener%20sub%20Dbase.](https://www.corblock.com/noticia/34/diferencias-entre-pavimento-de-hormign-pavimento-de-asfalto-y-pavimento-de-adoquines#:~:text=Pavimentos%20de%20Asfalto%20(de%20hormig%C3%B3n,y%20suelen%20tener%20sub%20Dbase.)
- Cruelles, J. (2012). Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. Barcelona: Marcombo.
- Cruz, L., & Cruz, V. (17 de Abril de 2010). Repositorio Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional:
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjABahUKewjvwOy4IJPIAhWFF5AKHUAYBFA&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.e pn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F388%2F1%2FCD-0795.pdf&usg=AFQjCNHr5JlvEUFu2GkrhscjbJ-tStFQQA&sig2=a>
- Ecoembes. (Febrero de 2016). Envases de plástico. Obtenido de RECOUP:
https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_publicaciones_empresas/guia-envases-de-plastico-disena-para-reciclar.pdf
- Fausto, S. V. (2017). Tesis, Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

- geologiaweb. (2020). Obtenido de <https://geologiaweb.com/materiales/pavimento/>
- INEC. (28 de Julio de 2017). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de Ecuador en cifras: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf
- Involucrasl. (23 de marzo de 2021). Involucrasl. Obtenido de <https://www.involucrasl.es/que-es-el-asfalto-en-caliente/>
- IZA, J. C. (16 de 3 de 2017). Tesis de Ingeniería Civil “ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Joachimsthaler, E. (2018). Ver lo evidente: Cómo definir y ejecutar la futura estrategia de crecimiento en su empresa. Barcelona: Ediciones Deusto .
- José Edilson Forigua Orjuela & Elkin Pedraza Díaz. (1 de MARZO de 2014). DISEÑO MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS ADICIÓN DE DESPERDICIOS PLÁSTICOS. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2575/1/Dise%C3%B1o-mezclas-asf%C3%A1lticas-modificadas-adici%C3%B3n-desperdicios-pl%C3%A1sticos.pdf>
- Krugman, P., & Wells, R. (2017). Macroeconomía: Introducción a la economía; Versión española traducida por Gotzone Pérez Apilanez; revisada por José Ramón de Espínola. Barcelona: Reverté.
- Labrador, F. R. (2017). Historia de los pavimentos urbanos. Cimbra, 40-50.
- LBAP Terracerías y Pavimentos. (4 de septiembre de 2020). LBAP Terracerías y Pavimentos. Obtenido de <https://www.olbap.mx/post/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-pavimentacion-que-existen>
- LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR, LOES. (2 de Agosto de 2018). Lexis Finder. Obtenido de <https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2018/08/LOES.pdf>
- Llamas, C. (2009). MARKETING Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TURÍSTICA. Madrid: Liber Factory .
- Longenecker, J., Petty, W., Palich, L., & Hoy, F. (2017). Administración de Pequeñas Empresas: Lanzamiento y Crecimiento de iniciativas de emprendimiento. México, D.F.: Cengage
- Maldonado, Y. (24 de 01 de 2021). geologiaweb. Obtenido de <https://geologiaweb.com/materiales/pavimento/>
- Martinez, G. (2 de abril de 2020). ingenieriaconstruccion. Obtenido de <https://www.ingenieriaconstruccioncolombia.com/tipos-de-pavimento/>
- Miranda, A., Zambrano, M., & Yaguana, J. (26 de Julio de 2009). Dspace Espol. Recuperado el 23 de Septiembre de 2016, de Dspace Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10675/1/D-39734.pdf>
- MORALES, Z. (8 de 5 de 2020). Acrílico - y - policabornat.com. Obtenido de Acrílico - y -
- Puig-Durán, J. (2016). Certificación y modelos de calidad en hostelería y restauración. Madrid: Diaz de Santos.

- Quimbiulco, C. (3 de Marzo de 2016). Dspace Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Universidad Central del Ecuador:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/903/1/T-UCE-0003-51.pdf>
- Quiminet.com. (12 de enero de 2016). Qiminet.com. Obtenido de
<https://www.quiminet.com/articulos/todo-sobre-el-policarbonato-pc-4422.htm>
- Repullo, J. (2016). Sistemas y servicios sanitarios: Manuales de Dirección Médica y Gestión Clínica. Madrid: Ediciones Días de Santos.
- Risco, L. (2016). Economía de la empresa: Prueba de acceso a la Universidad para mayores de 25 años. Bloomington: Palibrio.
- Rodríguez, R. (2016). Técnicas de tapizado de mobiliario: TCPF0209. Operaciones auxiliares de tapizado de mobiliario y mural . Madrid: IC Editorial .
- ROMERO, S. A. (29 de 4 de 2017). Tesis con el título de “Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca”. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador:
[file:///C:/Users/Acer/Downloads/TESIS%20AULESTIA-CH%C3%81VEZ%20\(1\)%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Acer/Downloads/TESIS%20AULESTIA-CH%C3%81VEZ%20(1)%20(2).pdf)
- Ruano, C., & Sánchez, M. (2016). UF0083: Diseño de Productos y servicios turísticos locales. Málaga: IC Editorial.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2016). Transformación de la Matriz Productiva: Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano. Quito : SENPLADES .
- Sescovich, S. (2016). La gestión de personas: un instrumento para humanizar el trabajo. Madrid: Libros en Red.
- Soto, E., Valenzuela, P., & Vergara, H. (2016). Evaluación del impacto de la capacitación en la productividad. Santiago de Chile : FUNDES.
- Tania Rojo & Freddy A. Moquete, Jesús Edgardo Vergel y Manuel Garea. (9 de septiembre de 2016). Historia del uso de asfalto. Obtenido de Eadic: <https://www.eadic.com/historia-del-uso-de-asfalto/>
- todo en polimeros. (24 de Julio de 2020). todo en polimeros. Obtenido de
<https://todoenpolimeros.com/2020/07/24/emulsificantes/#:~:text=Un%20emulsificante%20es%20una%20sustancia,de%20un%20l%C3%ADquido%20en%20otro.&text=Hay%20tres%20tipos%20b%C3%A1sicos%20de,ani%C3%B3nicos%2C%20cati%C3%B3nicos%20y%20no%20i%C3%B3nicos.>
- Toledo, Y. (14 de Enero de 2020). Roymaplast S.L®. Obtenido de Roymaplast S.L®:
<http://roymaplast.com/propiedades-fisicas-y-quimicas-del-polipropileno/>
- Tórres Rodrigo & Flores Paola, FloresMariana, Flores Víctor y Maikon Kevin. (2016). Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la. Revista deAplicaciones de la Ingeniería, 1-7.
- Valle, A. (1991). Productividad: Las visiones neoclásica y marxista. México, D.F. : UNAM.
- Velásquez, J. L. (s.f.).

- Velásquez, J. L. (20 de julio de 2016). tesis con el título “Análisis del comportamiento de las mezclas gruesa en caliente MGC-1, utilizando asfaltos modificados con polímeros (SBS). Obtenido de Universidad Católica de Colombia:
https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2579/1/An%C3%A1lisis_comportamiento_MGC-1_utilizando_SBS.pdf
- Vise. (11 de abril de 2017). Obtenido de <https://blog.vise.com.mx/conoce-los-distintos-tipos-de-pavimentacion>
- Vise. (30 de abril de 2019). Obtenido de <https://blog.vise.com.mx/que-contiene-la-mezcla-asfaltica>
- Wallace, C., & Speier, G. (18 de Diciembre de 2016). PIARC. Obtenido de <https://rnoinits.piarc.org/es/control-de-la-red/gestion-del-transito>
- zschimmer & schwarz. (25 de Septiembre de 2019). zschimmer-schwarz.es. Obtenido de <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-polimeros-y-como-se-clasifican/>
- Zúñiga, R. (2017). Mezcla Asfáltica en caliente. LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD, 16-20.

ANEXOS

Anexo 1: Peso unitario

MUESTRA #	POLIMEROS %	PESO (gr)			VOLUMEN (cm ³)	MEZCLA COMPACTADA BULK (gr / cm ³)	PESO UNITARIO DE LA MUESTRA (lib * pie ³)
		SATURADO EFERICIALMEN	AIRE (gr)	AGUA (gr)			
		SECO (gr)	(B)	(C)	(D)	(E)	(M)
		(A)					
1	4,00	1238,0	1226,1	715	523,0	2,344	146,15
2	4,00	1232,7	1225,3	711	521,7	2,349	146,42
3	4,00	1232,2	1225,4	710	522,2	2,347	146,29
PROMEDIO							146,28
1	4,50	1256,4	1243,5	723,7	532,7	2,334	145,52
2	4,50	1257,3	1237,5	725,8	531,5	2,328	145,15
3	4,50	1255,6	1247,0	721,2	534,4	2,333	145,47
PROMEDIO							145,38
1	5,00	1278,0	1264	717	561,0	2,253	140,46
2	5,00	1288,6	1268,1	713	575,6	2,203	137,34
3	5,00	1276,8	1270,3	720	556,8	2,281	142,22
PROMEDIO							140,01
1	5,50	1276,0	1258	710	566	2,223	138,56
2	5,50	1279,5	1255,2	713,2	566,3	2,216	138,18
3	5,50	1270,0	1257,1	712	558	2,253	140,44
PROMEDIO							139,06
1	6,00	1269,0	1248	697	572,0	2,182	136,01
2	6,00	1267,4	1249,6	696	571,4	2,187	136,33
3	6,00	1267,2	1250	695	572,2	2,185	136,18
PROMEDIO							136,18
1	6,50	1386,0	1381,0	768	618,0	2,235	139,31
2	6,50	1385,8	1380,5	768,45	617,35	2,236	139,40
3	6,50	1387,1	1381,3	767,58	619,52	2,230	139,00
PROMEDIO							139,23
1	7,00	1294,0	1288	706	588,0	2,190	136,55
2	7,00	1293,5	1287,4	701,6	591,94	2,175	135,58
3	7,00	1294,8	1288,8	704,3	590,5	2,183	136,06
PROMEDIO							136,07

Anexo 2: Agregado de vacíos

MUESTRA #	POLIMEROS %	MEZCLA COMPACTADA BULK (gr / cm ³)	PESO DEL ASFALTO (gr)	PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO Kg/cm ³	VOLUMEN TOTAL ASFALTO (cm ³)	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO Kg/cm ³	% PORCENTA JE DE ABSORCION	% ASFALTO		AGREGADO		VACIOS (Va)		
								ABSORCION		EFFECTIVO			100 - ((G) / Z)	100 - (I) - (J)
								(((E * 100) - (F) * % Absorc)) / 100 * & 1000	(G) - (H)	Z	Z			
								100 ^a	c / ASFALTO	(I)	(J)		Z	Z
1	4,00	2,344	9,38	1,010	9,28	2,378	1,86	4,23	5,06	94,64	94,64	0,30		
2	4,00	2,349	9,39	1,010	9,30	2,378	1,86	4,24	5,07	94,82	94,82	0,12		
3	4,00	2,347	9,39	1,010	9,29	2,378	1,86	4,23	5,06	94,73	94,73	0,21		
PROMEDIO			9,39					4,23	5,06	94,73	94,73	0,21		
1	4,50	2,334	10,50	1,010	10,40	2,378	1,86	4,19	6,21	93,75	93,75	0,04		
2	4,50	2,328	10,48	1,010	10,37	2,378	1,86	4,18	6,20	93,50	93,50	0,30		
3	4,50	2,333	10,50	1,010	10,40	2,378	1,86	4,19	6,21	93,71	93,71	0,08		
PROMEDIO			10,49					4,18	6,21	93,65	93,65	0,14		
1	5,00	2,253	11,27	1,010	11,15	2,378	1,86	4,02	7,13	90,01	90,01	2,86		
2	5,00	2,203	11,02	1,010	10,91	2,378	1,86	3,93	6,97	88,01	88,01	5,01		
3	5,00	2,281	11,41	1,010	11,29	2,378	1,86	4,07	7,22	91,14	91,14	1,64		
PROMEDIO			11,23					4,01	7,11	89,72	89,72	3,17		
1	5,50	2,223	12,22	1,010	12,10	2,378	1,86	3,95	8,16	88,33	88,33	3,52		
2	5,50	2,216	12,19	1,010	12,07	2,378	1,86	3,93	8,14	88,08	88,08	3,78		
3	5,50	2,253	12,39	1,010	12,27	2,378	1,86	4,00	8,27	89,53	89,53	2,20		
PROMEDIO			12,27					3,96	8,19	88,64	88,64	3,17		
1	6,00	2,182	13,09	1,010	12,96	2,378	1,86	3,85	9,11	86,25	86,25	1,68		
2	6,00	2,187	13,12	1,010	12,99	2,378	1,86	3,86	9,13	86,45	86,45	4,42		
3	6,00	2,185	13,11	1,010	12,98	2,378	1,86	3,86	9,12	86,35	86,35	4,53		
PROMEDIO			13,11					3,86	9,12	86,35	86,35	2,98		
1	6,50	2,235	14,53	1,010	14,38	2,378	1,86	3,93	10,46	87,86	87,86	1,68		
2	6,50	2,236	14,54	1,010	14,39	2,378	1,86	3,93	10,46	87,92	87,92	1,61		
3	6,50	2,230	14,49	1,010	14,35	2,378	1,86	3,92	10,43	87,67	87,67	1,90		
PROMEDIO			14,52					3,92	10,45	87,82	87,82	1,73		
1	7,00	2,190	15,33	1,010	15,18	2,378	1,86	3,83	11,35	85,67	85,67	2,98		
2	7,00	2,175	15,22	1,010	15,07	2,378	1,86	3,80	11,27	85,06	85,06	3,67		
3	7,00	2,183	15,28	1,010	15,13	2,378	1,86	3,81	11,31	85,36	85,36	3,33		
PROMEDIO			15,28					3,81	11,31	85,36	85,36	3,33		

Anexo 3: Promedio de vacíos presente en la partícula de agregado pétreo

MUESTRA #	POLIMEROS %	Deformación Dial	Resistencia anillo Marshall K	ESTABILIDAD MARSHALL (libras)		
				MEDIDA (D* K) (N)	FACTOR DE CORRECCION (O)	CORREGIDA (P)
1	4,00	425,00	4,3804	1861,7	0,93	1731,35
2	4,00	424,78	4,3804	1860,7	0,93	1730,46
3	4,00	426,34	4,3804	1867,5	0,93	1736,81
PROMEDIO						1732,87
1	4,50	424,00	4,3804	1857,3	0,93	1727,28
2	4,50	425,00	4,3804	1861,7	1,04	1936,14
3	4,50	421,00	4,3804	1844,1	1,09	2010,12
PROMEDIO						1891,18
1	5,00	1240,00	4,3804	5431,7	1,14	6192,13
2	5,00	1340,00	4,3804	5869,7	1,04	6104,53
3	5,00	1230,00	4,3804	5387,9	0,96	5172,38
PROMEDIO						5823,01
1	5,50	1400,00	4,3804	6132,6	0,96	5887,26
2	5,50	1340,00	4,3804	5869,7	0,96	5634,95
3	5,50	1420,70	4,3804	6223,2	0,96	5974,30
PROMEDIO						5832,17
1	6,00	1080,00	4,3804	4730,8	1,00	4730,83
2	6,00	1076,00	4,3804	4713,3	1,00	4713,31
3	6,00	1082,00	4,3804	4739,6	1,00	4739,59
PROMEDIO						4727,91
1	6,50	705,00	4,3804	3088,2	1	3088,18
2	6,50	713,00	4,3804	3123,2	1	3123,23
3	6,50	707,00	4,3804	3096,9	1	3096,94
PROMEDIO						3102,78
1	7,00	860,00	4,3804	3767,1	1	3767,14
2	7,00	858,00	4,3804	3758,4	1	3758,38
3	7,00	861,00	4,3804	3771,5	1	3771,52
PROMEDIO						3765,68

Anexo 4: Estabilidad de Marshall

MUESTRA #	POLIMEROS %	AGREGADO		V. m.a. (%)
		$\frac{((E*100)-(F))*\% \text{ Absorc}}{100*}$	$\frac{C}{\text{ASFALTO}}$	100- (J)
			J	(L)
1	4,00		94,64	5,36
2	4,00		94,82	5,18
3	4,00		94,73	5,27
PROMEDIO			94,73	5,27
1	4,50		93,75	6,25
2	4,50		93,50	6,50
3	4,50		93,71	6,29
PROMEDIO			93,65	6,35
1	5,00		90,01	9,99
2	5,00		88,01	11,99
3	5,00		91,14	8,86
PROMEDIO			89,72	10,28
1	5,50		88,33	11,67
2	5,50		88,08	11,92
3	5,50		89,53	10,47
PROMEDIO			88,64	11,36
1	6,00		86,25	13,75
2	6,00		86,45	13,55
3	6,00		86,35	13,65
PROMEDIO			86,35	13,65
1	6,50		87,86	12,14
2	6,50		87,92	12,08
3	6,50		87,67	12,33
PROMEDIO			87,82	12,18
1	7,00		85,67	14,33
2	7,00		85,06	14,94
3	7,00		85,36	14,64

Anexo 5: Flujo de polímeros

MUESTRA #	POLIMEROS %	FLUJO
		Pulg/100
		(0)
1	4,00	4,50
2	4,00	4,44
3	4,00	4,53
PROMEDIO		4,49
1	4,50	4,50
2	4,50	4,49
3	4,50	4,30
PROMEDIO		4,43
1	5,00	6,00
2	5,00	5,80
3	5,00	6,20
PROMEDIO		6,00
1	5,50	5887
2	5,50	5635
3	5,50	5974
PROMEDIO		5832
1	6,00	5,50
2	6,00	5,25
3	6,00	5,75
PROMEDIO		5,50
1	6,50	8,04
2	6,50	8,44
3	6,50	8,13
PROMEDIO		8,20
1	7,00	6,10
2	7,00	6,04
3	7,00	6,15
PROMEDIO		6,10