



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA**

**IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL  
DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y  
PLÁSTICO RECICLADO**

**TUTOR**

**MGTR. SANCHEZ RIVERA LISSETTE ELISA**

**AUTORES**

**MICHAEL RICHARD GARCÍA DAVILA**

**KENNY IVÁN LÓPEZ MOREIRA**

**GUAYAQUIL**

**AÑO 2024**

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado.

**AUTOR/ES:**

García Davila Richard Michael  
López Moreira Kenny Iván

**TUTOR:**

Mgr. Ing. Civil Sánchez Rivera Lissette Elisa

**INSTITUCIÓN:**

**Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil**

**Grado obtenido:**

Ingeniero Civil

**FACULTAD:**

FACULTAD DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2024

**N. DE PÁGS:**

152

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Asfalto, plásticos, experimento, hidrocarburo, propiedad física.

**RESUMEN:**

En este trabajo de investigación se modificó la mezcla asfáltica tradicional con la implementación de material reciclado mejorando algunas de las propiedades mecánicas del asfalto, de manera que se fomente la reutilización de materiales que se consumen comúnmente. Por ello, la investigación fue realizada con un enfoque cuantitativo, un alcance de investigación explicativo y explorativo.

Se elaboraron briquetas de asfalto convencional y asfalto modificadas con material reciclado plástico reciclado y Caucho con la finalidad de analizar sus propiedades técnicas y el desempeño.

Se analizó el comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con la adición en porcentajes de 2.5 y 5 %de plástico reciclado; así mismo, de una modificada con el 2.5 y 5% de granos de Caucho para lo cual se empleó la norma ASTM D 1559 y AASHTO T 225; se elaboraron 6 briquetas de mezclas modificadas con estos agregados, una vez analizadas se estableció el porcentaje óptimo de asfalto, se determinó que la adición de estos materiales mejoran varios parámetros de la mezcla asfáltica en comparación con el tradicional. Por ello, se comparó los costos de la mezcla tradicional con la mezcla con adición de 5% de caucho y plástico reciclado en la cual calculamos un aumento en costo de \$ 79,48 para la mezcla asfáltica con adición de 5%; asimismo, separando solo los costos de materiales entre la tradicional y la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado, se concluye que existe un aumento de costos de \$67,35 entre ambas mezclas.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> García Davila Richard Michael López Moreira Kenny Iván	<b>Teléfono:</b> +593 993231028 +593 982861228	<b>E-mail:</b> mgarciad@ulvr.edu.ec klopezmor@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Ph.D. Marcial Calero Amores (Decano) <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> mcalero@ulvr.edu.ec Mgr. Eliana Contreras Jordán (director de Carrera) <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> econtrerasj@ulvr.edu.ec	

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

### Tesis Impato tecnico

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>2</b> %	<b>2</b> %	<b>0</b> %	<b>2</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="http://repositorio.upse.edu.ec">repositorio.upse.edu.ec</a> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>2</b>	<a href="http://elscheeljeb.blogspot.com">elscheeljeb.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>1</b> %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado



Firmado electrónicamente por:  
**LISSETTE ELISA  
SANCHEZ RIVERA**

Firma:

MGTR. ING. LISSETTE ELISA SÁNCHEZ RIVERA

C.C. 0923061857

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados MICHAEL RICHARD GARCA DAVILA Y KENNY IVÁN LÓPEZ MOREIRA, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autores:



Firma:

MICHAEL RICHARD GARCIA DAVILA

C.I. 0941413684



Firma:

KENNY IVÁN LÓPEZ MOREIRA

C.I. 0931102792

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado, 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 Trabajo de Titulación, titulado: Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado, presentado por los estudiantes MICHAEL RICHARD GARCIA DAVILA Y KENNY IVÁN LÓPEZ MOREIRA como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.



Firmado electrónicamente por:  
**LISSETTE ELISA  
SANCHEZ RIVERA**

Firma:

**MGTR. ING. LISSETTE ELISA SÁNCHEZ RIVERA**

**C.C. 0923061857**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a quienes hicieron posible este proyecto de tesis sobre el "Impacto Técnico, Económico y Evaluación Experimental de la Mezcla Asfáltica con Adición de Caucho y Plástico Reciclado".

Agradezco a mi profesor de Formulación de Proyectos de Titulación por su guía constante y sabias orientaciones.

También agradezco al laboratorio que nos abrieron sus puertas para poder cumplir nuestro objetivo, a mi compañero de tesis y a mi familia por su apoyo incondicional. Cada contribución ha sido invaluable en este viaje académico.

Michael Richard García Davila

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes han sido mi inspiración constante para lograr cada objetivo y meta. A todos aquellos que contribuyeron de una manera u otra manera, este esfuerzo que busca un futuro más verosímil.

Este trabajo va dedicado a ustedes, con gratitud y afecto.

Michael Richard García Davila

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a todas las personas que de una forma u otra han colaborado en la realización de esta investigación.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, a mi facultad de Ingeniería, Industria y Construcción por brindarme su entorno para poder formarme e incrementar mis conocimientos para desarrollarme como un excelente profesional en el área de la construcción.

En especial a los Ingenieros encargados del laboratorio de suelo, hormigón y pavimento “Digeconsa S.A.” por la apertura brindada para realizar las experimentaciones de este trabajo, gracias a su colaboración, conocimientos y experiencias, aportaron significativamente en el mismo.

Por último, agradecerles a mis padres por hacer lo posible con mis estudios y apoyarme en cada buenos y malos momentos dentro del proceso universitario.

Kenny Iván López Moreira

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi madre Lely Janet Moreira Salguero y a mi padre Iván Alberto López Tumbaco, quienes ellos con muchas paciencia y esfuerzo hicieron lo posible para poder estudiar e impulsándome a esforzarme a cada día en superar mis objetivos.

Asimismo en este trabajo se lo dedico a mi hermana Ivanna Janeth López Moreira y a mi abuela Mercedes Australia Salguero Veliz en la cual ellos cada día me motivaban hacer un buen proyecto y poderme graduar.

Por último, dedico a unas ciertas personas que me rodean o han estado a mi lado, en la cual en lo poco que me ayudaron han estado ahí para alcanzar mis metas.

Kenny Iván López Moreira

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se modificó la mezcla asfáltica tradicional con la implementación de material reciclado mejorando algunas de las propiedades mecánicas del asfalto, de manera que se fomente la reutilización de materiales que se consumen comúnmente. Por ello, la investigación fue realizada con un enfoque cuantitativo, un alcance de investigación explicativo y explorativo.

Se elaboraron briquetas de asfalto convencional y asfalto modificadas con material reciclado plástico reciclado y Caucho con la finalidad de analizar sus propiedades técnicas y el desempeño.

Se analizó el comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con la adición en porcentajes de 2.5 y 5 %de plástico reciclado; asimismo, de una modificada con el 2.5 y 5% de granos de Caucho para lo cual se empleó la norma ASTM D 1559 y AASHTO T 225; se elaboraron 6 briquetas de mezclas modificadas con estos agregados, una vez analizadas se estableció el porcentaje óptimo de asfalto, se determinó que la adición de estos materiales mejoran varios parámetros de la mezcla asfáltica en comparación con el tradicional. Por ello, se comparó los costos de la mezcla tradicional con la mezcla con adición de 5% de caucho y plástico reciclado en la cual calculamos un aumento en costo de \$ 79,48 para la mezcla asfáltica con adición de 5%; asimismo, separando solo los costos de materiales entre la tradicional y la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado, se concluye que existe un aumento de costos de \$67,35 entre ambas mezclas.

**Palabra claves:** Asfalto, plásticos, experimento, hidrocarburo, propiedad física.

## ABSTRACT

In this research work, the traditional asphalt mixture was modified with the implementation of recycled material, improving some of the mechanical properties of the asphalt, so as to encourage the reuse of commonly consumed materials. Therefore, the research was carried out with a quantitative approach, an explanatory and explorative research scope.

Briquettes of conventional asphalt and modified asphalt with recycled plastic and rubber were made in order to analyze their technical properties and performance.

The behavior of a modified asphalt mixture was analyzed with the addition of 2.5 and 5% of recycled plastic; Likewise, a modified one with 2.5 and 5% of Rubber grains for which the ASTM D 1559 and AASHTO T 225 standards were used; 6 briquettes of modified mixtures were prepared with these aggregates. Once analyzed, the optimal percentage of asphalt was established. It was determined that the addition of these materials improves several parameters of the asphalt mixture compared to the traditional one. Therefore, the costs of the traditional mixture were compared with the mixture with the addition of 5% of rubber and recycled plastic in which we calculated an increase in cost of \$79.48 for the asphalt mixture with the addition of 5%; Likewise, separating only the material costs between the traditional and the asphalt mixture with the addition of 5% of rubber and recycled plastic, it is concluded that there is a cost increase of \$67.35 between both mixtures.

**Keywords:** Asphalt, plastics, experiment, hydrocarbon, physical property.

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I .....	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema:.....	3
1.2 Planteamiento del Problema: .....	3
1.3 Formulación del Problema: .....	6
1.4 Objetivo General.....	6
1.5 Objetivos Específicos .....	6
1.6 Hipótesis .....	6
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad. ....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1 Marco Teórico:.....	7
2.1.1 <i>Investigación internacional</i> .....	7
2.1.2 <i>Investigación nacional</i> .....	12
2.1.3 <i>Pavimento</i> .....	13
2.1.4 <i>Asfalto</i> .....	14
2.1.5 <i>Corte transversal</i> .....	14
2.1.6 <i>Mezclas asfálticas</i> .....	15
2.1.7 <i>Propiedades estimadas en el diseño de mezclas asfálticas</i> .....	17
2.1.8 <i>Estabilidad o aguante a las deformaciones plásticas</i> .....	17
2.1.9 <i>Durabilidad</i> .....	18
2.1.10 <i>Flexibilidad</i> .....	18
2.1.11 <i>Resistencia a la fatiga</i> .....	18

2.1.12	<i>Resistencia a fracturas por disminución temperatura</i> ....	19
2.1.13	<i>Resistencia al deterioro por humedad o impermeabilidad</i> .....	19
2.1.14	<i>Funcionalidad de las mezclas asfálticas</i> .....	19
2.1.15	<i>Propiedades del asfalto para las capas de rodadura</i> .....	20
2.1.16	<i>Propiedades del asfalto para capas inferiores</i> .....	21
2.1.17	<i>Diferencias entre la mezcla de asfalto en caliente y frío</i> .	23
2.1.18	<i>Características de la mezcla de asfalto en caliente y frío</i>	24
2.1.18.1	<i>Mezcla de asfalto en caliente</i> .....	24
2.1.18.2	<i>Mezcla asfáltica en caliente densa</i> .....	25
2.1.18.3	<i>Mezcla asfáltica en caliente abierta</i> .....	25
2.1.18.4	<i>Mezcla de asfalto en frío</i> .....	25
2.1.19	<i>Plásticos</i> .....	26
2.1.19.1	<i>Características de los plásticos</i> .....	27
2.1.19.2	<i>Cómo se obtienen los plásticos</i> .....	27
2.1.19.3	<i>Propiedades de los plásticos</i> .....	28
2.1.19.4	<i>Categorización de los plásticos</i> .....	29
2.1.20	<i>Caucho</i> .....	30
2.1.20.1	<i>Caucho natural, composición de características y propiedades</i> .....	30
2.1.20.2	<i>Obtención de caucho natural</i> .....	32
2.1.20.3	<i>Estructura química del caucho natural y su composición</i> .....	33
2.2	<i>Marco legal:</i> .....	34
2.2.1	<i>Constitución de la República del Ecuador</i> .....	34
2.2.2	<i>LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION</i> .....	36
2.2.3	<i>Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN</i> .....	37
2.2.4	<i>American Society for Testing and Materials (ASTM)</i> .....	37

<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>39</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Enfoque de la investigación .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Alcance de la investigación.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3.1 Investigaciones bibliográficas .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3.2 Recolección de datos .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.3 Análisis de datos.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.4 Instrumentos .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.5 Materiales.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4 Población y muestra .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1 Población.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.2 Muestra .....</b>	<b>43</b>
<b>3.5 Fases para la obtención de resultados .....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.1 Fase 1: Selección de los materiales a utilizar.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.2 Fase 2: Establecer el porcentaje de la dosificación de los agregados finos y grueso .....</b>	<b>48</b>
<b>3.5.3 Fase 3: Preparativo y mezcla de los materiales .....</b>	<b>49</b>
<b>3.5.4 Fase 4: Elaboración de las briquetas con las adiciones ..</b>	<b>51</b>
<b>3.5.5 Fase 5: Análisis del peso de las briquetas (Ensayo de % vacíos).....</b>	<b>52</b>
<b>3.5.6 Fase 6: Ensayo Marshall (Determinación de estabilidad y de flujo).....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>56</b>
<b>PROPUESTA O INFORME .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1 Presentación y análisis de resultados.....</b>	<b>56</b>
<b>4.1.1 Delimitación del estado de para la puesta experimental..</b>	<b>56</b>

4.1.2	<i>Resultados de los ensayos de granulometría de los agregados.....</i>	57
4.1.3	<i>Resultados de los ensayos del cemento asfáltico AC-20.</i>	63
4.1.4	<i>Resultados para el diseño de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado.....</i>	64
4.1.5	<i>Resultados de los ensayos de Marshall y porcentajes de vacíos con 2.5% de adición.....</i>	66
4.1.6	<i>Resultados de los ensayos de Marshall y porcentajes de vacíos con 5% de adición.....</i>	71
4.1.7	<i>Graficas de los resultados óptimos de Estabilidad, Flujo y %Vacío con adición de 2.5% y 5%.....</i>	75
4.1.8	<i>Diferencias entre la mezcla asfáltico tradicional con la mezcla asfáltico con adición de 2.5% y 5%.....</i>	79
4.1.9	<i>Análisis de costos de los materiales.....</i>	80
4.1.9.1	<i>Costos para un pavimento flexible tradicional.....</i>	80
4.1.9.2	<i>Dosificación de los materiales para 1 m3.....</i>	81
4.1.9.3	<i>Costos para un pavimento flexible con adición de caucho y plástico reciclado.....</i>	84
4.1.9.4	<i>Dosificación de los materiales para 1 m3 con la adición de caucho y plástico reciclado.....</i>	85
4.2	<i>Propuesta.....</i>	90
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Muestra de investigaciones.....	44
Tabla 2 Porcentajes de Adición.....	56
Tabla 3 Granulometría de la Piedra Triturada 3/4.....	57
Tabla 4 Granulometría de la Piedra Triturada 3/8.....	58
Tabla 5 Granulometría del Cisco.....	60
Tabla 6 Granulometría de la Arena.....	61
Tabla 7 ENSAYO PARA CALIFICACIÓN DE ASFALTO.....	63
Tabla 8 Granulometría de los agregados.....	64
Tabla 9 Dosificación de las briquetas.....	65
Tabla 10 Diseño 2.5% de adición.....	65
Tabla 11 Diseño 5% de adición.....	66
Tabla 12 Peso de Briquetas 2.5% de adición.....	67
Tabla 13 Resultado de Adición de 2.5%.....	70
Tabla 14 Peso de Briquetas 5% de adición.....	71
Tabla 15 Resultado de Adición de 5%.....	74
Tabla 16 Comparación Técnica de las mezclas asfálticas.....	79
Tabla 17 Materiales para la mezcla asfáltica.....	80
Tabla 18 Porcentajes en peso para cada agregado.....	80
Tabla 19 Porcentajes a utilizar para 1 m <sup>3</sup> .....	82

<b>Tabla 20 Materiales para la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 21 Cantidad de porcentaje para cada fracción de la mezcla con caucho y plástico reciclado.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 22 Porcentajes de peso de cada agregado (fino y grueso).....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 23 Porcentajes a utilizar para 1 m<sup>3</sup> de mezcla con caucho y plástico reciclado.....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 24 Comparación de costos.....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 25 Costos de materiales de mezcla asfáltica tradicional</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 26 Costos de materiales de mezcla asfáltica con adición de 5%.....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1 Pavimento.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2 Asfalto.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 3 Corte transversal.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 4 Mezclas asfálticas.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 5 Mezcla asfáltica de aplicación en frío.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 6 Propiedades de mezclas asfálticas .....</b>	<b>17</b>

<b>Figura 7 Ensayo para la resistencia a la fatiga.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 8 Planta asfáltica .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 9 Secador y ciclón extractor de una instalación de fabricación de mezclas bituminosas.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 10 Propiedades funcionales de las mezclas asfálticas</b>	<b>22</b>
<b>Figura 11 Propiedades técnicas de las mezclas asfálticas...</b>	<b>22</b>
<b>Figura 12 Mezclas asfálticas caliente.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 13 Mezclas asfálticas caliente y frio.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 14 Asfalto en caliente .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 15 Asfalto en frio .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 16 Los plásticos.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 17 Procesos del reciclaje del plástico.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 18 Clasificación de los plásticos.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 19 El caucho.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 20 Componente y propiedades del caucho.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 21 Proceso del caucho.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 22 Estructura química del caucho.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 23 Cemento asfáltico AC-20.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 24 Grava triturada 3/4 .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 25 Grava triturada 3/8.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 26 Cisco.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 27 Arena.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 28 Caucho en grano.....</b>	<b>48</b>

<b>Figura 29 Plásticos recortados de las botellas.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 30 Determinación del porcentaje de dosificación de los agregados.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 31 Preparativo de los agregados.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 32 Preparativo del cemento asfáltico AC-20 con la adición de caucho y plástico reciclado.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 33 Mezcla de los materiales.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 34 Elaboración de briquetas.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 35 Briquetas de 2.5 % de adición y 5% de adición.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 36 Peso de briqueta.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 37 Peso de briqueta con agua.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 38 Peso de briqueta con superficialmente secado....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 39 Peso frasco con el material.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 40 Peso frasco + agua + material (Maquina Rice).....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 41 Baño María.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 42 Máquina de Compresión.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 43 Granulometría de la Piedra Triturada 3/4 .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 44 Granulometría de la Piedra Triturada 3/8 .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 45 Granulometría del Cisco.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 46 Granulometría de la Arena.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 47 Estabilidad de 2.5% de adición .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 48 Flujo de 2.5% de adición.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 49 %Vacíos de 2.5% de adición.....</b>	<b>76</b>

<b>Figura 50 Estabilidad de 5% de adición.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 51 Flujo de 5% de adición.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 52 %Vacíos de 5% de adición .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 53 Comparación Técnica de las mezclas asfálticas.</b>	<b>79</b>
<b>Figura 54 Presupuesto de mezcla asfáltica tradicional.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 55 Presupuesto de mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 56 Comparación grafica de los costos.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 57 Comparación grafica de los costos de materiales.</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1 Marco legal.....</b>	<b>102</b>
<b>Anexo 2 Diseño de la mezcla asfáltica.....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo 3 Ensayo de Briquetas ( Rice y % Vacío).....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo 4 Granulométrico “Piedra triturada 3/4” .....</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 5 Segundo Ensayo de Briquetas ( Rice y % Vacío)</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 6 Partículas Chatas y Alargadas “Piedra triturada 3/4”.</b>	<b>110</b>
<b>Anexo 7 Gravedad Especifica “Piedra triturada 3/4” .....</b>	<b>111</b>
<b>Anexo 8 Análisis Granulométrico “Piedra triturada 3/8” .....</b>	<b>112</b>
<b>Anexo 9 Gravedad Especifica “Piedra triturada 3/8” .....</b>	<b>113</b>

<b>Anexo 10 Análisis Granulométrico “Arena” .....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 11 Ensayo de Equivalente de Arena.....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo 12 Gravedad Especifica “Arena”.....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 13 Análisis Granulométrico “Cisco”.....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo 14 Ensayo de Equivalente de Arena “Cisco”.....</b>	<b>118</b>
<b>Anexo 15 Gravedad Especifica “Cisco”.....</b>	<b>119</b>
<b>Anexo 16 Granulometría por Tamizado “Carpeta asfáltica 1/2”</b>	<b>120</b>
<b>Anexo 17 Ensayo de Abrasión.....</b>	<b>121</b>
<b>Anexo 18 Ensayo para Clasificación de Asfalto.....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo 19 Agregados para Mezcla Asfáltica.....</b>	<b>123</b>
<b>Anexo 20 Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional.....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 21 Método Marshall de Mezcla Asfáltica Tradicional..</b>	<b>125</b>
<b>Anexo 22 Análisis Granulométrico de la Mezcla Asfáltica tradicional.....</b>	<b>126</b>
<b>Anexo 23 Curvas Granulométrico de la Mezcla Asfáltica tradicional.....</b>	<b>127</b>
<b>Anexo 24 Propiedades Marshall de la Mezcla Asfáltica tradicional.....</b>	<b>128</b>
<b>Anexo 25 Ensayo de Marshall “Adición de 2.5%” .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 26 Gráficos de Comportamiento de la Mezcla Asfáltica “Adición 2.5%”.....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 27 Ensayo de Marshall “Adición de 5%”.....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 28 Gráficos de Comportamiento de la Mezcla Asfáltica “Adición 5%” .....</b>	<b>132</b>

## INTRODUCCIÓN

La utilización de materiales reciclados en la industria de la construcción vial ha cobrado una relevancia significativa en las últimas décadas. Por ello, la incorporación de caucho y plástico reciclado en la mezcla asfáltica ha surgido como una estrategia innovadora. Asimismo, en esta exploración, las mezclas en caliente han salido como una opción prometedora para el reciclaje de estos residuos.

El presente trabajo de investigación titulado “Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado”. Tiene como objetivo principal comprobar el efecto técnico y económico de los desechos cauchos y plástico reciclado. Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo un estudio absoluto que contendrá la identificación de los materiales de desecho, la evaluación de las propiedades de las mezclas con la adición de estos materiales, y el estudio económico de la ejecución de esta tecnología.

Se tiene que los resultados de este estudio favorecerán al desarrollo de soluciones sostenibles para la gestión de residuos caucho y de plásticos reciclado. Por lo tanto, siembren la adopción de prácticas más sostenibles en la industria de la construcción donde la calidad y eficiencia de esta mezcla están sujetas a variables como lo técnico y económicas. Por otro lado, los cambios en las condiciones climáticas, fluctuaciones en los precios de los materias primas y restricciones gubernamentales en cuanto a la cantidad de desechos generados. Para mejorar la eficiencia y durabilidad de la mezcla asfáltica, se han realizado investigaciones y estudios experimentales sobre la adición de materiales alternativos como caucho y plástico reciclado.

El impacto técnico de la adición de estos materiales en la mezcla asfáltica ha demostrado un incremento en la resistencia a la fatiga y al desgaste, así como en la durabilidad del pavimento. Por otro lado, el impacto económico ha mostrado un aumento de costo al uso de caucho en grano y plástico reciclado pero sería muy beneficioso técnicamente.

Desde una perspectiva económica, la adición de materiales reciclados a la mezcla asfáltica puede generar beneficios financieros considerables a lo largo del ciclo de vida de la carretera. A pesar de posibles costos iniciales ligeramente

superiores debido a la tecnología y procesos de producción, se espera una reducción en los gastos de mantenimiento y reparación a largo plazo, lo que contribuye a la optimización de recursos y ahorro de costos para las entidades responsables de la infraestructura vial.

En el ámbito de la evaluación experimental, se han llevado a cabo diversas pruebas y ensayos en laboratorio y en campo real, que han permitido comparar y contrastar los resultados obtenidos con mezclas asfálticas puras y las mezclas que incluyen la adición de caucho y plástico reciclado. Algunos de los resultados más destacados de estas evaluaciones incluyen un incremento en la durabilidad y la resistencia al desgaste del pavimento, así como una disminución en el consumo de materiales primas y en el tiempo de mezcla y cura.

A pesar de los beneficios evidentes, la adición de caucho y plástico reciclado en la mezcla asfáltica presenta ciertos desafíos técnicos y económicos, como la posible interacción entre los diferentes materiales, la posibilidad de degradar la calidad del bitumen y la necesidad de optimizar las proporciones y cantidades de estos materiales.

En conclusión, el impacto técnico, económico de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado se analizó el comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con la adición en porcentajes de 2.5 y 5 %de plástico reciclado. Asimismo, de una modificada con el 2.5 y 5% de granos de Caucho para lo cual se empleó la norma ASTM D 1559 y AASHTO T 225 se determinó que la adición de estos materiales mejora varios parámetros de la mezcla asfáltica en comparación con el tradicional. Por otra parte, en la parte económica se comparó los costos de la mezcla tradicional con la mezcla con adición de 5% de caucho y plástico reciclado en la cual calculamos un aumento en costo de \$ 79,48 para la mezcla asfáltica. Por último, los costos de materiales entre la tradicional y la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado, se concluye que existe un aumento de costos de \$67.35 entre ambas mezclas.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 Tema:

Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado.

### 1.2 Planteamiento del Problema:

La acumulación de plástico en el mundo aumenta con el paso de los años, debido a su rápida producción y su lento proceso de degradación. El plástico PET es uno de los mayores causantes de contaminación en la actualidad, ya que tarda aproximadamente entre 100 y 1.000 años para llegar a degradarse el plástico totalmente (Ecoembes, 2022). Asimismo, el caucho como el material mencionado antes son muy contaminantes la cual tiene aproximadamente una degradación se deduce entre los 500 y 1.000 años (Cruz Roja, 2021). Sin embargo, estos materiales totalmente reciclables, crea poco humo no tóxico y no expone sustancias tóxicas que contaminan en los vertederos, actúa como muro contra los gases. Esta es una de las razones por las que es uno de los materiales más reconsiderados en el mundo.

El plástico es un material con alto porcentaje de reciclaje en la mayoría de países, por ejemplo “Japón recicló las botellas de PET en un 77,9% en el 2009, en Europa el porcentaje de reciclaje es de 48,3% y en EE. UU 28%” (Salazar Zela, 2020). Además, viendo que el 100% de los plásticos en el mundo son completamente reciclables, debido a su fácil reciclabilidad habiendo un gran aporte para el impulso sostenible en los años futuros.

Unos de los materiales que se manipula en cantidades muy grandes por en torno al mundo para la construcción de vías de bajo y alto tráfico es el asfalto, ya que su elaboración se ha diseñado algunas indagaciones con lo relacionado a elementos que se pueden unir al pavimento con la finalidad de perfeccionar su estabilidad y firmeza, en otras palabras extender su vida útil (Macas Juna y Méndez Ramos, 2022).

Por otro lado, se analizó un estudio en Colombia donde se sustituye una proporción de finos de origen natural conseguidos del machacamiento del plástico,

dando como resultado que consiguieron es: “que el uso del PET reciclado de botellas crea un impacto auténtico, ocasionando que el valor del índice de agudeza sea menor en consecuencia con la ampliación en la proporción de la presencia de ese material” (Quintero Serrato y Bohórquez Soler, 2020).

Una tesis que se realizó en la Universidad Hermilio Valdizán, Perú sobre “Utilización del plástico PET reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco” (Espinoza Japa, 2019). Donde Luis Espinoza, autor del proyecto, luego de realizar las pruebas y prototipos, llegó a la conclusión que: “Después de someter el material a una temperatura alta de más o menos 150°C, se pudo observar un comportamiento diferente en comparación al asfalto tradicional, es decir, obtuvo un material más rígido parecido al concreto hidráulico” (Espinoza Japa, 2019).

Estos pavimentos son agregados orgánicos perjudiciales en cantidades esencialmente grandes cuando se calienta a 140 ° C, ya que podría haber una mayor afectación a la temperatura utilizada para pavimentar carreteras. Asimismo, La baja calidad en las mezclas asfálticas es una problemática que se debe tomar en cuenta, puesto que, para que una mezcla sea de calidad debe cumplir con los principios fundamentales, así como la estabilidad, adhesión y cohesión, susceptibilidad a la temperatura y humedad, robustez y capacidad de aguantar variedad de peso. Por ello, es donde llega haber incertidumbres en esta implementación de los materiales como es el caucho y el plástico reciclable.

En la mezcla asfáltica con la utilización del caucho y el plástico reciclable implica la variabilidad la cual esta predice el comportamiento y el rendimiento de la mezcla asfáltica que se tiene en las características la cual hace dudar la aplicación de estos materiales la cual pone en duda la calidad y las propiedades donde se ve afectados en los procesos del reciclaje (Goicochea Fernandez, 2019).

Existe una interacción compleja entre los componentes, lo que dificulta la determinación de la cantidad optima de la adición tanto para el caucho y plástico; asimismo, dependerá de la cantidad de adición donde se podrá ver el comportamiento de las propiedades físicas y químicas entre la que podemos tener es la capacidad de fatiga, la deformación, la resistencia de las cargas y las condiciones en la que esta reaccionara en el cambio climático.

La durabilidad es otro tema en la cual da incertidumbre sobre cómo la adición de caucho y plástico reciclable afecta la resistencia al envejecimiento, la sensibilidad a la temperatura y otros componentes que influyen en la durabilidad de la mezcla asfáltica. Por ello, puede obstaculizar la toma de decisiones sobre el uso generalizado de esta tecnología la cual se debe obtener los resultados favorables (Navarrete y Espinoza, 2023).

Por otra parte, el caucho y el plástico son parte principal de la economía, debido a que se encuentran en el medio diario del ser humano es por ellos que podemos tener varios problemas por el alto índice de contaminación y a su vez ha habido incertidumbres que la aplicación de estos materiales en la mezcla asfáltica donde se llega a tener incógnitas como: ¿Qué durabilidad tendría la mezcla asfáltica con adición de estos materiales?, ¿Qué desempeño a largo plazo tendría?, ¿Qué costos y beneficio se obtendrá con esta aplicación? (Olua Martínez y Salamanca González , 2021).

Se va a realizar en el laboratorio pruebas con la mezcla asfáltica adicionándole el caucho y el plástico reciclado para lograr ver el impacto técnico y económico que comprende ese experimento. Por ello, la evaluación experimental del impacto técnico y económico de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado tiene como objetivo principal comprobar los beneficios y viabilidad de utilizar esta innovadora combinación de materiales en la construcción carreteras. Por ende, desde el punto de vista técnico, se espera que esta evaluación permita analizar y demostrar las mejoras en las propiedades de la mezcla asfáltica, como su aguante, estabilidad y capacidad de soportar cargas pesadas. Asimismo, se espera evaluar su comportamiento frente a las condiciones climáticas sea en calor o en frío a su vez su resistencia a la formación de grietas y deformaciones, lo cual contribuiría a extender la vida útil de las carreteras y reducir los costos.

En cuanto al impacto económico, se espera que la evaluación experimental proporcione información clave sobre los costos asociados con la producción y aplicación de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado en comparación con las mezclas asfálticas convencionales. Por lo tanto, se espera que la utilización de materiales reciclados permita reducir los costos de producción, al tiempo que se minimiza la dependencia de los recursos naturales no renovables.

Añadiendo, se espera que la mejora en la durabilidad y resistencia de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado se traduzca en una disminución de los costos de mantenimiento y reparación de las carreteras a lo largo de su ciclo de vida.

### **1.3 Formulación del Problema:**

¿Cómo incide el impacto técnico y económico en el uso de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado en la construcción de pavimentos flexibles?

### **1.4 Objetivo General**

- Evaluar el impacto técnico y económico mediante la experimentación en el laboratorio para una mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Fundamentar desde la teoría los métodos aproximados al objeto del estudio con soporte en la revisión y delimitación del estado de arte para la puesta experimental.
- Ensayar con la mezcla asfáltica en caliente incorporando las adiciones de caucho y plástico reciclado para el reconocimiento de su comportamiento técnico.
- Comparar los costos de materiales de una mezcla asfáltica tradicional con la mezcla asfáltica adicionándole caucho y plástico reciclado.
- Evaluar los aspectos técnicos y económicos mediante representaciones gráficas para la mezcla asfáltica.

### **1.6 Hipótesis**

La mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado presentará mejoras en el impacto técnico y económico con respecto a los materiales tradicionales actualmente usados en la construcción de carreteras.

### **1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.**

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico:

##### *2.1.1 Investigación internacional*

Un estudio en Perú con el tema “Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de Tereftalato de Polietileno reciclado en la ciudad del Cusco” (Corbacho Chipana, 2019). Donde tiene como objetivo un mejoramiento en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente modificándola con un polímero-plastómero utilizando seca fibras de polietileno tereftalato(PET) mediante la prueba Marshall. Donde se utilizó un tipo de indagación cuantitativa, es más contaba con un nivel correlacional y un diseño experimental. Dado por el estudio “se concluye que la mezcla asfáltica modificada con fibras PET presenta un aumento de la resistencia de la susceptibilidad a la deformación y que cumple con los requerimientos establecidos por la norma MTCE-504 del Manual de Carreteras” (Corbacho Chipana, 2019).

Por otro lado, una tesis con el tema “Modificación de la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con Polietilentereftalato en la ciudad de Huancayo” (Tunque Sullca, 2020). En la cual como objetivo principal es mostrar cuánto se puede cambiar la resistencia y deformaciones de las mezclas asfálticas al agregar tereftalato de polietileno, y de la misma manera calcular la cantidad óptima de tereftalato de polietileno como la estabilidad y niveles de aplicación de la mezcla descriptiva de la mezcla descriptiva. Nuevamente, el diseño de la aplicación es grupos experimentales de piezas modificadas ET. Los resultados muestran que hay una mejora significativa en comparación con las muestras convencionales de proporciones de mezcla que dan como resultado una adición de 6 % de cemento asfáltico y 8 % de tereftalato de polietileno, lo que da como resultado mejores valores de resistencia y deformación.

En cuanto a otra tesis hecho en Perú con el tema “Mezcla asfáltica en caliente modificada con plástico reciclado para la determinación de sus propiedades

mecánicas” (Cosío Vera y La Torre Díaz, 2021). Tenía como objetivo determinar las propiedades del asfalto modificado con plástico reciclado PET. De hecho, los métodos utilizados son de enfoque deductivo, cuantitativo, orientado a la aplicación, asimismo, un nivel característico y con bosquejo no experimental, ya que se asemeja en ilustraciones análogas de investigación compilada sobre el tema de indagación. En conclusión, las propiedades técnicas con la modificación de la mezcla asfáltica con polímeros PET puede agrandar la estabilidad de la mezcla asfáltica normal y reducir la fluidez; además, el precio de la mezcla asfáltica con PET fue con un valor de \$72,63 frente a los \$67,84 del asfalto convencional, que es el más caro, pero más económico a la larga porque reduce los costos de mantenimiento.

Asimismo un estudio titulado “Mezcla asfáltica modificada con PET características que aporta el PET (polietileno tereftalato) en la mezcla de asfalto” (Herrera Fierro y Valencia Rubiano, 2022). Teniendo como objetivo examinar y contrastar el desempeño de agregados pegajosos modificados en paralelo con mezclas pegajosas de fibra sin PET y evaluar propiedades como el desgaste por fatiga. Cabe señalar que el material modificado utilizado tiene su origen en el plástico (en concreto “Tereftalato de Polietileno”) y el reutilizamiento de botellas fabricadas con el mismo material. La indagación se realizó de forma experimental, obteniendo primero la materia prima necesarios para un diseño del asfalto, como las fibras de PET, y luego probándolos. El contenido óptimo de ligante es de 4,5%, que corresponde a las descripciones técnicas de la vía de categoría de tránsito NT3 del artículo 450-13 del INVIAS. Las pruebas de fatiga en muestras de asfalto modificado con PET cumplieron los estándares, ya que expone que el comportamiento típico de las mezclas asfálticas aprueba deformaciones significativas antes de que se apliquen las cargas. La carcasa ultrarresistente prolonga la vida útil y evita fallas prematuras.

Analizando una conclusión de la tesis titulado como “Evaluación técnica, económica y ambiental para carpeta de rodadura con PET reciclado” (Mauricio Restrepo, 2021). Dice que el componente de plástico en la mezcla de revestimiento prospera las condiciones de uso y aplicación en el proceso de revestimiento, pero desde el fondo, el asfalto como aglutinante no se reemplaza por completo, y se debe alcanzar la cantidad óptima de uso de PET, que es aproximadamente el 1 % de la masa total, mientras que la cantidad de uso de cemento asfáltico es aproximadamente el 4 % de la masa total.

Puente Jorge (2020) en su estudio titulada como “Análisis técnico – económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas” dice que el contenido de hojuelas de PET reciclado tuvo un efecto positivo en la durabilidad de las mezclas asfálticas; lo que es más importante, entre las comparaciones de grupos, el 1 % y el 3 % de PET no se diferenciaron de la mezcla estándar, lo que favoreció a las mezclas de asfalto caliente con un 5 % y 7 % de PET, lo que resultó en una reducción significativa de las pérdidas por desgaste.

Benites Yossmel (2020) en su tesis titulada “Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón” llegó como conclusión que el costo de producir 1 metro cúbico de asfalto modificada con el 3% de gránulos de caucho reciclado tiene un valor de S/. 475.3, que establece que la mezcla modificada ahorra S/. 2,30 para producir 1m<sup>3</sup> de mezcla. Además, mejora el rendimiento de la mezcla al aumentar la estabilidad y la resistencia. Asimismo, cuesta S/.498.04 producir 1 metro cúbico de mezcla asfáltica modificada con 0.9% de gránulos plásticos, frente a S/.498.04 de una mezcla normal. 498.83 por lo que se determinó que la mezcla modificada presentó un incremento de S/. 0,79. Sin embargo, el desempeño de la mezcla modificada tiene un mejor efecto en términos de estabilidad y fluidez, lo que asegura la durabilidad de la mezcla.

Salazar Giancarlo (2019) en su tesis titulada “Comportamiento de las mezclas asfálticas adicionándole caucho por la técnica de vía seca” concluyó que en mezcla asfáltica en caliente con 1.2% de caucho agregado, observamos que esto redujo la relación de vacíos y mantuvo el peso unitario. Por lo tanto, en comparación con la mezcla asfáltica tradicional, concluimos que la relación de vacíos se reduce a 3,36%, lo que alcanza los parámetros de diseño especificados (3 - 5) %.

Cosio Katerin y La torre Jim (2021) elaboraron un estudio titulada como “Mezcla asfáltica en caliente modificada con plástico reciclado para la determinación de sus propiedades mecánicas” concluyeron que a partir del análisis económico se verificó la diferencia porcentual económica entre el asfalto en caliente modificada con plástico reciclado y la mezcla tradicional, el valor por metro cúbico del asfalto tradicional y la mezcla modificada fue de 67,84 y 72,63 dólares americanos,

respectivamente, esta última fue la más costosa por el proceso de producción, pero económica a la larga por el menor costo de mantenimiento.

Bautista Junior y Guerrero Jean (2022) en su tesis titulada “Incorporación de fibra de caucho para el mejoramiento de la mezcla asfáltica en centro poblado San Matías, Chincha, 2022” concluyeron que los resultados mostraron que para las muestras de investigación, que consistieron en muestras estándar, los valores de resistencia a la carga o rigidez de las muestras con aditivos de fibra de caucho de 0,5 %, 0,75 % y 1 % alcanzaron 3.878,70 kg/cm, 4.012,40 kg/cm, 3.125,10 kg/cm y 0,70, 0,70 kg/cm respectivamente. 0,5 d.%, mientras que los demás importes fueron 0,5%. s no mostró mejora, pero se vio afectado negativamente por la disminución en el valor de soporte de carga.

Paredes Denis, Paredes Nelson y Urteaga Manuel (2022) en su tesis titulada “COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA ENTRE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL Y UN PAVIMENTO CON INCORPORACIÓN DE PET RECICLADO EN LA CAPA DE RODADURA” concluyeron que Aspectos económicos de las propiedades físico-mecánicas de adoquines, hormigones y asfaltos calientes y el cambio porcentual durante el desgaste de los pavimentos convencionales frente a pavimentos modificados incorporando PET reciclado favorece unas propiedades y degrada otras.

Gamonal José (2021) en su tesis con el título de “Efecto del caucho reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente en la avenida pacifico en el distrito de Nuevo Chimbote” concluyeron que el asfalto adicionándole polvo de caucho reciclado también puede reducir el lapso de reparación y mantenimiento por kilómetro de carretera, ahorrando S/.7.671 km/año, ya que el costo de mantenimiento equivalente del asfalto modificado es de S/0.12.684,00 frente a los 20.355,00 del asfalto normal, y la máxima modificación de caucho es una buena proporción de la mezcla de polvo para lograr buenos resultados en carretera.

Quintero Geraldyn y Bohórquez Edwin (2020) en su tesis titulada “APORTE ESTRUCTURAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON INCLUSIÓN DE PLÁSTICO PET POR VÍA SECA A ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA VÍAS DE BAJO TRÁFICO SEGÚN ESPECIFICACIONES INVIAS” concluyeron que Las propiedades estructurales de los recubrimientos flexibles que cumplen con

los estándares INVIAS son completamente superiores a aquellos con aditivo seco tipo plástico PET 76; está controlado por el módulo de elasticidad del material, que es más conveniente de usar; comparándolos, el espesor de la capa bituminosa en el asfalto que contengan plástico PET debe mantenerse un porcentaje de 35 mm, dependiendo del máx. valores menores o iguales a la tensión vertical en el subsuelo y la deformación vertical en las fibras debajo de la capa bituminosa.

Espinoza Semilí (2019) en su estudio con el título de “utilización del plástico pet reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huanuco” dado con los resultados, dicen que la clasificación de la piedra utilizada en la creación del asfalto en caliente se ajustará a las consiguientes clasificaciones planteadas por el contratista y aceptadas por el observador. Asimismo, de los requerimientos de eficacia necesarios especificados en el estudio de esta subsección para agregados gruesos y finos, la mezcla de adiciones debe ser libre de grumos de arcilla y, cuando se prueba de acuerdo con MTC E 212, no se permite más del 1% de partículas sueltas. Tampoco debe contener sustancias orgánicas y otras sustancias nocivas.

Chávez Elvis y Zavala Bryan (2022) en su tesis titulada “Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno” dicen que se utilizó 1%, 2% y 4.5% de caucho reutilizado y 1%, 2% y 3% de polietileno por volumen material para las siguientes muestras o combinaciones para alcanzar dimensiones, duración, firmeza, separación de vacíos, observación de tamaño de partícula de la mezcla bituminosa, estabilidad y contenido líquido (se selecciona dos de la composición inicial y dos de sus tamaños específicos de bitumen) y luego lo evaluó en la prueba del aparato de Marshall descrita.

Herrera Juan (2022) en su tesis titulada “ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE USANDO COMO AGREGADO EL GRANULO DE CAUCHO RECICLADO (GCR)” concluyó que NT2 Comparando mezclas asfálticas de diferentes diseños con diferentes tipos de MDC, GCR y porcentajes de betún, se puede observar que el diseño óptimo con suficiente cantidad de partículas de caucho reciclado puede ayudar a la mezcla a obtener mejor estabilidad, mayor resistencia a la fatiga, mezcla más fácil, vacíos reducidos, mejor resistencia a la

deformación plástica, mejores propiedades de las partículas, mayor soporte de temperatura.

Balarezo Fernanda y Tanaka Ricardo (2022) en su tesis titulada “Análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica” se discutieron los resultados de este estudio muestran que al momento de crear mezclas asfálticas modificadas con restos de plásticos reciclados, es práctico manejar aditivos plásticos entre 0,1% y 1,6%, ya que esto da los derivados más prósperos en términos de estabilidad, durabilidad e impermeabilidad.

### ***2.1.2 Investigación nacional***

Un estudio elaborado en Ambato con el título de la tesis “Análisis del efecto de la adición de partículas de tereftalato de polietileno en mezclas asfálticas en frío” (Gavilanes Loor, 2023). Se sustituyó el 4 %, 6 %, 8 %, 10 %, 12 %, 14 % y 16 % de PET reutilizadas de botellas para lograr un contenido óptimo de asfalto, Marshall analizó muestras obtenidas con estos porcentajes. Así, la estabilidad de la mezcla modificada con PET se redujo en un 20,4 % en comparación con la muestra de betún de referencia. Los resultados obtenidos mostraron una disminución de la fluidez, excepto para las muestras que contenían 14% y 16% de PET, lo que muestra que el complemento de PET reciclado puede optimar la firmeza del betún a la deformación permanente, no obstante, puede reducir la resistencia a la fatiga.

El uso de PET en Ecuador se ha beneficiado de un estudio elaborado por el ingeniero Patricio Romero utilizando botellas recicladas como ingrediente adicional en mezclas asfálticas mezcladas en caliente en comparación con las mezclas asfálticas convencionales, con base en mediciones de la carga base, la proporción de vacíos, estabilidad y fluidez de la mezcla. El porcentaje de pitch óptimo se comprobó con base en la prueba de Marshall, la adición de PET en función de la forma de la fibra y la cadena de muestreo. Así, se probó una buena manera de añadir el PET a las mezclas asfálticas, ya que presenta valores de estabilidad y fluidez superiores a las mezclas asfálticas convencionales (Gavilanes Loor, 2023).

Espinoza José y Navarrete María (2023) en su tesis que tiene como título “Análisis experimental de una mezcla asfáltica con adición de caucho de llanta

reciclada” concluyeron que los resultados de la prueba también determinaron que la compatibilidad se midió con los estándares NEVI-12, donde la estabilidad debe ser inferior a 2200 psi, un rango de porcentaje de vacío de 3 % a 5 % y un rango de caudal de 8 a 14.

### **2.1.3 Pavimento**

Las vías de comunicación terrestres se componen de una o más capas de materiales hechos o no situados en el terreno dispuesto.

Es significativo tener en cuenta que el asfalto logra ser recubierto con otros materiales, como piedras o maderas. Aunque, en ciertas naciones, el término se asocia con el asfalto, el material manipulado para construir calles, carreteras y nuevas vías de transporte (Giordani y Leone).

El pavimento urbano se construye especialmente con mezclas asfálticas y hormigón, que poseen un buen rendimiento de soporte y aprueban el paso continuo de vehículos sin sufrir grandes deterioros (Giordani y Leone).

En los últimos años de estudios de ingeniería civil, han fomentado la creación de pavimentación sustentable y considerada con el medio ambiente. Asimismo, se puede sugerir la elaboración de suelos que incorporan asfalto y polvo de caucho extraído de neumáticos reciclados, así como el uso de un producto llamado noxer, que tiene la cabida de impregnar la contaminación generada por las tuberías de escape de los automóviles (Giordani y Leone).

**Figura 1**  
*Pavimento*



Fuente: (La Librería del Ingeniero, 2020)

### 2.1.4 Asfalto

En mayoría, están mezclados por finas capas de mezclas asfálticas encima a una capa de base, también a una capa de subbase, que ordinariamente son de material granular. Por lo tanto, estas capas reposan en la subrasante, en la capa del suelo compactado.

**Figura 2**

*Asfalto*

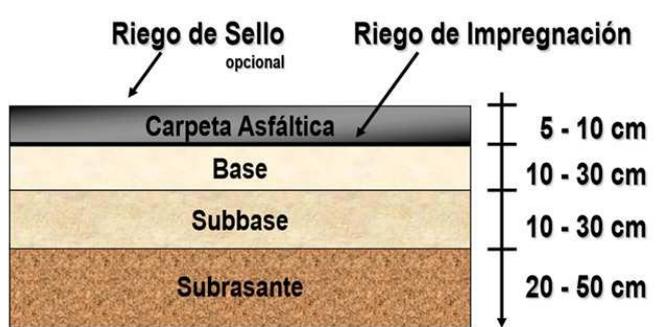


Fuente: (Eadic, 2019)

### 2.1.5 Corte transversal

**Figura 3**

*Corte transversal*



Fuente: (Giordani y Leone)

Un pavimento flexible puede tener una capa de rodadura construida con mezcla pegajoso, mezclas de arena y asfalto o métodos superficiales con riegos pegajosos. El clima y el tráfico la someten a condiciones extremas y esfuerzos.

La capa de base se acomoda totalmente de áridos que han existido o no tratados con hormigón portland, cal, asfalto u otros agentes estabilizantes. La función principal de esta capa es aguantar las cargas aplicadas y transferirlas a la subbase o al suelo.

Los materiales utilizados en la capa de base son de menor eficacia y son más costosos que utilizados en la capa de base. Por lo tanto, se compone de materiales que pueden estabilizarse o no, o de terreno que puede estabilizarse. Las subbases transfieren cargas al terreno y, en ocasiones, logran ayudar a drenar las aguas del subsuelo y evitar que las heladas causen daños.

### **2.1.6 Mezclas asfálticas**

Por otra parte, el asfalto está elaborada por varias mezclas que sirven para aguantar claramente los esfuerzos de las gomas de los neumáticos y transferir las cargas a las capas inferiores, facilitando unas situaciones de rodadura adecuadas. En cambio, cuando se manipulan en capas superficiales, asimismo, sirven como material con aguante estrictamente elemental o mecánica en las otras capas inmóviles (Padilla Rodríguez).

#### **Figura 4**

##### **Mezclas asfálticas**



Fuentes: (Cueva del Ingeniero Civil, 2015)

Es posible utilizar una variedad de términos para describir el material como simplemente estructural. Por ello, es común evaluar parte de las propiedades ya sea por el rozamiento interno y la cohesión; o por un patrón de rigidez prolongada y

perpendicular, o inclusive por una cuantía de deformación y estabilidad. Así pues, en otros materiales, se deben tener en cuenta las normas de fatiga, las imperfecciones plásticas y su resistencia a la rotura (Padilla Rodriguez).

El periodo de tensión de la carga y la temperatura son factores externos que afectan el comportamiento de la mezcla. Por lo tanto, su caracterización y características deben estar relacionadas con los factores de la temperatura y la estabilidad de la carga, ya que requiere una comprensión de la reología del material (Padilla Rodriguez).

Las mezclas asfálticas se utilizan en las obras inmóviles, puede ser en capas de rodadura o en capas inferiores, para brindar un área de rodamiento agradable, tangible y barata para los beneficiarios de las vías de comunicación, proporcionando el transporte de los automotores. Además, las mezclas asfálticas transfieren suficientes cargas de tráfico a la explanada para que pueda soportar (Padilla Rodriguez).

### **Figura 5**

*Mezcla asfáltica de aplicación en frio*



Fuente: (Noticias de las Comarca, s.f.)

Se debe tener en cuenta los dos aspectos esenciales en el diseño y propósito:

1. La situación resistente es lograr determinar que los materiales y grosores de las capas que utilizará en la obra.
2. El propósito, es establecer los requisitos que tiene el acabado y textura para las capas superiores del firme para que poder obtener una capa confortable y segura. Este tipo de capas superiores se conoce como pavimento.

### **2.1.7 Propiedades estimadas en el diseño de mezclas asfálticas**

El bosquejo de una mezcla asfáltica reside principalmente en elegir el tipo de agregado, la granulometría y el contenido de pavimento para que la mezcla tenga las propiedades deseadas y cumpla con los requerimientos específicos del proyecto. Según Cepeda, la elección adecuada de los materiales (de calidad adecuada) que formarán la mezcla y de sus proporciones adecuadas requiere un conocimiento profundo de las propiedades más importantes de las mezclas y de su impacto en el comportamiento del asfalto (Garnica Anguas et al., 2005). Las propiedades que son relevantes para una mezcla asfáltica en caliente para tener una aplicación particular, aparte el procedimiento de diseño utilizado, son las siguientes:

Tales como :”Estabilidad, Durabilidad, Elasticidad, al aguante al agotamiento, al aguante a fracturas por bajas temperaturas, Firmeza al daño por humedad, Firmeza al deslizamiento, trabajabilidad” (Garnica Anguas et al., 2005).

#### **Figura 6**

##### *Propiedades de mezclas asfálticas*



Fuentes: (Dynapac, s.f.)

### **2.1.8 Estabilidad o aguante a las deformaciones plásticas**

Esta se describe al contenido de la mezcla asfáltica para poder oponer resistencia la imperfección y deslizamiento causados por aquellas cargas generadas por el tráfico de vehículos. Un asfalto es estable cuando mantiene su forma, mientras

que es inseguro cuando experimenta imperfecciones, retracciones y otros desplazamientos.

cohesión y la fricción interna son fundamentales para la estabilidad. Dado así, “la cohesión depende del contenido de asfalto, mientras que la fricción interna depende de la textura superficial, la forma de la partícula, la granulometría del incorporado, el espesor de la mezcla y el tipo de pavimento” (Garnica Anguas et al., 2005). Con el engrandecimiento del contenido de asfalto, aumenta la cohesión, inclusive que se forma una capa desmedida en las partículas del asfalto, lo cual puede provocar un desgaste de frote entre las partículas.

### **2.1.9 Durabilidad**

Es donde la mezcla asfáltica puntualiza su capacidad para oponer resistencia los efectos nocivos del agua, aire, temperatura y tráfico que pueden causar degeneración del asfalto, desintegración de lo adherido lo que ocasiona el desprendimiento de la capa de pavimento de lo añadido. La mezcla asfáltica de alta calidad no puede envejecer demasiado durante su vida útil en el servicio. El grosor de la capa de pavimento y los vacíos de aire contribuyen a esta propiedad (Garnica Anguas et al., 2005).

### **2.1.10 Flexibilidad**

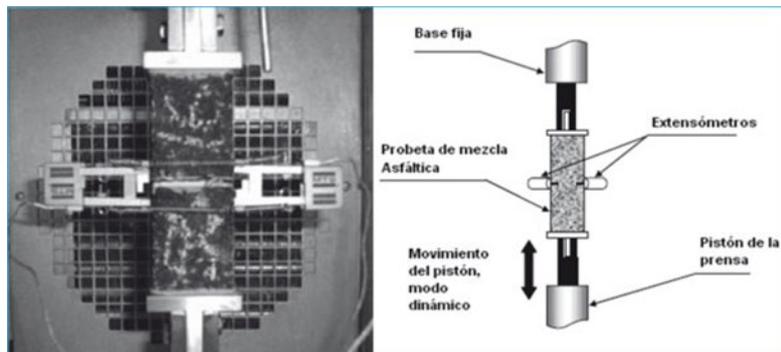
La capacidad de la mezcla asfáltica para ajustarse a los sitios y movimientos progresivos de la base y la subrasante sin sufrir agrietamiento o fisuración. Esta propiedad no siempre cumple con los requisitos de estabilidad (Garnica Anguas et al., 2005).

### **2.1.11 Resistencia a la fatiga**

El contenido del asfalto para oponer resistencia a cargas periódicas provocadas por el camino de automóviles se conoce como "cargas de carga". El contenido y la dureza del pavimento influyen en el agrietamiento por fatiga. La mezcla se deforma más elásticamente (o se deforma menos) cuando se carga repetidamente debido a los contenidos de asfalto altos. Asimismo, se debe marcar que la dependencia entre el grosor estructural de la capa y la carga determina en gran medida la a la fatiga (Garnica Anguas et al., 2005).

**Figura 7**

*Ensayo para la resistencia a la fatiga*



Fuente: (Jimenez Perez et al., 2011)

### **2.1.12 Resistencia a fracturas por disminución temperatura**

La mezcla asfáltica para oponer resistencia a la fricción a bajas temperaturas es lo que lo hace. La rigidez del asfalto a bajas temperaturas es su principal fuente de confianza.

### **2.1.13 Resistencia al deterioro por humedad o impermeabilidad**

Es el aguante del asfalto al camino de agua y aire al interior. Por lo tanto, “Las características artificiales del agregado inorgánico, la cantidad de vacíos de aire en la mezcla compactada y las técnicas de oxidación, adherencia y drenaje del pavimento están relacionados con la resistencia al daño por humedad” (Garnica Anguas et al., 2005).

### **2.1.14 Funcionalidad de las mezclas asfálticas**

Como se ha visto, los asfaltos flexibles sirven para resistir claramente las acciones de las llantas y transferir las cargas a las capas inferiores, lo que mejora las condiciones de rodadura adecuadas. Por lo tanto, “Cuando se usan en capas superficiales, también funcionan como material con resistencia simplemente estructural o mecánica en las demás capas de los firmes” (Padilla Rodriguez).

Es posible utilizar una variedad de términos para describir el material como simplemente estructural. Es común evaluar parte de sus características por su cohesión y frote interno; ya sea por un módulo de dureza prolongada y perpendicular;

o inclusive por un valor de deformación y estabilidad. Hay que tener en cuenta la resistencia a la rotura, las deformaciones plásticas y las leyes de fatiga, como en otros materiales (Padilla Rodriguez).

El período de concentración de la carga y la temperatura son factores externos que afectan el comportamiento de la mezcla. Por lo tanto, su caracterización y características deben estar relacionadas con estos componentes, la temperatura y la persistencia de la carga, lo que requiere una comprensión de la reología del material (Padilla Rodriguez).

### **Figura 8**

*Planta asfáltica*



Fuente: (Yepes Piqueras, 2014)

#### ***2.1.15 Propiedades del asfalto para las capas de rodadura***

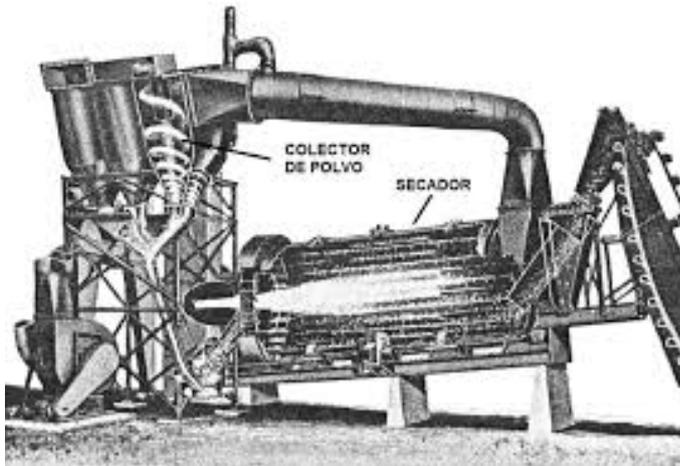
La capa superior de un asfalto es responsable de aportar una superficie de rodadura convincente, cómodo y estética. Debido a que no es posible optimizar todas las características deseables de una superficie de rodadura al mismo tiempo, es necesario equilibrar las propiedades opuestas para lograr medidas más satisfactorias (Padilla Rodriguez).

Los materiales asfálticos brindan superficies continuas que son fáciles de rodar. Sin embargo, es necesario equilibrar la estabilidad, rugosidad e impermeabilización, entre otras peculiaridades ventajosas o necesarias para el usuario. Por otro lado, en regiones de clima frío, especialmente en el centro de Europa, se han creado combinaciones altamente resistentes al agua y abundantes en

mortero. Por lo tanto, si estas composiciones no brindan la contextura deseada, se utilizan técnicas que no están relacionadas con la propia mezcla, como el abujardado en caliente o la incrustación en la superficie de las gravillas (Padilla Rodriguez).

### **Figura 9**

*Secador y ciclón extractor de una instalación de fabricación de mezclas bituminosas*



Fuente: (Yepes Piqueras, 2014)

#### **2.1.16 Propiedades del asfalto para capas inferiores**

La función estructural de las capas de dimensión considerable de un inmóvil es absorber la mayor parte de las solicitudes de tráfico, lo que permite que se disminuyan adecuadamente a las capas inferiores, explanadas o cimientos de la vía (Padilla Rodriguez).

Se han observado tendencias y naciones que han adoptado el uso de asfaltos de gran espesor como la losa estructural esencial del inmóvil. En otras situaciones, la capacidad resistente depende de la cooperación con otras capas de materiales granulares o hidráulicos para lograr su función (Padilla Rodriguez).

La granulometría inspirada de la disposición española tradicional para el diseño de mezclas de capas gruesas de base. Por lo tanto, la función resistente radica en la apertura completa del esqueleto mineral en las mezclas anteriores. Estas mezclas podrían haber sido influenciadas por bases de piedra partida que han sido tratadas con ligantes hidrocarbonados (Padilla Rodriguez).

**Figura 10**

*Propiedades funcionales de las mezclas asfálticas*

<b>Propiedades funcionales de las mezclas asfálticas</b>
<b>Seguridad</b> Resistencia al deslizamiento Regularidad transversal Visibilidad (marcas viales)
<b>Comodidad</b> Regularidad longitudinal Regularidad transversal Visibilidad Ruido
<b>Durabilidad</b> Capacidad soporte Resistencia a la desintegración superficial
<b>Medio ambiente</b> Ruido Capacidad de ser reciclado
<b>Trabajabilidad</b>

Fuente: (Padilla Rodriguez)

**Figura 11**

*Propiedades técnicas de las mezclas asfálticas*

<b>Propiedades técnicas de las mezclas asfálticas</b>
<b>Textura superficial</b>
<b>Conductividad hidráulica</b>
<b>Absorción de ruido</b>
<b>Propiedades mecánicas (en relación con el tráfico)</b> Resistencia a la fisuración por fatiga Resistencia a las deformaciones plásticas permanentes Módulo de rigidez Resistencia a la pérdida de partículas
<b>Durabilidad (en relación con el clima)</b> Resistencia al lavado por el agua Resistencia a la fisuración térmica Resistencia a la fisuración por reflexión Resistencia al envejecimiento
<b>Trabajabilidad</b> Compactabilidad Resistencia a la segregación agregado grueso/fino Resistencia a la segregación agregado/ligante

Fuente: (Padilla Rodriguez)

### **2.1.17 Diferencias entre la mezcla de asfalto en caliente y frío**

Cuando se selecciona una mezcla asfáltica, los componentes más significativos que deben tenerse en cuenta son el clima y sus escenarios, así como el peso y el número de automóviles que circulan por la autopista, calle u otra carretera. Por esta razón, te explicaremos en esta ocasión la distinción entre la mezcla de asfalto caliente y frío (FAR (vias y pavimentos), 2021).

Es importante tener en cuenta que toda mezcla asfáltica resulta de la combinación y repartición de un material asfáltico con uno pétreo. Por lo tanto, además de ser un componente primario, la selección y la calidad de los agregados son otros factores críticos para realizar una mezcla asfáltica. Además, las mezclas asfálticas se clasifican según varios parámetros (FAR (vias y pavimentos), 2021).

Dividirá en mezclas en caliente o en frío según la temperatura utilizada durante la elaboración. Las mezclas pueden ser espesas o cerradas, semidensas o semicerradas, abiertas o porosas, según su porcentaje de vacío de aire. Por otro lado, puede haber diferencias en mezclas continuas o discontinuas si se considera la curva granulométrica (FAR (vias y pavimentos), 2021).

#### **Figura 12**

*Mezclas asfálticas caliente*



Fuente: (Constructora Derpet, s.f.)

**Figura 13**

*Mezclas asfálticas caliente y frío*



Fuente: (FAR (vias y pavimentos), 2021)

### **2.1.18 Características de la mezcla de asfalto en caliente y frío**

#### **2.1.18.1 Mezcla de asfalto en caliente.**

Las plantas fijas o móviles son donde se produce. Evita que los agregados se revuelvan al separarlos por tamaños antes de agregarlos a la mezcla. Todos los componentes deben estar cubiertos por la capa de asfalto, por lo que se debe calentar y establecer una temperatura que consienta una mezcla uniforme del material (FAR (vias y pavimentos), 2021).

Las propiedades más distinguidas en una mezcla asfáltica existen: “la resistencia, la resistencia, la elasticidad, la firmeza a la fatiga, la firmeza al daño por humedad, la resistencia al deslizamiento y la estabilidad” (FAR (vias y pavimentos), 2021). La granulometría de las mezclas asfálticas en caliente determina su densidad, abertura o tipo SMA.

## Figura 14

### Asfalto en caliente



Fuente: (Ventas de asfalto RC, 2021)

#### **2.1.18.2 Mezcla asfáltica en caliente densa.**

Este tipo de mezcla es homogénea y uniforme. Además, se fabrica con materiales pétreos bien graduados y ligante asfáltico (FAR (vías y pavimentos), 2021).

#### **2.1.18.3 Mezcla asfáltica en caliente abierta.**

Además, aunque tiene un alto porcentaje de vacíos, es una mezcla homogénea y uniforme. Este está construido a partir de materiales pétreos con una granulometría uniforme. Estas mezclas se manipulan con frecuencia como capas de rodadura sobre una carpeta de granulometría densa (FAR (vías y pavimentos), 2021).

#### **2.1.18.4 Mezcla de asfalto en frío.**

Aunque también se utiliza una emulsión asfáltica, el material asfáltico utilizado para su desarrollo es menos. Por lo general, las mezclas en frío se producen de nuevo en el sitio, pero también se pueden producir en planta. Cuando la mezcla está lista y se comercializa en la cantidad deseada, es crucial homogeneizarla al colocarla (FAR (vías y pavimentos), 2021).

## Figura 15

### Asfalto en frio



Fuente: (Ventas de asfalto RC, 2021)

### 2.1.19 Plásticos

Los plásticos, que están hechos de las resinas, las proteínas y otras sustancias se moldean fácilmente y pueden cambiar su forma permanentemente a cualquier temperatura y compresión (Espinoza).

Las características únicas de los plásticos permiten su moldeo y adaptación para una variedad de formas y usos. Si observamos atentamente, encontraremos elementos de plástico en todos los ámbitos de la vida cotidiana: envases, ropa, utensilios, transporte, electrodomésticos y dispositivos médicos (Espinoza).

## Figura 16

### Los plásticos



Fuente: (Espinoza)

### **2.1.19.1 Características de los plásticos.**

Los plásticos son polímeros, sustancias químicas sintéticas con estructuras macromoleculares que se pueden modelar mediante calor o presión. El carbono es su componente principal. Estos plásticos se unen a través de un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos ofrecen una combinación de características que otros materiales no pueden proporcionar, como el color, el peso, el sensible y resistente a la degradación ambiental y biológica (Espinoza).

Como resultado, la mayoría de los plásticos tienen las siguientes características (aunque algunos plásticos especiales pueden no cumplirlas):

- Son fáciles de moldear y trabajar
- Los costos de producción son bajos
- Prefieren la densidad baja
- Por lo general, son impermeables
- Los mejores aislantes eléctricos
- Aislantes acústicos aceptables

### **2.1.19.2 Cómo se obtienen los plásticos.**

Las materias primas principales para la fabricación de plástico son el petróleo y el gas natural, que son hidrocarburos, compuestos de carbono muy simples (Espinoza).

En las fabricaciones petroquímicas, estos materiales primos se convierten en hidrocarburos ligeros como el etileno, el propileno, el butileno y otros que se utilizarán como base para la fabricación de plásticos (Espinoza).

Las moléculas gigantes o macromoléculas forman los plásticos. Estas macromoléculas (también conocidas como polímeros) se forman mediante la unión de monómeros, que son moléculas más pequeñas y elementales (Espinoza).

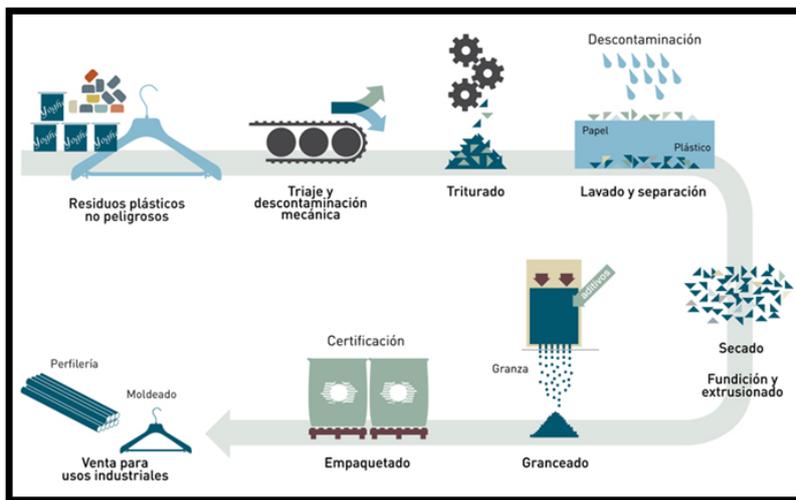
La polimerización es el proceso mediante el cual se produce finalmente el material plástico. Los monómeros se unen en secuencia, es decir, un monómero se coloca al lado del otro como si fuera una gran cadena en la que cada monómero repetido forma un eslabón (Espinoza).

Los plásticos son productos hechos de materiales sintéticos, es decir, fabricados a partir de materiales ya creados por humanos. La polimerización se clasifica en dos categorías:

- **Poliadición.** El polímero (plástico) está formado por muchas moléculas sencillas o monómeros iguales.
- **Policondensación.** Es una reacción en la que una gran cantidad de moléculas de dos tipos desiguales se combinan para crear una macromolécula (o plástico) y otras sustancias de desecho.

**Figura 17**

*Procesos del reciclaje del plástico*



Fuente: (OPEMED, 2020)

### 2.1.19.3 Propiedades de los plásticos.

Debido a la gran diversidad de los plásticos, es difícil hacer generalizaciones sobre sus propiedades. Puede afirmarse que las características de ambos son muy distintas: Las siguientes son las más importantes:

- Su principal característica es su plasticidad, lo que significa que son fáciles de crear y moldear.
- Los plásticos tienen baja conductividad térmica, lo que los hace malos conductores del calor y del frío, por lo que pueden utilizarse como aislantes eléctricos.

- Logran una resistencia mecánica admisible, lo que representa que resisten muy bien los estiramientos, golpes, retorcimientos y presiones.
- La mayoría de los plásticos tienen un peso bajo.

#### 2.1.19.4 Categorización de los plásticos.

Aunque hay diversos tipos de plásticos, se pueden dividir en tres categorías principales para su estudio:

- Los termoplásticos se descomponen al calentarse y se endurecen al enfriarse, lo que les permite ser modificados repetidamente sin perder sus características. Debido a esto, son reciclables. Salvo el teflón, pueden ser expuestos a una temperatura máxima de 150 °C.
- Los termoestables solo pueden moldearse una vez porque sufren una transformación química llamada fraguado mientras se fabrican. Por esta razón, una vez que han sido formados mediante presión y calor, no se pueden moldear de nuevo.
- Los elastómeros tienen la capacidad de extenderse hasta ocho veces su longitud original y, cuando la fuerza que los deformó cesa, recuperan su forma y tamaño.

**Figura 18**

*Clasificación de los plásticos*



Fuente: (Gestores de Residuos, 2020)

### **2.1.20 Caucho**

Caucho es una polimerización de ciertos hidrocarburos con enlaces conjugados. Sus características físicas más importantes son la flexibilidad (el caucho puede recuperar su forma), la electricidad y la impermeabilidad al agua y al gas. La vulcanización produce caucho y ebonita (Scienciealpha, 2019).

#### **Figura 19**

*El caucho*



Fuente: (Somos falabella, s.f.)

#### **2.1.20.1 Caucho natural, composición de características y propiedades.**

Desde hace mucho tiempo se conoce el caucho natural. Los científicos descubrieron fósiles de plantas que producen caucho que tienen una edad de millones de años. Hace quinientos años, con el descubrimiento de América, me enteré de este material por parte de los representantes de la civilización. Los indios vendían inteligentemente botellas y zapatos de goma a los blancos en ese tiempo. Sin embargo, la demanda real de caucho comenzó en los años 30 del siglo XIX cuando Charles Goodyear inventó el proceso de vulcanización, que da como resultado la goma. Para lograr esto, calentó el azufre en la goma, mejorando las propiedades del material. Como resultado, se creó el caucho y su uso se generalizó. En 1919, ya había más de 40 mil productos fabricados con este material en un mercado (Scienciealpha, 2019).

El caucho está hecho de 91-96 % de polímero de isopreno y tiene las siguientes características y propiedades: densidad de 910-920 kg/m<sup>3</sup>; resistencia a las heladas o a la temperatura de transformación vítrea de 70 ° C (por lo tanto, deja de ser plástico

y logra algunas condiciones de vaso), aguante al calor hasta 200 ° C (Scienciealpha, 2019).

La absorción del calor de estiramiento se acompaña de la compresión del caucho natural (Scienciealpha, 2019).

Cuando la goma se ablanda con el calor al enfriarse, se vuelve quebradiza. Y el caucho pierde su elasticidad durante cualquier proceso. La fragilización y el agrietamiento son causados por la interacción del caucho natural con ozono, oxígeno y otros oxidantes. Por lo tanto, la mayor fragilidad es "vieja" (Scienciealpha, 2019).

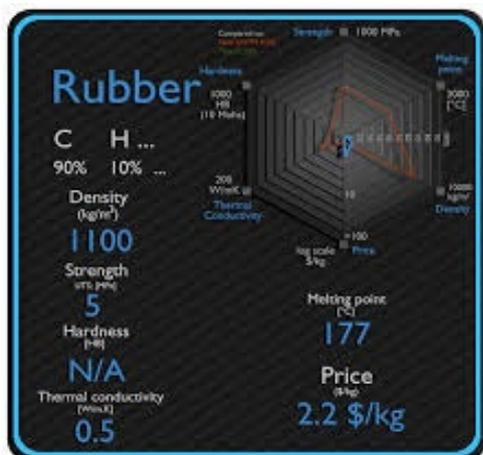
El caucho puede estar en uno de los tres estados: muy elástico, viscoso o vidrioso, dependiendo de la temperatura. La goma es muy elástica en condiciones normales de temperatura (Scienciealpha, 2019).

Más gomas que se valoran por su elasticidad. La cristalería puede volver a su forma original rápidamente. Esto ocurre cuando la fuerza de deformación ya no se aplica. La elasticidad del caucho se encuentra entre las mejores de su categoría. En concreto, si el producto se extiende hasta el 1000%, sin embargo, tornará a su forma original. Por cierto, la figura es 1% para sólidos regulares. Estas características únicas del caucho lo ayudan a ahorrar dinero tanto cuando se calienta como cuando se enfría (Scienciealpha, 2019).

El caucho también tiene una alta plasticidad, lo que lo convierte en una ventaja. Esto significa que el material tomará y mantendrá su forma cuando sea sometido a fuerzas externas. Esta propiedad es particularmente notable durante el mecanizado o el calentamiento. El caucho se considera una sustancia plasto elástica por esta razón (Scienciealpha, 2019).

**Figura 20**

*Componente y propiedades del caucho*



Fuente: (Material-Properties, 2023)

### 2.1.20.2 Obtención de caucho natural.

La materia prima es el jugo lechoso de algunas plantas que producen látex. El látex es un componente común de las plantas que se puede encontrar en representantes de plantas caucheras de varios grupos botánicos (Scienciealpha, 2019).

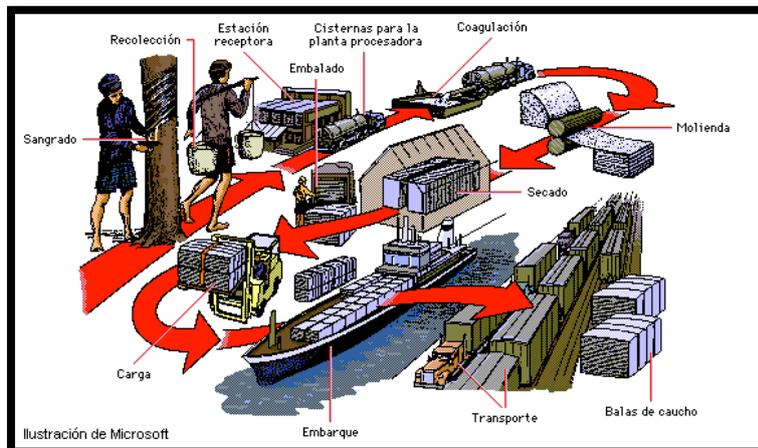
Kok-Sagyz, Krym-Sagyz y otros son plantas herbáceas de látex de la familia Compositae que acumulan caucho en los órganos subterráneos. La producción industrial de caucho no utiliza estas plantas (Scienciealpha, 2019).

Los árboles de caucho se encuentran principalmente en la región del ecuador, que se conoce como el "cinturón de goma" y se extiende por 1300 km al norte y al sur. En el mundo, aquí se cultivan los árboles de caucho para uso industrial. El caucho natural se obtiene principalmente del látex del árbol tropical hevea brasileña. Hacer incisiones en forma de V en la corteza de un árbol debajo de 5 años. Un árbol de hevea recibe aproximadamente dos a tres kilogramos de caucho (Scienciealpha, 2019).

Después de lavar con agua, enrollado en hojas y ahumado, el jugo lechoso (látex) se coagula y se agrega ácido acético o fórmico para extraer goma de hevea brasileña (Scienciealpha, 2019).

**Figura 21**

*Proceso del caucho*



Fuente: (Inforgram, s.f.)

### 2.1.20.3 Estructura química del caucho natural y su composición.

La caoba natural es un polímero de hidrocarburo insaturado con muchos dobles enlaces. Es una fórmula química genérica. Se parece en esto: El grado de polimerización (norte) es de 1.000 a 3.000 unidades. El isopreno es el monómero del caucho natural (Scienciealpha, 2019).

Según el análisis químico, el caucho natural solo está compuesto de carbono e hidrógeno. Esto los convierte en hidrocarburos. La fórmula básica del caucho es una prueba de ello. Las unidades individuales pueden tener un peso molecular superior al medio millón de gramos por mol. Por lo tanto, el caucho natural es un polímero natural de isopreno CIS-1,4-poliisopreno (Scienciealpha, 2019).

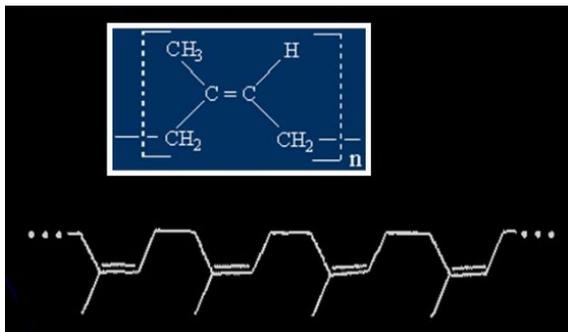
Si se supone que una molécula de caucho no es atómicamente delgada, se puede observar en el microscopio porque es muy larga. Y si lo hace con el máximo estiramiento, obtienes una línea de zigzag excelente. Esto es el resultado del tipo de enlaces de carbono (Scienciealpha, 2019).

La molécula solo puede orbitar alrededor de enlaces simples porque el isopreno alterna enlaces simples y dobles. Y como resultado de estas variaciones, la molécula se dobla constantemente y ha unido los extremos incluso en reposo (Scienciealpha, 2019).

La molécula natural de caucho tiene una forma casi circular. Primavera, que les permite crecer fácilmente y fuertemente y aumentar de tamaño después de la reproducción (Sciencielalpha, 2019).

## Figura 22

### Estructura química del caucho



Fuente: (Carreno, s.f.)

## 2.2 Marco legal:

La importancia de este estudio es evaluar el impacto técnico y económico mediante la experimentación en el laboratorio para una mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado, por lo tanto, a continuación se presentarán y explicará las normativas nacionales e internacionales para la puesta experimental. Por otro lado, estos artículos y normativas, estarán completos en los anexos.

### 2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

De acuerdo a la Constitución de la Republica de Ecuador, se encuentran artículos que hacen referente al ambiente sano, a la educación, la ciencia, la tecnología, la innovación y saberes ancestrales, además de la naturaleza y el ambiente, asimismo, Biosfera, ecología urbana y energías alternativas. Entre ellos se encuentran los siguientes artículos:

#### Sección segunda

#### Ambiente sano

**Art. 14.-** En este articulo habla del Sumak kawsa, en la cual es el derecho de la población a vivir en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado que

certifique la sostenibilidad y el buen vivir. La conservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la rectitud del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados son asuntos de interés público.

### **Sección primera**

#### **Educación**

**Art. 350.-** En relación con los objetivos del régimen de desarrollo, el sistema de educación superior tiene como objetivo la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; y la construcción de soluciones para los problemas del país.

### **Sección octava**

#### **Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales**

**Art. 385.-** Este artículo tiene como objetivo el sistema nacional como ciencia, innovación y el marco del ambiente como su vida útil la cual genera y logra difundir los conocimientos para lo cual lograr la recuperación y el fortalecimiento. tendrá como finalidad:

1. Formar, aplicar y propagar ilustraciones científicos y tecnológicos.
2. Redimir, fortificar y desarrollar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional.

### **Sección primera**

#### **Naturaleza y ambiente**

**Art. 396.-** Cuando exista certidumbre de daño, el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas para evitar los impactos ambientales negativos. El Estado tomará medidas protectoras efectivas y oportunas en asunto de incertidumbre sobre el impacto ambiental de cierta operación u descuido, incluso si no hay certeza probada del deterioro.

## **Sección séptima**

### **Biosfera, ecología urbana y energías alternativas**

**Art. 415.-** El estado central y los gobiernos autónomos descentralizados implementarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y uso del suelo que permitan la regulación del crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana y el fomento de la creación de zonas verdes. Asimismo, se usarán programas de un buen uso razonado del agua, y de disminución reciclamiento y tratamiento de los desechos concretos y líquidos. Además, se impulsará y proporcionará el transporte terrestre no motorizado, en específico mediante el establecimiento de ciclo vías.

### **2.2.2 LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION**

De acuerdo a la Ley de Gestión Ambiental y la codificación, se encuentran los artículos referentes al ámbito y principios de la gestión ambiental, también a la evaluación de impacto ambiental y del control ambiental, en la cual será muy fundamental en el cuidado del medio ambiente gracias a puesta experimental.

## **TITULO I**

### **AMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTION AMBIENTAL**

**Art. 2.-** La gestión ambiental se basa en valores como la solidaridad, la corresponsabilidad, la cooperación, la coordinación, el reciclamiento y la reutilización de desechos, el uso de tecnologías disyuntivas que sean ambientalmente sostenibles.

## **CAPITULO II**

### **DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL Y DEL CONTROL AMBIENTAL**

**Art. 19.-** Este artículo se dan en obras públicas, privadas o mixtas la cual antes de que se lleven a cabo, los organismos descentralizados de control calificarán los trabajos gubernamentales, privativas o mixtas, así como los proyectos de inversión públicas o privadas que logren tener impactos ambientales. Estas calificaciones se realizarán de acuerdo con el Sistema Único de Manejo Ambiental.

**Art. 23.-** Este artículo denota el impacto ambiental ya sea por causas de la población, el agua, la estructura, el suelo, entre otros. Así mismo, pueden ser condiciones públicas como el ruido, vibración, cambios térmicos, etc. Por otro lado, la incidencia que tiene el proyecto ya sea en lo cultural e histórico.

### **2.2.3 Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN**

De acuerdo al Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), se encontrarán las normas técnicas referente a las mezclas y a los productos derivados de la refinación del petróleo para entender los materiales a utilizar en este estudio.

- Norma Técnica Ecuatoriana 2515:2011, esta medida instituye las condiciones para la formación de la mezcla.
- Norma Técnica Ecuatoriana 2061:1987, esta medida instituye las especificaciones que deben desempeñar los pavimentos disueltos fabricados a partir de la mezcla de productos procedentes del refinamiento del hidrocarburo.

### **2.2.4 American Society for Testing and Materials (ASTM)**

De acuerdo a las normativas internacionales de los ensayos y materiales ASTM, son muy importante para experimentar con el asfalto y sacar sus respectivos resultados, en la cual tenemos los siguientes:

- ASTM D 1559-89, (Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus), esta norma establece los diseños de Mezclas Método Marshall en los ensayos de la mezcla asfáltica.
- ASTM D2041-11, (Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures) o esta norma establece las clasificaciones de suelos y agregados para la construcción de vías.
- ASTM D1188-07, (Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Coated Samples) o (AASHTO T 275) esta normativa se utiliza para comprobar los cálculos de densidad bulk, que son manejados en muchas técnicas de elección

de proporciones para mezclas de agregados en los pavimentos flexibles.

- ASTM D6648-08, (Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer), esta normativa se utiliza para el estudio de la objeción del asfalto ante la carga de tráfico.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la investigación

**El enfoque que se va implementar es el cuantitativo:** Este enfoque implica la recolección y el análisis de datos numéricos y medibles que se van a dar una vez realizado el ensayo. Por ello, para el objeto de investigación propuesto, el enfoque cuantitativo podría incluir la recopilación de datos relacionados con las propiedades físicas y técnicas de las mezclas asfálticas modificadas, como la resistencia, durabilidad, adherencia, elasticidad, entre otros. Así mismo, se llevará a cabo pruebas de laboratorio y de campo que generen datos cuantitativos específicos sobre el comportamiento de estas mezclas, como mediciones de resistencia a la tracción, módulos de elasticidad, vida útil, costos de producción, costos de mantenimiento, entre otros aspectos económicos.

Es un enfoque cuantitativo ya que se tabulará los resultados obtenidos así como se realizará presupuestos comparativos de la mezcla asfáltica tradicional con la mezcla con adición de caucho y plástico reciclado. Por otra parte, se va a realizar en el laboratorio pruebas con la mezcla asfáltica adicionándole el caucho y asimismo el plástico reciclado para lograr ver el impacto técnico y económico que comprende ese experimento. Por ello, la evaluación experimental del impacto técnico y económico de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado tiene como objetivo principal determinar los beneficios y viabilidad de utilizar esta innovadora combinación de materiales en la construcción carreteras. Por ende, desde el punto de vista técnico, se espera que esta evaluación permita analizar y demostrar las mejoras en las propiedades de la mezcla asfáltica, como su resistencia, durabilidad y capacidad de soportar cargas pesadas.

En cuanto al impacto económico, se espera que la evaluación experimental, en comparación con las mezclas asfálticas convencionales, proporcione información importante sobre los costos asociados con la producción y aplicación de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado. Por lo tanto, se espera que el uso de materiales reciclados reduzca los costos de producción mientras reduce la dependencia de recursos naturales no renovables.

La interpretación de los resultados del ensayo permitirá evaluar el impacto de la adición de caucho y plástico reciclado en las propiedades del asfalto mezclado. Si se observan mejoras significativas en las propiedades del material, se podrá concluir que la adición de caucho y plástico reciclado es una solución viable y eficiente para mejorar las características del asfalto mezclado.

### **3.2 Alcance de la investigación**

**El alcance a utilizar es el descriptivo:** Este tipo de alcance se enfoca en describir detalladamente las características, propiedades y comportamientos de las mezclas asfálticas modificadas con caucho y plástico reciclado. Se centra en la recopilación sistemática de datos sobre aspectos técnicos, económicos y experimentales de estas mezclas, con el propósito de proporcionar una visión clara y precisa de su estado actual, características y resultados observados. Los estudios descriptivos pueden incluir la realización de pruebas de laboratorio, análisis de datos numéricos y descripciones detalladas de propiedades físicas y químicas de las mezclas.

**Alcance exploratorio:** Dado que la adición de caucho y plástico reciclado en mezclas asfálticas es un campo en constante evolución, un enfoque exploratorio sería útil para investigar nuevas tendencias, tecnologías emergentes, innovaciones en procesos de fabricación y descubrir posibles áreas de mejora. Esto implica explorar nuevas técnicas, métodos de aplicación, materiales alternativos, e incluso evaluar posibles impactos ambientales y beneficios a largo plazo de estas mezclas.

### **3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos**

#### ***3.3.1 Investigaciones bibliográficas***

Las investigaciones son de fuentes de repositorios institucionales de las universidades del Ecuador y también de universidades internacionales. Por lo tanto, se buscó con palabras claves que permitan una búsqueda más clara y precisa al objeto de estudio. Por ejemplo, de las palabras claves: “mezclas asfálticas”, “mezclas asfálticas con caucho”, “mezclas asfálticas con plásticos PET o plásticos reciclados” y “mezclas asfálticas viendo desde el impacto técnico y económico con plásticos

reciclado o caucho”. A pesar, que se tuvieron muchas investigaciones y solo se seleccionaron unos cuantos para basarnos a la experimentación de nuestro estudio.

### **3.3.2 Recolección de datos**

Basando de los estudios seleccionados de acuerdo a nuestro tema de tesis. Sin embargo, gracias a esos porcentajes de adición que han propuesto en otros estudios, nos doy inicio a la experimentación de nuestra mezcla asfáltica. Por ende, las técnicas empleadas en este estudio son la prueba de mezclas asfáltica por el método de Marshall. En la cual, nos va a acceder por varios procesos determinar el flujo y estabilidad del pavimento flexible en caliente usando el caucho en grano y los recortes de plásticos de las botellas.

Para la parte del impacto económico, se usarán de referencias estudios comparativos de mezcla asfáltica tradicional con la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado. También, se basará de acuerdo a los presupuestos referente de la SERCOP para una mejor comprensión de los precios de estos materiales.

### **3.3.3 Análisis de datos**

Para la parte del impacto técnico de la mezcla asfáltica, se va a poder analizar de acuerdo a los datos dados por el ensayo en el laboratorio. Por consiguiente, se elaborará tablas y gráficos con más detalles a cada ensayo realizado a la mezcla asfáltica. En cambio, para la parte del impacto económico de la mezcla asfáltica, se analizará los costos relacionados con la mezcla tradicional con la mezcla adicionándole el caucho y el plástico reciclado con la finalidad de hacer tablas de presupuestos y gráficos comparativos para entender ambas mezclas.

### **3.3.4 Instrumentos**

Los instrumentos o equipos que se podrán utilizar para el diseño de la mezcla asfáltica con adición de caucho de plástico reciclado son las siguientes:

- Placa de base plana.

- Martillo de compactación.
- Moldes para ensayo Marshall.
- Prensa para el ensayo de Marshall.
- Balanza eléctrica.
- Cocina a gas.
- Bandejas metálicas.
- Termómetros de AC-20.
- Termómetros digitales para los agregados.
- Pinzas metálicas.
- Guantes de nitrilo.
- Franelas.
- Cucharon metálico.

Para el análisis de datos se usar programas ofimáticos como:

- **Microsoft Excel:** Para la parte del impacto técnico, nos permitirá hacer tablas de todos los ensayos que se realizó en el laboratorio y también nos dará los respetivos gráficos para dar los resultados más detallados. Por otro lado, para la parte del impacto económica, nos permitirá hacer los cálculos adecuados para sacar un presupuesto comparativo de la mezcla asfáltica tradicional con la mezcla asfáltica elaborada con adición de caucho y plástico reciclado.

### **3.3.5 Materiales**

- Cemento asfáltico AC-20
- Grava.
- Caucho en grano
- Plásticos recortados de botellas

### **3.4 Población y muestra**

Nuestro estudio se basa de investigaciones de muchos países para tener un detalle claro y ver qué porcentaje de adición es óptimo para la mezcla asfálticas en caliente con caucho y plástico reciclado.

#### **3.4.1 Población**

La población está basada a las investigaciones de países como Ecuador, Perú, Colombia, entre otros. Igualmente, que esos estudios tengan objetivos relacionado a nuestro, como es la adición de caucho y plástico reciclado. Asimismo, a investigaciones que señale lo impacto técnico-económico que consienta tener una mejor visión a lo que queremos llegar para este presente trabajo. Con la finalidad, que este material sea una buena innovación a las construcciones de carreteras, del mismo modo, que esta adición permita tener una mejor durabilidad y reducción de costos comparado a la mezcla asfáltica tradicional.

#### **3.4.2 Muestra**

La muestra ha sido seleccionada de acuerdo a su método de implementación de los agregados como el caucho y plástico reciclado ya sea en conjunto o por separados. Por lo tanto, para determinar a los elementos para nuestra muestra se tomó en cuenta a las siguientes investigaciones:

- Trabajos como tesis, proyectos, artículos científicos e informes que estén en los repositorios de otras universidades de los países mencionadas con palabras claves: “mezclas asfálticas”, “mezclas asfálticas con caucho”, “mezclas asfálticas con plásticos PET o plásticos reciclados” y “mezclas asfálticas viendo desde el impacto técnico y económico con plásticos reciclado o caucho”.
- Trabajos como tesis, proyectos, artículos científicos e informes que refieran con información con nuestras variables del tema de investigación.
- Trabajos como tesis, proyectos, artículos científicos e informes que fueron publicados en los 5 o 6 años.

- Trabajos como tesis, proyectos, artículos científicos e informes que estén traducidos al español y se puedan comprendo los elementos que deseamos encontrar.

Dado a esto se logró seleccionar ciertas investigaciones que servirán de objetos de estudio para la presente investigación:

**Tabla 1**  
*Muestra de investigaciones*

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>País y año de publicación</b>
1	Análisis experimental de una mezcla asfáltica con adición de caucho de llanta reciclada	José Antonio Espinoza Avilés María Alexandra Navarrete Gavica	Ecuador, 2023
2	Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno	Chávez Elvis Erick Zavala Cardozo Bryan Iván	Perú, 2022
3	Efecto del caucho reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente en la avenida pacifico en el distrito de Nuevo Chimbote	José Roger Gamonal Chauca	Perú, 2022
4	Análisis técnico – económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas	Puente Ganz, Jorge	Perú, 2022
5	Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón	Benites Cruz Yossmel Pascual	Perú, 2019

6	Comparación técnico –económica entre un pavimento convencional y un pavimento con incorporación de PET reciclado en la capa de rodadura	Denis Eduard Paredes Cuba, Ing. Nelson Joel Paredes Cuba, Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro, Ing.	Perú, 2022
7	Evaluación técnica, económica y ambiental para carpeta de rodadura con PET reciclado	Mauricio Restrepo Wilson Navarro	Colombia, 2021
8	Análisis de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío modificada utilizando rap con polvo de caucho	Macas Juna Williams Ernesto Méndez Ramos Jonathan Geovanny	Ecuador, 2022
9	Análisis Técnico y Económico de Pavimentos con Incorporación de Asfaltos Modificados con Grano de Caucho Reciclado	Manuel Andrés Olua Martínez Edwin Yesid Salamanca González	Colombia, 2021
10	Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico Pet por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones INVIAS	Geraldyn Quintero Serrato Edwin Andrés Bohórquez Soler	Colombia, 2020
11	Mezcla asfáltica en caliente modificada con plástico reciclado para la determinación de sus propiedades mecánicas	Cosio Vera Katerin Lorena La Torre Diaz Jim André	Perú, 2021

**Nota:** Esta tabla muestra cuales fueron las investigaciones de acuerdo a nuestro tema de estudio.

**Elaborado por:** García y López (2023)

### 3.5 Fases para la obtención de resultados

Para la obtención de los resultados fijándonos en el impacto técnico de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado, se subdividirá en etapas.

#### 3.5.1 Fase 1: Selección de los materiales a utilizar

En esta etapa se coordinó con el laboratorio Digeconsa S.A. para ver que materiales se utilizará para el diseño de la mezcla asfáltica de acuerdo al objetivo de nuestro estudio. Los materiales a utilizar son: cemento asfáltico AC-20, grava 3/4, grava 3/8, cisco, arena, caucho en grano y plástico recortados de botellas.

**Figura 23**

*Cemento asfáltico AC-20*



Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 24**

*Grava triturada 3/4*



Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 25**

*Grava triturada 3/8*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 26**

*Cisco*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 27**

*Arena*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 28**

*Caucho en grano*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 29**

*Plásticos recortados de las botellas*



**Elaborado por:** García y López (2023)

### **3.5.2 Fase 2: Establecer el porcentaje de la dosificación de los agregados finos y grueso**

Para empezar, se aislaron los materiales y poder pesarlos antes de ponerlos al horno a 105-110° C, con el objetivo de obtener un peso constante. Por lo tanto, obtenemos el peso real con libre de humedad.

Después de establecer el peso de agregados a utilizar, se procedió a pesar la grava 3/4, grava 3/8, el cisco y la arena con la finalidad de alcanzar la cantidad exacta para el diseño de las briquetas con las diferentes proporciones de cemento asfáltico con la adición de caucho y plástico reciclado.

**Figura 30**

*Determinación del porcentaje de dosificación de los agregados*



**Elaborado por:** García y López (2023)

### **3.5.3 Fase 3: Preparativo y mezcla de los materiales**

A continuación, se colocó los agregados de acuerdo a su peso para el diseño de la mezcla asfáltica en una bandeja de hierro y se mezclaron de manera uniforme, en la cual, estos agregados fueron calentados a una temperatura aproximadamente entre 130-160° C, tomando la temperatura con un termómetro. Por otro lado, en un mini horno se calentó el cemento asfáltico con el caucho y plástico reciclado, donde se procedió aplicando una adición inicial de caucho 2.5% y plástico 2.5% hasta alcanzar a una temperatura máxima de 180° C.

**Figura 31**

*Preparativo de los agregados*



**Elaborado por:** García y López (2023)

### Figura 32

*Preparativo del cemento asfáltico AC-20 con la adición de caucho y plástico reciclado*



**Elaborado por:** García y López (2023)

Una vez ya hecho todos los procedimientos, se vertió el cemento asfáltico a una temperatura de 150°C a los agregados para proceder a combinar todos los materiales hasta formar una masa homogénea. Asimismo, se verificaba que no alcance más temperatura antes de formar las briquetas.

### Figura 33

*Mezcla de los materiales*



**Elaborado por:** García y López (2023)

### 3.5.4 Fase 4: Elaboración de las briquetas con las adiciones

Para comenzar, se coloca sus moldes Marshall en una base plana. Después, ya una vez mezclados todos los materiales se coloca en los moldes a una temperatura de 150° C. Por consiguiente, para la compactación, se elaboró mediante el martillo Marshall de compactación en la cual se tiene que hacer 75 golpes por cada cara de las briquetas, mejor dicho 150 golpes en total.

**Figura 34**

*Elaboración de briquetas*



Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 35**

*Briquetas de 2.5 % de adición y 5% de adición*



Elaborado por: García y López (2023)

### 3.5.5 Fase 5: Análisis del peso de las briquetas (Ensayo de % vacíos)

En este proceso se va a pesar las briquetas 3 veces. Es decir, esto nos ayudara sacar los pesos de aire, el peso de agua y el peso superficialmente seco saturado. En la “figura 36”, pesamos el peso de aire, en la cual esta descansado la briqueta por 1 día. Después, en la “figura 37” se tiene que mojar la briqueta en un balde con agua para poder sacar el peso de briqueta con agua. Para finalizar, en la “figura 38” se seca con una franela toda la briqueta para poder secar superficialmente y poder sacar otro dato que es el peso superficialmente seco saturado.

**Figura 36**

*Peso de briqueta*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 37**

*Peso de briqueta con agua*



**Elaborado por:** García y López (2023)

### Figura 38

*Peso de briqueta con superficialmente secado*



**Elaborado por:** García y López (2023)

Luego de realizar los análisis de peso se procede hacer los cálculos como “Volumen – Densidad Bulk” una vez obtenido los resultados proseguimos a realizar el cálculo de Rice. Por lo tanto, Para sacar el cálculo del Rice se debe tener el “Peso de material - Peso frasco + agua - Peso frasco+ agua + material”. Primero debemos pesar el material sin insertar el agua como se muestra en la “figura 39”. Segundo, se debe sacar el valor del peso frasco + agua, donde tenemos que llenar agua hasta donde nos indica el envase para poderlo pesar. Por último, para sacar el peso frasco + agua + material, se debe llenar de agua el frasco, después se coloca el frasco en la máquina Rice para sacar todo el aire del material para al final poner una tableta de vidrio encima para que no entre agua como se muestra en la “figura 40”.

### Figura 39

*Peso frasco con el material*



**Elaborado por:** García y López (2023)

## Figura 40

*Peso frasco + agua + material (Maquina Rice)*



**Elaborado por:** García y López (2023)

Para finalmente, ya con los datos obtenidos se comienza a ver diferentes pesos realizados para poder calcular el Rice y el porcentaje de vacío de cada ensayo de briquetas ya sea para el 2.5 % y para el 5% de adición de caucho en grano y plástico reciclado.

### **3.5.6 Fase 6: Ensayo Marshall (Determinación de estabilidad y de flujo)**

En esta fase final, las briquetas se las deja sumergir en el baño María, por aproximadamente 30 minutos a 60°C. A continuación, una vez pasado por el baño María se debe poner la briqueta en una base de acero para llevarlo a la máquina de compresión.

La máquina de compresión nos permitirá de forma precisa el punto de ruptura de la mezcla asfalto modificado con adición de caucho y plástico reciclado. Asimismo, nos aprobará con el cálculo de proporción de diseño en la mezcla asfáltica y en el control de calidad. Dado a todo esto, la máquina de compresión nos dará datos para poder calcular la estabilidad y el flujo de cada briqueta, ya sea para la mezcla asfáltica modificado de 2.5 % y 5% de adición de caucho y plástico reciclado.

**Figura 41**  
*Baño María*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 42**  
*Máquina de Compresión*



**Elaborado por:** García y López (2023)

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA O INFORME

En este capítulo se presentarán los resultados dados por cada objetivo propuesto en este estudio. Por lo tanto, se verá enfocado a la metodología y a las fases de la experimentación de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado.

#### 4.1 Presentación y análisis de resultados

##### 4.1.1 Delimitación del estado de para la puesta experimental

De acuerdo al primer objetivo específico, se tuvo que analizar varios estudios nacionales e internacionales para llegar a una delimitación del estado de arte para la puesta experimental. Por lo tanto, en base a la muestra de 11 estudios porque esos estudios decían que los rangos de dosificación eran entre (2.5% al 5%) para tener una mezcla óptima y gracias al laboratorio se aproximó a dos diseños de adición de caucho en grano y plástico recortados de botellas.

**Tabla 2**

*Porcentajes de Adición*

Dosificación	Dosificación de caucho en grano	Dosificación de recortes de plásticos de botellas	Dosificación total	Número de briquetas
1	2.5%	2.5%	5%	3
2	5%	5%	10%	3
Cantidad de briquetas				6

**Nota:** Esta tabla muestra cuales son los porcentajes de agregados que se utilizarán en cada nuevo diseño de la mezcla asfáltica.

**Elaborado por:** García y López (2023)

#### 4.1.2 Resultados de los ensayos de granulometría de los agregados

Para un buen diseño de pavimento flexible se necesita agregados finos y grueso como la grava 3/4, 3/8, cisco y arena. Por lo tanto, se hicieron estudios de esos agregados para tener una mezcla asfáltica adecuada.

**Tabla 3**

*Granulometría de la Piedra Triturada 3/4*

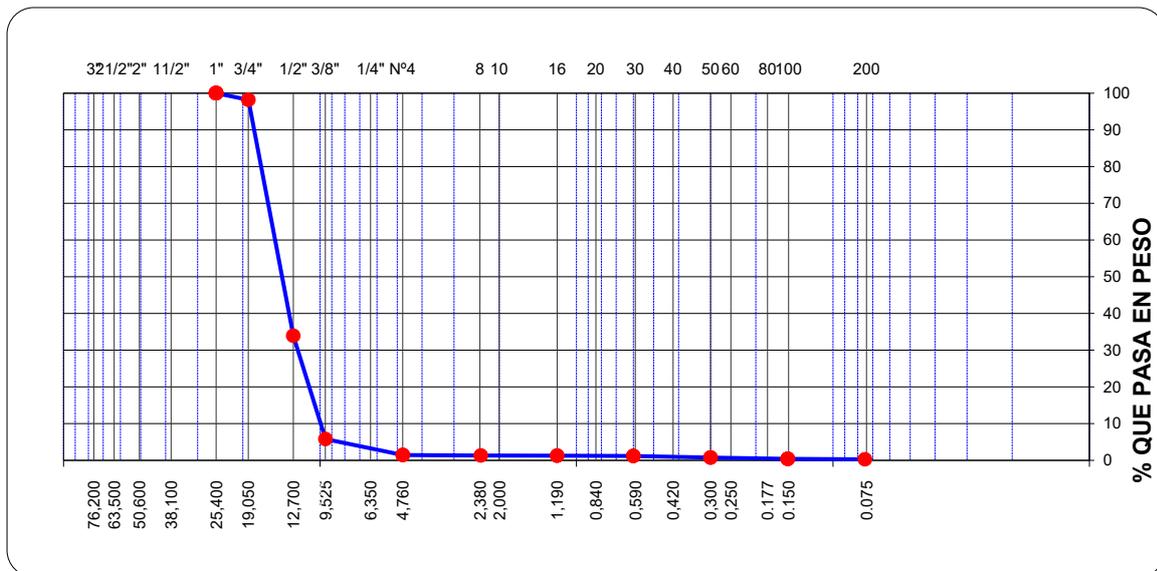
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
5"	127,000				
4"	101,600				
3"	73,000				
2 1/2"	60,300				
2"	50,800				
1 1/2"	37,500				
1"	25,400				100,0
3/4"	19,000	79,0	1,8	1,8	98,2
1/2"	12,700	2.790,0	64,3	66,1	33,9
3/8"	9,520	1.220,0	28,1	94,2	5,8
1/4"	6,350				
N° 4	4,750	189,0	4,4	98,5	1,5
N° 8	2,360	5,0	0,1	98,7	1,3
N° 10	2,000				
N° 16	1,190	2,0	0,1	98,7	1,3
N° 20	0,850				
N° 30	0,600	4,0	0,1	98,8	1,2
N° 40	0,420				
N° 50	0,300	20,0	0,5	99,3	0,7
N° 60	0,250				
N° 80	0,180				
N° 100	0,150	14,0	0,3	99,6	0,4
N° 200	0,075	6,0	0,1	99,7	0,3

Pasante	12,0	0,3	100,0
---------	------	-----	-------

Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 43**

*Granulometría de la Piedra Triturada 3/4*



Fuente por: Digeconsa S.A. (2023)

**Tabla 4**

*Granulometría de la Piedra Triturada 3/8*

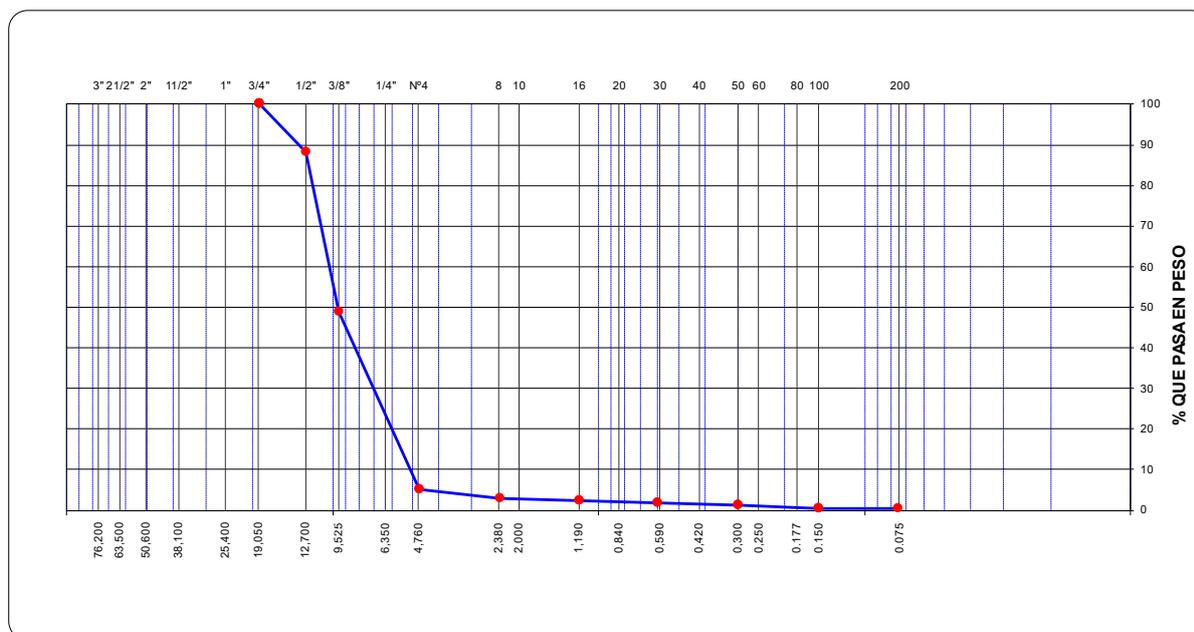
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
5"	127,000				
4"	101,600				
3"	73,000				
2 1/2"	60,300				
2"	50,800				
1 1/2"	37,500				
1"	25,400				
3/4"	19,000				100,0
1/2"	12,700	567,0	11,7	11,7	88,3
3/8"	9,520	1.897,0	39,3	51,0	49,0

1/4"	6,350				
N° 4	4,750	2.116,0	43,8	94,9	5,1
N° 8	2,360	107,0	2,2	97,1	2,9
N° 10	2,000				
N° 16	1,190	32,0	0,7	97,7	2,3
N° 20	0,850				
N° 30	0,600	17,0	0,4	98,1	1,9
N° 40	0,420				
N° 50	0,300	37,0	0,8	98,9	1,1
N° 60	0,250				
N° 80	0,180				
N° 100	0,150	29,0	0,6	99,5	0,5
N° 200	0,075	10,0	0,2	99,7	0,3
Pasante		16,0	0,3	100,0	

Elaborado por: García y López (2023)

Figura 44

Granulometría de la Piedra Triturada 3/8



Fuente por: Digeconsa S.A. (2023)

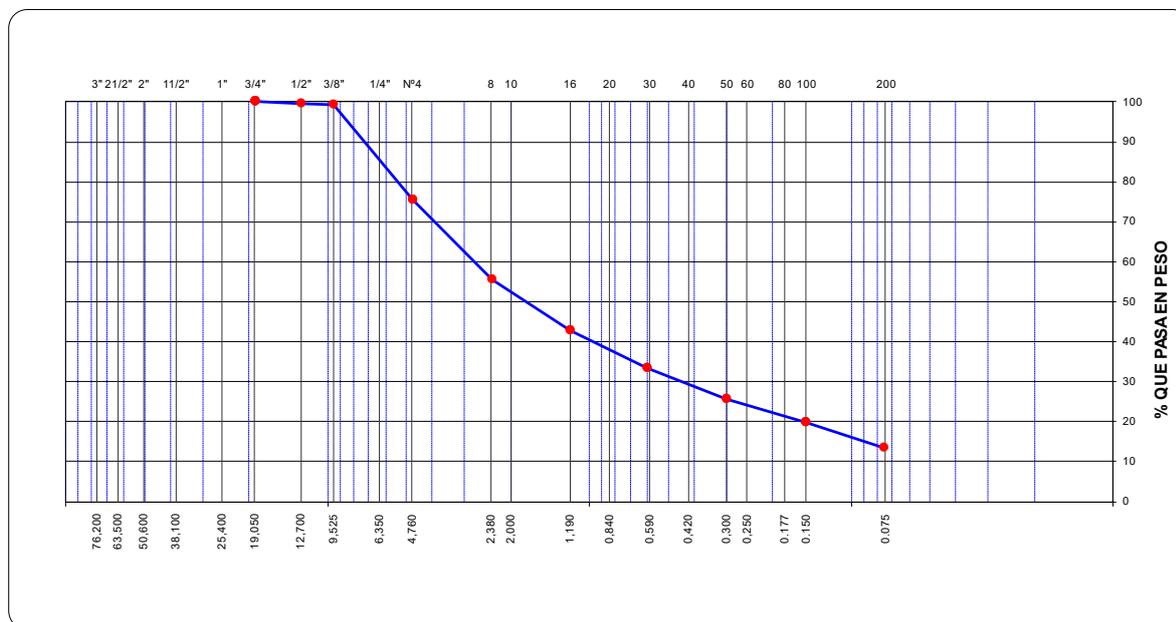
**Tabla 5***Granulometría del Cisco*

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>Retenido Parcial</b>	<b>Retenido Acumulado</b>	<b>Porcentaje que Pasa</b>
5"	127,000				
4"	101,600				
3"	73,000				
2 1/2"	60,300				
2"	50,800				
1 1/2"	37,500				
1"	25,400				
3/4"	19,000				100,0
1/2"	12,700	<b>9,0</b>	0,3	0,3	99,7
3/8"	9,520	<b>14,0</b>	0,5	0,8	99,2
1/4"	6,350				
N° 4	4,750	<b>708,0</b>	23,6	24,4	75,6
N° 8	2,360	<b>133,0</b>	20,1	44,5	55,5
N° 10	2,000				
N° 16	1,190	<b>84,0</b>	12,7	57,2	42,8
N° 20	0,850				
N° 30	0,600	<b>63,0</b>	9,5	66,7	33,3
N° 40	0,420				
N° 50	0,300	<b>51,0</b>	7,7	74,4	25,6
N° 60	0,250				
N° 80	0,180				
N° 100	0,150	<b>37,0</b>	5,6	80,0	20,0
N° 200	0,075	<b>43,0</b>	6,5	86,5	13,5
Pasante		<b>89,0</b>	13,5	100,0	

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 45**

*Granulometría del Cisko*



Fuente por: Digeconsa S.A. (2023)

**Tabla 6**

*Granulometría de la Arena*

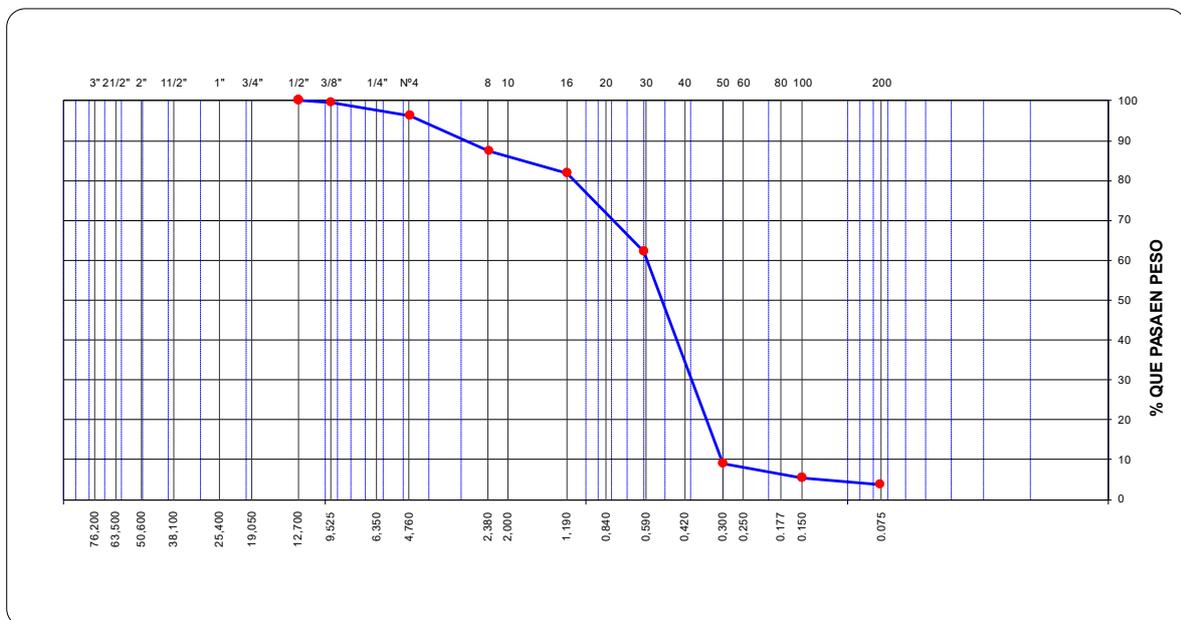
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
5"	127,000				
4"	101,600				
3"	73,000				
2 1/2"	60,300				
2"	50,800				
1 1/2"	37,500				
1"	25,400				
3/4"	19,000				
1/2"	12,700				100,0
3/8"	9,520	5,0	0,3	0,3	99,7
1/4"	6,350				

N° 4	4,750	<b>51,0</b>	3,4	3,7	96,3
N° 8	2,360	<b>135,0</b>	9,0	12,7	87,3
N° 10	2,000				
N° 16	1,190	<b>81,0</b>	5,4	18,1	81,9
N° 20	0,850				
N° 30	0,600	<b>296,0</b>	19,7	37,9	62,1
N° 40	0,420				
N° 50	0,300	<b>798,0</b>	53,2	91,1	8,9
N° 60	0,250				
N° 80	0,180				
N° 100	0,150	<b>54,0</b>	3,6	94,7	5,3
N° 200	0,075	<b>24,0</b>	1,6	96,3	3,7
Pasante		<b>56,0</b>	3,7	100,0	

Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 46**

*Granulometría de la Arena*



Fuente por: Digeconsa S.A. (2023)

### 4.1.3 Resultados de los ensayos del cemento asfáltico AC-20

Estos estudios fueron brindados por el laboratorio DIGECONSA S.A. en la cual nos permitió ver las especificaciones técnicas del cemento asfáltico. Es decir, esto nos brinda en que temperatura se podría utilizar o cuales son su estado de viscosidad dado por las normativas de la ASSTHO.

**Tabla 7**

#### ENSAYO PARA CALIFICACIÓN DE ASFALTO

Sobre Muestra Original	1	2	3	4	Resultado	Especificaciones
Viscosidad Absoluta (60° C)	245,0	236,0	213,8		<b>231,6</b>	160 - 240 Pa.s
Viscosidad Cinemática (135° C)	510,0				<b>510,0</b>	Min 300 Pa.s
Punto de Inflamación (° C)	260				<b>260</b>	Min 232 C
Densidad Relativa ( 25° C)	.....	.....	.....		.....	g/cm <sup>3</sup>
Índice de Penetración					<b>0,28</b>	- 1,5 a 1
Penetración (25° C) 100gr/5s min	70	70	72		<b>71</b>	0,1 mm
Punto de Ablandamiento (° C)	52	53			<b>52,5</b>	Max 58 C
<b>Sobre el Residuo ( T.F.O 85 minutos a 163 C)</b>						
Viscosidad Absoluta (60° C)	1211,0	1209,0	1210,0		<b>1210,0</b>	Max 800 Pa.s
Cambio de Masa	0,14	0,11	0,11		<b>0,12</b>	Max 0,8 %
Ductilidad (25° C)	17,0	17,5	18,0		<b>17,5</b>	Min 50 Cm

**Elaborado por:** García y López (2023)

#### 4.1.4 Resultados para el diseño de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado

Los resultados de granulometría de los agregados finos y gruesos nos dieron los datos para poder ver que diseño de mezcla asfáltico se hace de acuerdo a los cálculos y a la normativa. Se hace un cálculo con los resultados dados de los tamizajes y con los porcentajes del diseño tradicional de la mezcla asfáltica.

**Tabla 8**

*Granulometría de los agregados*

<b>Tamices</b>	<b>3/4</b>	<b>1/2</b>	<b>3/8</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
<b>3/4"</b>	98,2	33,9	5,8	1,5	1,3	1,3	1,2	0,7	0,4	0,3
<b>3/8"</b>	100,0	88,3	49,0	5,1	2,9	2,3	1,9	1,1	0,5	0,3
<b>Cisco</b>	100,0	99,7	99,2	75,6	55,5	42,8	33,3	25,6	20,0	13,5
<b>Arena</b>	100,0	100,0	99,7	96,3	87,3	81,9	62,1	8,9	5,3	3,7
<b>Diseño</b>	-									
<b>5%</b>	4,9	1,7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
<b>28%</b>	28,0	24,7	13,7	1,4	0,8	0,6	0,5	0,3	0,1	0,1
<b>50%</b>	50,0	49,9	49,6	37,8	27,8	21,4	16,7	12,8	10,0	6,8
<b>17%</b>	17,0	17,0	16,9	16,4	14,8	13,9	10,6	1,5	0,9	0,6
<b>Combinación</b>	100	93	81	56	43	36	28	15	11	7
<b>Mezcla</b>										
<b>ESPECIFICACÓ</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	-	<b>44</b>	<b>28</b>	-		<b>5</b>	<b>21</b>	<b>2</b>
<b>N</b>		<b>100</b>		<b>74</b>	<b>58</b>					
<b>Promedio</b>	100	95		59	43			13		6
<b>100%</b>										

Elaborado por: García y López (2023)

Por consiguiente, dado a los porcentajes del diseño de la mezcla asfáltica se calcularon los porcentajes para el diseño modificado y tener una dosificación correcta para las briquetas.

**Tabla 9**

*Dosificación de las briquetas*

Agregados	Porcentajes	Para producción a	
		planta	Dosificación de las briquetas
Piedra triturada 3/4	5%	4,7%	232 g
Piedra triturada 3/8	28%	26,32%	1579 g
Cisco	50%	47%	2820 g
Arena	17%	15,98%	959 g
AC-20	6%	6%	360 g
Total		100%	6000 g

**Elaborado por:** García y López (2023)

Dado que el 94% de la dosificación es de los agregados sin contar con el cemento asfáltico AC-20 que se utiliza el 6%. A pesar de tener este diseño que es para una mezcla tradicional, se pudo sacar el porcentaje y cuantos gramos de adición de caucho en grano y plástico recortados de botellas se implementaría en la mezcla asfáltica modificada.

**Tabla 10**

*Diseño 2.5% de adición*

Agregados	Porcentajes	Diseño Modificado
Asfalto	100%	6000 g
Caucho en grano	2,5%	15 g

Plásticos recortados de botellas	2,5%	15 g
Total		6030 g

**Elaborado por:** García y López (2023)

Por lo tanto, en base a los 6030 gramos debería ser las muestras para las tres briquetas de mezcla asfáltica elaboradoras con adición de 2.5% de caucho y plástico reciclado. Dando como resultado en la “figura 35”.

**Tabla 11**

*Diseño 5% de adición*

Agregados	Porcentajes	Diseño Modificado
Asfalto	100%	6000 g
Caucho en grano	5%	30 g
Plásticos recortados de botellas	5%	30 g
Total		6060 g

**Elaborado por:** García y López (2023)

En cambio, para nuestro segundo ensayo, en base a los 6060 gramos debería ser las muestras para las tres briquetas de mezcla asfáltica elaboradoras con adición de 5% de caucho y plástico reciclado. Dando como resultado en la “figura 35”.

#### **4.1.5 Resultados de los ensayos de Marshall y porcentajes de vacíos con 2.5% de adición**

Los resultados del diseño de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado nos permitieron elaborar las briquetas con adición de 2,5%. Además, gracias a eso pudimos hacer los ensayos de % de vacío y de Marshal que

son muy importante de los ensayos de pavimento flexibles para la construcción de carreteras.

De acuerdo al ensayo de porcentaje de vacío, se dieron varias fases mencionadas en el capítulo 3. De la forma, se obtuvieron datos muy importantes como:

**Tabla 12**

*Peso de Briquetas 2.5% de adición*

<b>Briquetas</b>	<b>Peso Aire (Kg)</b>	<b>Peso Agua (kg)</b>	<b>PSSS (Kg)</b>
1	1.204	719	1.205
2	1.209	720	1.211
3	1.201	719	1.203

**Elaborado por:** García y López (2023)

Con estos datos nos permitió resolver los porcentajes de vacío con la siguiente calculo guiándose de la “tabla 12”:

**Volumen (CC) “BRIQUETA 1”**

$$Volumen = PSSS - P.AGUA$$

$$Volumen = 1.205 - 719$$

$$Volumen = 486 \text{ kg}$$

**Volumen (CC) “BRIQUETA 2”**

$$Volumen = PSSS - P.AGUA$$

$$Volumen = 1.211 - 720$$

$$Volumen = 491 \text{ kg}$$

**Volumen (CC) “BRIQUETA 3”**

$$Volumen = PSSS - P.AGUA$$

$$\text{Volumen} = 1.203 - 719$$

$$\text{Volumen} = 484 \text{ kg}$$

Ya con los datos obtenidos del volumen, se procedió a calcular la Densidad Bulk:

### **Densidad Bulk “BRIQUETA 1”**

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{P. \text{AIRE}}{\text{VOLUMEN CC}}$$

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{1.204}{486}$$

$$\text{DENSIDAD BULK} = 2,477$$

### **Densidad Bulk “BRIQUETA 2”**

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{P. \text{AIRE}}{\text{VOLUMEN CC}}$$

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{1.209}{491}$$

$$\text{DENSIDAD BULK} = 2,462$$

### **Densidad Bulk “BRIQUETA 3”**

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{P. \text{AIRE}}{\text{VOLUMEN CC}}$$

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{1.201}{484}$$

$$\text{DENSIDAD BULK} = 2,481$$

En el cálculo del Rice, se tomó de la muestra sobrante de la mezcla asfáltica como muestran en la “figura 39”, “figura 40”, en la fueron estos datos obtenidos:

$$\text{Peso Material} = 1.200 \text{ kg}$$

$$\text{Peso frasco} + \text{agua} = 7.957 \text{ kg}$$

$$\text{Peso frasco} + \text{agua} + \text{material} = 8.691 \text{ kg}$$

### Rice de la muestra

$$RICE = \frac{P. MATERIAL}{(P. MATERIAL + (P. FRASCO + AGUA) - (P. FRASCO + AGUA + MATERIAL))}$$

$$RICE = \frac{1.200}{(1.200 + 7.957 - 8.691)}$$

$$RICE = 2,575 \text{ kg}$$

Con el resultado del RICE nos permitió a calcular el porcentaje de vacío como se lo muestra:

#### **%VACÍO “Briqueta 1”**

$$\%VACÍO = \frac{RICE - BULK}{RICE} * 100$$

$$\%VACÍO = \frac{2,575 - 2,477}{2,575} * 100$$

$$\%VACÍO = 3,80\%$$

#### **%VACÍO “Briqueta 2”**

$$\%VACÍO = \frac{RICE - BULK}{RICE} * 100$$

$$\%VACÍO = \frac{2,575 - 2,462}{2,575} * 100$$

$$\%VACÍO = 4,38\%$$

#### **%VACÍO “Briqueta 3”**

$$\%VACÍO = \frac{RICE - BULK}{RICE} * 100$$

$$\%VACÍO = \frac{2,575 - 2,481}{2,575} * 100$$

$$\%VACÍO = 3,64\%$$

**Tabla 13**

*Resultado de Adición de 2.5%*

#	Muestra	1	2	3	ENSAYO	Especificación MTOF-001- F-2002
	Fecha	28/12/2023	28/12/2023	28/12/2023		
Peso de Muestra	Aire seco	1204	1209	1201		
	Aire S.S.S	1205	1211	1203		
	Agua S.S.S	719	720	719		
	Volumen (cc)	486	491	484		
Densidad	Probeta	2,477	2,462	2,481	<b>2,474</b>	
	BULK					
	Rice	2,575	2,575	2,575	<b>2,575</b>	
	Vacíos Total	3,80	4,38	3,64	<b>3,94</b>	3,00 - 5,00
	Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09		
Estabilidad	Lectura del Dial	327	273	283		
	LBS Corregida	3347	2795	2897	<b>3013</b>	> 1800
	Flujo	14	13	12	<b>13</b>	8,00 - 14,00

**Elaborado por:** García y López (2023)

Por lo tanto, para el %vacíos nos dio 3,94% y cumple el rango de 3,00 – 5,00 que están en la normativa. Asimismo, para la el fujo en los ensayos nos reflejó un valor de 13 ya que está dentro del rango de 8,00 – 14,00 de las normativas. Por último,

en la estabilidad tenemos un LBS corregida de 3013 > 1800, en la cual están dentro de los rangos permitidos de las normativas de la ASTM y AASTHO.

Por ende, a los datos conseguidos de los ensayos de %vacío, los ensayos de Marshal, nos dieron que cumple con las Especificaciones de la ASTM D - 1 559 y AASTHO T – 245. Por lo tanto, están dentro de los rangos establecidos por cada normativa en base a los Porcentajes de Vacío, la Estabilidad y el Flujo de la mezcla asfáltica con adición de 2.5% de caucho y plástico reciclado.

#### **4.1.6 Resultados de los ensayos de Marshall y porcentajes de vacíos con 5% de adición**

Asimismo, los resultados del diseño de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado nos permitieron elaborar las briquetas con adición de 5%. Además, gracias a eso pudimos hacer los ensayos de % de vacío y de Marshal que son muy importante de los ensayos de pavimento flexibles para la construcción de carreteras.

De acuerdo al ensayo de porcentaje de vacío, se dieron varias fases mencionadas en el capítulo 3. De la forma, se obtuvieron datos muy importantes como:

**Tabla 14**

*Peso de Briquetas 5% de adición*

<b>Briquetas</b>	<b>Peso Aire (Kg)</b>	<b>Peso Agua (kg)</b>	<b>PSSS (Kg)</b>
1	1.218	730	1.219
2	1.220	732	1.221
3	1.221	729	1.223

**Elaborado por:** García y López (2023)

Con estos datos nos permitió resolver los porcentajes de vacío con la siguiente calculo guiándose de la “tabla 14”:

### **Volumen (CC) “BRIQUETA 1”**

$$Volumen = PSSS - P. AGUA$$

$$Volumen = 1.219 - 730$$

$$Volumen = 489 \text{ kg}$$

### **Volumen (CC) “BRIQUETA 2”**

$$Volumen = PSSS - P. AGUA$$

$$Volumen = 1.221 - 732$$

$$Volumen = 489 \text{ kg}$$

### **Volumen (CC) “BRIQUETA 3”**

$$Volumen = PSSS - P. AGUA$$

$$Volumen = 1.223 - 729$$

$$Volumen = 494 \text{ kg}$$

Ya con los datos obtenidos del volumen, se procedió a calcular la Densidad Bulk:

### **Densidad Bulk “BRIQUETA 1”**

$$DENSIDAD BULK = \frac{P. AIRE}{VOLUMEN CC}$$

$$DENSIDAD BULK = \frac{1.218}{489}$$

$$DENSIDAD BULK = 2,491$$

### **Densidad Bulk “BRIQUETA 2”**

$$DENSIDAD BULK = \frac{P. AIRE}{VOLUMEN CC}$$

$$DENSIDAD BULK = \frac{1.220}{489}$$

$$DENSIDAD BULK = 2,495$$

### Densidad Bulk "BRIQUETA 3"

$$DENSIDAD BULK = \frac{P. AIRE}{VOLUMEN CC}$$

$$DENSIDAD BULK = \frac{1.221}{494}$$

$$DENSIDAD BULK = 2,472$$

En el cálculo del Rice, se tomó de la muestra sobrante de la mezcla asfáltica como muestran en la "figura 39", "figura 40", en la fueron estos datos obtenidos:

$$Peso Material = 1.200 kg$$

$$Peso frasco + agua = 7.957 kg$$

$$Peso frasco + agua + material = 8.692 kg$$

### Rice de la muestra

$$RICE = \frac{P. MATERIAL}{(P. MATERIAL + (P. FRASCO + AGUA) - (P. FRASCO + AGUA + MATERIAL))}$$

$$RICE = \frac{1.200}{(1.200 + 7.957 - 8.692)}$$

$$RICE = 2,581 kg$$

Con el resultado del RICE nos permitió a calcular el porcentaje de vacío como se lo muestra:

### %VACÍO "Briqueta 1"

$$\%VACÍO = \frac{RICE - BULK}{RICE} * 100$$

$$\%VACÍO = \frac{2,581 - 2,491}{2,581} * 100$$

$$\%VACÍO = 3,48\%$$

### %VACÍO “Briqueta 2”

$$\%VACÍO = \frac{RICE - BULK}{RICE} * 100$$

$$\%VACÍO = \frac{2,581 - 2,495}{2,581} * 100$$

$$\%VACÍO = 3,32\%$$

### %VACÍO “Briqueta 3”

$$\%VACÍO = \frac{RICE - BULK}{RICE} * 100$$

$$\%VACÍO = \frac{2,581 - 2,472}{2,581} * 100$$

$$\%VACÍO = 4,22\%$$

**Tabla 15**

*Resultado de Adición de 5%*

#	Muestra	1	2	3	ENSAYO	Especificación n MTOP-001- F-2002
	Fecha	3/1/2024	3/1/2024	3/1/2024		
	Peso de Aire seco	1218	1220	1221		
	Muestra					
	Aire S.S.S	1219	1221	1223		
	Agua S.S.S	730	732	729		
	Volumen (cc)	489	489	494		
	Densidad Probeta	2,491	2,495	2,472	<b>2,486</b>	
	BULK					
	Rice	2,581	2,581	2,581	<b>2,581</b>	
	Vacios Total	3,48	3,32	4,22	<b>3,68</b>	3,00 - 5,00

	Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09		
Estabilidad	Lectura del Dial	418	413	320		
	LBS Corregida	4279	4228	3276	<b>3928</b>	> 1800
	Flujo	12	12	14	<b>13</b>	8,00 - 14,00

**Elaborado por:** García y López (2023)

Mientras en los ensayos de la briqueta del 5% , él %vacíos nos dio 3,68% y cumple el rango de 3,00 – 5,00 que están en la normativa. Asimismo, para la el fujo en los ensayos nos reflejó un valor de 13 ya que está dentro del rango de 8,00 – 14,00 de las normativas. Por último, en la estabilidad tenemos un LBS corregida de 3928 > 1800, en la cual están dentro de los rangos permitidos de las normativas de la ASTM y AASTHO.

En contraste, a los datos conseguidos de las pruebas de %vacío, los ensayos de Marshal, nos dieron que cumple con las Especificaciones de la ASTM D - 1 559 y AASTHO T – 245. Por lo tanto, están dentro de los rangos establecidos por cada normativa en base a los Porcentajes de Vacío, la Estabilidad y el Flujo de la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado.

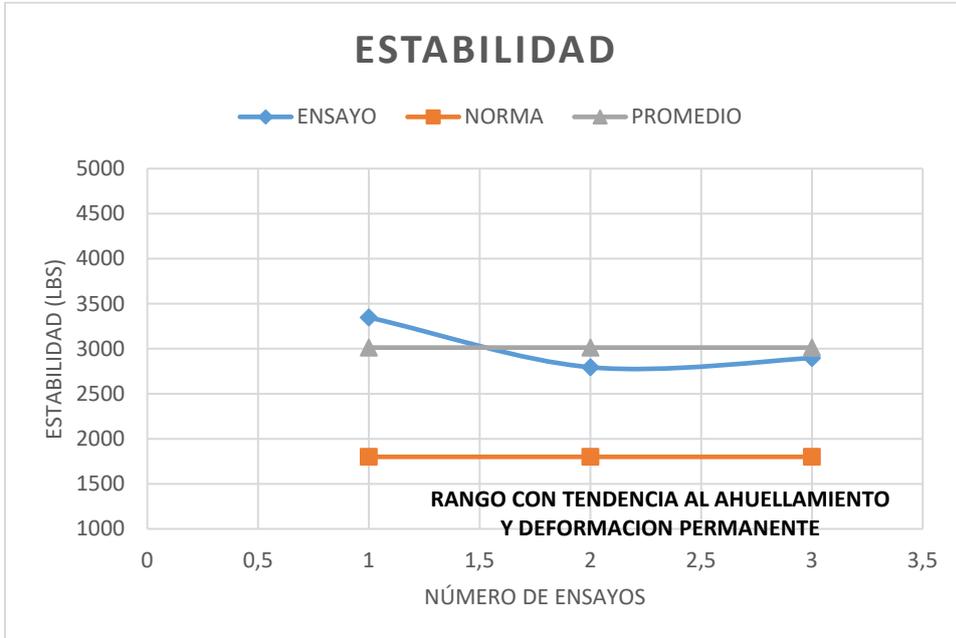
#### **4.1.7 Graficas de los resultados óptimos de Estabilidad, Flujo y %Vacío con adición de 2.5% y 5%**

Los resultados de la “tabla 13” y “tabla 15” se pudo realizar las respectivas graficas de estabilidad, flujo y %vacío para cada adición de 2.5% y 5% de caucho y plástico reciclado para la mezcla asfáltica realizada en este estudio.

## Mezcla Asfáltica con 2.5% de adición de caucho y plástico reciclado

**Figura 47**

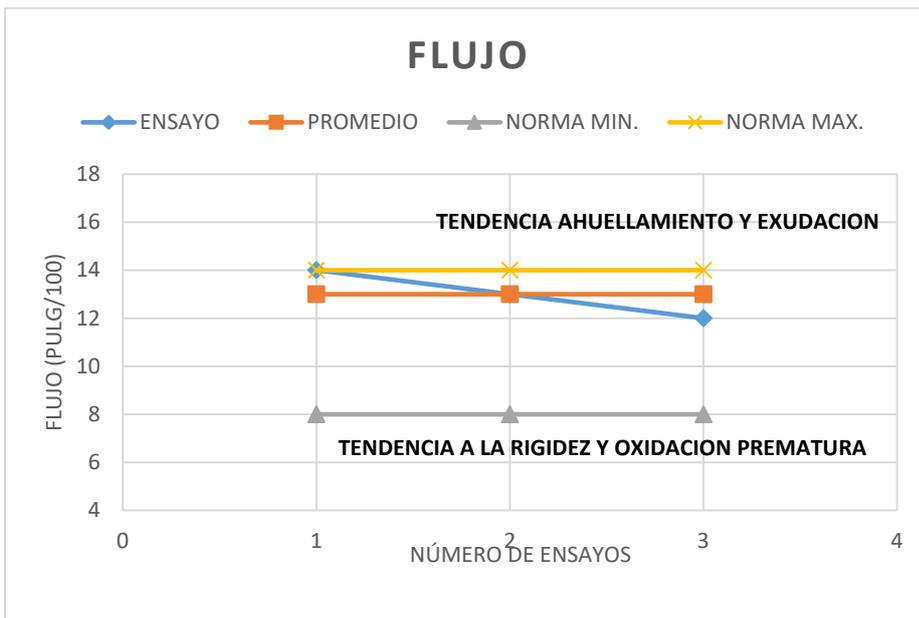
*Estabilidad de 2.5% de adición*



Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 48**

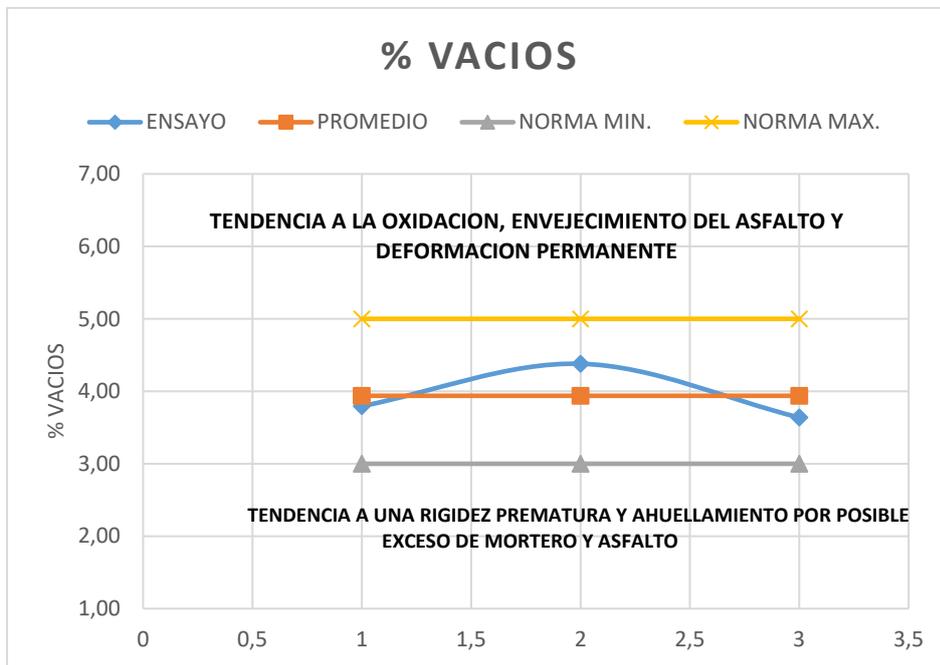
*Flujo de 2.5% de adición*



Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 49**

*%Vacíos de 2.5% de adición*

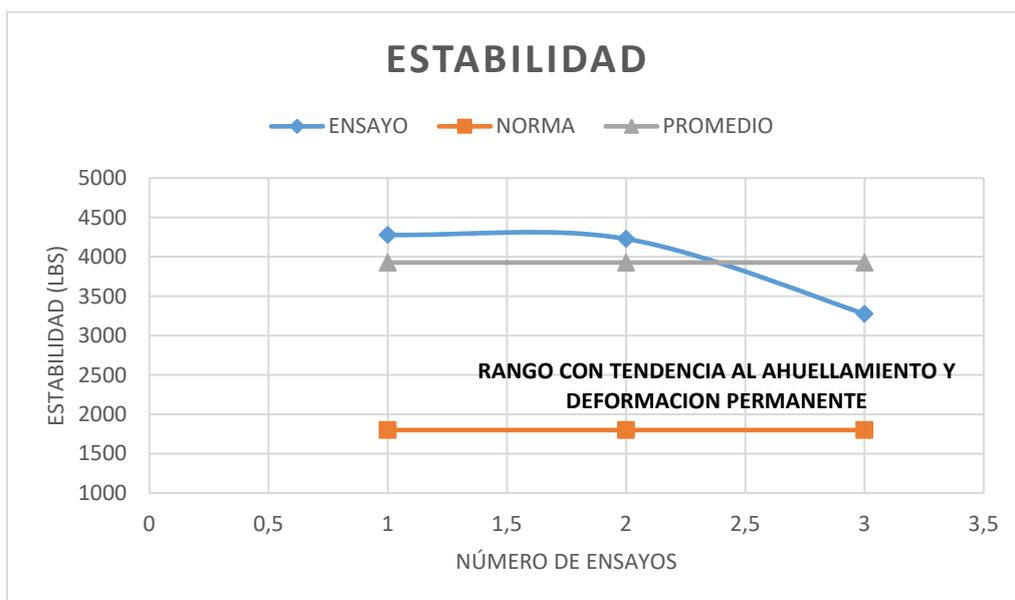


**Elaborado por:** García y López (2023)

**Mezcla Asfáltica con 5% de adición de caucho y plástico reciclado**

**Figura 50**

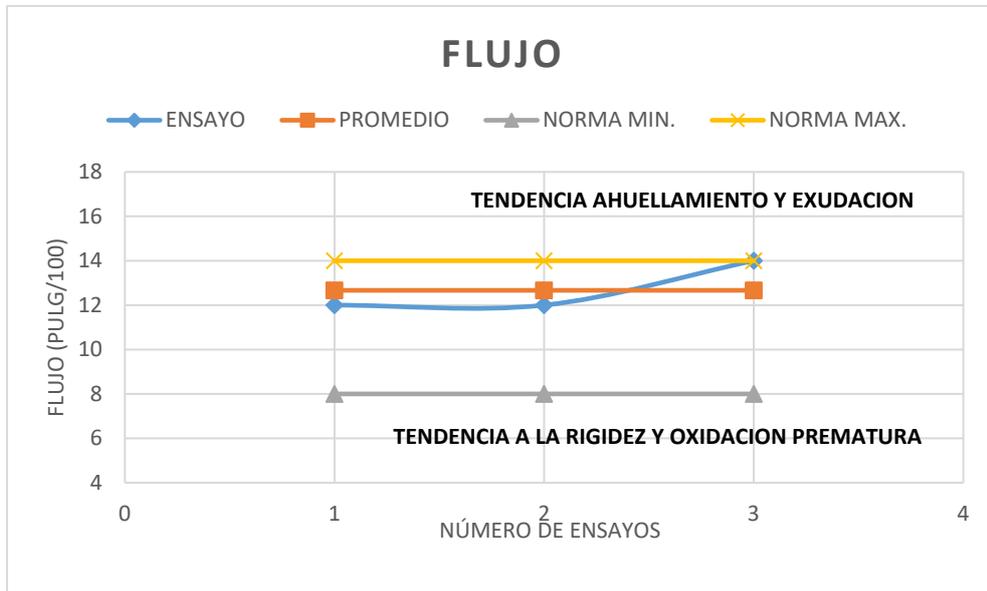
*Estabilidad de 5% de adición*



**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 51**

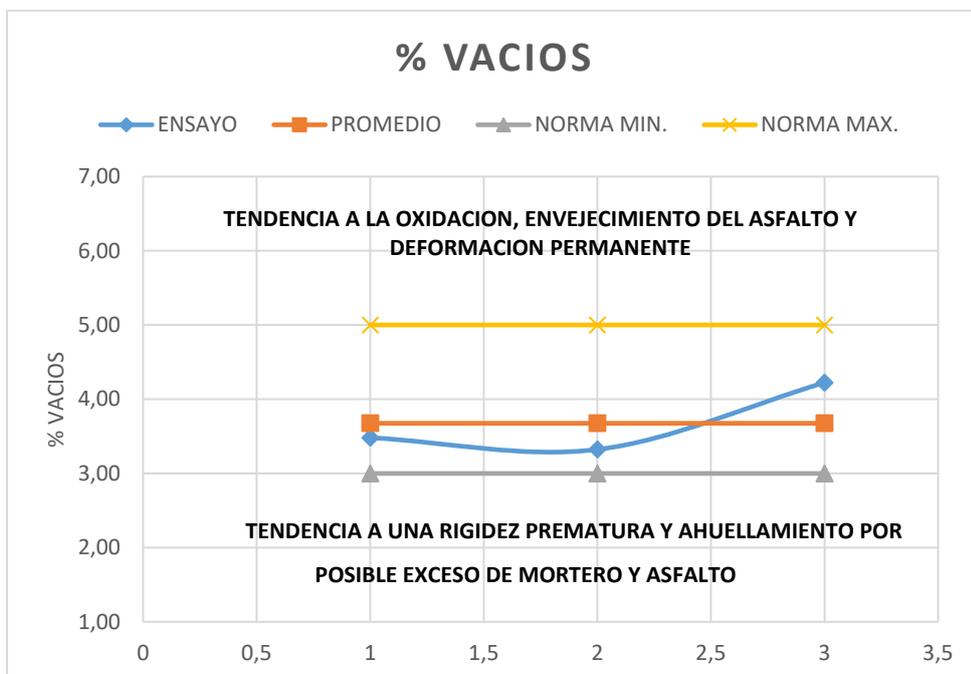
*Flujo de 5% de adición*



Elaborado por: García y López (2023)

**Figura 52**

*%Vacíos de 5% de adición*



Elaborado por: García y López (2023)

#### 4.1.8 Diferencias entre la mezcla asfáltico tradicional con la mezcla asfáltico con adición de 2.5% y 5%

Comparando las estabilidades, los porcentajes de vacíos y el flujo de cada mezcla asfáltica, ha dado como resultado que ha mejorado la calidad y su estabilidad. Por lo tanto, viendo en la que la estabilidad de la mezcla tradicional es de 2637 lb y la del 5% de adición llega a 3928 lb, logrando a mejorar la mezcla asfáltica y podría soportar grandes cargas.

**Tabla 16**

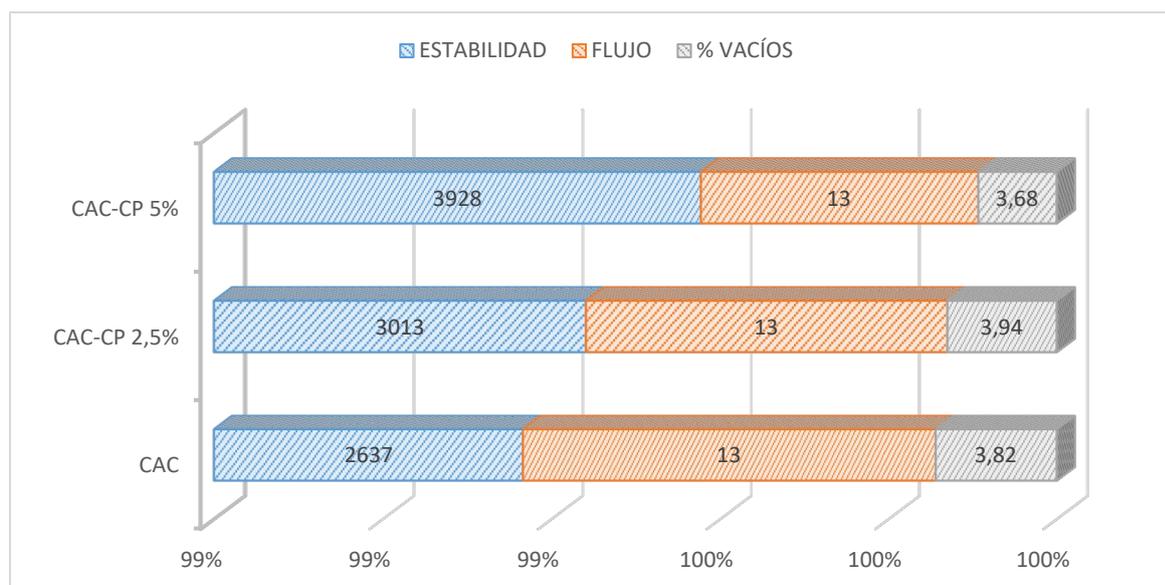
*Comparación Técnica de las mezclas asfálticas*

ESPECIFICACIONES	CAC	CAC-CP 2,5%	CAC-CP 5%
ESTABILIDAD	2637	3013	3928
FLUJO	13	13	13
% VACÍOS	3,82%	3,94%	3,68%

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 53**

*Comparación Técnica de las mezclas asfálticas*



**Elaborado por:** García y López (2023)

#### 4.1.9 Análisis de costos de los materiales

Para la implementación de un pavimento asfáltico en una vía, se debe ejecutar un estudio del costo beneficio de la cubierta asfáltica. Por lo tanto, se debe efectuar un estudio de costos para un 1 m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica.

##### 4.1.9.1 Costos para un pavimento flexible tradicional.

En este cuadro se encuentra los datos de la “tabla 9” donde los mostraban los porcentajes de agregados grueso y finos para un diseño tradicional.

**Tabla 17**

*Materiales para la mezcla asfáltica*

<b>Material</b>	<b>Para producción a planta</b>
Piedra triturada 3/4	4.7%
Piedra triturada 3/8	26.32%
Cisco	47%
Arena	15.98%
AC-20	6%

**Elaborado por:** García y López (2023)

De acuerdo a la tabla, se alcanza que el peso total de agregado seco es de 94% de la mezcla total, mientras que lo sobrante será cubierto por el 6% de cemento asfáltico AC-20.

**Tabla 18**

*Porcentajes en peso para cada agregado*

<b>Material</b>	<b>Porcentaje (A)</b>
Piedra triturada 3/4	4.7%

Piedra triturada 3/8	26.32%
Cisco	47%
Arena	15.98%
AC-20	6%
Total	100%

**Elaborado por:** García y López (2023)

#### 4.1.9.2 Dosificación de los materiales para 1 m3.

Para obtener las dosificaciones para 1 m3 se debe conocer los respectivos pesos específicos de cada porción de agregados ya sea grueso y fino. Asimismo, el de mezcla asfáltica que es similar a 2.245 coste proporcionada a la proporción de cemento asfáltico óptimo de 6%.

#### **Peso de Material (B)**

$$B = 2.245 * A$$

$$B = 2.245 * 4.7\% = 105,52$$

#### **Porcentajes en la mezcla (D)**

$$D = \frac{B}{C}$$

$$D = \frac{105,52}{2400} = 0,0440$$

**Tabla 19***Porcentajes a utilizar para 1 m3*

Material	Porcentaje	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Porcentaje	Unidad
	A	B	C	D	
Piedra triturada 3/4	4.7%	105,52	2.400	0,0440	m3
Piedra triturada 3/8	26.32%	590,88	2.400	0,2125	m3
Cisco	47%	1.055,15	2.400	0,4396	m3
Arena	15.98%	358,75	2.800	0,1281	m3
Cemento Asfaltico AC-20	6%	134,7	1.023,9	0,1316	Gal

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 54**

*Presupuesto de mezcla asfáltica tradicional*

	<b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
	<b>IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO</b>				
POYECTO:	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
RUBRO:	Mezcla asfáltica tradicional		UNIDAD	m3	
<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramientas manuales (5% MO)	5% MO				0,0500
Planta para asfalto (inc. Generador, Tanques, etc.)	1,0000	120,0000	120,0000	0,1163	13,9560
Cargadora frontal	1,0000	30,0000	30,0000	0,1163	3,4890
<b>Subtotal M</b>					17,4950
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Peón (EST. OCP. E2)	2,0000	3,2600	6,5200	0,1163	0,7583
Op. Resp. Planta asfáltica(EST. OCUP. C2)	1,0000	3,4800	3,4800	0,1163	0,4047
Op. De cargadora fron. (EST. OCUP. C1)	1,0000	3,4800	3,4800	0,1163	0,4047
Engras. O Abast. (EST. OCUP. D2)	1,0000	3,7000	3,7000	0,1163	0,4303
<b>Subtotal N</b>					1,9980
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo D=A*D	
Piedra triturada 3/4"	m3	0,0440	11,5000	0,5060	
Piedra triturada 3/8"	m3	0,2125	11,5000	2,4438	
Cisco	m3	0,4396	11,5000	5,0554	
Arena	m3	0,1281	11,5000	1,4732	
Cemento asfáltico AC-20	Kg	134,7000	0,3300	44,4510	
Diesel	gl	9,6000	1,7500	16,8000	
<b>Subtotal O</b>					70,7293
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo D=A*D	
<b>Subtotal P</b>					0,0000
Total costo directo (M+N+O+P)					90,2223
Indirecto y Utilidades %				18,00%	16,2400
Otros indirectos %				0,00%	0,0000
Costo total del rubro					106,4624
<b>VALOR PRESUPUESTO</b>					<b>106,46</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
GUAYAQUIL, ENERO DEL 2024					

Elaborado por: García y López (2023)

#### 4.1.9.3 Costos para un pavimento flexible con adición de caucho y plástico reciclado.

**Tabla 20**

*Materiales para la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado*

<b>Material</b>	<b>Porcentaje</b>
Piedra triturada 3/4	4.7%
Piedra triturada 3/8	26.32%
Cisco	47%
Arena	15.98%
AC-20	6%
Caucho en grano	5%
Plástico de recortes de botellas	5%

**Elaborado por:** García y López (2023)

En esta cuestión se debe acordarse que el contenido del cemento asfáltico debe estar premezclado en 5% de caucho y plástico reciclado.

**Tabla 21**

*Cantidad de porcentaje para cada fracción de la mezcla con caucho y plástico reciclado*

<b>Composición de la mezcla</b>	<b>Porcentajes</b>
Agregados	94%
AC-20	6%

Caucho en grano	5%
Recortes de plásticos de botellas	5%

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Tabla 22**

*Porcentajes de peso de cada agregado (fino y grueso)*

Material	Porcentaje
Piedra triturada 3/4	4.7%
Piedra triturada 3/8	26.32%
Cisco	47%
Arena	15.98%
Cemento asfáltico premezclado con caucho en grano y plástico recortados de botellas	16%
Total	110%

**Elaborado por:** García y López (2023)

#### **4.1.9.4 Dosificación de los materiales para 1 m<sup>3</sup> con la adición de caucho y plástico reciclado.**

Para obtener las dosificaciones para 1 m<sup>3</sup> se debe conocer los respectivos pesos específicos de cada fracción de agregados ya sea grueso fino, caucho en grano y plástico reciclado. Asimismo, el de mezcla asfáltica que es similar a 2.245 coste proporcionada a la proporción de cemento asfáltico óptimo de 6%.

**Tabla 23***Porcentajes a utilizar para 1 m<sup>3</sup> de mezcla con caucho y plástico reciclado*

Material	Porcentaje		Peso (Kg)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Porcentaje		Unidad
	A	B			C	D	
Piedra triturada 3/4	4.7%	105,52	2.400	0,0440	m <sup>3</sup>		
Piedra triturada 3/8	26.32%	590,88	2.400	0,2125	m <sup>3</sup>		
Cisco	47%	1.055,15	2.400	0,4396	m <sup>3</sup>		
Arena	15.98%	358,75	2.800	0,1281	m <sup>3</sup>		
Cemento Asfáltico AC-20	6%	134,7	1.023,9	0,1316	Gal		
Caucho en grano	5%	112.25	1600	0.0702	Kg		
Recortes de plásticos de botellas	5%	112.25	1370	0.0819	Kg		

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Figura 55**

*Presupuesto de mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado*

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
PROYECTO:		<b>IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO</b>					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO:		Mezcla asfáltica tradicional con adición de 5% de caucho y 5% de plástico reciclado.			UNIDAD		m3
<b>EQUIPOS</b>							
Descripción		Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R	
Herramientas manuales (5% MO)		5% MO				0,0500	
Planta para asfalto (inc. Generador, Tanques, etc.)		1,0000	120,0000	120,0000	0,1163	13,9560	
Cargadora frontal		1,0000	30,0000	30,0000	0,1163	3,4890	
<b>Subtotal M</b>						17,4950	
<b>MANO DE OBRA</b>							
Descripción		Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R	
Peón (EST. OCP. E2)		2,0000	3,2600	6,5200	0,1163	0,7583	
Op. Resp. Planta asfáltica(EST. OCUP. C2)		1,0000	3,4800	3,4800	0,1163	0,4047	
Op. De cargadora fron. (EST. OCUP. C1)		1,0000	3,4800	3,4800	0,1163	0,4047	
Engras. O Abast. (EST. OCUP. D2)		1,0000	3,7000	3,7000	0,1163	0,4303	
<b>Subtotal N</b>						1,9980	
<b>MATERIALES</b>							
Descripción		Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo D=A*D		
Piedra triturada 3/4"		m3	0,0440	11,5000	0,5060		
Piedra triturada 3/8"		m3	0,2125	11,5000	2,4438		
Cisco		m3	0,4396	11,5000	5,0554		
Arena		m3	0,1281	11,5000	1,4732		
Cemento asfáltico AC-20		Kg	134,7000	0,3300	44,4510		
Diesel		gl	9,6000	1,7500	16,8000		
Caucho en grano		Kg	112,2500	0,3500	39,2875		
Plástico reciclado		Kg	112,2500	0,2500	28,0625		
<b>Subtotal O</b>						138,0793	
<b>TRANSPORTE</b>							
Descripción		Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo D=A*D		
<b>Subtotal P</b>						0,0000	
Total costo directo (M+N+O+P)						157,5723	
Indirecto y Utilidades %					18,00%	28,3630	
Otros indirectos %					0,00%	0,0000	
Costo total del rubro						185,9354	
<b>VALOR PRESUPUESTO</b>						<b>185,94</b>	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA							
GUAYAQUIL, ENERO DEL 2024							

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Tabla 24**

*Comparación de costos*

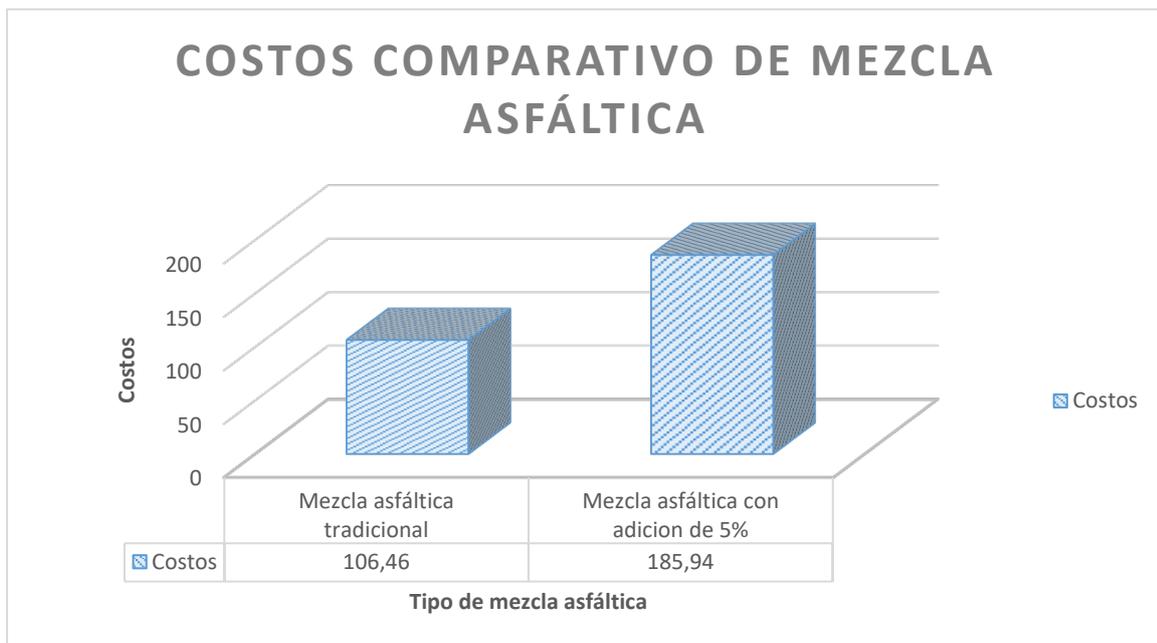
Tipo de pavimento	Costo (\$)
Mezcla asfáltica tradicional	106,46
Mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado	185,94

**Elaborado por:** García y López (2023)

Dado los resultados para el impacto técnico donde se comparó los costos de la mezcla tradicional con la mezcla con adición de 5% de caucho y plástico reciclado en la cual calculamos un aumento en costo de \$ 79,48 para la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado.

**Figura 56**

*Comparación grafica de los costos*



**Elaborado por:** García y López (2023)

Si separamos los costos de los materiales comparando la mezcla tradicional con la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado para 1 m<sup>3</sup> serian así:

**Tabla 25**

*Costos de materiales de mezcla asfáltica tradicional*

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	D=A*D
Piedra triturada 3/4''	m3	0,0440	11,5000	0,5060
Piedra triturada 3/8''	m3	0,2125	11,5000	2,4438
Cisco	m3	0,4396	11,5000	5,0554
Arena	m3	0,1281	11,5000	1,4732
Cemento asfáltico AC-20	Kg	134,7000	0,3300	44,4510
<b>Subtotal</b>				53,9293

**Elaborado por:** García y López (2023)

**Tabla 26**

*Costos de materiales de mezcla asfáltica con adición de 5%*

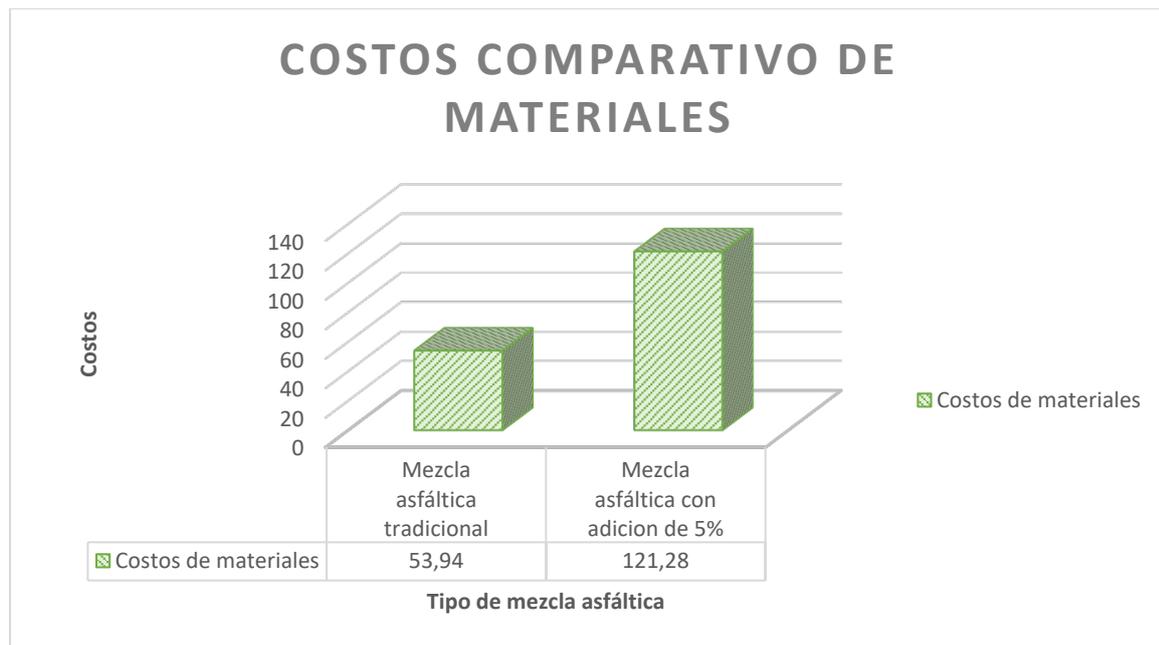
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	D=A*D
Piedra triturada 3/4''	m3	0,0440	11,5000	0,5060
Piedra triturada 3/8''	m3	0,2125	11,5000	2,4438
Cisco	m3	0,4396	11,5000	5,0554
Arena	m3	0,1281	11,5000	1,4732
Cemento asfáltico AC-20	Kg	134,7000	0,3300	44,4510
Caucho en grano	Kg	112,2500	0,3500	39,2875
Plástico reciclado	Kg	112,2500	0,2500	28,0625
<b>Subtotal</b>				121,2793

**Elaborado por:** García y López (2023)

Viendo los resultados, separando solo los costos de materiales entre la mezcla asfáltica tradicional con la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado, se llega a concluir que existe un aumento de costos de \$67,35 entre ambas mezclas asfálticas para 1 m<sup>3</sup>.

**Figura 57**

*Comparación grafica de los costos de materiales*



**Elaborado por:** García y López (2023)

## 4.2 Propuesta

Propongo la implementación progresiva de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado en carreteras que soportan altas cargas vehiculares. Desde el punto de vista técnico, esta innovadora mezcla tiene el potencial de mejorar significativamente la resistencia a la fatiga y la durabilidad del pavimento, ofreciendo una solución robusta para carreteras sometidas a cargas pesadas. La evaluación experimental en laboratorio respaldará la adaptación de esta mezcla a las condiciones específicas del tráfico de alta carga, garantizando su rendimiento óptimo.

Desde la perspectiva económica, la comparación de costos entre la mezcla tradicional y la modificada proporcionará datos esenciales para la toma de decisiones. La posible reducción en los costos de mantenimiento a largo plazo puede compensar

los gastos iniciales, convirtiendo esta propuesta en una inversión atractiva. Además, la utilización de materiales reciclados contribuirá a la sostenibilidad y la gestión eficiente de residuos plásticos y de caucho.

Esta propuesta no solo aborda los desafíos técnicos y económicos asociados con carreteras de alta carga, sino que también alinea las infraestructuras viales con prácticas más sostenibles.

## CONCLUSIONES

- Respecto al primer objetivo específico, se logró fundamentar desde la teoría los métodos de estudios para la delimitación del estado de arte para la puesta experimental. Por lo tanto, se analizó varios estudios nacionales e internacionales, dado a esto, se tomó una muestra de 11 estudios porque gracias eso, hicimos un aproximado de rangos de dosificación que eran entre (2.5% al 5%) para tener una mezcla óptima y gracias al laboratorio se aproximó a dos diseños de adición de caucho en grano y plástico recortados de botellas.
- Para el segundo objetivo específico, se logra la experimentación de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado mediante los ensayos de porcentajes de vacíos y ensayo de Marshall para el reconocimiento de su comportamiento técnico. En contraste, los datos conseguidos de los ensayos de %vacío, los ensayos de Marshal, nos dieron que cumple con las Especificaciones de la ASTM D - 1 559 y AASTHO T – 245. Es decir, están dentro de los rangos establecidos por cada normativa en base a los Porcentajes de Vacío, la Estabilidad y el Flujo de la mezcla asfáltica con adición de 2.5% y 5% de caucho y plástico reciclado.
- Respecto al tercer objetivo específico, se realizó la comparación de costos, no sólo que proporcionará información sobre la viabilidad económica de la mezcla modificada. Por lo tanto, dando como resultados para el impacto económico donde se comparó los costos para 1 m<sup>3</sup> de la mezcla tradicional con la mezcla con adición de 5% de caucho y plástico reciclado en la cual calculamos un aumento de \$ 79,48 para la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado. Asimismo, se comparó los costos de materiales entre la mezcla asfáltica tradicional con la mezcla asfáltica con adición de 5% de caucho y plástico reciclado, se llega concluir que existe un aumento de costos de \$67,35 entre ambas mezclas asfálticas para 1 m<sup>3</sup>.
- Concluyendo al ultima objetivo específico, los resultados dados por el impacto técnico han sido más beneficioso que el impacto económico. Por lo tanto, comparando las estabildades, los porcentajes de vacíos y el flujo de cada mezcla asfáltica, ha dado como resultado que ha mejorado la calidad y su estabilidad. Es decir, viendo en la que la estabilidad de la mezcla tradicional

es de 2637 lb y la del 5% de adición llega a 3928 lb, logrando a mejorar la mezcla asfáltica, de la misma manera, podría soportar grandes cargas, por ejemplo vías de segunda orden, ya que es una estrategia técnica y económicamente viable. Por otro lado, en la parte económica si ha visto un aumento de costo, si en realidad se desea llegar una mejor estabilidad sería muy recomendable utilizar el 5% de adición de caucho y plástico reciclado utilizados en este estudio. Por esto, si desea tener una mejor estabilidad hay alternativas como aditivos para modificar el asfalto pero sería muy costosa y da más viabilidad nuestro estudio ya que la incorporación de materiales reciclados fomenta prácticas sostenibles para facilitar la transición hacia soluciones viales más resistentes y eco-amigables.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al calentar el AC-20 no supere los 180°C porque esto puede provocar un escurrimiento y evaporación excesiva del asfalto, lo que a su vez provoca el quemado del asfalto.
- Se recomienda que el moldeo manual de cada una de las briquetas se realice por una sola persona para garantizar que el tiempo de compactación sea el mismo para cada muestra.
- La grava se debe premezclar con cemento asfáltico antes de que se mezcle con los agregados calientes. Esto se debe a que, si no se cubre completamente con asfalto, ocurrirá el proceso de calcinamiento la cual puede haber pérdida del material.
- Utilizar fibras naturales que no provienen de ninguna industria especializada en su procesamiento ayuda a eliminar la mayor cantidad de impurezas posible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balarezo Larriviere, F. A., y Tanaka Barboza, R. (2022). *ANÁLISIS DEL USO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLADOS EN LA ESTABILIDAD, DURABILIDAD E IMPERMEABILIDAD DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA*. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte. Retrieved 2023, from <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31135/Balarezo%20Larriviere%20e2%80%8bFernanda%20Alejandra%20-%20Tanaka%20Barboza%20Ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bautista Meneses, J., y Guerrero Navarrete, J. P. (2022). *Incorporación de fibra de caucho para el mejoramiento de la mezcla asfáltica en centro poblado San Matías, Chincha, 2022*. Callao, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Retrieved 2023, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103697>
- Benites Cruz, Y. P. (2020). *Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Retrieved 2023, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50865>
- Carreno, E. (s.f.). *SliderPlayer*. <https://slideplayer.es/slide/1077820/>
- Chávez Chávez, E. E., y Zavala Cardozo, B. I. (2022). *Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Retrieved 2023, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97160>
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR . (2021). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008*. Ecuador: LEXIS FINDER. Retrieved 2023, from [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- Constructora Derpet*. (s.f.). <http://derpet.com.pa/servicios/sistema-vial/mezclas-asfalticas-calientes/>

- Corbacho Chipana, J. E. (2019). *Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del Cusco*. Perú: UNSAAC. Retrieved 2023, from <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3571>
- Cosio Vera, K. L., y La Torre Diaz, J. A. (2021). *Mezcla asfáltica en caliente modificada con plástico reciclado para la determinación de sus propiedades mecánicas*. Perú: URP. Retrieved 2023, from <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4847>
- Cruz Roja. (2021). *¿Cuánto tardan en descomponerse los residuos más comunes?* España. Retrieved 2023, from <https://www2.cruzroja.es/web/ahora/-/cuanto-tardan-en-descomponerse-residuos-mas-comunes#:~:text=Un%20neum%C3%A1tico%20puede%20tardar%20hasta,los%20500%20y%201.000%20a%C3%B1os.>
- Cueva del Ingeniero Civil*. (Abril de 2015). <https://www.cuevadelcivil.com/2015/04/mezcla-asfaltica-criterios-para-la.html>
- Dynapac*. (s.f.). [http://dynapac.blog/latinoamerica/manual\\_compactador-pavimentacion-fresado/entienda-las-propiedades-de-las-mezclas-asfalticas/?lang=ar](http://dynapac.blog/latinoamerica/manual_compactador-pavimentacion-fresado/entienda-las-propiedades-de-las-mezclas-asfalticas/?lang=ar)
- Eadic*. (Febrero de 2019). <https://eadic.com/blog/entrada/pavimento-rigido-vs-pavimento-flexible-en-latinoamerica/>
- Ecoembes. (2022). *¿Te has preguntado cuánto tarda en degradarse el plástico?* Madrid. Retrieved 2023, from <https://ecoembesdudasreciclaje.es/cuanto-tarda-en-degradar-el-plastico/#:~:text=Aunque%20el%20uso%20de%20este,a%20degradarse%20el%20pl%C3%A1stico%20totalmente.>
- Espinoza Japa, S. L. (2019). *UTILIZACION DEL PLASTICO PET RECICLADO COMO AGREGADO LIGANTE PARA UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE DE BAJO TRANSITO EN LA CIUDAD DE HUANUCO*. UNIVERSIDAD NACIONAL“HERMILIO VALDIZÁN”. Retrieved 2023, from

<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4726/TIC00177E88.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Espinoza, A. (s.f.). *Los Plásticos*. I.E.S. Retrieved 2023, from <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/jgoysiv/files/2014/03/3o-ESO-apuntes-de-PLaSTICOS.pdf>

FAR (vias y pavimentos). (01 de febrero de 2021). Retrieved 2023, from <https://www.farviasypavimentos.com/diferencias-entre-mezcla-asfalto-caliente-y-frio/>

Gamonal Chauca, J. R. (2021). *Efecto del caucho reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente en la avenida pacífico en el distrito de Nuevo Chimbote*. Chimbote, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Retrieved 2023, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103057>

Garnica Anguas, P., Flores Flores, M., Gomez Lopez, J. A., y Delgado Alamilla, H. (2005). *CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS*. Mexico: Instituto Mexicano del Transporte. Retrieved 2023, from <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt267.pdf>

Gavilanes Loor, S. D. (2023). *“ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO”*. Ambato, Ecuador. Retrieved 2023, from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37335/1/Tesis%20I.C.%201677%20-%20Gavilanes%20Loor%20Shumacher%20Duvalier.pdf>

*Gestores de Residuos*. (01 de Agosto de 2020). <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>

Giordani, C., y Leone, D. (s.f.). *Pavimentos*. Universidad Tecnológica Nacional. Retrieved 2023, from [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf)

Gobierno Nacional De La Republica Del Ecuador. (2015). *INEN*. Quitp, Ecuador. Retrieved 2023, from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-237.pdf>

- Goicochea Fernandez, F. (2019). *ESTUDIO DE UN ASFALTO CON ADICIÓN DE CAUCHO*. CHACHAPOYAS, Perú: UNTRMA. Retrieved 2023, from Goicochea:  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1627/Goicochea%20Fernandez%20Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera Fierro, J. J. (2022). *ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE USANDO COMO AGREGADO EL GRANULO DE CAUCHO RECICLADO (GCR)*. Universidad Coopertiva de Colombia. Retrieved 2023, from <https://repository.ucc.edu.co/items/e818c717-103b-4cba-b632-663e1c9c8cb1>
- Herrera Fierro, J. L., y Valencia Rubiano, A. (2022). *Mezcla asfáltica modificada con PET. Características que aporta el PET (Polietileno Tereftalato) en la mezcla de Asfalto*. Colombia: Universidad Católica de Colombia. Retrieved 2023, from <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/57e75e8a-b44a-481b-8a85-7952ae308aa7>
- Infogram*. (s.f.). <https://infogram.com/proceso-del-caucho-1h8n6mogdvmm4xo>
- Jimenez Perez, Valdes, Botella, Miro, y Martinez. (2011). *Evaluación del proceso de fatiga de mezclas asfálticas mediante un nuevo procedimiento cíclico de barrido de deformaciones - EBADE*. Scielo.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2011000200006](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2011000200006)
- La Librería del Ingeniero*. (Junio de 2020).  
<https://www.libreriaingeniero.com/2020/06/conceptos-basicos-de-pavimentos.html>
- LEY DE GESTION AMBIENTAL. (2004). *LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION*. Ecuador: Lexis. Retrieved 2023, from <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Macas Juna, W. E., y Méndez Ramos, J. G. (2022). *Análisis de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío modificada utilizando rap con polvo*

*de caucho*. Quito: UCE. Retrieved 2023, from  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27340>

*Material-Properties*. (2023). <https://material-properties.org/es/caucho-tabla-de-materiales-aplicaciones-precio/>

Mauricio Restrepo, W. N. (2021). *Evaluación técnica, económica y ambiental para carpeta de rodadura con PET reciclado*. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Retrieved 2023, from  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e552ec0e-c6bf-4636-8b0f-6bf818e4248e/content>

NAVARRETE, A. E.-A. (2023). *Análisis experimental de una mezcla asfáltica con adición de caucho de llanta reciclada*. Guayaquil, Ecuador: ULVR. Retrieved 2023, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6149/1/T-ULVR-5003.pdf>

*Noticias de las Comarca*. (s.f.). <https://noticiasdelacomarca.com/inician-trabajos-de-bacheo-con-mezcla-asfaltica-de-aplicacion-en-frio/>

Olua Martínez , M. A., y Salamanca González , E. Y. (2021). *Análisis Técnico y Económico de Pavimentos con Incorporación de Asfaltos Modificados con Grano de Caucho Reciclado* . Bogotá, Colombia: UCC. Retrieved 2023, from  
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4bdc4818-6ec6-4e1e-a5b9-2964ec6eca43/content>

*OPEMED*. (23 de marzo de 2020). <https://gestionderesiduosonline.com/el-complejo-proceso-del-reciclaje-del-plastico/>

Padilla Rodriguez, A. (s.f.). *Mezclas Asfálticas*. Upc. Retrieved 2023, from  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>

Paredes Cuba, D. E., Paredes Cuba, N. J., y Urteaga Toro, M. R. (2022). *COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA ENTRE UN PAVIMENTO CONVENCIONAL Y UN PAVIMENTO CON INCORPORACIÓN DE PET RECICLADO EN LA CAPA DE RODADURA*. Cajamarca, Perú: Universidad

Privada del Norte. Retrieved 2023, from [https://www.laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full\\_papers/FP56.pdf](https://www.laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP56.pdf)

Puente Ganz, J. (2020). *Análisis técnico – económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas*. UPLA. Retrieved 2023, from <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1856>

Quintero Serrato, G., y Bohórquez Soler, E. (2020). *APORTE ESTRUCTURAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON INCLUSIÓN DE PLÁSTICO PET POR VÍA SECA A ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA VÍAS DE BAJO TRÁFICO SEGÚN ESPECIFICACIONES INVIAS*. Bogotá: UCC. Retrieved 2023, from <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/689fadc7-819b-4ca2-b086-8b7128858535/content>

Salazar Saldaña, G. K. (2019). *Comportamiento de las mezclas asfálticas adicionándole caucho por la técnica de vía seca*. Universidad Cesar Vallejo. Retrieved 2023, from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31641>

Salazar Zela, W. G. (2020). *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019*. Lima, Perú. Retrieved 2023, from [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar\\_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sciencealpha. (05 de octubre de 2019). *Sciencealpha*. Retrieved 2023, from <https://sciencealpha.com/es/rubber-properties-and-characteristics-preparation-and-use/>

Somos *falabella*. (s.f.). <https://www.somosfalabella.com/mas-sustentable/emprendimientos-de-caucho-reciclado/>

Tunque Sullca, A. (30 de Octubre de 2020). *Modificación de la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato en la ciudad de*

*Huancayo*. Perú: UPL. Retrieved 2023, from  
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2032>

*Ventas de asfalto RC*. (2021). <http://www.ventadeasfalto-rc-250.com.pe/venta-de-asfalto-en-caliente-en-lima-peru.html>

Yepes Piqueras, V. (2014). *Universitat Politècnica de València*.  
<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/mezcla-asfaltica/>

## ANEXOS

### Anexo 1: Marco legal

- **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

#### **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, 2021)

#### **Sección primera**

##### **Educación**

**Art. 350.-** El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo. (Constitución De La República Del Ecuador, 2021)

#### **Sección octava**

##### **Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales**

**Art. 385.-** El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.

3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir. (Constitución De La República Del Ecuador, 2021)

### **Sección primera**

#### **Naturaleza y ambiente**

**Art. 396.-** El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. (Constitución De La República Del Ecuador, 2021)

### **Sección séptima**

#### **Biosfera, ecología urbana y energías alternativas**

**Art. 415.-** El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías. (Constitución De La República Del Ecuador, 2021)

- **LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION**

### **TITULO I**

#### **AMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTION AMBIENTAL**

**Art. 2.-** La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales. (Ley De Gestión Ambiental, 2004)

## **CAPITULO II**

### **DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL Y DEL CONTROL AMBIENTAL**

**Art. 19.-** Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio. (Ley De Gestión Ambiental, 2004)

**Art. 23.-** La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;

b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,

c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural. (Ley De Gestión Ambiental, 2004)

- **SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN**

Norma Técnica Ecuatoriana 2515:2011, esta medida instituye los requerimientos para la conformación de la mezcla. (Gobierno Nacional De La Republica Del Ecuador, 2015)

Norma Técnica Ecuatoriana 2061:1987, esta medida instituye los requisitos que deben cumplir los asfaltos diluidos obtenidos de la mezcla de productos derivados de la refinación del petróleo. (Gobierno Nacional De La Republica Del Ecuador, 2015)

- **AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS**

ASTM D 1559-89, (Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus). (Navarrete y Espinoza, 2023)

ASTM D2041-11, (Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures). (Navarrete y Espinoza, 2023)

ASTM D1188-07, (Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Coated Samples) o (AASHTO T 275). (Navarrete y Espinoza, 2023)

ASTM D6648-08, (Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer). (Navarrete y Espinoza, 2023)

Anexo 2: Diseño de la mezcla asfáltica

Diseño de Asfalto

28 / 12 / 2023 ESTILO

(Masa total con AC-20  $\approx$  6000 /  
Porcj 100% con AC-20)

Densificación	Agregados	Porcentaje	Para producción a planta	Densificación por briguetas
	3/4	5%	4.7%	292
	3/8	28%	26.32%	1579
	Polvo	50%	47%	2820
	Aréna	17%	15.98%	959
	AC-20	6%	6%	360
			$\Sigma$ total 100%	6000

94%  $\rightarrow$  Se usa 94% por que le resta el porcentaje de AC-20 que se usa a trabajar no a utilizar

### Anexo 3: Primer Ensayo de Briquetas (Rice y % Vacío)

Ensayo de Briquetas					
	Peso aire Kg	P. Agua Kg	P. SSS	Volumen c-b	Densidad Bulk a/cb
1	1.204	719	1205	486	2.477
2	1.209	720	1211	491	2.462
3	1.201	719	1203	484	2.481
	a	b	c	d	$\frac{7420}{3}$
					= 2473

Rice =>

a) Peso material = 1200

b) Peso foros + agua = 7957

c) Peso foros + agua + material = 8691

$$1200 \div (1200 + 7957 - 8691) = 2.575$$

=

Vacío

$$\text{Rice - Bulk} \div \text{Rice} \times 100$$

$$2575 - 2473 \div 2575 \times 100$$

$$\Rightarrow 3.96\%$$

### Anexo 4: Segundo Ensayo de Briquetas (Rice y % Vacío)

Rice

$P_m = 1200$   
 $P_{f+a} = 7957$   
 $P_{f+a+m} = 8692$

Rice = 2581 //

Ensayo de Briqueta 5%

	P.A	P.Ag	P.SSB	Va c-b	Dem a/d
1	1218	730	1219	489	2491
2	1220	732	1221	489	2495
3	1221	729	1223	494	2472
	a	b	c	d	7458/3
					= 2486

---

Vacío

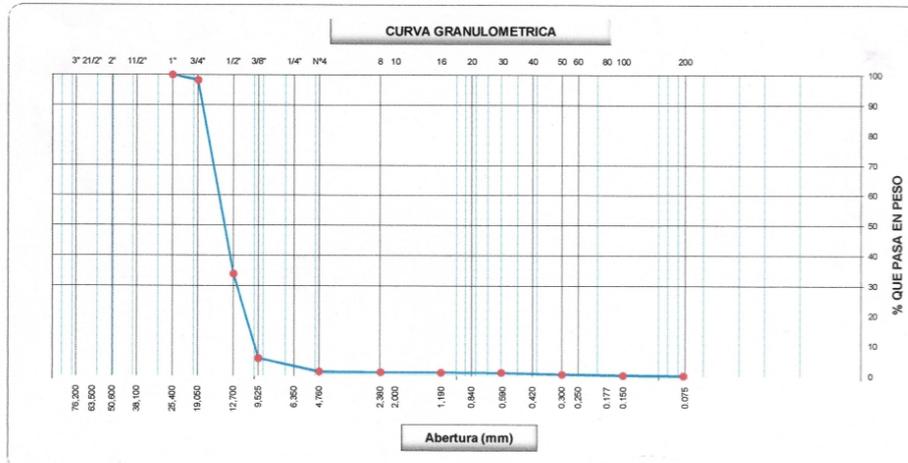
$\text{Rice} - \text{Bult} \div \text{Rice} \times 100$   
 $2581 - 2486 \div 2581 \times 100$   
 $\Rightarrow 3.68\% //$

---

$\text{Rice} \Rightarrow 1200 \div (1200 + 7957 - 8692)$   
 $\Rightarrow 2.581 //$

## Anexo 5: Análisis Granulométrico “Piedra triturada 3/4”

DIGECONSA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
OBRA	:	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.					
UBICACIÓN	:	Ciudad de Guayaquil					
MATERIAL	:	Piedra Triturada de 3/4" Tamaño Maximo - Tamaño Maximo Nominal					
SOLICITA	:	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil			ING. RESPONSABLE	:	Douglas Alejandro
CLIENTE	:	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira			ING. CONTROL DE CALIDAD	:	Alvaro Lindao
TUTOR	:	Ing.Mgtr.Lissette Elisa Sanchez Rivera			ENSAYADO POR	:	Enrique Guerra
FECHA	:	13 de Diciembre 2023			REGISTRO	:	N° - 2652
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127,000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101,600						Peso Inicial Total (kg) <u>4,341,0</u>
3"	73,000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>0,0</u>
2 1/2"	60,300						<b>2. Características</b>
2"	50,800						Tamaño Maximo
1 1/2"	37,500						Tamaño Maximo Nominal
1"	25,400				100,0		Grava (%)
3/4"	19,000	79,0	1,8	1,8	98,2		Arena (%)
1/2"	12,700	2.790,0	64,3	66,1	33,9		Finos (%)
3/8"	9,520	1.220,0	28,1	94,2	5,8		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6,350						
N° 4	4,750	189,0	4,4	98,5	1,5		<b>3. Clasificación</b>
N° 8	2,360	5,0	0,1	98,7	1,3		Limite Liquido (%)
N° 10	2,000						Limite Plastico (%)
N° 16	1,190	2,0	0,1	98,7	1,3		Indice de Plasticidad (%)
N° 20	0,850						Clasificación SUCS
N° 30	0,600	4,0	0,1	98,8	1,2		Clasificación AASHTO
N° 40	0,420						
N° 50	0,300	20,0	0,5	99,3	0,7		<b>4. Relación Densidad/Humedad (Proctor)</b>
N° 60	0,250						Densidad Máxima Seca
N° 80	0,180						Humedad óptima
N° 100	0,150	14,0	0,3	99,6	0,4		
N° 200	0,075	6,0	0,1	99,7	0,3		
Pasante		12,0	0,3	100,0			



**DIGECONSA**  
  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
 LABORATORISTA

Digeconsa S. A.  
 Dir. Cda. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telef. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

**DIGECONSA**  
  
**Ing. Alvaro Lindao**  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 6: Partículas Chatas y Alargadas "Piedra triturada 3/4"

 <b>DIGECONSA</b> Diseño, asesoría y construcción	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>	
(MTC E-221 / ASTM D-4791)	
OBRA :	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.
UBICACIÓN :	Ciudad de Guayaquil
MATERIAL :	Piedra Triturada de 3/4
SOLICITA :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
CLIENTE :	Michael Richard García Davila - Kenny Iván López Morei
TUTOR :	Ing. Mgtr. Lissette Elisa Sánchez Rivera
FECHA :	13 de Diciembre 2023
	ING. CONTROL DE CALIDAD : Alvaro Lindao ENSAYADO POR : Enrique Guerra REGISTRO : N° 2652

Tamaño Máximo de Agregado		Agregado Grueso			Partículas Chatas y Alargadas				Chata y Alargadas % Parcial
		Peso Retenido	% Retenido	% que Pasa	Peso de Fracción	Peso	(%)	% Corregido	
Tamiz	Retenido	A	B	C	D	E	$F = \frac{(E/D) \cdot 100}{100}$	$G = F \cdot B$	H=G
1 1/2"	2"	0	0,0	100,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1"	1 1/2"	0	0,0	100,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/4"	1"	79	4,6	95,4	79	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2"	3/4"	880	50,7	49,3	880	532,0	60,5	3066,3	3066,3
3/8"	1/2"	607	35,0	65,0	607	483,0	79,6	2783,9	2783,9
1/4"	3/8"	169	9,7	90	169	163,0	96,4	939,5	939,5
Total		1735,0	100,0	0,0	1735	1178		6789,6	6789,6

### Resultados:

Peso Total de la Muestra	1735,0
Partículas Chatas y Alargadas	67,9

OBSERVACIONES :

  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO

Digeconsa S. A.

Dir Cdl. Ferroviaria Av. 4ta y Calle 8va Esquina Telf. 2-209095

E-mail: info@digeconsa.com

## Anexo 7: Gravedad Especifica "Piedra triturada 3/4"

 <b>DIGECONSA</b> Diseño, asesoría y construcción	<b>Obra:</b> IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.
	<b>Ubicación:</b> Ciudad de Guayaquil <b>Ciente:</b> Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira <b>Material:</b> Piedra Triturada de 3/4" <b>Solicita:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil <b>TUTOR:</b> Ing.Mgtr.Lisette Elisa Sanchez Rivera <b>Fecha:</b> 13 de Diciembre 2023 <b>Ing. Responsable:</b> Douglas Alejandro <b>Ing. Control de Calidad:</b> Alvaro Lindao <b>Ensayaro Por:</b> Enrique Guerra

Gravedad Especifica		Nº 2652
<b>Agregado Grueso</b>		
Material que pasa el tamiz	1 1/2"	y es retenido en el tamiz <span style="float: right;">Nº 4</span>
"A" Peso en el aire de la muestra secada al horno:	2477 grs	
"B" Peso en el aire de la muestra saturada:	2500 grs	
"C" Peso en el agua de la muestra saturada:	1641 grs	
Gravedad especifica de masa:	$\frac{A}{B - C} = \frac{2477}{2500 - 1641} = 2,884$	
Gravedad especifica de s.s.s:	$\frac{B}{B - C} = \frac{2500}{2500 - 1641} = 2,910$	
Gravedad especifica de aparente:	$\frac{A}{A - C} = \frac{2477}{2477 - 1641} = 2,963$	
% de Absorcion	$\frac{B - A}{A} \times 100 = \frac{2500 - 2477}{2477} \times 100 = 0,9\%$	

  
  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
 LABORATORISTA

  
  
**Ing. Alvaro Lindao**  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 ING. RESPONSABLE

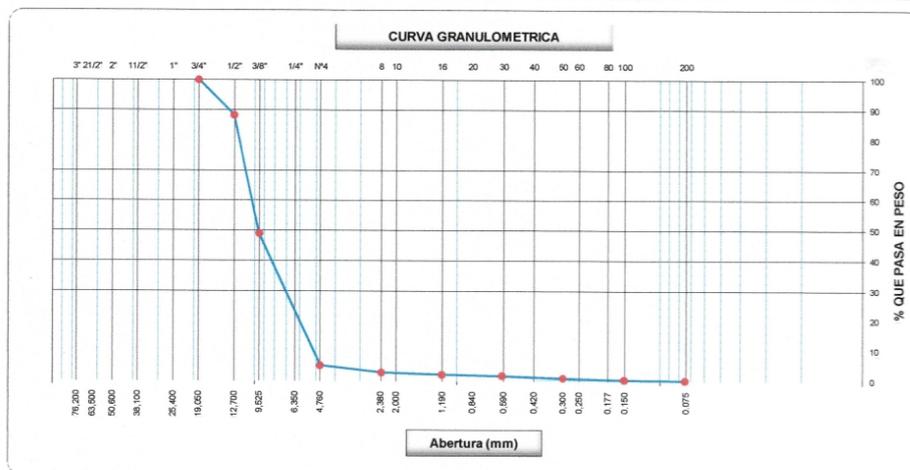
Digeconsa S.A  
 Dir. Cdla Ferroviaria Av. 4ta y Calle 8va Telf. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

## Anexo 8: Análisis Granulométrico “Piedra triturada 3/8”

 <b>DIGECONSA</b> Diseño, asesoría y construcción	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)	
OBRA :	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.
UBICACIÓN :	Ciudad de Guayaquil
MATERIAL :	Piedra Triturada de 3/8" Tamaño Maximo - Tamaño Maximo Nominal
SOLICITA :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
CLIENTE :	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira
TUTOR :	Ing. Mgtr. Lissette Elisa Sanchez Rivera
FECHA :	13 de Diciembre 2023
	ING. RESPONSABLE : Douglas Alejandro
	ING. CONTROL DE CALIDAD : Alvaro Lindao
	ENSAYADO POR : Enrique Guerra
	REGISTRO : N° - 2652

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127,000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101,600						Peso Inicial Total (kg) <b>4.828,0</b>
3"	73,000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <b>0,0</b>
2 1/2"	60,300						<b>2. Características</b>
2"	50,800						Tamaño Máximo
1 1/2"	37,500						Tamaño Máximo Nominal
1"	25,400						Grava (%)
3/4"	19,000				100,0		Arena (%)
1/2"	12,700	567,0	11,7	11,7	88,3		Finos (%)
3/8"	9,520	1.897,0	39,3	51,0	49,0		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6,350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4,750	2.116,0	43,8	94,9	5,1		Límite Líquido (%)
N° 8	2,360	107,0	2,2	97,1	2,9		Límite Plástico (%)
N° 10	2,000						Índice de Plasticidad (%)
N° 16	1,190	32,0	0,7	97,7	2,3		Clasificación SUCS
N° 20	0,850						Clasificación AASHTO
N° 30	0,600	17,0	0,4	98,1	1,9		<b>4. Relación Densidad/Humedad (Proctor)</b>
N° 40	0,420						Densidad Máxima Seca
N° 50	0,300	37,0	0,8	98,9	1,1		Humedad óptima
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150	29,0	0,6	99,5	0,5		
N° 200	0,075	10,0	0,2	99,7	0,3		
Pasante		16,0	0,3	100,0			



  
**DIGECONSA**  
  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
 LABORATORISTA

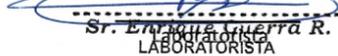
Digeconsa S. A.  
 Dir. Cda. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telef. 2-209095  
 E-mail: Info@digeconsa.com

  
**DIGECONSA**  
  
**Ing. Alvaro Lindao**  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 9: Gravedad Especifica "Piedra triturada 3/8"

 <p><b>DIGECONSA</b> Diseño, asesoría y construcción</p>	<b>Obra:</b>	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.
	<b>Ubicación:</b>	Ciudad de Guayaquil
	<b>Cliente:</b>	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira
	<b>Material:</b>	Piedra Triturada de 3/8"
	<b>Solicita:</b>	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
	<b>Tutor:</b>	Ing.Mgtr.Lisette Elisa Sanchez Rivera
	<b>Fecha:</b>	13 de Diciembre 2023
	<b>Ing. Responsable:</b>	Douglas Alejandro
	<b>Ing. Control de Calidad:</b>	Alvaro Lindao
	<b>Ensayaro Por:</b>	Enrique Guerra

Gravedad Especifica		Nº 2652
<b>Agregado Grueso</b>		
Material que pasa el tamiz	1 1/2"	y es retenido en el tamiz <span style="float: right;">Nº 4</span>
"A" Peso en el aire de la muestra secada al horno:	1473	grs
"B" Peso en el aire de la muestra saturada:	1500	grs
"C" Peso en el agua de la muestra saturada:	986	grs
Gravedad especifica de masa:	$\frac{A}{B - C} = \frac{1473}{1500 - 986} = 2,866$	
Gravedad especifica de s.s.s:	$\frac{B}{B - C} = \frac{1500}{1500 - 986} = 2,918$	
Gravedad especifica de aparente:	$\frac{A}{A - C} = \frac{1473}{1473 - 986} = 3,025$	
% de Absorcion	$\frac{B - A}{A} \times 100 = \frac{1500 - 1473}{1473} \times 100 = 1,8\%$	

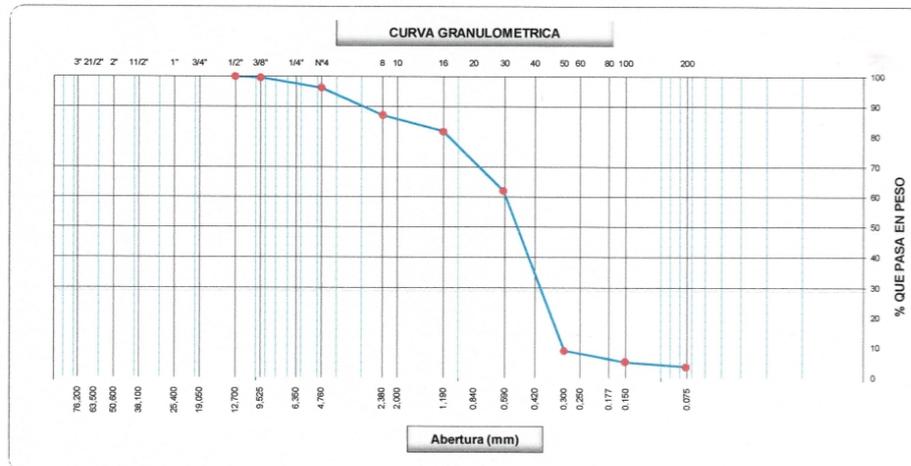
  
  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

  
  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 \_\_\_\_\_  
 ING. RESPONSABLE

Digeconsa S.A  
 Dir. Cdla Ferroviaria Av. 4ta y Calle 8va Telf. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

# Anexo 10: Análisis Granulométrico "Arena"

DIGECONSA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
		(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
OBRA	:	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.							
UBICACIÓN	:	Ciudad de Guayaquil							
MATERIAL	:	Arena							
SOLICITA	:	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil			ING. RESPONSABLE		: Douglas Alejandro		
CLIENTE	:	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira			ING. CONTROL DE CALIDAD		: Alvaro Lindao		
TUTOR	:	Ing. Mgtr. Lisette Elisa Sanchez Rivera			ENSAYADO POR		: Enrique Guerra		
FECHA	:	13 de Diciembre 2023			REGISTRO		: N° - 2652		
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción		
5"	127,000						<b>1. Peso de Material</b>		
4"	101,600						Peso Inicial Total (kg) <u>1.500,0</u>		
3"	73,000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <u>0,0</u>		
2 1/2"	60,300						<b>2. Características</b>		
2"	50,800						Tamaño Máximo		
1 1/2"	37,500						Tamaño Máximo Nominal		
1"	25,400						Grava (%)		
3/4"	19,000						Arena (%)		
1/2"	12,700				100,0		Finos (%)		
3/8"	9,520	5,0	0,3	0,3	99,7		Modulo de Fineza (%)		
1/4"	6,350								
N° 4	4,750	51,0	3,4	3,7	96,3		<b>3. Clasificación</b>		
N° 8	2,360	135,0	9,0	12,7	87,3		Limite Líquido (%)		
N° 10	2,000						Limite Plástico (%)		
N° 16	1,190	81,0	5,4	18,1	81,9		Indice de Plasticidad (%)		
N° 20	0,850						Clasificación SUCS		
N° 30	0,600	296,0	19,7	37,9	62,1		Clasificación AASHTO		
N° 40	0,420								
N° 50	0,300	798,0	53,2	91,1	8,9		<b>4. Relación Densidad/Humedad (Proctor)</b>		
N° 60	0,250						Densidad Máxima Seca		
N° 80	0,180						Humedad óptima		
N° 100	0,150	54,0	3,6	94,7	5,3				
N° 200	0,075	24,0	1,6	96,3	3,7				
Pasante		66,0	3,7	100,0					



**DIGECONSA**  
*Sr. Enrique Guerra R.*  
 LABORATORISTA

Digeconsa S. A.  
 Dir. Cda. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telef. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

**DIGECONSA**  
*Ing. Alvaro Lindao*  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 11: Ensayo de Equivalente de Arena

<b>LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGON</b>   <b>DIGECONSA S. A.</b> <small>Diseño, asesoría y construcción</small>
<b>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA</b> <b>AASHT T176 / ASTM D 2419</b>

N° 2652

<b>OBRA</b>	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.		
<b>UBICACIÓN</b>	: Ciudad de Guayaquil		
<b>MATERIAL</b>	: Arena		
<b>SOLICITA</b>	: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Gua		
<b>CLIENTE</b>	: Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira		
<b>TUTOR</b>	: Ing.Mgr.Lissette Elisa Sanchez Rivera	<b>ING. RESPONSABLE</b>	: Douglas Alejandro
<b>FECHA</b>	: 13 de Diciembre 2023	<b>ING. CONTROL DE CALIDAD</b>	: Alvaro Lindao
		<b>ENSAYADO POR</b>	: Enrique Guerra

Muestra #	1	2	3
Lectura de la Arcilla (pulg) - A	5,3	5,3	5,4
Lectura de la Arena (pulg) - B	13,7	13,7	13,8
Lectura B - 10"	3,7	3,7	3,8
Equivalente Arena %	<b>69,8</b>	<b>69,8</b>	<b>70,4</b>

EQUIVALENTE DE ARENA %	<b>70,0</b>
------------------------	-------------

Minimo solicitado por Norma

> 50

%

Nota: El ensayo cumple con las Especificaciones Técnicas.

  
**Sr. Enrique R.**  
 LABORATORISTA

  
  
**Ing. Alvaro Lindao**  
 RESPONSABLE TÉCNICO  


---

 ING. RESPONSABLE

Digeconsa S. A.  
 Dir. Ctda. Ferroviaria Av. 4ta # 416 y calle 8va Telf. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

## Anexo 12: Gravedad Especifica "Arena"

 <p><b>DIGECONSA</b> Diseño, asesoría y construcción</p>	<b>Obra:</b>	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.
	<b>Ubicación:</b>	Ciudad de Guayaquil
	<b>Cliente</b>	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira
	<b>Material:</b>	Arena
	<b>Solicita:</b>	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
	<b>Tutor:</b>	Ing.Mgtr.Lisette Elisa Sanchez Rivera
	<b>Fecha:</b>	13 de Diciembre 2023
	<b>Ing. Responsable:</b>	Douglas Alejandro
	<b>Ing. Control de Calidad:</b>	Alvaro Lindao
	<b>Ensayo Por:</b>	Enrique Guerra

Gravedad Especifica		Nº 2652
<b>Fino</b>		
Material que pasa el tamiz	Nº 4	y es retenido en el tamiz
		Nº 200
"A" Peso en el aire de la muestra secada al horno:		487 grs
"V" Peso en el aire de la muestra saturada:		500 grs
"W" Peso en el agua de la muestra saturada:		312 grs
Gravedad especifica de masa:	$\frac{A}{V-W} = \frac{487}{500 - 312} =$	2,590
Gravedad especifica de s.s.s:	$\frac{500}{V-W} = \frac{500}{500 - 312} =$	2,660
Gravedad especifica de aparente:	$\frac{A}{(V-W)-(500-A)} = \frac{487}{175} =$	2,783
% de Absorción	$\frac{500-A}{A} \times 100 = \frac{13}{487} \times 100 =$	2,67%

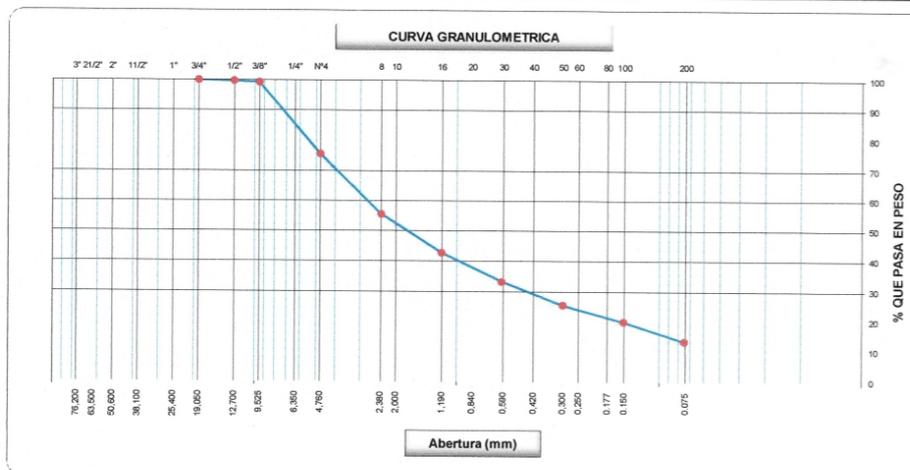
  
 Sr. Elton Ostarra R.  
 LABORATORISTA

  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 ING. RESPONSABLE

Digeconsa S.A  
 Dir. Cdla Ferroviaria Av. 4ta y Calle 8va Esquina Telf. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

# Anexo 13: Análisis Granulométrico "Cisco"

DIGECONSA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
OBRA	:	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.					
UBICACIÓN	:	Ciudad de Guayaquil					
MATERIAL	:	Cisco					
SOLICITA	:	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil			ING. RESPONSABLE		: Douglas Alejandro
CLIENTE	:	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira			ING. CONTROL DE CALIDAD		: Alvaro Lindao
TUTOR	:	Ing.Mgtr.Lisette Elisa Sanchez Rivera			ENSAYADO POR		: Enrique Guerra
FECHA	:	13 de Diciembre 2023			REGISTRO		: N° - 2652
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127,000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101,600						Peso Inicial Total (kg) <u>2.998,0</u>
3"	73,000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>500,0</u>
2 1/2"	60,300						<b>2. Características</b>
2"	50,800						Tamaño Maximo
1 1/2"	37,500						Tamaño Maximo Nominal
1"	25,400						Grava (%)
3/4"	19,000				100,0		Arena (%)
1/2"	12,700	9,0	0,3	0,3	99,7		Finos (%)
3/8"	9,520	14,0	0,5	0,8	99,2		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6,350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4,750	708,0	23,6	24,4	75,6		Limite Liquido (%)
N° 8	2,360	133,0	20,1	44,5	55,5		Limite Plastico (%)
N° 10	2,000						Indice de Plasticidad (%)
N° 16	1,190	84,0	12,7	57,2	42,8		Clasificación SUCS
N° 20	0,850						Clasificación AASHTO
N° 30	0,600	63,0	9,5	66,7	33,3		<b>4. Relación Densidad/Humedad (Proctor)</b>
N° 40	0,420						Densidad Máxima Seca
N° 50	0,300	51,0	7,7	74,4	25,6		Humedad óptima
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150	37,0	5,6	80,0	20,0		
N° 200	0,075	43,0	6,5	86,5	13,5		
Pasante		89,0	13,5	100,0			



**DIGECONSA**  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

Digeconsa S. A.  
 Dir. Cda. Ferroviaria Av. 4ta y calle 9va Esquina Telef. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

**DIGECONSA**  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 14: Ensayo de Equivalente de Arena "Cisco"

<b>LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGON</b>  <b>DIGECONSA S. A.</b> <small>Diseño, asesoría y construcción</small>
<b>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA</b> <b>AASHT T176 / ASTM D 2419</b>

N° 2652	
<b>OBRA</b>	<b>IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.</b>
<b>UBICACIÓN</b>	: Ciudad de Guayaquil
<b>MATERIAL</b>	: Cisco
<b>SOLICITA</b>	: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
<b>CLIENTE</b>	: Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira
<b>TUTOR</b>	: Ing.Mgtr.Lisette Elisa Sanchez Rivera
<b>FECHA</b>	: 13 de Diciembre 2023
	<b>ING. RESPONSABLE : Douglas Alejandro</b> <b>ING. CONTROL DE CALIDAD : Alvaro Lindao</b> <b>ENSAYADO POR : Enrique Guerra</b>

Muestra #	1	2	3
Lectura de la Arcilla (pulg) - A	5,5	5,4	5,5
Lectura de la Arena (pulg) - B	13,6	13,7	13,7
Lectura B - 10"	3,6	3,7	3,7
Equivalente Arena %	<b>65,5</b>	<b>68,5</b>	<b>67,3</b>

EQUIVALENTE DE ARENA %	<b>67,1</b>
------------------------	-------------

Minimo solicitado por Norma > 50 %

Nota: El ensayo cumple con las Especificaciones Tecnicas.

  
**LABORATORISTA**  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
**LABORATORISTA**

  
  
**Ing. Alvaro Lindao**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

ING. RESPONSABLE

Digeconsa S. A.  
 Dir. Cdla. Ferroviaria Av. 4ta # 416 y calle 8va Telf. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

## Anexo 15: Gravedad Especifica "Cisco"

 <p><b>DIGECONSA</b> Diseño, asesoría y construcción</p>	<b>Obra:</b>	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.
	<b>Ubicación:</b>	Ciudad de Guayaquil
	<b>Cliente</b>	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira
	<b>Material:</b>	Cisco
	<b>Solicita:</b>	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
	<b>Tutor:</b>	Ing.Mgtr.Lisette Elisa Sanchez Rivera
	<b>Fecha:</b>	13 de Diciembre 2023
	<b>Ing. Responsable:</b>	Douglas Alejandro
	<b>Ing. Control de Calidad:</b>	Alvaro Lindao
	<b>Ensayo Por:</b>	Enrique Guerra

Gravedad Especifica		Nº 2652
<b>Fino</b>		
Material que pasa el tamiz	Nº 4	y es retenido en el tamiz
		Nº 200
"A" Peso en el aire de la muestra secada al horno:		493 grs
"V" Peso en el aire de la muestra saturada:		500 grs
"W" Peso en el agua de la muestra saturada:		326 grs
Gravedad especifica de masa:	$\frac{A}{V - W} = \frac{493}{500 - 326} =$	<b>2,833</b>
Gravedad especifica de s.s.s:	$\frac{500}{V - W} = \frac{500}{500 - 326} =$	<b>2,874</b>
Gravedad especifica de aparente:	$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = \frac{493}{167} =$	<b>2,952</b>
% de Absorcion	$\frac{500 - A}{A} \times 100 = \frac{7}{493} \times 100 =$	<b>1,42%</b>

  
 Laboratorista  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
 LABORATORISTA

  
  
**Ing. Alvaro Lindao**  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 ING. RESPONSABLE

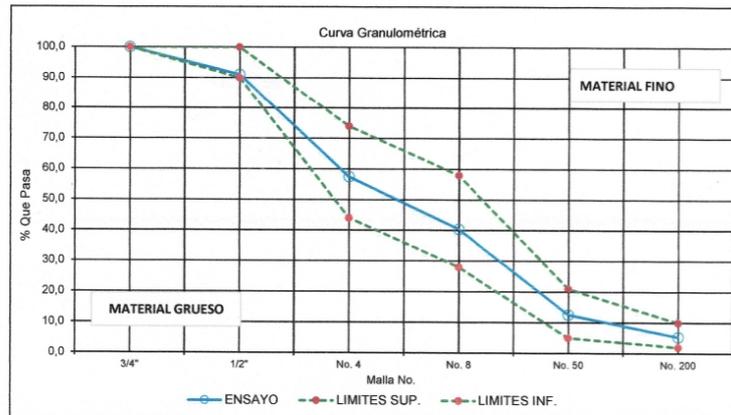
Digeconsa S.A  
 Dir. Cdla Ferroviaria Av. 4ta y Calle 8va Esquina Telf. 2-209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

# Anexo 16: Granulometría por Tamizado "Carpeta asfáltica 1/2"

<b>DIGECONSA</b> <small>Diseño, asesoría y construcción</small>		<b>GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO</b>	
		ASTM D 422	N° 2652
PROYECTO:	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.		
UBICACIÓN:	Ciudad de Guayaquil		
MATERIAL:	Carpeta Asfáltica 1/2		
SOLICITA:	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Ing. Responsable: Douglas Alejandro	
CLIENTE:	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira	Ing. Control de Calidad: Alvaro Lindao	
TUTOR:	Ing. Mgr. Lissette Elisa Sanchez Rivera	Ensayado Por: Enrique Guerra	
FECHA:	28 de Diciembre 2023		

Tamiz No.	Abertura (mm)	P. Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificación (Tabla 405-5.1.)	
					1/2	
3/4"	19,00	0	0,00	100,0	100	100
1/2"	12,70	84	8,97	91,0	90	100
3/8"	9,50	180	19,23	80,8		
No. 4	4,75	398	42,52	57,5	44	74
No. 8	2,36	89	17,05	40,4	28	58
No. 16	1,18	167	32,00	25,5		
No. 30	0,60	145	27,78	29,7		
No. 50	0,30	234	44,83	12,6	5	21
No. 100	0,15	257	49,24	8,2		
No. 200	0,075	272	52,11	5,4	2	10
Total		936				

Fino para lavar: 300



**DIGECONSA**  
LABORATORISTA  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
LABORATORISTA

**DIGECONSA**  
*Alvaro Lindao*  
**Ing. Alvaro Lindao**  
RESPONSABLE TÉCNICO  
ING. RESPONSABLE

## Anexo 17: Ensayo de Abrasión

 <b>LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGON</b> <b>DIGECONSA S. A.</b>			
			N° 2652
<b>ENSAYO DE ABRASIÓN</b>			
MAQUINA DE LOS ANGELES ( NORMA ASTM C535 )			
PROYECTO: IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.			
TUTOR: Ing. Mgtr. Lissette Elisa Sanchez Rivera			
UBICACIÓN: Ciudad de Guayaquil			
MATERIAL: Piedra Triturada 3/4"			
SOLICITA: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil			
CLIENTE : Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira			
FECHA: 25 de Octubre 2023		Ing. Responsable Técnico : Alvaro Lindao Ensayado por : Enrique Guerra	
<b>Tipo " B "</b>			
A	Peso del Material antes del ensayo (g)		5000
B	Peso del Material no desgastado después del ensayo (g)		4136
C= A-B	Perdida por desgaste (g)		864
D= C/A.100	Idem (%)		17,28
	Medida		
OBSERVACIONES: _____ _____			
 <b>S. A. Enrique Guerra R.</b> LABORATORISTA		 <i>Alvaro Lindao</i> <b>Ing. Alvaro Lindao</b> RESPONSABLE TÉCNICO ING. RESPONSABLE	

## Anexo 18: Ensayo para Clasificación de Asfalto

 <b>LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGON</b> <b>DIGECONSA S. A.</b>	
N° 2652	
<b>ENSAYO PARA CALIFICACION DE ASFALTO</b>	
Proyecto : IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.	
Solicita	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
Cliente :	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira
Origen	Ecuatoriano AC - 20
Fecha de Recepción	5 de Septiembre 2023
Fecha de Ensayo	25 de Octubre 2023
<b>Sobre Muestra Original</b>	<b>1</b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b> <b>Resultado</b> <b>Especificaciones</b>
Viscosidad Absoluta (60° C)	245,0      236,0      213,8 <b>231,6</b> 160 - 240 Pa.s
Viscosidad Cinemática (135° C)	510,0 <b>510,0</b> Min 300 Pa.s
Punto de Inflamación (° C)	260 <b>260</b> Min 232 C
Densidad Relativa ( 25° C)	.....      .....      .....           .....      g/cm3
Indice de Penetración	.....      .....      ..... <b>0,28</b> - 1,5 a 1
Penetración (25° C) 100gr/5s min	70      70      72 <b>71</b> 0,1 mm
Punto de Ablandamiento ° C	52      53 <b>52,5</b> Max 58 C
<b>Sobre el Residuo ( T.F.O 85 minutos a 163 C)</b>	
Viscosidad Absoluta (60° C)	1211,0      1209,0      1210,0 <b>1210,0</b> Max 800 Pa.s
Cambio de Masa	0,14      0,11      0,11 <b>0,12</b> Max 0,8 %
Ductilidad (25° C)	17,0      17,5      18,0 <b>17,5</b> Min 50 Cm
Ensayado: Enrique Guerra	Ing. Responsable Técnico: Ing. Alvaro Lindao

  
**LABORATORISTA**  
**LABORATORISTA**

  
**Ing. Alvaro Lindao**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

Ing. Responsable

**DIGECONSA S. A.**  
 Dir. Cdla. Ferroviaria av. 4ta y Calle 8va Esquina  
 E-mail: info@digeconsa.com

## Anexo 19: Agregados para Mezcla Asfáltica

 <b>DIGECONSA</b> <small>Diseño, asesoría y construcción</small>		<b>LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGON</b>									N° 2652
<b>DIGECONSA S. A.</b>											
<b>Obra:</b> IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.											
<b>Ubicación:</b> Ciudad de Guayaquil											
<b>Material:</b> Agregados para mezcla asfáltica											
<b>Solicita:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil											
<b>Cliente:</b> Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira											
<b>TUTOR:</b> Ing.Mgr.Lissette Elisa Sanchez Rivera											
<b>Fecha:</b> 13 de Diciembre 2023											
<b>Ing. Responsable :</b> Douglas Alejandro											
<b>Ing. Control de Calidad :</b> Alvaro Lindao											
<b>Ensayado por :</b> Enrique Guerra											
Tamices	3/4	1/2	3/8	4	8	16	30	50	100	200	
3/4"	98,2	33,9	5,8	1,5	1,3	1,3	1,2	0,7	0,4	0,3	
3/8"	100,0	88,3	49,0	5,1	2,9	2,3	1,9	1,1	0,5	0,3	
Cisco	100,0	99,7	99,2	75,6	55,5	42,8	33,3	25,6	20,0	13,5	
Arena	100,0	100,0	99,7	96,3	87,3	81,9	62,1	8,9	5,3	3,7	
Diseño											
5%	4,9	1,7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
28%	28,0	24,7	13,7	1,4	0,8	0,6	0,5	0,3	0,1	0,1	
50%	50,0	49,9	49,6	37,8	27,8	21,4	16,7	12,8	10,0	6,8	
17%	17,0	17,0	16,9	16,4	14,8	13,9	10,6	1,5	0,9	0,6	
Combinación Mezcla	100	93	81	56	43	36	28	15	11	7	
ESPECIFICACIÓN	100	90 - 100		44 - 74	28 - 58			5 - 21		2 - 10	
Promedio	100	95		59	43			13		6	
100%											

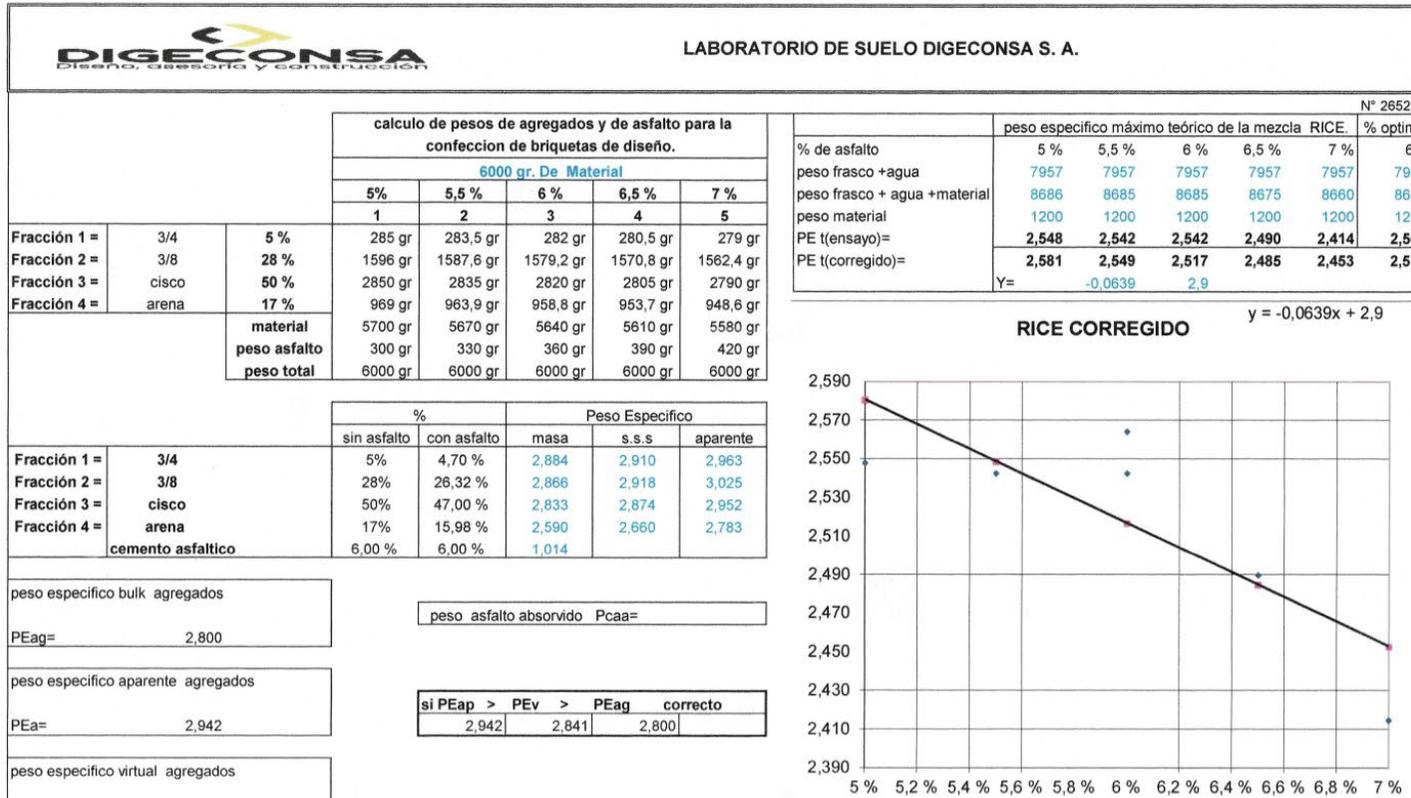

**DIGECONSA**  
 LABORATORISTA  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

Digeconsa S. A.  
 Dir. Cda. Ferroviaria Av. 4ta # 401 y Calle 8va Esquina  
 E-mail: info@digeconsa.com

ING. RESPONSABLE


**DIGECONSA**  
  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO

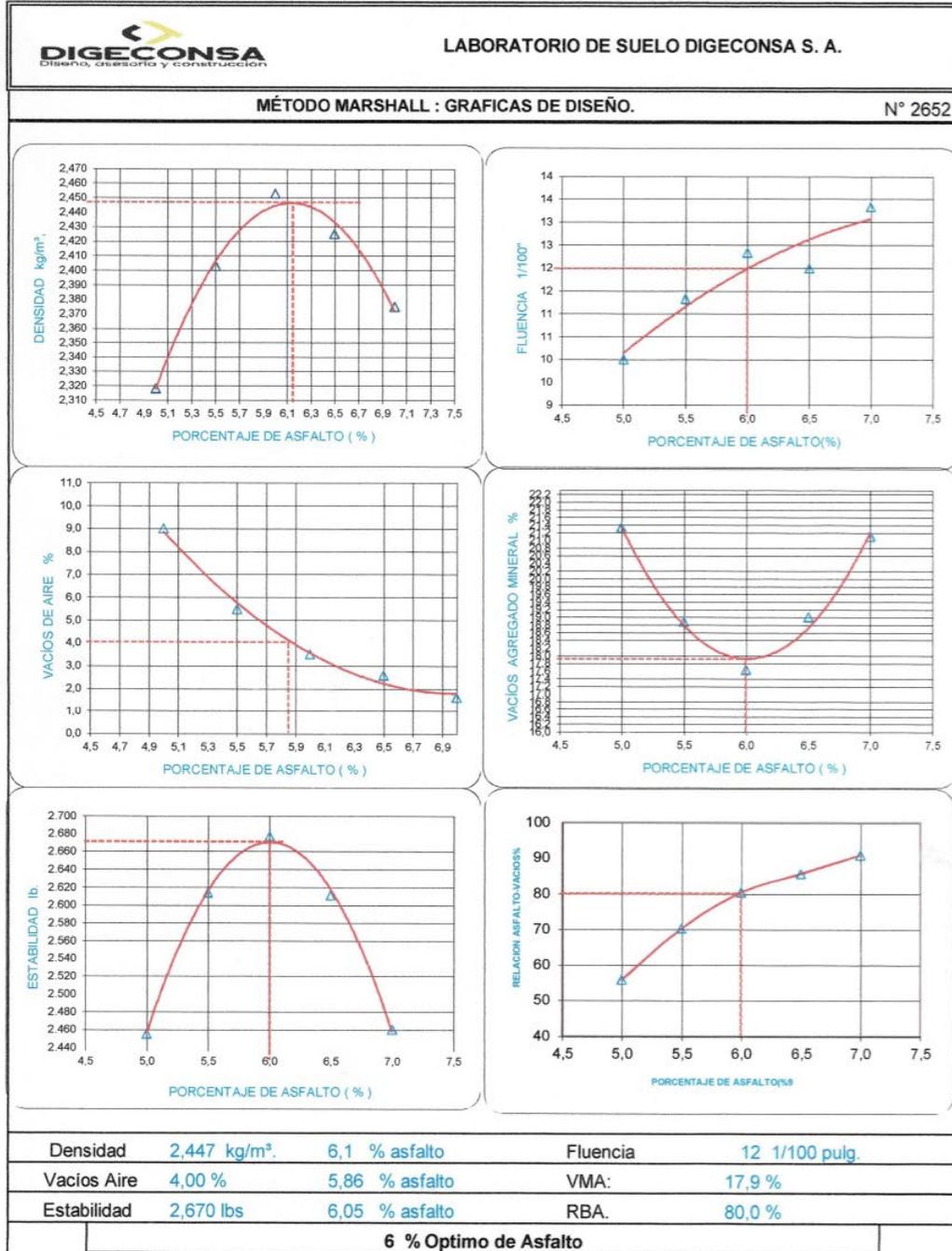
## Anexo 20: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional



  
**DIGECONSA**  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

  
**DIGECONSA**  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO

# Anexo 21: Método Marshall de Mezcla Asfáltica Tradicional



  
**Sr. Enrique Guerra R.**  
 LABORATORISTA

  
*Alvaro Lindero*  
**Ing. Alvaro Lindero**  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 22: Análisis Granulométrico de la Mezcla Asfáltica tradicional

TAMIZ		PESO RETENIDO ACUMULADO				% QUE PASA.				% DISEÑO.				COMBINACION ARIDOS	GRADUACION ESPECIFICADA	VALOR MEDIO	FAJA TRABAJO	VALORES TOLERANCIA	
		Fracción				Fracción				Fracción									
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
										5 %	28 %	50 %	17 %						
3/4"	1,8	0,0	0,3	0,0	98,2	100,0	99,7	100,0	4,9	28,0	49,9	17,0	100	100	100	100	100	100	± 8 %
1/2"	66,1	11,7	0,8	0,0	33,9	88,3	99,2	100,0	1,7	24,7	49,6	17,0	93	90	100	95	90	100	± 8 %
No. 4	98,5	94,9	24,4	3,7	1,5	5,1	75,6	96,3	0,1	1,4	37,8	16,4	56	44	74	59	49	63	± 7 %
No.8	98,7	97,1	44,5	12,7	1,3	2,9	55,5	87,3	0,1	0,8	27,8	14,8	43	28	58	43	37	49	± 6 %
No. 50	99,3	98,9	74,4	91,1	0,7	1,1	25,6	8,9	0,0	0,3	12,8	1,5	15	5	21	13	10	20	± 5 %
No. 200	99,7	100	86,5	96,3	0,3	0,3	13,5	3,7	0,0	0,1	6,8	0,6	7	2	10	6	4	10	± 3 %
<No. 200														% OPTIMO DE ASFALTO			6		± 0,3 %

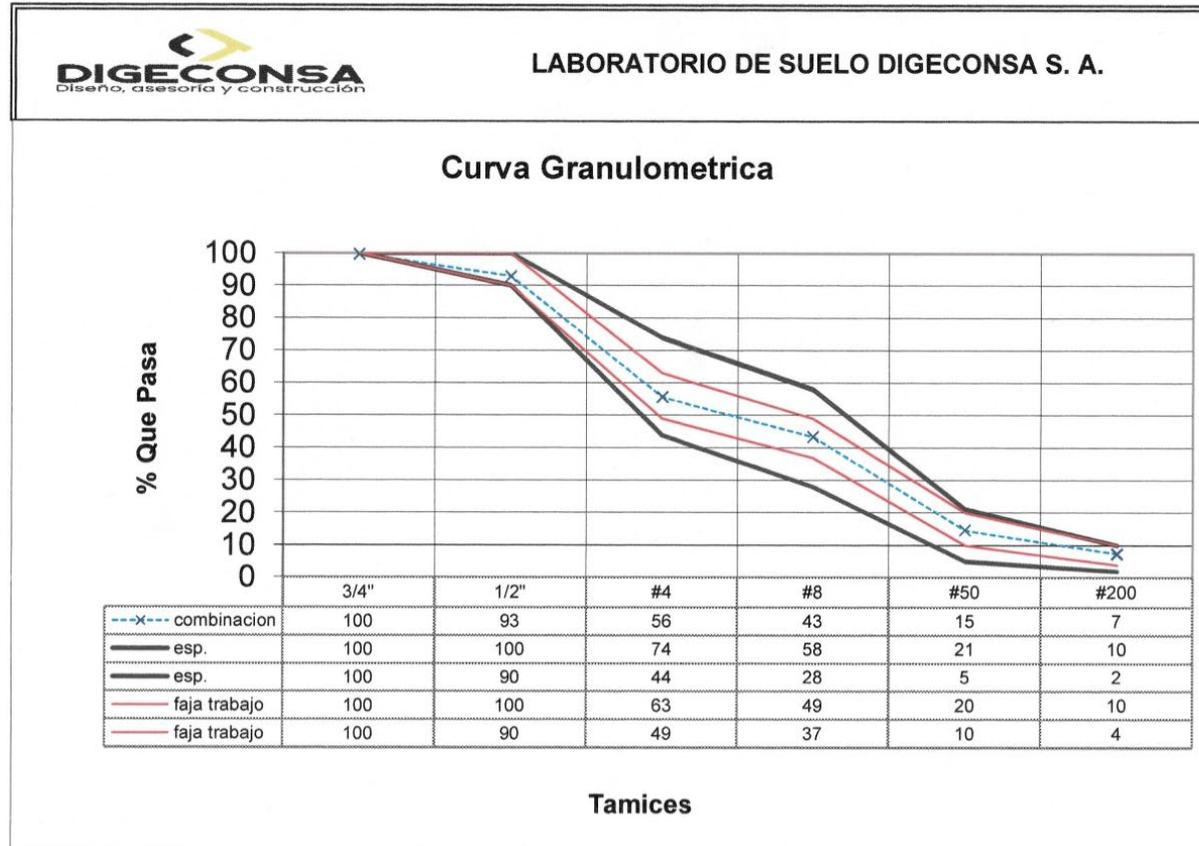
Fracción 1 = 3/4  
 Fracción 2 = 3/8  
 Fracción 3 = cisco  
 Fracción 4 = arena

100 %

 **DIGECONSA**  
*Sr. Enrique Guerra R.*  
 LABORATORISTA

 **DIGECONSA**  
*Ing. Alvaro Lindao*  
 RESPONSABLE TÉCNICO

Anexo 23: Curvas Granulométrico de la Mezcla Asfáltica tradicional



  
*Sr. Enrique Guerra R.*  
 LABORATORISTA

  
*Ing. Alvaro Lindão*  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 24: Propiedades Marshall de la Mezcla Asfáltica tradicional

DIGECONSA		LABORATORIO DE SUELO DIGECONSA S. A.																
PROPIEDADES MARSHALL DE LA MEZCLA ASFALTICA													N° 2652					
MUESTRA	AGREGADOS.	DOSIFICACION %	PESO ESPECIFICO BULK AGREGADOS	PESO BRIQUETA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		VOLUMEN %			V.A.M.	Relacion A./V.	FACTOR CORREC.	ESTABILIDAD		FLUJO
				AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		BRIQUETA BULK.	TEORICA RICE.	AGREGD.	AIRE	ASFALT.				DIAL	CORREG.	
1	Fraccion 1	4,75		1210,0	1211,0	688,0	523,0	2,314							0,96	272	2.452	10
2	Fraccion 2	26,60		1215,0	1216,0	692,0	524,0	2,319							0,96	272	2.452	10
3	Frac.3+Filler	63,51		1216,0	1217,0	693,0	524,0	2,321							0,96	273	2.461	10
	% C.A.	5,00																
	total	99,86	2,800					2,318	2,548	78,65	9,02	12,34	21,35	55,9		272,333	2.455	10
4	Fraccion 1	4,73		1217,0	1218,0	711,0	507,0	2,400							1,04	268	2.618	11
5	Fraccion 2	26,46		1220,0	1221,0	713,0	508,0	2,402							1,04	267	2.608	12
6	Frac.3+Filler	63,17		1215,0	1216,0	711,0	505,0	2,406							1,04	268	2.618	11
	% C.A.	5,50																
	total	99,86	2,800					2,403	2,542	81,10	5,48	13,42	18,90	70,4		268	2.614	11
7	Fracción 1	4,70		1213,0	1214,0	722,0	492,0	2,465							1,09	263	2.692	12
8	Fracción 2	26,32		1217,0	1219,0	715,0	504,0	2,415							1,04	271	2.647	13
9	Frac.3+Filler	62,84		1209,0	1209,0	721,0	488,0	2,477							1,09	263	2.692	12
	% C.A.	6,00																
	total	99,86	2,800					2,453	2,542	82,35	3,52	14,13	17,65	80,5		266	2.677	12
10	Fracción 1	4,68		1219,0	1220,0	718,0	502,0	2,428							1,04	267	2.608	11
11	Fracción 2	26,18		1223,0	1224,0	719,0	505,0	2,422							1,04	268	2.618	12
12	Frac.3+Filler	62,50		1217,0	1218,0	716,0	502,0	2,424							1,04	267	2.608	13
	% C.A.	6,50																
	total	99,86	2,800					2,425	2,490	80,98	2,60	16,43	19,02	85,7		267	2.611	12
13	Fracción 1	4,65		1222,0	1223,0	709,0	514,0	2,377							1,00	262	2.461	14
14	Fracción 2	26,04		1220,0	1221,0	708,0	513,0	2,378							1,00	261	2.451	13
15	Frac.3+Filler	62,17		1223,0	1224,0	708,0	516,0	2,370							1,00	263	2.470	13
	% C.A.	7,00																
	total	99,86	2,800					2,375	2,414	78,88	1,64	19,48	21,12	90,9		262	2.461	13
COMPROBACIÓN DEL DISEÑO																		
A	Fracción 1	4,70		1222,0	1223,0	724,0	499,0	2,449							1,04	269	2.627	12
B	Fracción 2	26,32		1221,0	1222,0	729,0	493,0	2,477							1,09	262	2.682	13
C	Frac.3+Filler	62,84		1219,0	1219,0	726,0	493,0	2,473							1,09	254	2.600	13
	% CA.	6,00																
	total	99,86	2,800					2,466	2,564	82,79	3,83	13,39	17,21	79,2		262	2.637	13

**DIGECONSA**  
  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

**DIGECONSA**  
  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO

## Anexo 25: Ensayo de Marshall "Adición de 2.5%"

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



**DIGECONSA S.A.**  
Ensayo de Marshall

Nº 2652

PROYECTO:	IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.	
UBICACIÓN:	Ciudad de Guayaquil	
MATERIAL:	Carpeta Asfáltica de 1/2" - con el 2,5% de Caucho y 2,5% de Plástico	
SOLICITA:	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Ing. Responsable: Douglas Alejandro
CLIENTE:	Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira	Ing. Control de Calidad: Alvaro Lindao
TUTOR	Ing. Mgtr. Lissette Elisa Sanchez Rivera	Ensayado por: Enrique Guerra
FECHA:	28 de Diciembre 2023	

Temp. 150°C

#	Muestra	1	2	3	ENSAYO	Especificación MTOP-001-F-2002
	Fecha	28/12/2023	28/12/2023	28/12/2023		
Peso de Muestra	Aire seco	1204	1209	1201		
	Aire S.S.S	1205	1211	1203		
	Agua S.S.S	719	720	719		
	Volumen (cc)	486	491	484		
Densidad	Probeta BULK	2,477	2,462	2,481	<b>2,474</b>	
	Rice	2,575	2,575	2,575	<b>2,575</b>	
	Vacios Total	3,80	4,38	3,64	<b>3,94</b>	3,00 - 5,00
	Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09		
Estabilidad	Lectura del Dial	327	273	283		
	LBS Corregida	3347	2795	2897	<b>3013</b>	> 1800
	Flujo	14	13	12	<b>13</b>	8,00 - 14,00

Observaciones.- Cumple con la Especificación ASTM D - 1 559; AASTHO T - 245



ING. RESPONSABLE

DIGECONSA S. A.

Dir. Cdla. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telf. 2-209095

Email - info@digeconsa.com

# Anexo 26: Gráficos de Comportamiento de la Mezcla Asfáltica “Adición 2.5%”



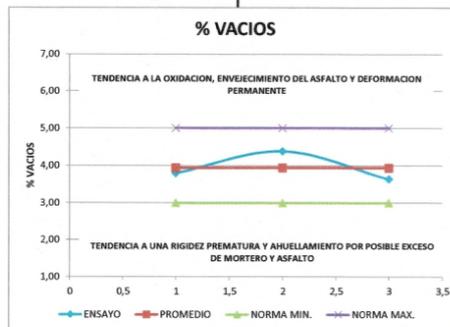
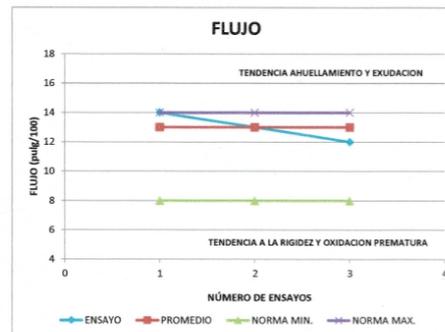
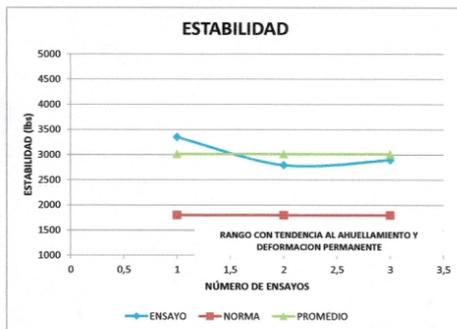
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DIGECONSA S.A.  
GRÁFICOS DE COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA

Nº 2652

PROYECTO: IMPACTO TÉCNICO, ECONÓMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFALTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO.  
 UBICACIÓN: Ciudad de Guayaquil  
 MATERIAL: Carpeta Asfáltica de 1/2" - con el 2.5% de Caucho y 2.5% de Plástico  
 CLIENTE: Michael Richard Garcia Davila - Kenny Iván López Moreira  
 SOLICITA: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil  
 TUTOR: Ing Mgr. Lissette Elisa Sanchez Rivera  
 FECHA: 28 de Diciembre 2023

Ing. Responsable: Douglas Alejandro  
 Ing. Control de Calidad: Alvaro Lindao  
 Ensayo por: Enrique Guerra



**DIGECONSA**  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

**DIGECONSA**  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 ING. RESPONSABLE

DIGECONSA S. A.  
 Dr. Cda. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telf. 2 - 209095  
 E-mail: info@digeconsa.com

## Anexo 27: Ensayo de Marshall "Adición de 5%"

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



**DIGECONSA S.A.**  
Ensayo de Marshall

N° 2652

PROYECTO:	IMPACTO TÉCNICO, ECONOMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFALTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO	
UBICACIÓN:	Ciudad de Guayaquil	
MATERIAL:	Carpeta Asfáltica de 1/2" - con el 5% de Caucho y 5% de Plástico	
SOLICITA:	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Ing. Responsable: Douglas Alejandro
CLIENTE:	Michael Richard García Davila - Kenny Iván López Moreira	Ing. Control de Calidad: Alvaro Lindao
TUTOR:	Ing. Mgtr. Lisette Elisa Sanchez Rivera	Ensayado por: Enrique Guerra
FECHA:	3 de Enero 2024	

Temp. 150°C

#	Muestra	1	2	3	ENSAYO	Especificación MTOP-001-F-2002
	Fecha	3/1/2024	3/1/2024	3/1/2024		
Peso de Muestra	Aire seco	1218	1220	1221		
	Aire S.S.S	1219	1221	1223		
	Agua S.S.S	730	732	729		
	Volumen (cc)	489	489	494		
Densidad	Probeta BULK	2,491	2,495	2,472	<b>2,486</b>	
	Rice	2,581	2,581	2,581	<b>2,581</b>	
	Vacios Total	3,48	3,32	4,22	<b>3,68</b>	3,00 - 5,00
	Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09		
Estabilidad	Lectura del Dial	418	413	320		
	LBS Corregida	4279	4228	3276	<b>3928</b>	> 1800
	Flujo	12	12	14	<b>13</b>	8,00 - 14,00

Observaciones.- Cumple con la Especificación ASTM D - 1 559; AASTHO T - 245

**DIGECONSA**  
LABORATORISTA  
Sr. Enrique Guerra R.  
LABORATORISTA

**DIGECONSA**  
*Ing. Alvaro Lindao*  
RESPONSABLE TÉCNICO  
ING. RESPONSABLE

DIGECONSA S. A.

Dir. Cdla. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telf. 2-209095

Email - info@digeconsa.com

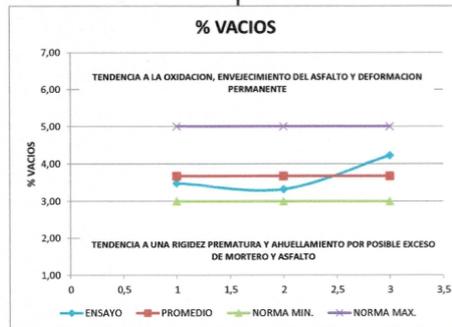
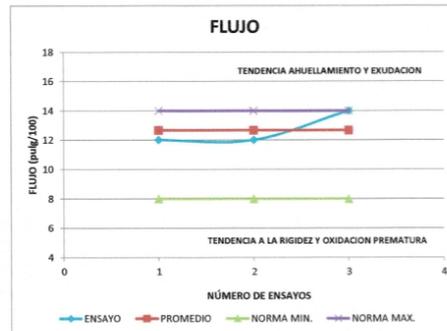
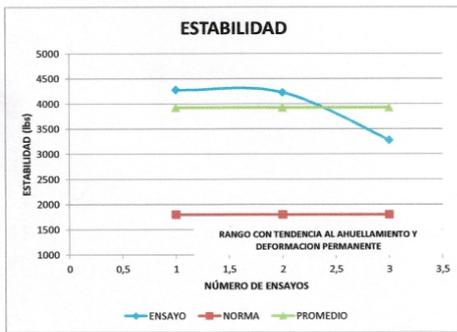
# Anexo 28: Gráficos de Comportamiento de la Mezcla Asfáltica “Adición 5%”



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 DIGECONSA S.A.  
 GRÁFICOS DE COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA

N° 2652

PROYECTO: IMPACTO TÉCNICO, ECONOMICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADICIÓN DE CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO  
 UBICACIÓN: Ciudad de Guayaquil  
 MATERIAL: Carpeta Asfáltica 1/2  
 CLIENTE: Michael Richard García Davila - Kenny Iván López Moreira  
 SOLICITA: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil  
 FISCALIZADOR: Ing. Mgtr. Lisette Elisa Sanchez Rivera  
 FECHA: 3 de Enero 2024  
 Ing. Responsable: Douglas Alejandro  
 Ing. Control de Calidad: Carlos Franco  
 Ensayo por: Enrique Guerra



**DIGECONSA**  
 Sr. Enrique Guerra R.  
 LABORATORISTA

**DIGECONSA**  
 Ing. Alvaro Lindao  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 ING. RESPONSABLE

DIGECONSA S. A.  
 Dr. Cda. Ferroviaria Av. 4ta y calle 8va Esquina Telf. 2 - 209095  
 E-mail: info@digeconsa.com