



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL USO DEL ASFALTO  
RECICLADO EN PAVIMENTACIONES Y  
REHABILITACIONES**

**SUSTENTADO POR:**

**OLGA CAROLINA LANZA MARTÍNEZ  
SILVIO ENRIQUE PUERTO HANDAL**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A.**

**JULIO, 2019**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

**DESIREE TEJADA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**DECANA DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE**

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL USO DEL ASFALTO  
RECICLADO EN PAVIMENTACIONES Y  
REHABILITACIONES**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN**

**ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**ASESOR**

**MINA CECILIA GARCÍA LEZCANO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**MARIAN CALIX  
LEONARDO BANEGAS  
HENRY OVIEDO**



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL USO DEL ASFALTO  
RECICLADO EN PAVIMENTACIONES Y  
REHABILITACIONES**

**NOMBRE DE LOS MAESTRANTES:**

**OLGA CAROLINA LANZA MARTÍNEZ**

**SILVIO ENRIQUE PUERTO HANDAL**

**RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo determinar la viabilidad del uso del asfalto reciclado en las carreteras. Su finalidad es realizar un aporte a la disminución de la contaminación ambiental, así como también generar un proceso constructivo para reducir los tiempos de ejecución y disminuir los costos directos. En este estudio se implementaron dos metodologías basadas en la guía del PMBOK, la gestión de la calidad y gestión de costos. En la gestión de la calidad se determinaron los parámetros basados en las normas ASTM para su respectiva evaluación de la carpeta asfáltica mediante un ensayo Marshall; dentro de esta prueba, se analizaron parámetros como la estabilidad, el análisis granulométrico y el porcentaje de vacíos en la carpeta, y en el apartado de la gestión de costos se generó un presupuesto. Se definió la metodología utilizada y el enfoque que tuvo, el cual se estableció como un enfoque mixto. En cuanto al método del muestreo se determinó utilizar el método no probabilístico por conveniencia debido a que permite obtener información de manera accesible y no a un criterio estadístico. Se seleccionaron 20 empresas y/o contratistas individuales, a las cuales se les aplicó una encuesta en donde se buscó conocer la opinión acerca del uso del asfalto reciclado en carreteras. Los objetivos planteados, las metodologías implementadas y los resultados obtenidos determinaron que la utilización del asfalto reciclado en carreteras es factible.

Palabras Clave: Asfalto Reciclado, Ensayo Marshall, Gestión de la Calidad, Gestión de Costos, normas ASTM.



## **GRADUATE SCHOOL**

# **ANALYSIS FEASIBILITY OF RECYCLE ASPHALT IN PAVEMENTS AND STREET PATCHING**

**MASTER'S DEGREE CANDIDATES:  
OLGA CAROLINA LANZA MARTÍNEZ  
SILVIO ENRIQUE PUERTO HANDAL**

## **ABSTRACT**

This research aims to determine the feasibility of using recycled asphalt on highways. Its purpose is to contribute to reduce the environmental pollution, as well as to generate a constructive process to reduce execution times and direct costs. In this study, two methodologies were implemented based on the PMBOK guide, quality management and cost management. In the quality management, the parameters based on the ASTM standards were determined for their respective evaluation of the asphalt by a Marshall test; Within this test, parameters such as stability and granulometric analysis in the asphalt were analyzed. A budget was generated in the cost management section. The methodology used and the approach it had was defined as a mixed approach. Regarding the sampling method, it was determined to use the non-probabilistic method for convenience because it allows obtaining information in an accessible manner and not to a statistical criterion. 20 companies and / or individual contractors were selected, to which a survey was applied where they sought to know the opinion about the use of recycled asphalt on roads. The objectives set, the methodologies implemented, and the results obtained determined that the use of recycled asphalt on roads is feasible.

**Keywords:** ASTM Standards, Costs Management, Marshall test, Recycled asphalt, quality management.

## **DEDICATORIA**

Con mucha humildad le doy gracias a Dios que siempre me ilumino y me dio sabiduría para lograr y cumplir con la finalización de mi maestría. Mi trabajo de tesis se lo dedico con mucho amor a mis padres: Olga Carolina Lanza Martínez Wong y Carlos R. Lanza Ramos, a mis hermanos, primos, tíos y demás familiares que con sus orientaciones y apoyo contribuyeron a mi formación, que han sido los que me motivaron para seguir adelante con mis estudios y fueron un pilar importante para poder finalizar con ella.

Olga Carolina Lanza Martínez

El trabajo de tesis se lo dedico a mis padres Silvio Enrique Puerto Oseguera y Dunia Handal Sabillon que fueron los que me motivaron y convencieron para que iniciara el programa de maestría, los que me alentaron a continuarla y terminarla cuando tome la decisión equivocada de interrumpir mis estudios por un año cuando apenas cursaba la mitad de la carrera. Fueron ellos dos los que constantemente me consultaban por mi avance y me mostraban su gran interés y orgullo que sentían al saber que obtendría un título de máster. Por todo el amor incondicional que me dieron en estos años y a lo largo de toda mi vida. Papá y mamá, esto es para ustedes.

Silvio Puerto

## AGRADECIMIENTO

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han colaborado en la realización de este trabajo de investigación. Quiero agradecer en primer lugar a la Secretaria de Infraestructura y Servicios Públicos, que fue la institución que nos apoyó con la realización y prestación del laboratorio. Muy especialmente a la Dra. Mina Cecilia García Lezcano, por la orientación, el soporte y discusión crítica que me permitió obtener un buen aprovechamiento en el trabajo realizado, y que esta tesis llegara a buen término. A todos mis catedráticos que me formaron a lo largo de toda la maestría y que gracias a sus conocimientos enseñados los logre aplicar en su mayoría en mi tesis de graduación.

Olga Lanza

Para Dios sea la honra y la gloria. Sin él, nada de esto sería posible.

Para nuestra asesora de trabajo de tesis la Doctora Mina Cecilia García Lezcano quien con su capacidad, conocimiento y experiencia brindo el apoyo necesario para desarrollar una investigación de manera más eficiente y de acuerdo con las especificaciones. Para mi compañera de trabajo de tesis, amiga y colega, la Ing. Olga Carolina Lanza quien demostró mucha iniciativa y capacidad para poder desarrollar una excelente investigación y con quien unimos esfuerzos para salir adelante en los momentos que se presentaron obstáculos.

Silvio Puerto

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 MAPA CONCEPTUAL.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 TEORÍA DE SUSTENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 VARIABLES .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 DIAGRAMA SAGITAL.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 POBLACIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>3.6 MÉTODO DEL MUESTREO.....</b>	<b>30</b>
<b>3.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>3.8 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 APLICABILIDAD: ALTERNATIVA PARA EL USO DEL ASFALTO RECICLADO     MEDIANTE EL MÉTODO DE CALENTAMIENTO EN SITIO PARA LAS     PAVIMENTACIONES Y REHABILITACIONES (BACHEO) DE CARRETERAS.....</b>	<b>48</b>

<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1. MAPA CONCEPTUAL.....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 2: SECCIÓN TRANSVERSAL PAVIMENTO FLEXIBLE .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 3: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 4: ASOCIACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 5: DIAGRAMA SAGITAL.....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 6: RESUMEN DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 7: CURVA GRANULOMÉTRICA .....</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 8: CURVA GRANULOMÉTRICA SEGUNDA MUESTRA.....</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA 9: IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DETERIORADA .....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 10: MARCACIÓN DEL ÁREA IDENTIFICADA .....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 11: CORTE DEL ÁREA MARCADA.....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURA 12: EXCAVACIÓN DEL ÁREA CORTADA .....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURA 13: IMPRIMACIÓN DEL ÁREA.....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 14: COLOCACIÓN DEL ASFALTO .....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 15: COMPACTACIÓN DE LA NUEVA CARPETA.....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 16: IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA .....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 17: MOVILIZACIÓN DE LA MAQUINA CALENTADORA DE ASFALTO... 55</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 18: CALENTAMIENTO DE LA ZONA.....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 19: ESCARIFICACIÓN DE LA ZONA .....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 20: COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA .....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 21: COMPACTACION DE LA ZONA.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1: PROCESOS DE LA GESTIÓN DE CALIDAD .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLA 2: REQUERIMIENTOS PARA MEZCLAS DE CONCRETO ASFALTICO DISEÑADAS POR EL MÉTODO MARSHALL .....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 3: MATRIZ.....</b>	<b>26</b>
<b>TABLA 4: MATRIZ.....</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 5: AÑOS DE EXPERIENCIA.....</b>	<b>35</b>
<b>TABLA 6: RESULTADOS PRIMERA MUESTRA .....</b>	<b>40</b>
<b>TABLA 7: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PRIMERA MUESTRA .....</b>	<b>41</b>
<b>TABLA 8: RESULTADOS SEGUNDA MUESTRA.....</b>	<b>43</b>
<b>TABLA 9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGUNDA MUESTRA .....</b>	<b>44</b>
<b>TABLA 10: BENEFICIOS AMBIENTALES .....</b>	<b>47</b>
<b>TABLA 11: PRESUPUESTO CONVENCIONAL APLICADO A UN TRAMO.....</b>	<b>59</b>
<b>TABLA 12: PRESUPUESTO POR EL MÉTODO DEL ASFALTO RECICLADO PARA UN TRAMO DE CARRETERA.....</b>	<b>61</b>
<b>TABLA 13: CUADRO COMPARATIVO DE PRESUPUESTO .....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>GRÁFICOS 1: POR AÑOS DE EXPERIENCIA .....</b>	<b>36</b>
<b>GRÁFICOS 2: ANALIZANDO LA CALIDAD.....</b>	<b>37</b>
<b>GRÁFICOS 3: IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>38</b>
<b>GRÁFICOS 4: DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>39</b>

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

Las vías de comunicación representan un pilar fundamental en el crecimiento y desarrollo de las comunidades, y es que a través de ellas se realizan grandes movilizaciones que fortalecen la economía de los países.

Para obtener un mayor aprovechamiento de las vías es recomendable que se pavimenten, ya que eso permite una mejor superficie de rodadura y por ende una mayor comodidad para el usuario. Los pavimentos son el conjunto de capas de material seleccionado que pueden recibir de una forma directa las cargas del tránsito. Uno de esos tipos de pavimentos se conoce como flexibles, que básicamente se componen de asfalto y granulometría tanto gruesa como fina según las especificaciones del proyecto.

El asfalto es un material que está compuesto por residuos de destilación del petróleo con una consistencia sólida, quebradiza que son insoluble en agua, los cuales se utiliza como pavimento en carretas o como revestimiento impermeable en los tejados y en las cubiertas. Es un betún con productos materiales como ser Sílice arena, arcilla y grava. La conservación de la red vial es un aspecto de gran importancia debido a todos los recursos que moviliza, hay que considerar también el presupuesto para el mantenimiento, así como también los problemas ambientales que se pudieran presentar al momento de realizar una pavimentación.

## **ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Las carreteras sufren deterioros o simplemente van cumpliendo su ciclo de vida útil, debido a las grandes movilizaciones terrestres que activan la economía en el país, por lo que es necesario darles mantenimiento y para ello siempre se optó por la reconstrucción, y en el caso de

los pavimentos flexibles siempre se removía el asfalto en mal estado y se sustituía por uno nuevo, dejando el material de desperdicio en algún botadero. El hecho de solo deshacerse del desperdicio representa un alto grado de contaminación ambiental. Es por ello, por lo que se han implementado medidas para reducir el problema mencionado, como ser el reciclaje del asfalto, que representa un ahorro en el costo del mantenimiento vial y una reducción considerable de contaminación para el medio ambiente.

En Honduras ya existen intentos de algunas compañías por la implementación del asfalto reciclado ya sea en planta o en el sitio, esto con el objetivo de reducir costos y contaminación, además de hacer un proceso de mantenimiento vial más eficiente.

En Costa Rica, la Universidad de Costa Rica (UCR) también ha dedicado tiempo y recursos a este tipo de investigación en la cual ha presentado su caracterización, así como sus ventajas y desventajas.

En países desarrollados es donde más se han realizado estudios sobre la utilización de asfalto reciclado y cada vez son más los avances en este tipo de trabajos que son alentados por los buenos resultados que se han obtenido. Por su parte en Latinoamérica en general de a poco se van implementando las técnicas de reciclado.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Reducción de la contaminación ambiental y reducción de costos en el mantenimiento vial y/o construcción de carreteras con la implementación de asfalto reciclado, in situ o en planta.

- ¿Representa un ahorro en costos la implementación del asfalto reciclado?
- ¿Realmente reduce la contaminación ambiental el reciclar asfalto para

mantenimiento y construcción de carreteras?

- ¿La carpeta asfáltica conserva sus propiedades luego de cumplir su vida útil?

## OBJETIVOS DEL PROBLEMA

### 1.4.1. Objetivo General

1. Determinar la viabilidad de utilizar el asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir la reducción y estimar los costos en las pavimentaciones y rehabilitación de carreteras.
- Identificar el beneficio ambiental al utilizar el asfalto reciclado.
- Verificar la calidad del asfalto reciclado en los pavimentos y rehabilitaciones.

## JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales problemas a nivel mundial es la contaminación ambiental. La necesidad del reciclaje de asfalto en el ámbito de la ingeniería no solo afecta a los países grandes, si no, también a los países en vía de desarrollo. La mayoría de los países más desarrollados en vías de comunicación podrían experimentar el ahorro de recursos naturales, así como también en el cuidado del medio ambiente si se utilizan las diferentes técnicas de reciclaje.

Se ha visto que la mayoría de los residuos en la construcción puede ser muy contaminantes que llegan a in fertilizar el suelo, lo cual esto provoca un grave problema para el medio ambiente, de igual manera lo hace el asfalto. El asfalto que se remueven de las carreteras es un gran problema, ya que se ha hecho una investigación y la mayoría de los contratistas que realizan este tipo de

trabajo desecha este material y lo lleva al botadero más cercano o en ciertas circunstancias lo deja a un lado del sitio del proyecto donde se realizó el mantenimiento de la carretera, lo cual provoca una contaminación en el ambiente.

Por otra parte, la implementación del asfalto reciclado en carreteras representara una disminución en los costos en la construcción y rehabilitación de estas mismas, ya que se estima que la carpeta asfáltica deteriorada se podría utilizar hasta en 60% por ende el material nuevo a utilizar seria solamente de un 40% aproximadamente. Cabe mencionar que los porcentajes antes mencionados variarán dependiendo de la calidad en la cual la carpeta asfáltica removida, que serán determinadas mediante pruebas de laboratorio en función de las especificaciones técnicas del manual Centroamericano de Carreteras.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

Para poder desarrollar esta investigación es necesario darle un sustento teórico, para ello, se expondrá un soporte conceptual en base al entorno del proyecto y a las metodologías que se implementaran para cumplir con los objetivos. Así mismo, se dará estructura al marco teórico mediante su respectivo mapa conceptual.

### **2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Hoy en día en la realización de las pavimentaciones y rehabilitaciones se realiza el uso de asfalto en caliente y en frío, esto quiere decir que al momento de realizar una reparación para las carreteras lo que se realiza es el cambio de carpeta asfáltica y desechar la carpeta en mal estado. Nuestro trabajo de graduación consiste en la verificación de la calidad en la que se saldría utilizar asfalto reciclado para los proyectos de pavimentaciones y rehabilitaciones, el objetivo de este proyecto es contribuir con la reducción de la contaminación al medio ambiente y el ahorro de costos al momento de ejecutar dichos proyectos; y para ello es necesario tener en consideración ciertas condiciones ambientales que afectaran de una u otra forma la implementación del asfalto reciclado en carreteras.

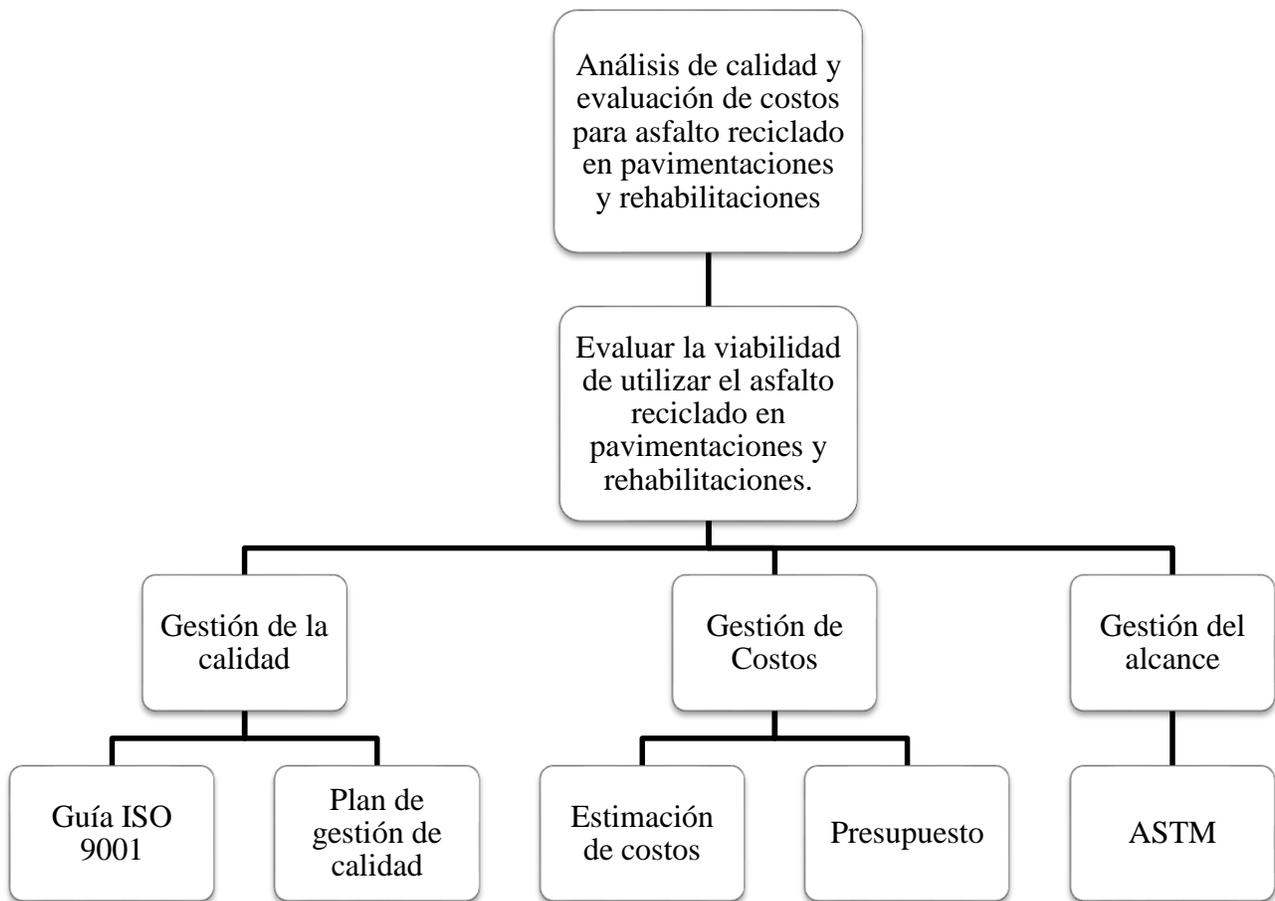
Dependiendo de la ubicación del proyecto se deberá de tomar en cuenta el clima del lugar al cual estará expuesta la carpeta asfáltica, ya que, los ciclos térmicos podrían producir envejecimiento y deterioro en dicha carpeta debido a las altas temperaturas. Por otra parte, en otros sitios se dan condiciones climáticas contrarias, donde el aspecto a considerar es la evacuación del agua, ya que, podrían producirse filtraciones a través de grietas, teniendo un efecto destructivo para la vía de comunicación.

## 2.2 MAPA CONCEPTUAL

Para el análisis de viabilidad de la utilización de asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones de carreteras se desarrollarán las metodologías de Gestión de la Calidad y Gestión de Costos.

La Gestión de la calidad incluye procesos y actividades en los proyectos para poder satisfacer las necesidades o requerimientos de los clientes para los cuales fueron desarrollados. Esta gestión se basa en la calidad de los productos o servicios. El éxito del proyecto está ligado directamente a esta gestión ya que, la satisfacción de los usuarios es uno de los mayores indicadores de éxito que se pueden tomar en cuenta para realizar una evaluación.

La gestión de costos incluye los procesos para estimar y presupuestar todos los gastos necesarios para que el proyecto puede culminarse como se planifico. Para que esta gestión sea exitosa es importante que la planificación del proyecto haya sido óptima para no sufrir inconvenientes con gastos que no fueron considerados inicialmente. A continuación, se presenta el mapa conceptual en donde se especifica las metodologías que serán aplicadas en el trabajo de investigación.



**Figura 1. Mapa Conceptual**

Fuente: (Elaboración Propia)

Al desarrollar la gestión de calidad en la investigación del asfalto reciclado permitirá conocer la viabilidad de utilizarlo en las carreteras, si estas serán de la misma calidad que inicialmente fueron construidas o serán solo para un determinado tipo de vía de comunicación. Así mismo se conocerá si el asfalto reciclado podría utilizarse para bacheos y cuánto será su vida útil.

Para el desarrollo de la gestión de costos, en la investigación se permitirá conocer si

realmente es rentable el utilizar asfalto reciclado en la pavimentación o rehabilitación de carreteras, también, si resulta mejor hacerlo in situ o acarrear el material a una planta, en caso de ser así, saber cuánto será el costo de acarreo.

## 2.3 TEORÍA DE SUSTENTO

En el afán de cumplir con el objetivo de evaluar la viabilidad de utilizar el asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones y basándose en el manual del PMI se desarrollarán tres metodologías estudiadas a lo largo de la maestría de administración de proyectos. Estas metodologías para el desarrollo de la investigación serán la Gestión de Calidad, Gestión de Costos y Gestión del alcance. En cada una de ellas se dará una breve explicación de todo lo aprendido a lo largo de la maestría, así como su implementación para el proyecto a desarrollar en esta investigación.

Según la Norma AASHTO (American Society of State Highway and Transportation Officials), el pavimento se puede definir de dos puntos de vista: El del usuario y el de la ingeniería.

Según Rodríguez y Rodríguez define:

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe de brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas. Las diferentes capas de material seleccionado que conforman el paquete estructural reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada. Es por ello que todo pavimento deberá de presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de las personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él. Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aun en condiciones húmedas. De acuerdo a la ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe de estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado periodo de tiempo. (2009, pag.11)

De esta manera podremos definir el pavimento como un elemento que se va a encontrar apoyado sobre una superficie que técnicamente se llama “subrasante” dicho elemento se encuentra conformado por un conjunto de capas con diferentes espesores que van recibiendo cargas en consecuencia del uso de las personas o vehículos, por lo tanto, el pavimento debe de contener una resistencia necesaria para que dicha estructura pueda brindar tanta seguridad como comodidad para el usuario.

## GESTIÓN DEL ALCANCE

El presente proyecto dará un importante aporte al medio ambiente mediante la posibilidad de reutilizar el asfalto en lugar de desecharlo. ¿Por qué el enfoque hacia el asfalto reciclado?, esto es debido a que en todos los rubros se está generando una manera para contribuir con el cuidado del medio ambiente. El aporte aparte de generar una manera de eliminar la contaminación en el medio ambiente también busca una reducción de costos al momento de realizar una pavimentación o rehabilitación de carreteras, de esta manera se podría pavimentar más calles de las que usualmente se pavimentan con la reducción de estos costos. Antes de continuar es necesario dar una explicación de lo que es la gestión del alcance, gestión de costos, gestión de la calidad, así como también, el asfalto y su composición.

Según el PMBOK (2017), “un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Se dice que el proyecto es temporal ya que todo proyecto tiene un inicio y un final que se logra definir al momento de realizar la planeación de todo proyecto. Todo proyecto debe de tener un objetivo específico que deberá de ser completado al ser concluido, tienen fechas de inicio y de fin, se definen los límites, se presentan los recursos a ser utilizados, ya sean humanos, monetarios, equipos o materiales. La guía de gestión de proyectos

– PMBOK dice “el ciclo de vida de los proyectos consta de cinco procesos”, en los cuales se definen a continuación.

La iniciación, es donde se define el proyecto para ello es necesario desarrollar el acta de constitución del proyecto, que es donde se plasma toda la información referente al proyecto, objetivos, descripción, la necesidad de este y la determinación de la duración del proyecto.

Planeamiento, es en donde los objetivos se concretizan y se hará una planificación de las acciones que con llevaran a ejecutar el proyecto para que tenga éxito. En este proceso es donde se realiza una recolección de información que nos ayuda a la identificación de todos los elementos que estarán involucrados para establecer el plan del proyecto.

La ejecución, es una fase del proyecto en donde hace la integración a los recursos para que se logre llevar a cabo el plan para la gestión del proyecto. Aquí es donde se pone en marcha todo lo que fue planificado haciendo la integración de todas las actividades de una manera bien ordenada para lograr con éxito el objetivo del proyecto.

Seguimiento y control, es la etapa en donde mide y supervisa regularmente el avance, para identificar las variaciones respecto al plan de gestión de proyectos con el único fin de tomar las medidas correctivas en caso de ser necesario.

La última etapa es el cierre del proyecto, que se define como se realiza la entrega del producto o servicio, aquí es donde se hace la formalización de que el producto o servicio ha sido aceptado y terminado a satisfacción por parte del cliente.

De acuerdo con la guía para la gestión de proyectos – PMBOK “la gestión del alcance del proyecto incluye todos los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el

trabajo requerido para que el proyecto tenga éxito” (pág. 129).

El proyecto por presentarse busca realizar una pequeña comparación entre los beneficios que se tendrá al momento de realizar una pavimentación o rehabilitación utilizando asfalto reciclado. Se preguntarán como funciona este proyecto, dicho proyecto consta de reutilizar el asfalto ya desgastado de la siguiente manera: una vez adjudicado cualquier proyecto que consista en pavimentar una carretera con asfalto y esta misma ya este pavimentada con dicho material en vez de botar ese material, se reutilizara para ver si logra cumplir con los estándares de calidad, ver si se logra una disminución de costos y lo más importante hacer una aportación al medio ambiente.

En el proyecto se realizarán una serie de pruebas de laboratorio para lograr resultados en que confirmen en si cumplen con los estándares de calidad de acuerdo con lo establecido por la AASHTO, ASTM. Se determinará el presupuesto para conocer si los costos son más elevados o son menores a lo que cuesta pavimentar o rehabilitar una carretera con asfalto nuevo desechando el asfalto ya desgastado, y por último se realizará un aporte al medio ambiente ya que sin desecharse esa carpeta asfáltica no se estará contaminando el medio ambiente ni utilizando los rellenos sanitarios ya existentes en nuestro país.

En el ámbito de la infraestructura sería un gran aporte para el ambiente, si se lograra comprobar que se puede utilizar este material nuevamente y con un costo menor.

El proyecto consta de varios interesados como ser la Secretaria de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP), Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC), Empresas privadas que realizan este tipo de proyectos para estacionamientos, sótanos etc.

Algunas de las limitaciones que se podrían presentar en el proyecto son: La duración de la carpeta no tendrá la misma vida útil de una carpeta con asfalto nuevo, cada fase del proyecto tendrá

tiempos estimados de inicio y finalización.

Como parte de los patrocinadores que se tendrá para lograr la comprobación de este método de pavimentación y rehabilitación son: Santos & Compañía quien apoyaran con las pruebas de laboratorio, A&V Ingenieros quien ayudara a poner en prueba la utilización de este método una vez se hayan realizado las pruebas de laboratorio, Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) quien donara la carpeta asfáltica, Asfalto y derivados de Honduras (ASDEHSA) también apoyaran con pruebas de laboratorio.

## GESTIÓN DE LA CALIDAD

El plan para la gestión de calidad son todos los procesos para la identificación de los requisitos y estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como documentar cada avance que vaya sucediendo en el proyecto. Su principal ventaja es que demuestra la manera en cómo se gestionara y verificara la calidad que el proyecto va teniendo a lo largo de su ejecución. Para lograr cumplir con una buena gestión de calidad se debe de tener un manual de calidad en donde se puedan aplicar los procedimientos y las instrucciones técnicas que este especifique. La gestión de calidad considera no solo los procesos del proyecto si no también los del producto mismo. Una de las herramientas más importantes en esta gestión se podría decir que es la del Diagrama Causa – Efecto, que a través de este se pueden llegar a identificar las causas de los problemas que estén relacionados a la calidad, y de esta manera tomar decisiones que puedan fortalecer la mejora continua. Entre otras de las herramientas son las listas de verificación y control que confirmen que las labores se hacen con la calidad planeada.

La gestión de calidad del proyecto incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer los objetivos de los interesados. (GUÍA PMBOK, 2017, p. 271)

A continuación, se presenta un breve resumen de cada una de las etapas en la que consiste el proceso de la Gestión de Calidad.

**Tabla 1: Procesos de la Gestión de Calidad**

Procesos de la Gestión de la Calidad	Procesos de la Dirección de Proyectos
Planificación de la Calidad	Planificación
Realizar el aseguramiento de la calidad	Ejecución
Realizar Control de Calidad	Seguimiento y Control

Fuente: Elaboración Propia

Para la coordinación adecuada, es fundamental la comunicación que se genere entre todos los participantes en el proyecto, es decir, la comunicación entre el cliente, los patrocinadores y el equipo del proyecto. Para lograr el cumplimiento de esta función el equipo del proyecto pondrá todas sus facilidades para poder contar con una comunicación eficiente, adecuada y oportuna entre todas las partes.

Según la guía del PMBOK (2017) afirma “planificar la gestión de la calidad es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como documentar como el proyecto demostrara el cumplimiento de estos” (pag.277). Como parte fundamental de la investigación y del análisis de la calidad del asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones se desarrollarán las pruebas de laboratorio necesarias para determinar si la carpeta asfáltica removida cumple con las especificaciones técnicas.

Dichas especificaciones se basan en el manual Centroamericano de Especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales. Según tabla de requerimientos para mezclas de

concreto asfáltico diseñadas por el método Marshall.

**Tabla 2: Requerimientos para mezclas de concreto asfáltico diseñadas por el método Marshall**

Parámetros de diseño	Mezcla Marshall
<u>(a) Marshall (AASHTO T 245)</u> (1) Estabilidad (kN) (2) Flujo (1/100 cm) (3) Vacíos en la mezcla (%) (iii) (4) Vacíos en el agregado mineral (%), mín. (5) Compactación, número de golpes en cada extremo de los especímenes de prueba	8.00 - 20.00 (i) 20-40 3.0 - 5.0 Ver Tabla 401-2 75
<u>(b) Inmersión – Compresión</u> (AASHTO T 165 / AASHTO T 167) (1) Resistencia a la compresión (MPa), mín. (2) Resistencia retenida (%), mín. (3) Vacíos en los especímenes de prueba (%)	2.1 (ii) 75 (ii) 6.0 - 8.0
<u>(c) Tensión indirecta (AASHTO T 283)</u> (1) Resistencia retenida (%), mín. (2) Saturación en los especímenes de prueba (%). (3) Ciclo de congelamiento / descongelamiento. (4) Vacíos en los especímenes de prueba (%)	75 (ii) 55 – 80 Uso a ser definido por el Contratante 6.0 - 8.0
<u>(d) Razón de polvo / asfalto efectivo (iv)</u>	0.6-1.3

Fuente: Manual Centroamericano De Especificaciones Para La Construcción de Carreteras y Puentes Regionales

Con estos parámetros se podrá determinar si el uso del asfalto reciclado cumple con los requerimientos mínimos y así poder ser utilizado en carreteras para pavimentar y rehabilitar. Como parte fundamental de la Gestión de la Calidad es importante realizar un control y monitoreo de las actividades para asegurar que el producto cumpla con las expectativas.

Controlar la calidad es el proceso de monitorear y registrar los resultados de la ejecución

de las actividades de Gestión de Calidad para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y satisfagan las expectativas del cliente. (GUIA PMBOK, 2017, p. 298)

El control de la calidad del proyecto estará a cargo de todo el personal a nivel técnico especializado, es decir, el ingeniero residente a cargo del proyecto es el encargado de supervisar que el procedimiento para realizar el asfalto reciclado sea el adecuado y que el mismo salga con las normas especificadas. Algunas de las normas que se estarán utilizando para la verificación de que la carpeta asfáltica cumpla con los requerimientos son las siguientes:

- ASTM D 6927 (método de prueba estándar para la estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas), norma que indica en qué momento se agrieta o se va a deteriorar la carpeta asfáltica debido a los desplazamiento y deformaciones bajo las cargas del tránsito vehicular, así como la viscosidad que esta debería de tener.
- ASTM D 3203/3203M-17 (método de prueba estándar para ciento de aire huecos compactados de mezclas asfálticas), indica el porcentaje de petróleo o bitumen que esta carpeta necesitara para poder ser reutilizada.
- ASTM D 70: Es el método de prueba estándar para determinar la densidad del aglutinante de asfalto semisólido, es decir, es un método que cubre la determinación de la densidad relativa y la densidad del ligante asfaltico semisólido mediante el uso de un picnómetro. La calidad de esta norma dependerá de la competencia del personal que logra realizarla.
- ASTM C127: determina la densidad, la densidad relativa y absorción de los agregados gruesos. El principal alcance de este ensayo cubre la determinación de

la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso y la absorción de estos.

- ASTM C 128: es un método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa y la absorción de agregados finos. De igual manera se utiliza para determinar la densidad o la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado.

En base a estas normas se debe de realizar pruebas de laboratorio en las cuales determinan la calidad que las carpetas asfálticas removidas tendrán en ese momento.

Además, de la ejecución propia de las actividades, el director de proyectos tendrá la función de supervisar las instalaciones y los procedimientos utilizados, así mismo colaborará con la redacción de informes y otras actividades de inspección del proyecto.

Este proceso del control de la calidad se desarrollará a lo largo de toda la duración del proyecto, con el fin de demostrar que se han cumplido con todas las expectativas y requerimientos de los interesados y/o cliente. Para poder llevarlo a cabo es de gran utilidad el uso de algunas herramientas o técnicas que hacen más eficiente el control de la calidad.

Algunas de las herramientas y/o técnicas son:

- 1) Recopilación de datos mediante hojas y listas de verificación.
- 2) Análisis de datos por medio de revisión de desempeño.
- 3) Pruebas y evaluaciones de productos.
- 4) Representación de datos por medio de diagramas de causa y efecto y control.

## GESTIÓN DE COSTOS

La gestión de costos comprende un conjunto de procesos como ser la estimación de costos, preparación del presupuesto de costos y el control de los costos. En la estimación de los costos es donde se realiza un estimado de los costos de los recursos que serán necesarios para realizar cada una de las actividades que con lleva el proyecto para poder lograr el objetivo. En la preparación del presupuesto de costos es donde se estima una línea base de los costos y en el control de los costos es donde se efectúan los controles de cualquier cambio que se podría necesitar en el presupuesto.

Como parte del desarrollo de la investigación de utilizar asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones, y con la finalidad de conocer si es viable utilizarlo en el país, se desarrollará la gestión de costos donde se especificará que tanto cuesta la implementación de la investigación, así como conocer si es mejor o no, para representar mejora alguna con respecto a presupuesto.

“La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado” (GUÍA PMBOK, 2017, p. 231).

Con el desarrollo de esta gestión, se podrá conocer cuáles son los recursos necesarios para completar la investigación del asfalto reciclado en carreteras. Por ende, será posible elaborar un presupuesto sobre los insumos y actividades requeridas para el proyecto. En dicho presupuesto se dará a conocer los costos que implicaría tomar muestras de asfalto deteriorado de alguna carretera, así como realizarle sus respectivas pruebas de laboratorio. Todo esto implica también uso de logística y personal calificado para la correcta ejecución de las actividades, lo que representara un cálculo de costos.

Como parte fundamental de la gestión de costos, es necesario realizar la estimación de estos. Ya que permite conocer una aproximación de lo que cuesta el recurso necesario para llevar a cabo las actividades del proyecto.

Una estimación de costos consiste en una evaluación cuantitativa de los costos probables de los recursos necesarios para completar la actividad. Es una predicción basada sobre la información disponible en un momento determinado. Las estimaciones de costos incluyen la identificación y consideración de diversas alternativas de cálculo de costos para iniciar y completar el proyecto. Para lograr un costo óptimo para el proyecto, se debería tener en cuenta el balance entre costos y riesgos, tal como hacer versus comprar, comprar versus alquilar y el uso de recursos compartidos. (GUÍA PMBOK, 2017, p. 241)

Una vez se tenga una estimación de los costos necesarios para el desarrollo del proyecto de la utilización del asfalto reciclado en pavimentación y rehabilitación de carreteras, se procede a realizar toda la sumatoria de los investigado y análisis de datos, lo que representará la definición final del presupuesto.

El presupuesto de un proyecto contempla todos los fondos autorizados para ejecutar el proyecto. La línea base de costos es la versión aprobada del presupuesto del proyecto en sus diferentes fases temporales, que incluye las reservas para contingencias, pero no incluye las reservas de gestión. (GUÍA PMBOK, 2017, p. 248)

En caso de que el proyecto se ejecute será fundamental desarrollar el proceso de controlar los costos para verificar los desembolsos que se vayan realizando y los cambios que se ha generado a mediada el proyecto va avanzando, lo cual involucra una actualización en el presupuesto, ya sea positiva o negativa. Según la guía del PMBOK (2017), controlar los costos es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del proyecto y gestionar cambios a la línea base de costos” (pág. 257).

Para que este proceso de control de costos sea eficaz y exitosos es imprescindible, que la

gestión de la línea base de costos sea aprobada.

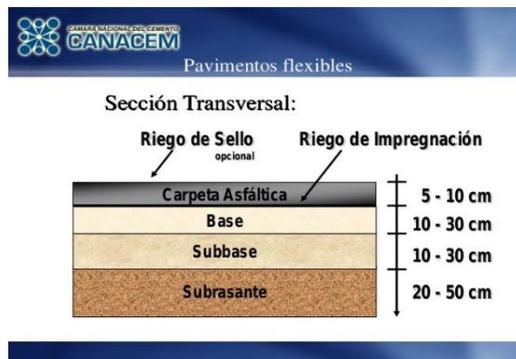
Definidas las metodologías a desarrollarse en las investigaciones basadas en el PMBOK, se procede a definir el asfalto y su composición.

Según *American Society for testing and materials (ASTM)*, define el asfalto como un material ligante de color marrón oscuro a negro, constituido por betunes ya sean naturales o por refinación del petróleo.

Según Rodríguez y Rodríguez denominan:

El pavimento asfáltico también conocido como el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego debajo de la carpeta, se encuentran las cargas originadas por el tránsito. Finalmente, está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años. (2009, pag.12)

Cabe mencionar que la carpeta asfáltica está constituida por una capa bituminosa que se encuentra apoyada sobre la base y la subbase de una manera que debido a su constitución el pavimento posee la capacidad de deformarse con la finalidad de evitar que su estructura falle.



**Figura 2: Sección Transversal Pavimento Flexible**

Fuente: Cámara Nacional del Cemento (CANACEM)

Básicamente el asfalto se encuentra compuesto por hidrocarburos. Sus propiedades físicas son de mayor durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento. El betún es una sustancia ligante (sólida, semisólida o viscosa) que está compuesta por hidrocarburos de alto peso molecular, como los asfaltos, alquitranes y breas. Este material en combinación con agregados y material fino componen una carpeta asfáltica.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO	
ELEMENTO	PORCENTAJE (%)
Carbono	70-85
Hidrógeno	7-12
Azufre	1-7
Oxígeno	0.5
Nitrógeno	0-1

**Figura 3: Composición química del asfalto**

Fuente: Civil Geeks Ingeniería y Construcción

Según Sánchez define:

El reciclado de los pavimentos es una técnica de la construcción de vías, que consiste en un tratamiento que se le realiza a un pavimento existente o deteriorado, el cual puede emplearse como refuerzo estructural o carpeta de rodadura, este procedimiento se caracteriza por tener bajos costos constructivos.

Por lo tanto, un método alternativo para la construcción y rehabilitación de pavimentos es el reciclaje de este, es decir utilizar todos sus materiales originales, con este método se logra disminuir los costos de estos.

Rodríguez y Rodríguez (2006) definen que “el reciclado es una nueva técnica de rehabilitación de pavimentos, que consiste en la reutilización de materiales en servicio, los que han perdido en gran parte sus propiedades iniciales y cuyas características se desean mejorar” (pág. 38).

De esta manera se puede observar que se obtiene una nueva y cualificada alternativa para ser aplicada en cuanto al tratamiento de la restauración de pavimentos y se podrían presentar con resultados óptimos.

Sánchez explica que el reciclado de pavimentos flexibles los divide en tres tipos como ser: el reciclaje superficial, que es el consiste en la rehabilitación mediante el retratamiento de la superficie del pavimento en bajos espesores generalmente no mayores a los 2.5 centímetros. El reciclaje en el lugar (in situ) es el que se utiliza la reutilización y disgregación de las carpetas asfálticas y en ocasiones parte de la base granular en un pavimento flexible ya existente. Y el reciclaje en planta que es el proceso en cual los materiales que ya han sido recuperados de la carpeta asfáltica ya existente son transportados y mezclados en una planta central para la obtención de una nueva carpeta asfáltica en caliente.

## **ESTUDIO DEL ASFALTO PARA SER RECICLADO**

El objeto de estudio son todos aquellos componentes que formar parte para la elaboración y producción de asfalto y en todos los factores que pueden influir en la producción de este.

En términos generales el objeto de estudio está representado por el asfalto que ya se encuentra colocado en las carreteras y ver la manera en cómo se logra desintegrar todos los componentes como ser el agregado grueso, fino, arena y petróleo, esto por medio de emulsiones asfálticas.

El interés es conocer lo que las empresas opinan sobre este nuevo método que se quiere tratar de implementar, para ello nos acercamos a la mayoría de las empresas constructoras dedicadas a las pavimentaciones y rehabilitaciones con concreto asfáltico para que así ellos puedan brindar un aporte importante que se podría utilizar para el estudio. En el estudio esta práctica se

focaliza en la construcción y rehabilitaciones de carreteras en el Distrito Central.

Se entiende como asfalto a toda aquella sustancia que consta de la mayor parte de los petróleos. Según American Society for testing and material (ASTM) “define el asfalto como un material ligante de color marrón oscuro o negro, constituido, principalmente, por betunes que pueden ser naturales u obtenido por refinación del petróleo”.

El asfalto es un material impermeabilizante y que no es afectado por los ácidos, las bases o las sales. En otras palabras, es un material el cual es impermeable y muy resistente a muchos tipos de daños químicos que pudiera haber en las carreteras.

A lo largo de la investigación se realizó una descripción general de las metodologías a desarrollarse las cuales son el sustento teórico de todo lo que se realizara a lo largo del proyecto. Así mismo, se realizó una descripción del asfalto, sus componentes y su utilización en las carpetas asfálticas, por ende, en las pavimentaciones y rehabilitaciones de carreteras.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Este capítulo presenta la manera en que se llevara a cabo la investigación, como ser el tipo de investigación y su enfoque; de igual manera se determinara la población a ser estudiada y las técnicas y herramientas a ser utilizadas. Así mismo, se determinará el tamaño de la muestra, con el único fin de lograr obtener datos estadísticos que sean relevantes y significativos para lograr una investigación exitosa.

### 3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es la manera en cómo los investigadores se aproximan a lograr los objetivos planteados, en otras palabras, es la perspectiva desde la que se desarrollara la investigación y que puede variar según el modelo o proceso. Los cuales pueden ser:

Enfoque cuantitativo es un método que va desde lo general hasta lo específico, utiliza sistemas como la recolección de datos y análisis de estos para lograr contestar las preguntas de investigación y probar la hipótesis que han sido establecidas anteriormente.

Enfoque cualitativo es un método que realiza una descripción de las cualidades del objeto a ser analizado o investigado.

Enfoque mixto es un método en el cual hace una combinación del enfoque cualitativo y cuantitativo.

En el caso de la investigación sobre el asfalto reciclado para carreteras, el modelo de enfoque será mixto, ya que constará de la integración del enfoque cualitativo y cuantitativo. Por un lado, presenta un enfoque cualitativo porque este proyecto, en primera instancia, se utilizará para descubrir preguntas de investigación en lo referente a la situación de la reutilización del

asfalto para las pavimentaciones y rehabilitaciones en las carreteras del Distrito Central, así de esta manera se podrá determinar qué tan útil sería realizar la construcción de pavimentaciones con esta metodología, también se podrá ver que tanto reducirá el costo de las mismas y así poder realizar más pavimentaciones a nivel del municipio. Por otra parte, se presenta un enfoque cuantitativo ya que la investigación se basará en la recolección de datos a nivel de la población determinada y a nivel de campo (muestras de carpeta asfáltica).

### 3.2 VARIABLES

Parte fundamental de cualquier investigación es la definición de sus respectivas variables para conocer los que se busca cambiar o investigar y de que de alguna manera será medido. Un correcto entendimiento de estas variables hará que la investigación sea más fácil de desarrollar. Se le llama variable porque el aspecto asignado estará sujeto a un cambio o una variación, de ahí el término “variable”.

Tamayo dice “El termino variable, en su significado más general, se utiliza para designar cualquier característica de la realidad que pueda ser determinada por observación y que pueda mostrar diferentes valores de una unidad de observación a otra” (pag.163)

Existe una variedad de variables, pero las más comunes que se utilizan generalmente para el desarrollo de una investigación son las independientes y las dependientes.

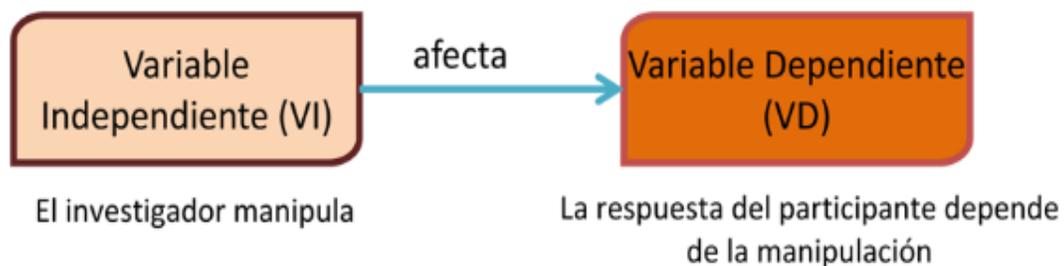
Una variable independiente es la que su valor no depende de otra variable y prácticamente es la causa de la investigación. Esta variable puede ser manipulada por el investigador.

“Es aquella característica o propiedad que se supone ser la causa del fenómeno estudiado. En investigación experimental se llama así, a la variable que el investigador manipula. Que son manipuladas experimentalmente por un investigador” (Metodologia de la Investigacion, 2010).

Una variable se dice que es dependiente cuando depende estrictamente de otra variable. Estas son las que se miden y son el resultado de la investigación a desarrollar.

Propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente” (Metodología de la Investigación, 2010).

El número de variables a utilizar en la investigación dependerá de la magnitud o complejidad de esta.



**Figura 4: Asociación de variables**

Fuente: The Office Research Integrity

Para efectos de la presente investigación del análisis de asfalto reciclado en carreteras las variables definidas serán:

1. Dependiente: Realizar el análisis de viabilidad para la implementación del asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones.
2. Independiente:
  - 2.1 Verificar la calidad del asfalto reciclado en los pavimentos y rehabilitaciones.
  - 2.2 Estimar el costo de la implementación del asfalto reciclado.
  - 2.3 Identificar el aporte a la disminución de la contaminación.

A continuación, se presenta la matriz donde se especifican las variables y sus respectivas mediciones.

**Tabla 3: Matriz**

NOMBRE	OBJETIVO GENERAL	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	VARIABLE INDEPENDIENTE X	NIVEL DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	NIVEL DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE
ANÁLISIS DE LA CALIDAD Y EVALUACIÓN DE COSTOS EN PAVIMENTOS Y REHABILITACIONES CON ASFALTO RECICLADO	Determinar la viabilidad de utilizar el asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones	¿Existe evidencia para demostrar la diferencia entre la calidad del asfalto reciclado y asfalto nuevo?	Verificar la calidad del asfalto reciclado en las pavimentaciones y rehabilitaciones	Razón	Determinar la viabilidad de utilizar el asfalto reciclado en pavimentaciones y rehabilitaciones	Razón
			Definir la reducción y estimar los costos al implementar el asfalto reciclado	Razón		
			Identificar el beneficio ambiental al utilizar el asfalto reciclado	Razón		

Fuente: Elaboración Propia

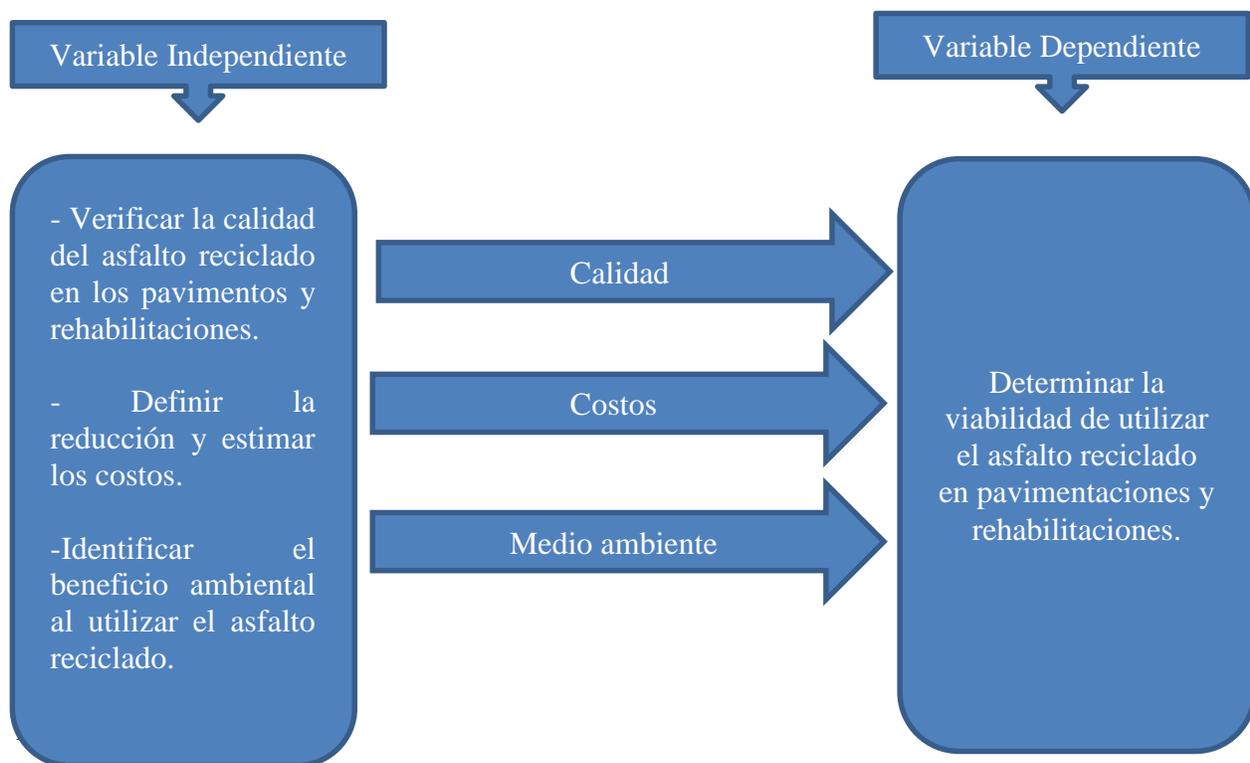
**Tabla 4: Matriz**

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>CONCLUSIONES ADMINISTRATIVAS</b>	<b>CONCLUSIÓN GENERAL</b>
Definir la reducción y estimar los costos en las pavimentaciones y rehabilitación de carreteras.	¿Representa un ahorro en costos la implementación del asfalto reciclado?	Teorías o estudios que muestran la incidencia del asfalto reciclado en carreteras	Si hay reducción de costos	Es viables utilizar asfalto reciclado en carreteras
Identificar el beneficio ambiental al utilizar el asfalto reciclado	¿Realmente reduce la contaminación ambiental el reciclar el asfalto para el mantenimiento y construcción de carreteras?		Si hay reducción en el medio ambiente	
Verificar la calidad del asfalto reciclado en los pavimentos y rehabilitaciones.	¿La carpeta asfáltica conserva sus propiedades luego de cumplir su vida útil?		El asfalto reciclado conserva propiedades técnicas que cumple con los parámetros	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 DIAGRAMA SAGITAL

Un diagrama sagital es un gráfico utilizados para representar la relación de los elementos que contienen un conjunto de salida y una de llegada. A continuación, se presenta el diagrama sagital para la presente investigación de asfalto reciclado para construcción y rehabilitación de carreteras.



**Figura 5: Diagrama Sagital**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

En esta sección se hace referencia a los siguientes aspectos: un estudio del material a ser reciclado y analizar su calidad del mismo, también se hace referencia a la aplicación del asfalto reciclado por medio de la utilización de un enfoque mixto, con el objetivo de clarificar la calidad de un material bastante usado en la industria de la infraestructura y ver si este método de reciclaje funciona de la misma manera en la que lo hace un asfalto nuevo con la diferencia de que sea menos costosa y más fácil de emplear esta carpeta asfáltica en las carreteras.

El enfoque de la investigación como se mencionó anteriormente es un enfoque mixto en el cual se aplicarán encuestas para conocer la opinión de los ingenieros que se dedican a la construcción, rehabilitación y pavimentación de carreteras, simultáneamente se estarán realizando pruebas de laboratorio para determinar la calidad de un material que ya está desgastado o que ya haya llegado a su vida útil, con el objetivo de determinar si cumplen con los parámetros mínimos establecidos por las diferentes normas ASTM, como ser la D6927, D3203/D3203M-17, D70, C127, C128 y la D854.

### 3.5 POBLACIÓN

La población que existe dentro de una investigación son todos aquellos individuos que poseen características similares y relacionadas con temas que son de interés para poder ser analizados y así obtener o recolectar información mediante instrumentos.

Generalmente para todo tipo de investigaciones, el universo poblacional es demasiado grande por lo que resultaría casi imposible poder tener acceso a ellos para recolectar información, es ahí donde se decide que solo se tomara una muestra. Dicha muestra será reducida y siempre se

procurará que posean las mismas características que vayan acorde a la investigación.

La población determinada para la investigación estará enfocada a todas aquellas empresas que se dedican a la construcción y rehabilitación de carreteras con pavimentos flexibles en la zona del Distrito Central. Se determinó analizar esta población ya que es un estudio para lograr ver si dará resultado la implementación de este método de pavimentación, con el objetivo de reducir la contaminación ambiental y la reducción de los costos de las carreteras, siempre con una calidad que cumpla con las especificaciones requeridas.

Para nuestra población se realizó una pequeña investigación y con el apoyo de la Secretaria de Infraestructura y Servicio Públicos y el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras, se logró llegar a un censo de 129 empresas que se encuentran inscritas y precalificadas para poder realizar trabajos con pavimentos flexibles.

### 3.6 MÉTODO DEL MUESTREO

Como parte de la recolección de datos de parte de las empresas constructoras que serán consultadas es necesario realizar un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que se seleccionaran 20 empresas o contratistas. Se decidió utilizar esta técnica ya que se puede obtener información de manera accesible y no debido a un criterio estadístico, además que permite trabajar con la muestra de manera eficiente. Sin embargo, representa un pequeño riesgo de no poder realizar afirmaciones generales sobre la población determinada. En esta técnica también resulta complejo determinar un margen de error ya que se desconocen con precisión las características de la población.

El muestreo de o por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilístico donde los

sujetos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

Para poder tener acceso a estas empresas, será necesario abocarse a la Dirección General de Carreteras de la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP) para que permita obtener la cartera de empresas que pueden ser consultadas, así mismo, se puede consultar en el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras con el mismo fin, u otra entidad que maneje y este en la disposición de compartir información acerca de las compañías.

La cantidad de empresas precalificadas o contratistas individuales en la Dirección General de Carreteras de INSEP es de 129 de la cuales se seleccionarán 20 para poder aplicar la técnica de recolección de datos determinada.

### 3.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Que sería de la investigación sin el método científico. Son tantos los avances que se han logrado a lo largo de la historia gracias a la interacción de estas dos partes que se ha vuelto fundamental en el desarrollo de varias formas de investigar.

La investigación comprende todas las acciones necesarias para el descubrimiento de algo nuevo o la solución de alguna problemática. Así mismo, tratar de explicar algún suceso que carece de claridad.

La investigación y el método científico van de la mano ya que tiene que plantearse de manera sistemática, con objetivos claros y bien definidos, así como también su forma de comprobación o cumplimiento. Además, en toda investigación se deben plantear variables ya sean dependientes o independientes y tener definido desde que perspectiva se va a desarrollar la

investigación.

El diseño de la investigación es la estrategia que se adoptara para poder llevar a cabo la investigación. En esta sección se presentan los diferentes aspectos que podrían estar vinculados en cuanto al diseño de la investigación. De esta manera se exponen los métodos de investigación que serán utilizados a lo largo del proyecto, así como también, las diferentes técnicas y herramientas a ser utilizados, su estudio, relevancia y justificación de la utilización. Se describen adecuadamente las características de estos métodos y técnicas. Así mismo se hará una breve descripción de los contextos en los cuales se ha desarrollado el estudio, que incluye una caracterización de la muestra que tuvieron participación tanto en el método cuantitativo como cualitativo.

Para el análisis de asfalto reciclado en pavimentación y rehabilitación de carreteras será una investigación descriptiva; ya que se establecerá lo más detallado posible todo lo necesario para llevar a cabo la investigación y cuáles serán las metodologías aplicadas para alcanzar los objetivos planteados. Será descriptiva porque se determinarán las características de la muestra de carpeta asfáltica recolectada y las características del asfalto reciclado en combinación con una nueva emulsión según sean los porcentajes determinados, o si en definitiva no cumple con los requerimientos mínimos y dar la opción que se pueda usar como una subbase.

### 3.8 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

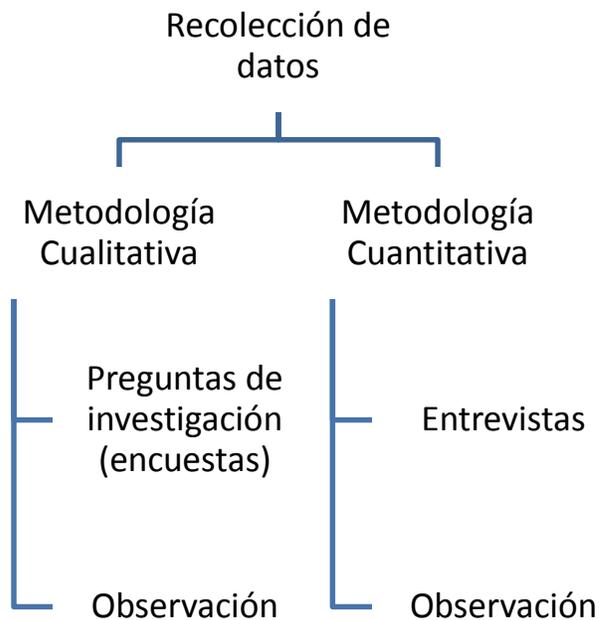
El diseño de la investigación combina varias técnicas en la recolección de datos que son derivados de las metodologías tanto cualitativas como cuantitativas, en esta combinación de técnicas y estrategias de las dos aproximaciones se convierte en una sola estrategia y metodología, la metodología mixta que es la utilizada en la presente investigación.

Las técnicas son la manera en la que se recolectaran los datos para luego ser procesados y ser parte de la información con la que se cuenta. También están los instrumentos o herramientas que son de gran utilidad para la recolección de datos en la estrategia que se decida implementar.

El instrumento que se utilizará en la investigación del análisis del asfalto reciclado serán la encuesta y la entrevista, ya que se buscará conocer la opinión de las empresas constructoras o de servicios de consultoría, acerca de la implementación del nuevo sistema de pavimentación y rehabilitación que les permitirá reducir los costos y se cumplirá con las especificaciones requeridas para una superficie de rodadura de buena calidad.

A continuación, se muestra un esquema de todas las técnicas y herramientas utilizadas en la investigación.

**Figura 6: Resumen de Recolección de Datos**



Fuente: Elaboración Propia

Las encuestas permiten obtener información de primera mano acerca de las especificaciones de la investigación. Los datos serán registrados y tabulados para obtener una tendencia en cuanto a las respuestas y observaciones de las empresas consultadas.

La entrevista no es más que una consulta verbal y el éxito de este instrumento depende del mediador. Por otra parte, la técnica de la observación será útil para las pruebas de laboratorio que serán aplicadas a las muestras de carpeta asfáltica recolectadas.

Anteriormente se planteó el enfoque y la metodología que se desarrollara en la investigación, también se determinó cual sería la población y el método de muestreo que involucra nuestra investigación. Así mismo, se plantearon todas las variables dependientes e independientes que estarán involucradas en la investigación como también se presentó la estrategia a implementarse como parte del diseño de la investigación.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS

En la actualidad, las carreteras son utilizadas para el tránsito de vehículos, las cuales pueden ser construidas por pavimentos rígidos o flexibles. Debido a las grandes cargas que estas carreteras tienen se utiliza el asfalto o el concreto hidráulico, como una manera de realizar un aporte a la disminución de la contaminación ambiental, se está proponiendo reutilizar el asfalto, ya que la mayor parte de las carreteras son construidas con este material.

El objetivo principal es realizar una evaluación del asfalto que será removido por que ya ha cumplido con su vida útil y comprobar que al momento de reutilizarlo este tendrá una calidad que es aceptada por las normas ASTM.

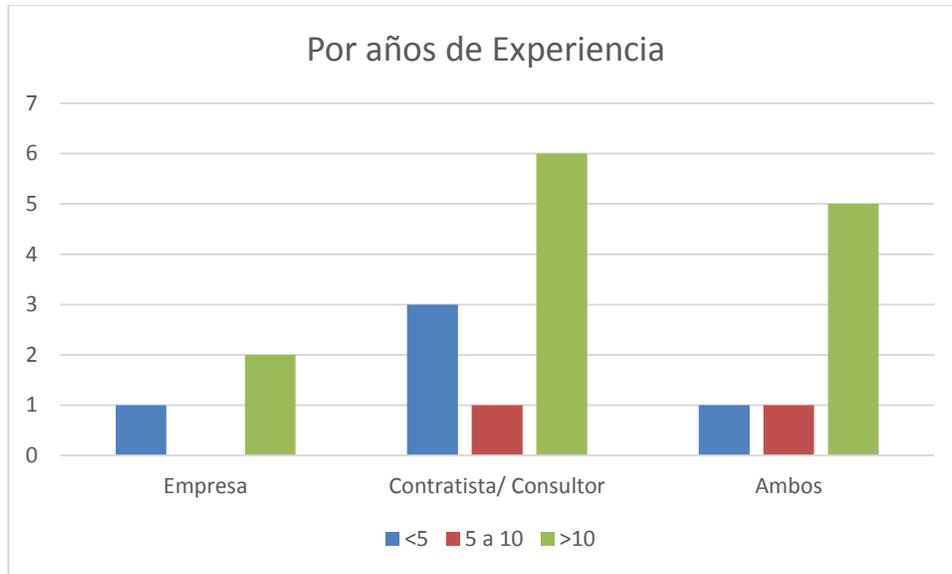
En la etapa de resultados, se tomó una muestra de 20 empresas y/o contratistas individuales, para aplicarles la encuesta y conocer su opinión sobre la reutilización del asfalto reciclado en carreteras, ya sea para pavimentar o rehabilitar. Lo resultados fueron los siguientes:

De todos los encuestados el 65% tienen más de 10 años de experiencia mientras que el 10% se encuentran entre 5 a 10 años de experiencia y el 25% de los encuestados tiene menos de 5 años de experiencia.

**Tabla 5: Años de Experiencia**

Años de experiencia			
	Empresa	Contratista/ Consultor	Ambos
<5	1	3	1
5 a 10	0	1	1
>10	2	6	5

Fuente: Elaboración Propia



**Gráficos 1: Por años de experiencia**

Fuente: Elaboración Propia

Una vez conociendo la experiencia de cada uno de los encuestados se analizará los aspectos importantes que llevaran a que este proyecto sea exitoso, es decir, si el proyecto propuesto cumplirá con los objetivos propuestos al inicio de la investigación.

Uno de los aspectos más importantes de la investigación es la incógnita sobre la calidad que podría presentar las muestras de carpeta asfáltica removida para ser evaluadas en laboratorio mediante un ensayo Marshall. Es por ello por lo que se les consultó a las empresas sobre este aspecto, obteniendo el siguiente resultado:

El 85% de los encuestados considera que el asfalto reciclado cumplirá con las especificaciones requeridas para una vía de comunicación. Después de ser analizadas y evaluadas en un laboratorio. Sin embargo, cada ingeniero consultado tomo en cuenta un criterio propio y no igual que los demás. Un ejemplo de ello: en una encuesta, un consultado expreso su interés por los agregados que podría poseer la carpeta asfáltica, por otra parte, se hicieron observaciones sobre

las propiedades del asfalto. Dichas diferencias entre criterios no dieron lugar a un rechazo sobre la calidad del asfalto reciclado para carreteras.



**Gráficos 2: Analizando la Calidad**

Fuente: Elaboración Propia

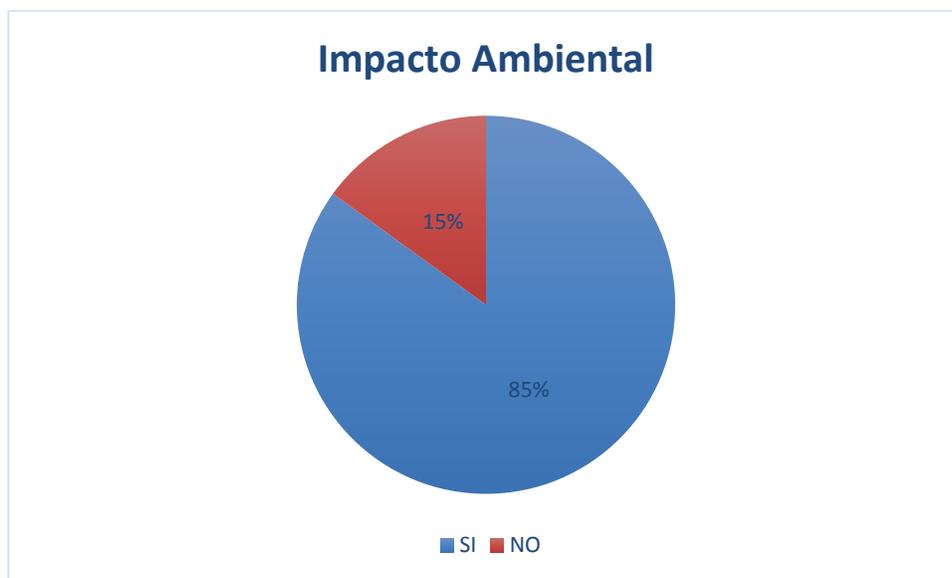
Además de la calidad, el segundo aspecto importante de la investigación es la parte económica, para conocer si realmente el utilizar esta técnica representaría una disminución en los costos de los proyectos. Por lo que fue parte de la consulta, obteniendo los siguientes resultados.

El 100% de los encuestados consideran que al utilizar esta técnica de reutilización de asfalto disminuirá con los costos de pavimentaciones y rehabilitaciones de carreteras. Consideran que utilizar la carpeta asfáltica ya existente evita que se compre una nueva y su respectivo acarreo, por ende, se ahorrarían costos en la ejecución.

Otro aspecto importante que se está tomando en consideración es el tema de medio ambiente el cual no se podría dejar por fuera ya que hoy en día es un tema que considerar para

cualquier proyecto a ser ejecutado. Es por ello por lo que el tercer aspecto importante de la investigación está ligado directamente con la contaminación de los residuos carreteros. Se le consultó a la muestra de la población si el utilizar esta técnica de asfalto reciclado representaría una disminución en la contaminación. Además, gran porcentaje de los encuestados toman en cuenta y se preocupan por el impacto ambiental que los proyectos podrían provocar. Los resultados fueron los siguientes:

El 85% de los encuestados consideran el impacto ambiental al momento de realizar cualquier proyecto de carreteras mientras que el 15% no lo considera.

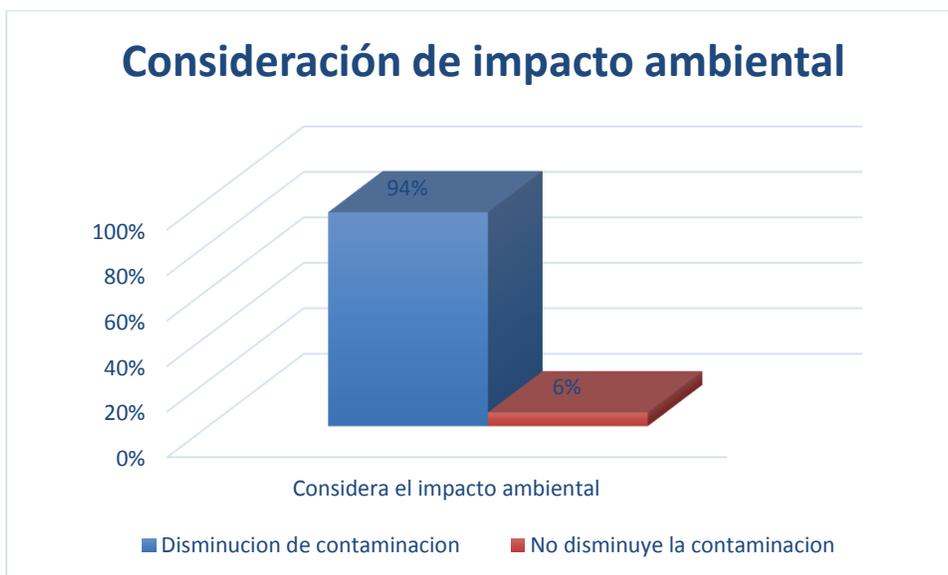


**Gráficos 3: Impacto Ambiental**

Fuente: Elaboración Propia

El 90% de los encuestados consideran que la utilización de asfalto reciclado disminuye la contaminación ambiental y el 10% dijeron que no.

De los que si consideran el impacto ambiental 94% considera que la utilización del asfalto reciclado disminuirá la contaminación.



**Gráficos 4: Disminución de la contaminación ambiental**

Fuente: Elaboración Propia

Analizando los resultados anteriores, y tomando en cuenta el lugar donde los encuestados desechan sus residuos, se puede identificar que el hecho de reutilizar la carpeta asfáltica y no desecharla ya es una disminución en la contaminación, tomando en cuenta todos los componentes químicos que contiene el asfalto y que con el cambio de temperatura podría afectar el ambiente.

Según los encuestados, de confirmarse la viabilidad de la reutilización de las carpetas asfálticas, el 100% considerarían utilizar o implementar esta técnica para sus proyectos de carreteras. Lo que indica una excelente aceptación por parte de las empresas o comerciantes individuales, y le otorga una gran validación la investigación.

Continuando con los análisis se tomaron muestras a dos carpetas asfálticas que fueron

removidas en San Pedro Sula, Cortes. Y como parte del análisis técnico, se realizó un ensayo Marshall en el cual se analizan la estabilidad y el análisis granulométrico de las muestras de las carpetas asfálticas, los resultados de las pruebas de laboratorio para la primera muestra son los siguientes:

**Tabla 6: Resultados primera muestra**

<b>RESULTADOS</b>					
<b>Resultados Finales</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>	<b>Especificaciones</b>
Porcentaje de asfalto en la mezcla				5.1	4-11
Vacíos llenos de aire				8.03	3-5
Estabilidad corregida	6661	6259	7216	6712	>1800
Escurrimiento o flujo	13	10	12	12	8-14

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se puede observar que la mayoría de los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio son aceptables en función a los parámetros, ya que, se encuentran dentro del rango establecido.

El porcentaje de asfalto en la mezcla se encuentran dentro de lo establecido sin embargo este se acerca al límite inferior, debido al cumplimiento de su vida útil y el uso frecuente de esta vía de comunicación en el cual se ha generado un deterioro en la carpeta.

El parámetro que presenta mayor inconveniente es el porcentaje de aire en la carpeta, ya que sobrepasa el parámetro establecido, debido a la reducción del porcentaje de asfalto en la mezcla, producto del cumplimiento de su vida útil, como se ha mencionado anteriormente. Una vez que se disminuye el porcentaje de asfalto en la carpeta esto genera un aumento en los vacíos llenos de aire.

Uno de los parámetros más importantes que se analizó fue el de la estabilidad. El cual resulto muy favorable ya que cumple con el parámetro establecido de manera significativa, lo que indica que la carpeta posee la capacidad de resistir desplazamiento y deformaciones por las cargas de circulación de los vehículos.

Por último, el parámetro de escurrimiento o flujo se encuentra dentro del rango lo que indica que la carpeta no tendría inconvenientes en cuanto a la plasticidad, sin embargo, debido a su vida útil esta podría estar próxima a sobrepasar este rango.

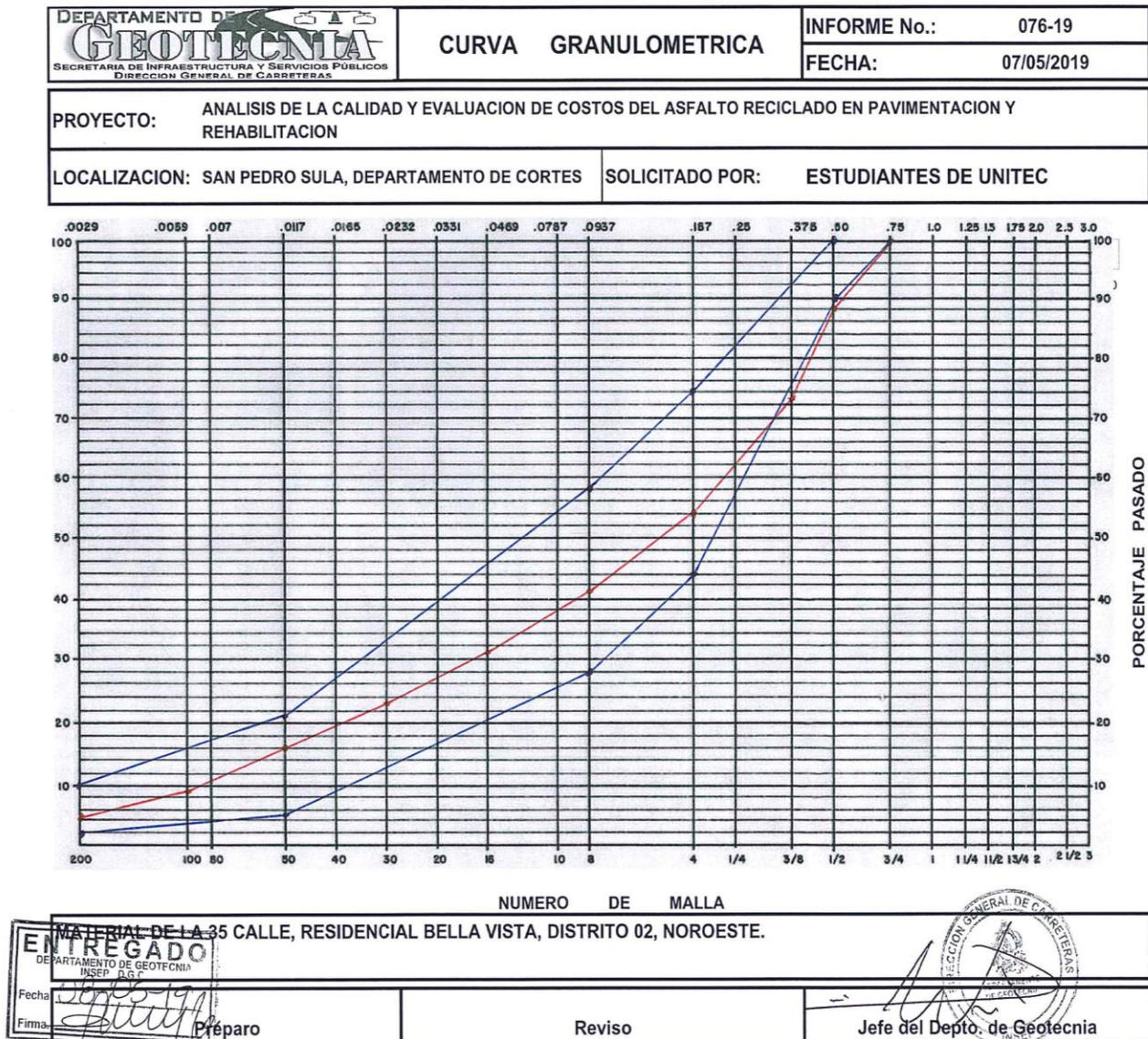
A continuación, se presenta el análisis granulométrico.

**Tabla 7: análisis granulométrico primera muestra**

Análisis Granulométricos de los agregados de Asfalto											
Muestra tomada en la 35 calle Residencial Bella Vista Distrito 02 Noroeste San Pedro Sula											
Tamiz	1	3/4	1/2	3/8	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200
% Paso		100	88	73	54	41	31	23	16	9	4

Fuente: Elaboración Propia

Con los análisis granulométricos de los agregados se genera la siguiente curva:



**Figura 7: Curva Granulométrica**

Fuente: Extendida por el laboratorio de INSEP

Como se puede observar el comportamiento de los agregados luego de su respectivo análisis, el comportamiento de la curva generalmente se encuentra dentro de los parámetros, sin embargo, en los tamices en los cuales el porcentaje de paso de los agregados fue mayor, la curva

sobrepasa un poco los límites establecidos, esto se debe al cumplimiento de su vida útil. Como se puede observar en el comportamiento de la curva granulométrica.

Continuando con el análisis se presentan los resultados de la segunda muestra de carpeta asfáltica.

**Tabla 8: Resultados segunda muestra**

<b>RESULTADOS</b>					
<b>Resultados Finales</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>	<b>Especificaciones</b>
Porcentaje de asfalto en la mezcla				5.3	4-11
Vacíos llenos de aire				7.30	3-5
Estabilidad corregida	5237	5455	4777	5156	>1800
Escurrecimiento o flujo	13	12	13	13	8-14

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se puede observar que la mayoría de los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio son aceptables en función a los parámetros, ya que, se encuentran dentro del rango establecido.

Al igual que en la primera muestra, el porcentaje de asfalto en la mezcla se encuentran dentro de lo establecido sin embargo este se acerca al límite inferior, debido al cumplimiento de su vida útil y el uso frecuente de esta vía de comunicación en el cual se ha generado un deterioro en la carpeta.

De igual manera que en la primera muestra, el parámetro que presenta mayor inconveniente es el porcentaje de aire en la carpeta, ya que sobrepasa el parámetro establecido, debido a la reducción del porcentaje de asfalto en la mezcla, producto del cumplimiento de su vida útil, como se ha mencionado anteriormente. Una vez que se disminuye el porcentaje de asfalto en la carpeta

esto genera un aumento en los vacíos llenos de aire.

Analizando el parámetro de la estabilidad para esta muestra, el resultado fue favorable ya que cumple con el parámetro establecido de manera significativa, lo que indica que la carpeta posee la capacidad de resistir desplazamiento y deformaciones por las cargas de circulación de los vehículos.

Por último, el parámetro de escurrimiento o flujo se encuentra dentro del rango lo que indica que la carpeta no tendría inconvenientes en cuanto a la plasticidad, sin embargo, debido a su vida útil esta podría estar próxima a sobrepasar este rango. Resultando similar al de la primera muestra.

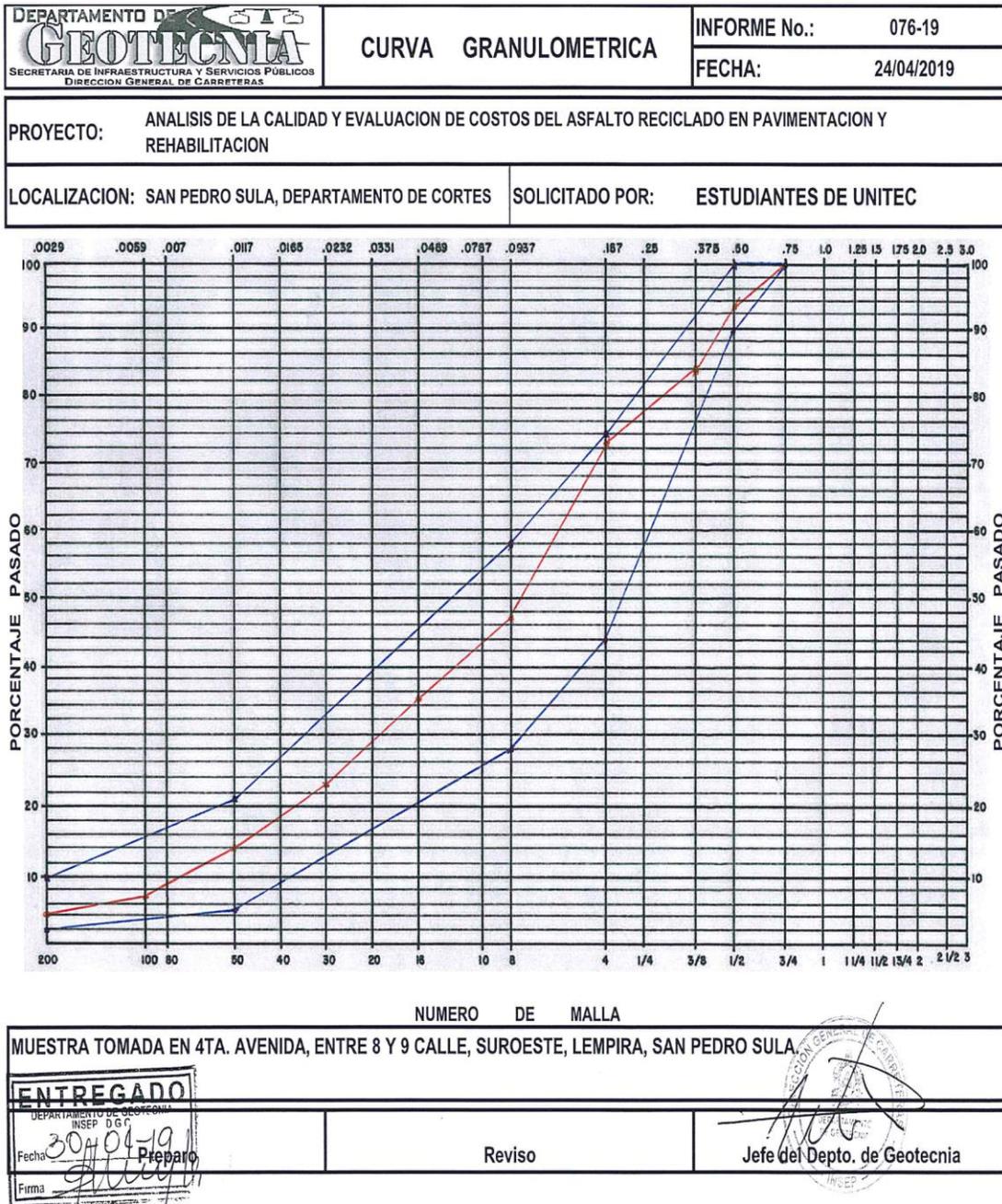
A continuación, se presenta el análisis granulométrico.

**Tabla 9: Análisis granulométrico segunda muestra**

<b>Análisis Granulométricos de los agregados de Asfalto</b>											
<b>Muestra tomada en la 4ta avenida entre 8 y 9 calle Suroeste, Lempira San Pedro Sula</b>											
Tamiz	1	3/4	1/2	3/8	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200
% Paso		100	93	84	73	47	35	23	14	7	4

Fuente: Extendida por el laboratorio de INSEP

Con el análisis granulométrico se genera la siguiente gráfica:



**Figura 8: curva granulométrica segunda muestra**

Fuente: Extendida por el laboratorio de INSEP

Analizando la gráfica anterior se puede observar que la carpeta cumple con los requerimientos establecidos por ASTM en cuanto al análisis granulométrico, es decir la calidad de los agregados de esta carpeta es buena y podría reutilizarse para las pavimentaciones o rehabilitaciones.

Para fortalecer la identificación de los beneficios ambientales que conlleva la aplicación de la técnica del reciclaje de carpeta asfáltica en carreteras se analiza mediante una de las herramientas de evaluación de la calidad como lo es una hoja de verificación o check list.

Las hojas de verificación o también conocidos como check list son un impreso con formato de tabla que se encuentran destinado a registrar y hacer una compilación de datos mediante un método sencillo y sistemático como ser la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. En estas hojas de verificación se reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos, este método se utiliza más que todo para tener una mejora continua para la calidad.

Para efectos de uno de los objetivos específicos de la investigación y poder elaborar una lista de verificación se deben de tomar en cuenta varios aspectos ambientales como ser: los movimientos de tierras o residuos, el ruido, la integración paisajista y prevención de procesos erosivos, protección del sistema hidrológico, protección del patrimonio y los pasos de fauna. Estos factores se verán impactados por la implementación de la técnica del reciclado de carpeta asfáltica.

**Tabla 10: Beneficios Ambientales**

	<b>Beneficio Ambiental</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>1</b>	Reducción de Residuos	✓	
<b>2</b>	Manejo de escombros, material reutilizable, material reciclable y basura.	✓	
<b>3</b>	Reducción de Emisiones Atmosféricas	✓	
<b>4</b>	Preservación de Recursos hídricos	✓	
<b>5</b>	Preservación de Recursos Naturales	✓	
<b>6</b>	Protección de Derecho de Vía	✓	
<b>7</b>	Ahorro de Petróleo	✓	
<b>8</b>	Disminución de Contaminación	✓	

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la hoja de verificación, son varios beneficios ambientales que se identifican al implementar la técnica del asfalto reciclado en carreteras.

Con la presentación de los resultados se determina, que la calidad de la carpeta asfáltica removida (la cual fue analizada por medio de pruebas de laboratorio), cumple con los parámetros establecidos por el ensayo Marshall. Así mismo, se identifica que existe una disminución en la contaminación del medio ambiente, basándose en las encuestas aplicadas a las empresas y/o - contratistas individuales, así como también el análisis generado por la hoja de verificación con la identificación de algunos beneficios ambientales.

#### **4.2 APLICABILIDAD: ALTERNATIVA PARA EL USO DEL ASFALTO RECICLADO MEDIANTE EL MÉTODO DE CALENTAMIENTO EN SITIO PARA LAS PAVIMENTACIONES Y REHABILITACIONES (BACHEO) DE CARRETERAS.**

Después de haber realizado la fase experimental y técnica, analizada en los capítulos anteriores, quedo demostrado que la carpeta asfáltica removida, que ya han cumplido con su vida útil es apta para ser utilizados nuevamente como carpeta asfáltica agregándole un porcentaje de petróleo o bitumen para lograr cubrir con el porcentaje de aire que le hace falta, para que así puedan cumplir con los requerimientos especificados por las normas ASTM D 6927, ASTM D 3203/D3203M-17, ASTM D 70, ASTM C 127, ASTM C 128 y ASTM D854.

A lo largo del capítulo de resultados se realizaron varias pruebas de laboratorio, las que fueron fundamental para obtener éxito en la investigación, ya que mediante estas pruebas nos determinaron la calidad con la cual estas carpetas se encontraban al momento de que fueron removidas. Dichos resultados nos indican que estas carpetas proporcionadas por la empresa A&V Ingenieros, si son aptas para que puedan ser reutilizadas.

La propuesta se basa en dos aspectos, la primera es brindar una alternativa para las pavimentaciones y rehabilitaciones de carreteras mediante el uso del asfalto reciclado y la segunda es determinar un presupuesto para la implementación del asfalto reciclado, de este modo lograr realizar una comparación tanto de precios de los métodos convencional y del asfalto reciclado.

Para la alternativa que estamos proponiendo que es el uso del asfalto reciclado es necesario que, primero se realicen pruebas de laboratorio que determinen la calidad de estas carpetas que serán rehabilitadas y estas deberán de ser enfocadas y analizadas según los parámetros de las normas ASTM Internacional que se mencionan a continuación:

- ASTM D 6927 (método de prueba estándar para la estabilidad Marshall y flujo de mezclas asfálticas), norma que nos indica en qué momento se agrieta o se va a deteriorar la carpeta asfáltica debido a los desplazamiento y deformaciones bajo las cargas del tránsito vehicular, así como la viscosidad que esta debería de tener.
- ASTM D 3203/3203M-17 (método de prueba estándar para ciento de aire huecos compactados de mezclas asfálticas), nos indica el porcentaje de petróleo o bitumen que esta carpeta necesitara para poder ser reutilizada.
- ASTM D70 (método de prueba estándar para determinar la densidad del aglutinante de asfalto semisólido, método del picnómetro). Determina la densidad relativa y la densidad del ligante asfaltico semisólido mediante el uso de un aparato llamado picnómetro.
- ASTM C 127 (método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad especifica), y la absorción de agregados gruesos). Se utiliza para determinar la densidad o la porción solida de un gran número de partículas de agregado grueso y esta nos da un valor promedio que representa la muestra.
- ASTM C128 (método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad especifica), y la absorción de agregados finos), este ensayo nos determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino el cual el volumen de vacío no está incluido, la densidad relativa y la absorción de agregados finos, dependiendo del procedimiento es lo que nos determinara la condición de secado, de saturación o su densidad aparente.

- ASTM D854 (métodos de prueba estándar para determinar la gravedad específica de sólidos del suelo por picnómetro de agua). Esta prueba nos determina la gravedad específica de los sólidos del suelo que pasan por un tamiz por medio de un picnómetro de agua.

Una vez obtenidos los resultados de los laboratorios y ver que, si cumplen con las normas mencionadas anteriormente, se procede a realizar una comparación de las estimaciones de costos de ambos métodos para determinar si se cumple con uno de los objetivos planteados al inicio de nuestra investigación, que es, la reducción de los costos al implementar el uso del asfalto reciclado. Para poder realizar esta comparación de precios de los presupuestos es importante describir el proceso constructivo y de igual forma realizar una comparación de las actividades de ambos métodos para así poder tener un mejor concepto de las actividades que serán mencionadas en el presupuesto y analizar qué actividades cambian utilizando el método nuevo de pavimentaciones y rehabilitaciones de las carreteras.

A continuación, se presenta el proceso constructivo que se realiza al momento de realizar una pavimentación o rehabilitación con mezcla asfáltica en caliente utilizando el método convencional.

Las siguientes ilustraciones por presentarse fueron proporcionadas por la empresa A&V Ingenieros, que es una empresa reconocida dedicada a las rehabilitaciones y pavimentaciones de carreteras con mezcla asfáltica en caliente.

**Proceso Constructivo de pavimentaciones y rehabilitaciones con mezcla asfáltica en caliente, método convencional.**

- Se identifica la zona o vía en la que se encuentra en deterioro.



**Figura 9: Identificación de la zona deteriorada**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

- Se realiza un marcaje del área deteriorada



**Figura 10: Marcación del área identificada**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

- Una vez identificada el área deteriorada y habiendo realizado el respectivo marcaje, se procede a cortar.



**Figura 11: Corte Del área marcada**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

- Cortada el área a rehabilitar se procede a realizar la excavación



**Figura 12: Excavación del área cortada**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

- Una vez realizada la excavación se procede a realizar la imprimación con emulsión asfáltica RC20 O RC30.



**Figura 13: Imprimación del área**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

- Colocación del asfalto para la carpeta asfáltica nueva.



**Figura 14: Colocación del asfalto**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

- Finalizando con la compactación del asfalto nuevo.



**Figura 15: Compactación de la nueva carpeta**

Fuente: Proyectos de A&V Ingenieros

Se puede observar mediante las imágenes anteriores que este procedimiento incluye siete (7) actividades para poder realizar una rehabilitación. Realizando un resumen de las actividades involucradas estas son las siguientes: identificar la zona que se encuentra deteriorada, marcar el bache a ser rehabilitado, cortar y demoler esa zona afectada, realizar la imprimación del área demolida, suministrar y colocar la mezcla asfáltica y para finalizar se realiza la compactación de la zona reparada. Un dato importante es que al finalizar la compactación esta debe de esperar al menos una (1) hora para que puedan habilitar la calle que ha sido reparada.

Continuando y haciendo énfasis de nuestra propuesta se presenta el proceso constructivo para las pavimentaciones y rehabilitaciones de las carreteras, pero en esta ocasión haciendo uso del método del asfalto reciclado. Las siguientes imágenes fueron proporcionadas por Heat Design Equipment INC, empresa que se dedica al alquiler de esta maquinaria de calentamiento de asfalto en sitio.

**Proceso Constructivo método de asfalto reciclado para las pavimentaciones y rehabilitaciones.**

- Se identifica la zona de la vía de comunicación a tratarse que se encuentra en deterioro o ha cumplido su vida útil.



**Figura 16: Identificación de la zona**

Fuente: Proyectos de Heat Design Equipment INC.

- Análisis del estado en el que se encuentra la vía de comunicación, refiriéndose a la vida útil o deterioro del material.
- Se moviliza al sitio la maquina calentadora de asfalto



**Figura 17: Movilización de la maquina calentadora de asfalto**

Fuente: Proyectos de Heat Design Equipment INC.

- Calentamiento de la zona identificada y marcada



**Figura 18: Calentamiento de la zona**

Fuente: Proyectos de Heat Design Equipment INC.

- Se escarifica y se le aplica emulsión asfáltica para rejuvenecer



**Figura 19: Escarificación de la zona**

Fuente: Proyectos de Heat Design Equipment INC.

- En caso de ser necesario se coloca carpeta asfáltica nueva para completar el nivel de pavimento.



**Figura 20: Colocación de mezcla asfáltica**

Fuente: Proyectos de Heat Design Equipment INC.

- Por último, se realiza la compactación de la zona reparada.



**Figura 21: Compactación de la zona**

Fuente: Proyectos de Heat Design Equipment INC.

Se puede observar que este proceso constructivo mediante el uso de asfalto reciclado con lleva seis (6) actividades las cuales son: al igual que el método convencional se debe de realizar

una identificación de la zona deteriorada y se debe de realizar su respectivo marcaje, se moviliza la máquina de calentar asfalto en sitio y se coloca sobre el área marcada, otra actividad es el rastrillo de la zona para luego ser compactada. Cabe mencionar que en caso de ser necesario la utilización de asfalto nuevo este será únicamente un diez por ciento, por lo que se agrega el suministro y colocación de la mezcla asfáltica.

Una vez explicado y analizados los procesos constructivos de ambos métodos, se presenta los presupuestos para los distintos métodos y así poder realizar una comparación de precios para un proyecto.

El presupuesto presentado a continuación fue proporcionado por la empresa A&V Ingenieros, la cual formulo el presupuesto utilizando el método tradicional para la pavimentación de un proyecto en San Pedro Sula. El tiempo que se tarda la empresa en finalizar este proyecto es de un mes.

Dicho proyecto lleva por nombre “MEJORAMIENTO DE LA RED VIAL PAVIMENTADA CON CONCRETO ASFALTICO EN 8VA AVENIDA ENTRE PRIMERA CALLE Y PRIMER ANILLO CIRCUNVALACIÓN, DISTRITO 06 (SURESTE)”

Las cantidades por presentarse a continuación fueron proporcionadas por el contratante, ya que son ellos los que definen que cantidad desean rehabilitar, las cuales se trabajó con un área de 1,200 m<sup>2</sup>, esto quiere decir que esa cantidad es la que se rehabilitara a lo largo del tramo especificado en el contrato. La actividad de suministro, colocación, conformación y compactación del material selecto se calcula que es el 0.05% del total del área a rehabilitar, debido a que solo es un porcentaje que se utiliza el material selecto que viene siendo una base para luego colocar la imprimación o la liga de riego. De la ejecución de los trabajos se genera un material de desperdicio

que se calcula es el 8% del total del área que se está rehabilitando.

A continuación, se presenta el presupuesto para el método convencional de una rehabilitación de un tramo de carretera.

**Tabla 11: Presupuesto Convencional aplicado a un tramo**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total ( L )
<b>1.00</b>	<b>TRATAMIENTO EFECTIVO DE BACHES CON MEZCLA ASFALTICA</b>				
1.01	Marcaje, corte y demolición	M2	1,200.00	68.00	81,600.00
1.02	Suministro, colocación, compactación y conformación de material selecto	M <sup>3</sup>	6.00	500.00	3,000.00
1.03	Imprimación del área a bachear	M2	1,200.00	140.00	168,000.00
1.04	Suministro y colocación de mezcla asfáltica	M2	0.00	450.00	0.00
1.05	Suministro, colocación compactación y conformación de mezcla asfáltica e = 0.07 m	M2	1,200.00	760.00	912,000.00
1.06	Desalojo de desperdicios	M <sup>3</sup>	96.00	200.00	19,200.00
1.07	Calentamiento de area por medio de la maquina	HORA	0.00	375.00	0.00
1.08	Pruebas de laboratorio (Marshall)	Unidad	0.00	35,000.00	0.00
	<b>SUB - TOTAL</b>				<b>1,183,800.00</b>
<b>2.00</b>	<b>OTROS</b>				
2.01	Señalización, seguridad y limpieza general. Incluye: 2 unidades de rótulo del proyecto 6´X 12´ que deberán ser entregados al Departamento de Mantenimiento de Vías en óptimas condiciones previo a la Recepción Final, señalización durante jornadas diurnas y nocturnas.	Global	1.00	15,000.00	15,000.00
	<b>SUB – TOTAL</b>				<b>15,000.00</b>
<b>TOTAL ( L )</b>					<b>1,198,800.00</b>

Fuente: Extendida por A&V Ingenieros

A continuación, se presenta el presupuesto para el mismo proyecto, pero en esta ocasión se está aplicando la técnica del asfalto reciclado. Las cantidades para trabajar serán las mismas, además se excluyen las actividades que no son necesarias en este procedimiento y se incluye las nuevas actividades que el método amerita.

Como parte de la aplicabilidad de nuestro proyecto se determinaron las actividades que conforman el proceso constructivo y que son tomados en cuenta al momento de formular el presupuesto para dicho método. Según la compañía Heat Design Equipment INC. el proceso constructivo solo lleva las siguientes actividades el marcaje del área a rehabilitar o bachear que se tomaron fueron los mismo 1,200 m<sup>2</sup> del proyecto anteriormente mencionado. De acuerdo con la empresa Heat Design Equipment INC. quienes son los que proporcionan las máquinas de calentamiento del asfalto en sitio, dicha maquina tiene un rendimiento de 10 min por cada metro cuadrado a calentar, el cual realizando ciertos cálculos se determinó que para 1,200 m<sup>2</sup> que es el área por rehabilitar en el proyecto antes mencionado se tardaría 200 horas en la utilización de esta máquina. Como se mencionó durante todo el proyecto siempre hay una pérdida de asfalto en el cual al utilizar esta técnica se utilizará un 10% de asfalto nuevo.

**Tabla 12: Presupuesto por el método del asfalto reciclado para un tramo de carretera**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total ( L )
<b>1.00</b>	<b>Tratamiento Efectivo De Baches Con Mezcla Asfáltica</b>				
1.01	Marcaje Del Área A Bachear	M2	1,200.00	15.00	18,000.00
1.02	Suministro, Colocación, Compactación Y Conformación De Material Selecto	M <sup>3</sup>	0.00	500.00	0.00
1.03	Imprimación Del Área A Bachear	M2	0.00	140.00	0.00
1.04	Suministro Y Colocación De Mezcla Asfáltica	M2	120.00	450.00	54,000.00
1.05	Compactación De Mezcla Asfáltica	M2	1,200.00	550.00	660,000.00
1.06	Desalojo De Desperdicios	M <sup>3</sup>	0.00	200.00	0.00
1.07	Calentamiento De Área Por Medio De La Maquina	Hora	200.00	375.00	75,000.00
1.08	Pruebas De Laboratorio (Marshall)	Unidad	1.00	35,000.00	35,000.00
	<b>Sub - Total</b>				<b>842,000.00</b>
<b>2.00</b>	<b>Otros</b>				
2.01	Señalización, Seguridad Y Limpieza General. Incluye: 2 Unidades De Rótulo Del Proyecto 6'X 12' Que Deberán Ser Entregados Al Departamento De Mantenimiento De Vías En Óptimas Condiciones Previo A La Recepción Final, Señalización Durante Jornadas Diurnas Y Nocturnas.	Global	1.00	15,000.00	15,000.00
	<b>Sub – Total</b>				<b>15,000.00</b>
	<b>Total De Presupuesto Base ( L )</b>				<b>857,000.00</b>

**Tabla 13: Cuadro Comparativo de Presupuesto**

<b>Cuadro Resumen</b>	
Método Convencional	1,198,800.00
Método del asfalto reciclado	857,000.00

Se puede observar que existe una disminución en los costos de un método a otro, sin embargo, cabe destacar que la utilización de carpeta asfáltica nueva será determinada según el porcentaje de pérdidas del agregado. En este caso, se determinó una pérdida de mezcla del 10%, el cual se colocará ese 10% con mezcla asfáltica nueva.

Como se puede observar, el proceso de reutilización de asfalto en carreteras es más eficiente en cuanto a las actividades a realizarse, por lo tanto, genera una disminución del tiempo de la ejecución de los trabajos, así como la omisión de las actividades de acarreo de material, y de

desperdicio o de nueva carpeta asfáltica en grandes proporciones, por ende, representa una disminución directa a los costos del proyecto.

De acuerdo con los presupuestos (tabla #10 y tabla #11), hay una disminución del 30% en cuanto a costos al momento de utilizar el método del asfalto reciclado, así como también hay una reducción en el tiempo de ejecución del proyecto, ya que se estima que solo se tarden 15 días para lograr finalizar este proyecto.

Realizada la investigación sobre el uso de asfalto reciclado en carreteras y evaluada en base a la calidad, costos y el aporte al medio ambiente, se la da una validación importante de brindar una propuesta o manera de aplicar lo investigado. Los resultados obtenidos y la propuesta planteada en base a las normas ASTM, confirman el objetivo principal de la investigación; evaluar la viabilidad del uso de carpeta asfáltica reciclada en las carreteras del país.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Con el análisis comparativo entre los presupuestos propuestos en la sección de aplicabilidad, se determina que la implementación del asfalto reciclado en carreteras representa una disminución en los costos del proyecto en comparación a utilizar carpeta asfáltica nueva ya que al omitirse la compra de nuevo concreto asfáltico y las actividades respectivas de acarreo se reducen los costos considerablemente, se puede apreciar una reducción del 41% del costo convencional tomando como referencia un proyecto de 1,200 m<sup>2</sup>.

La reutilización de carpeta asfáltica aporta a la disminución de contaminación al no generarse residuos y por ende no ser desechados en un botadero, además de la preservación de residuos hídricos y naturales.

Con los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, que se pueden verificar en el Capítulo IV especialmente en las tablas 4 y 5, y las figuras 8 y 9, donde se puede observar que la carpeta asfáltica reciclada cumple con los parámetros que una vía de comunicación requiere, ya que, conserva propiedades técnicas a pesar de haber cumplido su vida útil.

Con los resultados obtenidos en la investigación y en función de la disminución costos, reducción de la contaminación y el análisis de la calidad, se determina que, la implementación del asfalto reciclado para carreteras es viable y se plantea como una alternativa para ejecutarse en los diferentes proyectos viales.

## **RECOMENDACIONES**

La reutilización de carpeta asfáltica que ha cumplido su vida útil es viable siempre y cuando se le apliquen las respectivas pruebas de laboratorio para determinar la calidad.

La técnica del asfalto reciclado se recomienda implementarla para rehabilitaciones o bacheos.

Los porcentajes de aire o vacíos que se presentan en la carpeta asfáltica removida debe de ser compensado con la adición de asfalto o bitumen, el cual pueden ser RC 20 O RC 30, esto depende de la mezcla asfáltica removida.

Con base al seguimiento y aplicación de esta técnica, es recomendable que el contratante revise siempre el método constructivo con el cual se está colocando la nueva carpeta de rodadura de mezcla asfáltica sobre la carpeta re niveladora de material reciclado en caso de que este lo esté necesitando.

## BIBLIOGRAFÍA

- (PMI), P. M. (2017). *Guia de los fundamentos para la direccion de proyectos*. Pennsylvania: Global Standard.
- Alfani, F. B. (10 de julio de 2018). *Universidad de Costa Rica*. Obtenido de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/07/10/el-lanammeucr-elabora-asfalto-con-sostenibilidad-ambiental.html>
- Alonso, J. P. (18 de octubre de 2017). *SoluAsfalt*. Obtenido de <https://asfaltomadrid.com/asfalto-verde-asfalto-reciclado/>
- Blog, O. (s.f.). *The Office of Research Integrity*. Obtenido de <https://ori.hhs.gov/m%C3%B3dulo-3-elementos-de-la-investigaci%C3%B3n-secci%C3%B3n-1>
- Explorable* . (02 de junio de 2009). Obtenido de <https://explorable.com/es/muestreo-estratificado>
- Jesus, M. d. (s.f.). *Experts, Tecnologia para aplicacion de asfalto fresado*. Obtenido de <https://www.roadexpertsla.com/es/experts/articulo/tecnologia-para-la-aplicacion-de-fresado-de-asfalto-rap>
- Julio Cabrera Garcia, Miguel Richart Martinez. (27 de septiembre de 2018). *Diseño de Investigacion I*. Obtenido de [http://www.aniorte-nic.net/apunt\\_metod\\_investigac4\\_4.htm](http://www.aniorte-nic.net/apunt_metod_investigac4_4.htm)
- M., F. G. (2008). *Metodologia de la investigacion*. Recuperado el 2019 de marzo de 10, de [www.rdigital.univc.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/libro%20metodologia&20investigacion%20este.pdf](http://www.rdigital.univc.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/libro%20metodologia&20investigacion%20este.pdf)
- (2015). *Materiales que conforman una mezcla asfaltica*.
- Metodologia de la Investigacion*. (10 de julio de 2010). Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/variables.html>
- Pelliccia, M. (02 de septiembre de 2018). *El Pais*. Obtenido de [https://elpais.com/elpais/2018/08/28/planeta\\_futuro/1535454328\\_425785.html](https://elpais.com/elpais/2018/08/28/planeta_futuro/1535454328_425785.html)

perforaciones, S. d. (s.f.). *Sistemas de perforaciones*. Recuperado el 2019 de mayo de 25, de <http://www.perforaciones.com/images/pdf/catalogo-recicladora-asfalto.pdf>

Rodriguez, M. C. (2006). *Evaluacion y rehabilitacion de pavimentos flexibles por el metodo del reciclaje*. El Salvador, San Salvador.

Ruas, O. O. (Noviembre de 2015). *Research Gate, Metodologia de la investigacion Poblacion y Muestra*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283486298\\_Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_Poblacion\\_y\\_muestra](https://www.researchgate.net/publication/283486298_Metodologia_de_la_investigacion_Poblacion_y_muestra)

Tamayo, M. T. (2003). *El proceso de la investigacion Cientifica*. Mexico D.F.: Limusa.

*The Office of Research Integrity*. (s.f.). Obtenido de <https://ori.hhs.gov/m%C3%B3dulo-3-elementos-de-la-investigaci%C3%B3n-secci%C3%B3n-1>

UPC. (s.f.). Obtenido de <http://upcommons.upc.edu>

Wigodski, j. (10 de julio de 2010). *Metodologia de la Investigacion* . Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/variables.html>

Wiki, M. (s.f.). *Ecured*.

## **ANEXOS**



4. ¿En sus años de experiencia laborando en la industria de la construcción, conoce o ha escuchado acerca de la reutilización del asfalto para pavimentar y/o rehabilitar carreteras?
  - a) Si
  - b) No
  
5. ¿Estaría interesado en conocer acerca de esta técnica?
  - a) Si
  - b) No
  - c) Me es indiferente
  
6. ¿Basándose en un Ensayo Marshall donde se analiza la estabilidad y análisis granulométrico a muestras de carpeta asfáltica, considera que una carretera rehabilitada o pavimentada con asfalto reciclado será de buena calidad como si se construyera totalmente nueva?
  - a) Si
  - b) No¿Porque?
  
7. En promedio, el rango del monto (lempiras) de los proyectos de carreteras que ha ejecutado son:
  - a) 0 - 500,000.00
  - b) 500,001.00 - 1,000,000.00
  - c) 1,000,001.00 - 5,000,000.00
  - d) Más de 5,000,000.00
  
8. ¿Considera que utilizar asfalto reciclado representaría una disminución de costos en los proyectos de carreteras?
  - a) Si
  - b) No
  
9. ¿En la ejecución de sus proyectos de carreteras, toma en cuenta el impacto ambiental que podría provocar?
  - a) Si
  - b) No

10. ¿Considera que utilizar asfalto reciclado representa un aporte a la disminución de la contaminación ambiental?

- a) Si
- b) No

11. ¿Considera que los residuos de carpeta asfáltica contaminan el medio ambiente y el suelo?

- a) Si
- b) No

12. En qué lugar desecha los materiales removidos de las carreteras:

- a) Botadero
- b) Solares baldíos
- c) En la calle.
- d) En los ríos
- e) A un costado del sitio del proyecto
- f) Se vende

13. ¿De confirmarse la viabilidad de utilizar asfalto reciclado en carreteras, lo consideraría para sus proyectos?

- a) Si
- b) No

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A  
LAS MUESTRAS DE CARPETA ASFÁLTICA.**

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA		DATOS DE CONTROL DE MEZCLA ASFALTICA METODO MARSHALL			CODIGO: RA - 06						
Proyecto:		ANALISIS DE LA CALIDAD Y EVALUACION DE COSTOS DEL ASFALTO RECICLADO EN PAVIMENTACION Y REHABILITACION			Informe N°: 076-19						
Localización:		SAN PEDRO SULA, DEPARTAMENTO DE CORTES									
Solicitado por:		ESTUDIANTES DE UNITEC									
No.		MATERIALES			Fecha: 24/04/2019						
1	Asfalto (Gb)	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	NORMA ASTM	POCENTAR POR PESO DEL AGREGADO TOTAL	POCENTAR POR PESO DE LA MEZCLA TOTAL					
2	Agregado Grueso (G1)			ASTM D70							
3	Agregado Fino (G2)			ASTM C127							
4	Re lleno Mineral (G3)			ASTM C128							
				ASTM D854							
MEDIDA DEL MAXIMO PESO ESPECIFICO TEORICO DE LA MEZCLA, ASTM D 2041											
No.	TIPO DE MEDIDA DE PESO ESPECIFICO TEORICO	PESOS OBTENIDOS	VOLUMEN DE AGUA DESPLAZADA (cm³), IGUAL AL VOLUMEN DE MEZCLA (5+6-7)	Ps							
5	Peso neto de la mezcla suelta al aire (g)	500.00									
6	Peso neto del frasco lleno con agua (g)	1950.40									
7	Peso neto del frasco mas la muestra mas agua (g)	2249.66	200.74	2.4908							
MEDIDA DEL PESO ESPECIFICO MASIVO DE LA MEZCLA COMPACTADA, ASTM D2726											
No.	TIPO DE MEDIDA DE PESO ESPECIFICO MASIVO	NUMERO DE PASTILLA			PROMEDIO DE LOS RESULTADOS						
8	Peso de la Pastilla al aire (g)	1	2	3	1208.1						
9	Peso de la Canasta Sumergida (g)	27.6	27.6	27.6	27.6						
10	Peso de la Pastilla + Canasta Sumergida (g)	716.4	713.0	708.8	712.7						
11	Volumen de la Pastilla (8+9-10) (cm³)	523.9	520.8	524.1	522.9						
12	Gravedad Especifica Bulk de la Mezcla Compactada, Gmb (8/11)	2.3148	2.3160	2.2998	2.3102						
13	Gravedad Especifica Bulk de la Suma de Agregados, Gsb										
14	Gravedad Especifica Efectiva del Agregado, Gse										
15	Absorcion de Asfalto, Pba (%)										
CALCULOS (BASADOS EN 100 cc DE MEZCLA COMPACTADA)											
MEDIDAS DE PESO Y VOLUMENES BASADOS EN 100 cc DE MEZCLA COMPACTADA											
No.											
16	Peso del Agregado en la Mezcla Total (12 x Ps), (g)										
17	Peso del Asfalto Total (12 x 22), (g)										
18	Peso del Asfalto Absorvido ((15 x 16)/100), (g)										
19	Peso del Asfalto Efectivo (17 - 18), (g)										
20	Volumen del Agregado Total (16 / 13), (cm³)										
21	Volumen de Asfalto Efectivo (19 / Peso especifico del asfalto), (cm³)										
RESULTADOS											
No.	RESULTADOS FINALES	PASTILLA No.	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACIONES				
22	Porcentaje de Asfalto en la Mezcla, (%)					5.30	4 - 11				
23	Contenido Efectivo de Asfalto, (%)										
24	Vacios llenos de Aire, Pa=100((Gmm-Gmb)/Gmm), (%)					7.30	3 - 5				
25	Vacios en el Agregado Mineral, VMA (%)										
26	Peso Unitario (12 x 62.4 lb/pc³)					144.16					
27	Estabilidad Medida a 140°F (lb)		570	570	520						
28	Factor de Correccion de la Estabilidad		0.96	1.00	0.96						
29	Factor de Aro		9.56978	9.56978	9.56978						
30	Estabilidad Corregida (27x28x29, lb)		5,237	5,455	4,777	5,156	> 1800				
31	Escurrimiento o Flujo (0.01 pulgadas)		13	12	13	13	8 - 14				
32	Relación Filler/Betún, (%)										
33	Vacios llenos de Asfalto, VFA, (%)										
ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS											
TAMIZ	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N° 8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200
% Pasado		100	93	84	73	47	35	23	14	7	4
Especificaciones		100	90-100	-	50-70	35-50	-	-	13-23	-	4-8
Observaciones: MUESTRA TOMADA EN 4TA. AVENIDA, ENTRE 8 Y 9 CALLE, SUROESTE, LEMPIRA, SAN PEDRO SULA											
Revisado		Revisó		Jefe del Depto. de Geotecnia		Página 1					
ENTREGADO		DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA		INSEP D.G.C.							
Fecha: 30-04-19											
Firma: [Firma]											

Proyecto: ANALISIS DE LA CALIDAD Y EVALUACION DE COSTOS DEL ASFALTO RECICLADO EN PAVIMENTACION Y REHABILITACION  
Localización: SAN PEDRO SULA, DEPARTAMENTO DE CORTES  
Solicitado por: ESTUDIANTES DE UNITEC  
Fecha: 07/05/2019

No.	MATERIALES	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	NORMA ASTM	Porcentaje por peso del agregado total	Porcentaje por peso de la mezcla total
1	Asfalto (Gb)			ASTM D70		
2	Agregado Grueso (G1)			ASTM C127		
3	Agregado Fino (G2)			ASTM C128		
4	Relleno Mineral (G3)			ASTM D854		

MEDIDA DEL MAXIMO PESO ESPECIFICO TEORICO DE LA MEZCLA, ASTM D 2041

No.	TIPO DE MEDIDA DE PESO ESPECIFICO TEORICO	PESOS OBTENIDOS	VOLUMEN DE AGUA DESPLAZADA (cm³), IGUAL AL VOLUMEN DE MEZCLA (5+6-7)	MAXIMO PESO ESPECIFICO TEORICO DE LA MEZCLA SUELTA, Gmm (5/VOLUMEN DE MEZCLA)
5	Peso neto de la mezcla suelta al aire (g)	500.00		
6	Peso neto del frasco lleno con agua (g)	1950.40		
7	Peso neto del frasco mas la muestra mas agua (g)	2249.80	200.60	2.4925

MEDIDA DEL PESO ESPECIFICO MASIVO DE LA MEZCLA COMPACTADA, ASTM D2726

No.	TIPO DE MEDIDA DE PESO ESPECIFICO MASIVO	NUMERO DE PASTILLA			PROMEDIO DE LOS RESULTADOS
		1	2	3	
8	Peso de la Pastilla al aire (g)	1189.2	1190.1	1190.8	1190.0
9	Peso de la Canasta Sumergida (g)	27.6	27.6	27.6	27.6
10	Peso de la Pastilla + Canasta Sumergida (g)	694.1	699.4	702.1	698.5
11	Volumen de la Pastilla (8+9-10) (cm³)	522.7	518.3	516.3	519.1
12	Gravedad Especifica Bulk de la Mezcla Compactada, Gmb (8/11)	2.2751	2.2961	2.3064	2.2924
13	Gravedad Especifica Bulk de la Suma de Agregados, Gsb				
14	Gravedad Especifica Efectiva del Agregado, Gse				
15	Absorcion de Asfalto, Pba (%)				

CALCULOS (BASADOS EN 100 cc DE MEZCLA COMPACTADA)

No.	MEDIDAS DE PESO Y VOLUMENES BASADOS EN 100 cc DE MEZCLA COMPACTADA
16	Peso del Agregado en la Mezcla Total (12 x Ps), (g)
17	Peso del Asfalto Total (12 x 22), (g)
18	Peso del Asfalto Absorbido ((15 x 16)/100), (g)
19	Peso del Asfalto Efectivo (17 - 18), (g)
20	Volumen del Agregado Total (16 / 13), (cm³)
21	Volumen de Asfalto Efectivo (19 / Peso especifico del asfalto), (cm³)

RESULTADOS

No.	RESULTADOS FINALES	PASTILLA No.	PASTILLAS			PROMEDIO	ESPECIFICACIONES
			1	2	3		
22	Porcentaje de Asfalto en la Mezcla, (%)				5.10	4 - 11	
23	Contenido Efectivo de Asfalto, (%)				8.03	3 - 5	
24	Vacios llenos de Aire, Pa=100((Gmm-Gmb)/Gmm), (%)						
25	Vacios en el Agregado Mineral, VMA (%)				143.05		
26	Peso Unitario (12 x 62.4 lb/pla)		696	654	754		
27	Estabilidad Medida a 140°F (lb)		1.00	1.00	1.00		
28	Factor de Correccion de la Estabilidad		9.56978	9.56978	9.56978		
29	Factor de Aro		6,661	6,259	7,216	6,712	
30	Estabilidad Corregida (27x28x29, lb)		13	10	12	12	
31	Escurrecimiento o Flujo (0.01 pulgadas)						
32	Relación Filler/Betún, (%)						
33	Vacios llenos de Asfalto, VFA, (%)						

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

TAMIZ	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200
% Pasado	100	88	73	54	41	28-58	-	-	16	9	4
Especificaciones	100	90-100	-	44-74	28-58	-	-	5-21	-	-	2-10

Observaciones: MATERIAL DE LA 35 CALLE, RESIDENCIAL BELLA VISTA, DISTRITO 02, NOROESTE.  
Reviso: Jefe del Depto. de Geotecnia

**ENTREGADO**  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
INSEP, D.G.C.  
Fecha: 07-05-19  
Firma: [Firma]

