



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# DIAGNÓSTICO DEL USO DE ESTRATEGIAS AMBIENTALES PARA LA REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL CON MATERIAL BITUMINOSO RECICLADO - MBR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

*Diagnosis of the use of environmental strategies for the rehabilitation and maintenance of roads with recycled bituminous material –MBR in the city of Bogotá*

PAOLA ANDREA LONDOÑO GARCIA<sup>1</sup>

Recibido:01 de mayo de 2023. Aceptado:07 de julio de 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2023.v10.n20.a144>

## RESUMEN

La investigación se realiza con el fin de dar un diagnóstico para el uso y estrategias de rehabilitación y mantenimiento de la malla vial en la ciudad de Bogotá, brindando una iniciativa ambiental sostenible por medio de materiales reciclados resultantes de la capa asfáltica retirada de la demolición para el mantenimiento de las vías y del cual se obtiene MBR (material bituminoso reciclado) mediante un proceso de producción es transformado y mezclado con otros productos, convirtiéndose en una alternativa amigable con el medio ambiente y el producto final es usado para rehabilitación y mantenimiento de vías rurales dentro de la ciudad.

**Palabras clave:** Diagnóstico; Malla vial; Ambiental; Sostenibilidad; Reciclado.

## ABSTRACT

The research is carried out in order to give a diagnosis for the use and rehabilitation and maintenance strategies of the road network in the city of Bogotá, providing a sustainable environmental initiative through recycled materials resulting from the asphalt layer removed from the demolition for the maintenance of the roads and from which MBR (recycled bituminous material) is obtained, which through a production process is transformed and mixed with other products, becoming an environmentally friendly alternative and the final product is used for rehabilitation and maintenance of rural roads within the city.

**Keywords:** Diagnosis; Road mesh; Environmental; Sustainability; Recycling.

## I. INTRODUCCIÓN

EN EL siglo XXI se han venido desarrollando grandes problemas medioambientales que se han convertido en un gran reto para la humanidad, es así como, se deben buscar alternativas y soluciones que sean sostenibles para el medio ambiente y con el fin de preservar la vida humana, animal y vegetal.

Un factor importante y que es consecuencia de estos problemas es el gran consumo de petróleo y sus derivados a nivel mundial, que son causantes del cambio climático, contaminación y destrucción de espacios naturales al realizar su extracción y explotación para el uso en distintas actividades económicas, ya que son fuentes de energía no renovables y continuar con su uso genera un gran

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Industrial, semillero de Investigación, Corporación universitaria Republicana, Bogotá D.C, Colombia. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6453-6099> Correo electrónico: [pa.londono@urepublicana.edu.co](mailto:pa.londono@urepublicana.edu.co)

impacto al punto de que este recurso natural será más escaso y costoso.

Es por esa razón, que reciclar materiales derivados de esta actividad es una alternativa viable para brindar una mejor calidad de vida para las personas, al reutilizar RAP (Recycled Asphalt Pavement). En la construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías, aportamos en gran manera a esta iniciativa que busca preservar el medio ambiente.

De esta manera, el proyecto planteado tiene como objetivo demostrar las ventajas y desventajas de utilizar material reciclado de fresado estabilizado, por medio de una comparación entre la mezcla asfáltica convencional y MBR que disminuye la emisión contaminante durante su producción, mediante la identificación de los impactos ambientales y niveles de contaminación provocados por extracción de materiales de emulsión y fresado para la elaboración del pavimento, determinación de los beneficios de reutilizar el material reciclado de fresado estabilizado en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías urbanas y rurales en la ciudad de Bogotá y demostración de la eficiencia y resultados ambientalmente positivos del Material Bituminoso Reciclado en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías urbanas y rurales en la ciudad de Bogotá.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El impacto ambiental provocado directa o indirectamente por actividades de distintas áreas ocasionadas por el hombre o la naturaleza en este caso los que generan los distintos residuos y desechos contaminantes hacen que se desarrollen enfermedades pulmonares, asma en niños, cáncer de pulmón, enfermedades respiratorias entre otras, sus causas mayormente son atribuidas a la contaminación ambiental del aire que depende de muchos factores como lo son el tiempo, la intensidad y la frecuencia de exposición de partículas contaminantes.

La explotación de recursos naturales en canteras para la extracción de materiales con los cuales se producen mezclas asfálticas para construcción vial que busca ser preservado mediante lo establecido en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

(Decreto 2811 de 1974) Capítulo Único, Artículo 2[1], el cual indica:

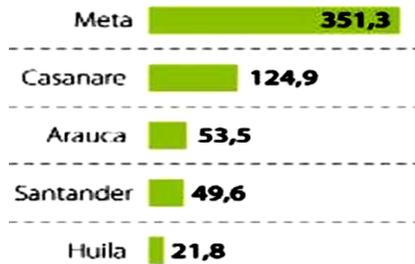
- “1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional.
2. Prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos.
3. Regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la Administración Pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y de ambiente.”

Preservar el medio ambiente y sus recursos naturales es sumamente importante, lo cual indica que producir mezclas asfálticas para construir vías hace que se requiera de materia prima para el diseño de esta, esto hace que sea necesario la explotación de canteras donde provienen productos granulares como los agregados que son una mezcla de distintos materiales de canteras como lo son grava, arena o roca triturada que son el resultado de fuerzas erosivas de elementos como agua y viento, otro producto es el material pétreo para construcción que se obtiene de rocas, de los cuales existen tres tipos[2]:

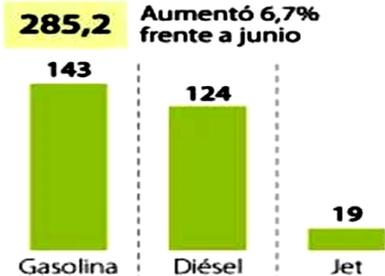
1. Los naturales: que se encuentran en yacimientos naturales o canteras. es necesario seleccionarlos, refinarlos y clasificarlos de acuerdo con su tamaño para poder utilizarlos.
2. Los artificiales: Este tipo de material se localiza comúnmente en macizos rocosos. Su proceso de extracción es a través de explosiones controladas, luego se limpian, se trituran y clasifican de acuerdo con el tamaño.
3. Los industriales: Son materiales que han pasado por un proceso de fabricación con todo lo que eso implica. Fig. 1.

### VARIABLES DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS Y GAS A CORTE DE JULIO

**Principales departamentos productores (Kbdp)**  
Producen 86,6% de la producción



**Demanda de combustibles (Kbdp)**



**Producción de petróleo (Kbdp)**



**Carga a refinería promedio (Kbdp)**



**Producción de gas (Mpcd)**



**Exportaciones de petróleo y derivados (cifras en millones)**



Fuente: Campetrol ANH Minerenergía Data / Gráfico I&A

Fig. 1. Variables del sector de hidrocarburos y gas a corte de julio[3].

De acuerdo con lo anterior se evidencia que el impacto ambiental por extracción de minería en Colombia sigue en aumento teniendo en cuenta que a diario es necesario el uso de estos materiales para construir y hacer mantenimiento de vías por parte del gobierno y la normatividad para dar el manejo adecuado a esta actividad económica no ha sido suficiente y esto afecta directa e indirectamente al medio ambiente. Fig. 2.

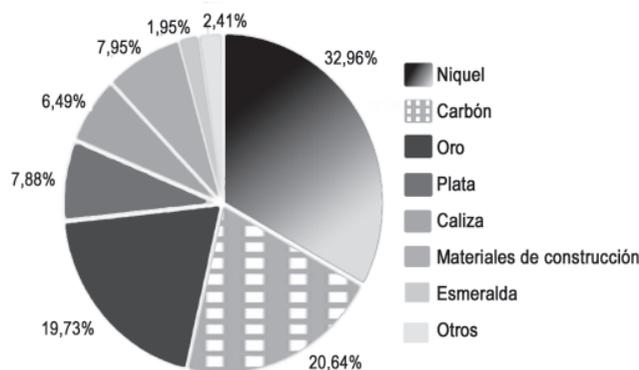


Fig. 2. Participación de commodities en la producción anual minera de Colombia [2020][4]

Así mismo otro gran problema potencial, es la extracción y refinería de petróleo que genera impactos de contaminación debido a erosión de los suelos que se dan en el proceso del petróleo, una de ellas son las emisiones atmosféricas que constituyen las causas más significativas de los impactos ambientales negativos de los suelos.

En la georreferenciación de hidrocarburos de su último informe, Campetrol reveló que Meta, Casanare, Arauca, Santander y Huila representan 86,6% del total de la producción de petróleo nacional, siendo Meta el departamento con más barriles al reportar 351 kbdp, una participación de 50,6% [3].

La contaminación atmosférica es la existencia de partículas contaminantes o productos secundarios que implican un riesgo para la salud de las personas, los animales y la naturaleza que todo el tiempo están expuestos al ambiente como lo son óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, dióxidos de azufre y compuestos orgánicos volátiles.

La problemática de contaminación del aire en Bogotá D.C. se debe, en su mayoría, a la presencia de material particulado, el cual es originado a partir de procesos de combustión y resuspensión provenientes de fuentes móviles y del mal estado de las vías[5].

En la ciudad de Bogotá se desarrollan proyectos de infraestructura para la rehabilitación y mantenimiento de la malla vial, de los cuales se generan grandes cantidades y volumen de residuos resultantes de construcción y demolición RCD, que provienen de las carpetas asfálticas y estructuras del pavimento que son retiradas de las vías por que cumplieron su vida útil que están deterioradas y necesitan ser cambiadas.

Hacer una mala disposición de estos residuos genera un deterioro ambiental en la ciudad, de salud porque empeora la calidad del aire cuyo efecto directo es la afectación en el funcionamiento del sistema respiratorio, contamina a nivel paisaje y de espacio público y además afecta el hábitat y vida de miles de especies animales y vegetales que habitan en ecosistemas naturales de la ciudad[6].

“Los espacios verdes de la ciudad como los humedales no deben ser lugares en los que se arrojen materiales de desecho provenientes de prácticas como la construcción y por el contrario, son espacios sagrados que hay que respetar y conservar como patrimonio natural. Para minimizar el impacto en el ambiente, hemos realizado actividades de control, evaluación y seguimiento en diversas localidades”, dijo Carolina Urrutia, secretaria de Ambiente.

En lo corrido del 2020 las autoridades ambientales reportaron un total de 1.326.620 toneladas entre las localidades que más generan residuos de construcción y demolición. Las localidades que reportaron una mayor producción de estos residuos fueron Fontibón, con una cantidad de 491.250 toneladas que corresponde a un 37% de material, Kennedy, con 442.593 toneladas con un 33% de material y Usaquén con 392.777 toneladas con 30% de material, teniendo en cuenta que estos residuos se deben clasificar con el fin de verificar los que son resultantes de vías construidas con mezcla de concreto para construcción que tienen otra finalidad y RAP (Recycled Asphalt Pavement) (pavimento asfáltico reciclado) que es

dispuesto para la producción de Material Bituminoso Reciclado[6].

Estos RCD deben tener un buen uso por medio de lineamientos y pautas técnicas requeridas para su manejo ambiental con el fin de aprovechar estos materiales que pueden ser reciclados para reutilizarlos adecuadamente.

¿Qué estrategias ambientales se pueden implementar para pavimentar zonas de la ciudad con materiales reciclados y mejorar la movilidad de los ciudadanos generando un buen impacto ambiental?

### III. JUSTIFICACIÓN

En la búsqueda de mejorar la calidad de vida de las personas y con el fin de beneficiar significativamente factores como la salud y las condiciones dignas para vivir, es necesario buscar alternativas como lo son intervenciones viales sostenibles por medio de las cuales se busca reutilizar apropiadamente materiales que son modificados y que fueron resultantes de RAP (Recycled Asphalt Pavement) (pavimento asfáltico reciclado) llamado comúnmente, el cual es un material que durante su proceso de producción no genera emisiones contaminantes que si generan otros diseños de mezcla usados para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías, esto hace que se convierta en un beneficio ambiental, social y financiero.

Así mismo, en la ciudad de Bogotá se vienen desarrollando proyectos para mejorar las vías intermedias, locales y rurales con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas, es por esto que por medio de la reutilización de RCD se podrían construir vías en las zonas rurales ya que al producir Material Bituminoso Reciclado MBR o fresado Estabilizado se puede aprovechar los residuos resultantes de la demolición del pavimento, su producción no tiene afectación al medio ambiente y reduce costos significativos. Vender el producto y el impacto

Esto disminuye las cantidades de residuos y que no tienen el manejo adecuado, así mismo se aprovecha el material al ser reutilizado.

## IV. VIABILIDAD

La viabilidad ambiental para este proyecto se analiza a partir de la información obtenida para la investigación de los impactos ambientales más relevantes en la rehabilitación en las vías con MBR. Se analizaron los siguientes aspectos:

- Disminución en el volumen de material reciclado.
- Disminución en el Consumo de combustibles líquidos y emisión de gases de combustión.
- Disminución en las emisiones contaminantes de material particulado.
- No hay consumo de agua.
- No es necesario usar asfalto.
- Los costos disminuyen en comparación con la mezcla asfáltica en caliente

## V. ANTECEDENTES

En el 2018 en Suiza se realizaron recomendaciones experimentales donde proponen un protocolo para la caracterización del pavimento asfáltico reciclado RAP que actualmente es una alternativa muy utilizada en el sector de la construcción y que está asociado con los planes y alternativas eficientes para la rehabilitación de las vías, que a su vez permiten preservar los recursos naturales, la metodología usada para el control de la calidad para el diseño de dicha mezcla en frío son los tamaños y formas del tamiz que se pueden usar para el análisis de gradación, contenido de betún se puede estimar por el método de ignición, prueba de fragmentación que mide la resistencia de las partículas, pruebas de cohesión que indica la capacidad de compactación residual, entre otros[7].

Estas recomendaciones que son probadas mediante ensayos de laboratorio en el diseño de la mezcla proporcionan el protocolo óptimo para el control de la calidad que se requiere para la instalación del material bituminoso reciclado en las vías.

En el 2021 en suiza se verificó el desempeño ambiental y funcional del pavimento reciclado y que es triturado para realizar mezclas en seco y frío de fresado estabilizado que también contiene partículas de grano de caucho reciclado, describiendo la metodología por la cual realizaron la investi-

gación es por medio de monitoreo de las emisiones gaseosas durante la producción, así mismo, se realizaron ensayos de lixiviación para analizar la liberación de partículas contaminantes durante la lluvia para evaluar la toxicidad del material, también se realizaron ensayos con muestras compactadas para identificar su comportamiento con pruebas de fatiga[8].

Esta investigación ambiental y funcional puede concluir que el uso de materiales asfálticos reciclados con partículas de grano de caucho, pueden ser una alternativa más amigable con el medio ambiente y así mismo, más económica, la construcción con pistas de prueba con estos diseños de mezcla es útil para continuar evaluando esta tecnología.

En el contexto nacional, para el año 2020 se analizó las disposiciones y el manejo ambiental que se le dan a los residuos de construcción y demolición en Colombia, menciona la construcción política que busca la protección ambiental que está articulada con el fin de dar gestión integral a los RCD, así mismo, las obligaciones de los generadores de dichos residuos y las prohibiciones generales de estas actividades[9].

Esta investigación afirma que existen leyes, artículos y normas que respaldan el adecuado manejo ambiental que se les dan a los residuos de construcción y demolición en Colombia.

En el 2020, se indicaron las distintas formas en que es posible reutilizar y reciclar materiales en la arquitectura y urbanismo, expone las alternativas para reducir costos, gasto de energía y altos niveles de contaminación en el medio ambiente y el buen uso y disposición final de estos materiales reciclados que pueden ser empleados en obras civiles como la pavimentación de vías y parques infantiles[10]. De esta forma se dio a conocer los distintos materiales que pueden ser reutilizados de forma adecuada como los son los residuos de construcción que se pueden emplear en la pavimentación de vías, esto hace que los procesos habituales para la producción de mezcla asfáltica reducen de forma significativa el gasto de energía y de emisiones contaminantes.

En el 2021, la unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial que conducen a la vereda de Ciudad Bolívar en la ciudad Bogotá,

bajo la metodología de emplear diseño de mezcla con material bituminoso reciclado o fresado estabilizado que ha sido recuperado de otras intervenciones que fueron retirados por desgaste en vías con alta demanda de tráfico, estas mezclas demuestran la capacidad y resistencia al peso de los vehículos pesados y semipesados en vías rurales[11]. Los beneficios que se pueden obtener al reutilizar estos materiales que son reutilizados y el mejoramiento que se realizará a 56 kilómetros carril del proyecto de mejoramiento de vías terciarias que se realizarán en los próximos años.

Por otra parte, la Secretaria Distrital del Ambiente dio a conocer el tratamiento y disposición de los RCD en la ciudad de Bogotá, donde se indica los métodos de recolección de estos materiales, así mismo, los centros de tratamiento y almacenamiento, que están vigilados por la Secretaria Distrital de Ambiente, quienes generan un control ambiental en el sector público de la ciudad[12]. En la fuente se da a conocer el directorio ambiental de los sitios donde se dispone el almacenamiento de los materiales resultantes de residuos de construcción y demolición que son autorizados por la CAR o SDA.

## VI. MARCO DE REFERENCIA

Los pavimentos asfálticos se deterioran debido a varios factores como las cargas repetidas de tráfico que soportan a lo largo de su vida útil y factores como la intemperie, la lluvia y las bajas temperaturas, por tal razón es necesario realizar el mantenimiento y rehabilitación de vías por medio de parcheo que es el proceso de reparación de pequeñas áreas fracturadas de las carpetas asfálticas, bacheo que permite la reconformación, reemplazo o adición de material de base o subbase subyacente a la carpeta deteriorada, en casos extremos cuando es necesario el cambio de carpeta o la construcción de vías rurales o que nunca fueron intervenidas con ningún material resistente a las condiciones anteriormente mencionadas[13].

Para tal fin es necesario adoptar medidas de intervención de vías intermedias, locales y rurales de la ciudad, es así como la alcaldía y la secretaria de movilidad de Bogotá disponen de entidades adscritas quienes se encargan de un factor importante en la movilidad de la ciudad y que en este

caso corresponde a la malla vial. Los ciudadanos pueden reportar el mal estado de las vías en donde se indique las condiciones en las que se encuentran, las entidades que pueden atender esas solicitudes son el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), la UAERMV (Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial), entre otras[14].

Antes de realizar la ejecución de obras se tiene en cuenta el modelo de priorización de las vías donde se determina el impacto social causado por la realización de las posibles intervenciones, determinación del tipo de intervención y coordinación interinstitucional con las entidades que se encargan de ejecución de estas obras civiles.

### Determinación del tipo de intervención:

#### *Mantenimiento Rutinario*

- Obras drenaje – limpieza de sumideros
- Sello de fisuras

#### *Mantenimiento Periódico*

- Bacheo y Parcheo
- Demolición de la carpeta asfáltica (Fresado)
- Colocación de mezcla asfáltica
- Rodadura
- Fresado Estabilizado (MBR)
- Renivelaciones
- Confinamientos
- Cambio de losas

#### *Rehabilitación*

- Demolición de la carpeta asfáltica (Fresado)
- Colocación de mezcla asfáltica
- Cambio de la base granular
- Base estabilizado
- Excavaciones

Para la intervención de la malla vial es necesario contar con mano de obra, maquinaria, equipos, materiales y mezclas asfálticas o de concreto, dentro del proceso de intervención se debe tener en cuenta el PMT (Plan de Manejo de Tránsito) Es una propuesta técnica que plantea las estrategias, alternativas y actividades necesarias para minimizar el impacto generado a las condiciones habituales de movilización y desplazamientos de los usuarios

de las vías (peatones, vehículos, ciclistas, etc.), cuando se cuenta con todos los factores mencionados se procede a realizar la señalización para dar inicio a las actividades programadas, en donde se rompe el pavimento que se cambiara con maquinaria necesaria, se limpia la zona donde se hará la instalación y se procede a realizar un riego de liga para mejorar la compactación del material, se pone el tipo de mezcla requerido que es transportado por volquetas que añaden el producto en las pavimentadoras y se procede a compactar[15].

Se debe tener en cuenta el control de la calidad y cumplimiento del diseño de mezcla establecido para el producto con el fin de garantizar su durabilidad y vida útil.

El Material Bituminoso reciclado para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías inicia con el proceso de levantamiento del pavimento existente con una maquina fresadora o perfiladora, la cual va demoliendo la carpeta asfáltica y al mismo tiempo retirando el material por medio de una banda transportadora, cabe aclarar que la pasta asfáltica o RAP (Recycled Asphalt Pavement) (pavimento asfáltico reciclado) retirada también puede ser llevada para a una planta trituradora para su transformación.

El fresado resultante es llevado a la planta de producción donde se le dará un tratamiento necesario para poder reutilizarlo, este material está compuesto por asfalto y gravas que es lo que se debe reutilizar, posteriormente se realizan análisis de laboratorio para determinar qué porcentaje de asfalto tiene el material reciclado para tenerlo en cuenta en el nuevo diseño de mezcla, debido a que el fresado es de un tamaño variable es necesario someterlo a un impactador para convertirlo en tamaño más pequeño, luego pasa por un proceso de selección para separarlo en gravas y arenas con el fin de tener más control en la granulometría del diseño de mezcla.

Una vez separado por tamaños, el material se ingresa al proceso de producción las plantas que producen asfalto con material reciclado son especiales ya que deben tener tolvas independientes y el ingreso al tambor secador es por medio de un dispositivo llamado anillo de reciclado, se debe tener en cuenta que para la producción se usa únicamente el 30% del material reciclado, el 70% es

material directo de trituración el cual ingresa por las tolvas de la planta.

El anillo de reciclado tiene como función que el material no toque el fuego ya que este contiene un porcentaje de asfalto el cual perdería muchas propiedades si se expone a las altas temperaturas, la emulsión asfáltica de rompimiento lento es una dispersión de asfalto en agua, algunas veces con la presencia de fluidificantes, la cual se mantiene estable por la presencia de agentes tensoactivos especiales, llamados "emulsificantes" y el cemento se usa con el objetivo de que al momento de que sea mezclado con el asfalto reciclado este recupere parte de las propiedades de calidad perdidas a lo largo de su vida útil.

El uso asfalto reciclado es muy común en varias partes del mundo como estados unidos, Japón, México, entre otros, actualmente el uso de R.A.P es una excelente alternativa sustentable para reducir el impacto ambiental, energético y económico en la conservación y construcción de vías y carreteras, actualmente el material reciclado se desecha y esto provoca contaminación y degradación en el medio ambiente, algunos beneficios de reciclar asfalto son:

- Reducción de emisiones al medio ambiente y menos contaminación.
- Ahorro en construcción, conservación y mantenimiento de vías.
- Ahorro en los costos de trituración de bancos de materiales.
- Disminución en el consumo de asfalto.
- Ahorro de energía usada para extracción y refinación de petróleo.
- Buen porcentaje de calidad que mezclas vírgenes.

## VII. HIPÓTESIS

El deterioro del pavimento asfáltico está sujeto a distintas variables, por tal razón es necesario buscar posibles estrategias ambientales que se puedan implementar para la reutilización de pavimento reciclado con el fin de aprovechar la disposición final de estos residuos, es decir, se puede lograr a partir de que las personas reporten el deterioro

de la malla vial en el sector donde viven, con el fin de que se realice el mantenimiento correspondiente, esto hace que se de reutilización al pavimento que se retire y que se encuentra en los centros de acopio autorizados y así mismo se genere una cadena continua donde se de uso de estos materiales en buenas condiciones ambientales.

## VIII. CONCLUSIONES

La conservación de las vías de comunicación terrestres implica un presupuesto considerable para los países y algunas problemáticas ambientales. Lo anterior ha justificado la búsqueda de nuevas técnicas, las cuales permitan reducir costos y sean respetuosas con el ecosistema, es aquí donde entra en escena el reciclado asfáltico.

Reciclar, en este ámbito, se resume en la reutilización de materiales que presentan defectos en las obras, a los que se les pueden agregar otros elementos (agentes rejuvenecedores o nuevas mezclas). En términos de alternativas para reciclar el asfalto, se debe enfatizar en la importancia y viabilidad de la técnica en caliente, la cual comenzó a usarse en México entre 1978 y 1985, esta técnica se caracteriza por tener diferentes métodos, por ejemplo: la rehabilitación superficial corrige fallas de 2 a 4 centímetros que se generan en la carpeta, esto mediante el uso de un agente rehabilitador, sin la necesidad de añadir mezcla o agregado virgen. También existe el remezclado, este método se usa cuando es necesario llevar a cabo modificaciones significativas de las propiedades físicas de la carpeta en función para subsanar fallas específicas, entre ellas; cambios en las características del agregado, contenido y grado de asfalto. Se pueden rehabilitar espesores de carpeta de 2.5 a 7.5 centímetros[16].

La reutilización de pavimento asfáltico reciclado conlleva múltiples beneficios que se extienden tanto al medio ambiente como a la comunidad y la economía. Algunas de las conclusiones clave son las siguientes:

**Beneficios ambientales:** La reutilización del pavimento asfáltico reciclado ayuda a reducir la cantidad de desechos generados por la demolición de carreteras y calles. Esto disminuye la cantidad de material enviado a vertederos, reduciendo así la contaminación y liberación de gases de efecto in-

vernadero. Además, al reciclar el asfalto, se evita la necesidad de extraer y producir nuevos materiales, lo que a su vez disminuye la degradación del medio ambiente y el consumo de recursos naturales.

**Impacto social positivo:** La reutilización del pavimento asfáltico reciclado tiene un impacto positivo en la comunidad, ya que ayuda a mantener y mejorar las infraestructuras viales existentes de manera más sostenible. Carreteras y calles en buen estado son fundamentales para la movilidad y seguridad de las personas, facilitando el transporte y el acceso a servicios básicos.

**Reducción de emisiones:** La producción convencional de mezclas asfálticas suele generar emisiones contaminantes que afectan la calidad del aire. Sin embargo, al reciclar el pavimento asfáltico, se disminuye la necesidad de producir nuevas mezclas, lo que a su vez contribuye a reducir las emisiones de gases nocivos y contaminantes asociados con la producción de asfalto fresco.

**Eficiencia en costos y tiempo:** La reutilización de pavimento asfáltico reciclado a menudo resulta en un producto final más económico en comparación con la producción de mezclas asfálticas completamente nuevas. Además, el uso de pavimento reciclado puede acelerar los tiempos de construcción y reparación de carreteras, lo que implica menos interrupciones en el tráfico y una mayor eficiencia en los proyectos de infraestructura vial.

En resumen, la reutilización de pavimento asfáltico reciclado ofrece una solución ambientalmente amigable, socialmente beneficiosa y económicamente viable para la construcción y mantenimiento de carreteras y calles. Esta práctica ayuda a reducir el impacto negativo en el medio ambiente, mejora la calidad de vida de la comunidad y contribuye a una infraestructura vial más sostenible en términos económicos y ambientales.

## REFERENCIAS

- [1] Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974). (s/f). vLex. <https://vlex.com/vid/codigo-naturales-renovables-proteccion-42846062>

- [2] Construal Ingeniería. Materiales de cantera: ¿Qué son los agregados y los pétreos? Construal Ingeniería. <https://construvaling.com/materiales-de-cantera-que-son-los-agregados-y-los-petresos/2020>.
- [3] Editorial La República S. A. S. Cinco departamentos concentran 86,6% del total de la producción de petróleo nacional. Diario La República. Recuperado el 24 de abril de 2022, de <https://www.larepublica.co/economia/cinco-departamentos-concentran-866-del-total-de-la-produccion-de-petroleo-nacional-3217310>
- [4] Universidad EAFIT. Producción del sector minero colombiano. <https://www.eafit.edu.co/escuelas/economiafinanzas/noticias-eventos/Paginas/produccion-del-sector-minero-colombiano.aspx>
- [5] E. K. Medina Palacios, La contaminación del aire, un problema de todos. Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, 67(2), 189-191. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n2.82160> 2019.
- [6] Bogota.gov.co. Así avanza Bogotá en control ambiental de residuos de construcción y demolición. <https://bogota.gov.co/miciudad/ambiente/control-ambiental-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-en-Bogota>.
- [7] G. Tebaldi, E. V. Dave, A. Cannone Falchetto, M. Hugener, D. Perraton, A. Grilli, D. Lo Presti, M. Pasetto, A. Loizos, K. Jenkins, A. Apeageyi, J. Grenfell & M. Bocci, Recommendation of RILEM TC237-SIB: protocol for characterization of recycled asphalt (RA) materials for pavement applications. *Materials and Structures*, 51(6). <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1253-5> 2018.
- [8] M. Bueno, R. Haag, N. Heeb, P. Mikhailenko, L. Boesiger & L. D. Poulidakos, Functional and environmental performance of plant-produced crumb rubber asphalt mixtures using the dry process. *Materials and Structures*, 54(5), 194. <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01790-y> 2021.
- [9] Derecho del Medio Ambiente. Algunas disposiciones sobre el manejo de residuos de construcción y demolición en Colombia. Derecho del Medio Ambiente. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/algunas-disposiciones-sobre-el-manejo-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-en-colombia/2020>.
- [10] S. Moreira, 8 posibles maneras de utilizar los materiales reciclados en la arquitectura y el urbanismo. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/943885/8-posibles-maneras-de-utilizar-los-materiales-reciclados-en-la-arquitectura-y-el-urbanismo-2020>.
- [11] S. Cuervo, Intervienen tres tramos de vía que conduce a vereda de Ciudad Bolívar, en Bogotá. RCN Radio. <https://www.rcnradio.com/bogota/intervienen-tres-Tramos-de-que-conduce-vereda-de-ciudad-Bolivar-en-Bogota>. 2021.
- [12] Hábitat Bogotá. Más de 1.500 personas beneficiadas con el mantenimiento de vías en la mariposa, <https://www.habitatbogota.gov.co/prensa/noticias/mas-1500-personas-beneficiadas-mantenimiento-vias-mariposa-usaquen>.
- [13] R. J. Miranda, Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcm672d/doc/bmfcm672d.pdf> 2010.
- [14] IDU. IDU y UMV unen esfuerzos para el mantenimiento de la malla vial en Bogotá. <https://www.idu.gov.co/blog/boletin-de-prensa-idu-1/post/idu-y-umv-unen-esfuerzos-para-el-mantenimiento-de-la-malla-vial-en-bogota-1412>
- [15] Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial (UAERMV). Instructivo de implementación plan de manejo de tránsito. [https://www.umv.gov.co/portal/wp-content/uploads/2022/07/cartilla\\_2022.pdf](https://www.umv.gov.co/portal/wp-content/uploads/2022/07/cartilla_2022.pdf)
- [16] Vise, C. (s/f). Reciclado de asfalto: técnicas e importancia. Com.mx. Recuperado el 19 de mayo de 2022, de <https://blog.vise.com.mx/reciclado-de-asfalto-tecnicas-e-importancia>

