



UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL

Rehabilitación de vía con mezcla asfáltica modificada

AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A

**INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MODIFICADAS**



**PERIODO:
18 DE ABRIL DE 2023 A 27 DE JUNIO DE 2023**

 <p>UMV UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
--	--	---

Tabla de contenido

Capítulo 1. Introducción	6
1. 1. Localización y descripción del lugar del proyecto	7
1. 2. Objetivo	8
1. 3. Estado del Conocimiento	8
1. 4. Estructura de Pavimento	9
1. 5. Proceso constructivo	10
Instalación de PMT	10
Demolición de la estructura anterior a la del proyecto	11
Excavación	12
Instalación de Rajón para mejoramiento de la subrasante	13
Capítulo 2. Análisis técnico	15
2. 1. Caracterización Previa	15
Mezclas tibias	15
Mezclas con plástico por vía húmeda	18
Mezclas con plástico por vía seca	21
2. 2. Núcleos del tramo de prueba	22
2. 3. Mezcla extraída del tramo de prueba	25
2. 4. Diseño de pavimentos	40
Capítulo 3. Análisis financiero	45
3.1. Mezcla convencional y grano de caucho	45
3.2. Mezcla tibia	46
3.3. Mezclas con plástico por vía húmeda y vía seca	47
Capítulo 4. Análisis ambiental	49
4. 1. Mezclas asfálticas Convencionales	49
4. 2. Mezclas Asfálticas Tibias	51
Análisis de Impacto ambiental	52
4. 3. Mezclas asfálticas con Plásticos	53
Tipos de polietileno producidos en Colombia	55
4. 4. Mezclas asfálticas con Gránulo de Caucho	57
4. 5. Programas distritales asociados con el medio ambiente	58
Bogotá construcción sostenible:	58
Ecurbanismo:	58
Diagnóstico Ambiental Sobre El Manejo De Llantas Y Neumáticos Usados Generados Por El Parque Automotor De Santa Fe De Bogotá:	59
Alternativas y estrategias identificadas	59
Capítulo 5. Análisis social	61
5. 1. Mezclas tibias, mezclas con plástico por vía húmeda y vía seca	61
Impacto a la comunidad y personal involucrado	61
Alcance a los Objetivos de Desarrollo Sostenible	61
Fin de la pobreza	63

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Disponer de los recursos financieros para mantener la estrategia de reducción del gasto en transporte público.	65
Igualdad de genero.....	66
Mujeres en posiciones de liderazgo en el estado colombiano	68
Trabajo decente y crecimiento económico	68
Empleo incluyente	69
Industria innovación e infraestructura	69
Infraestructuras Sostenibles e Inclusivas y Aumentar la investigación y actualizar las tecnologías industriales	70
Facilitar el desarrollo de infraestructura sostenible	71
Ciudades y comunidades sostenibles.....	71
Plan de Ordenamiento Territorial	72
Producción y consumo responsable.....	73
Cero y bajas emisiones 2023-2040	73
Minimizar impacto ambiental de las ciudades	74
Acciones por el clima	75
Paz justicia e instituciones solidas.....	76
Conclusiones.....	78
Bibliografía.....	80

Lista de Figuras

Capítulo 1 Introducción

Figura 1. 1. Ubicación del proyecto.	7
Figura 1. 2. Estado inicial de la Avenida carrera 96 con calle 66a.	7
Figura 1. 3. Análisis con microscopio electrónico de Barrido de una mezcla asfáltica modificada con poliestireno expandido. Tomado de (Nciri et al., 2020).	8
Figura 1. 4. Desempeño de la Mezcla Asfáltica Tibia (WMA) vs Mezcla Asfáltica Convencional (HMA). Adaptado de (Aho et al., 2016).	9
Figura 1. 5. Estructura de Pavimento de cada uno de los tramos.	10
Figura 1. 6. Instalación de Plan de Manejo de Tránsito.	10
Figura 1. 7. Cerramiento del tramo.....	11
Figura 1. 8. Fresado de la carpeta asfáltica.....	11
Figura 1. 9. Excavación del remanente del fresado.....	12
Figura 1. 10. Excavación del tramo.....	12
Figura 1. 11. Excavación manual del tramo.	13
Figura 1. 12. Rajón agrupado para realizar instalación.	13
Figura 1. 13. Instalación de rajón para mejoramiento de la subrasante.....	14
Figura 1. 14. Avance de la instalación del mejoramiento de la subrasante.....	14

Capítulo 2 Análisis técnico

Figura 2. 1. Densidad Bulk de mezclas tibias	16
Figura 2. 2. Expansión Mezclas Tibias.....	17
Figura 2. 3. Resistencia a la Tracción Indirecta en mezclas Tibias.....	17
Figura 2. 4. Susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas tibias.....	18
Figura 2. 5. a) Resistencia a la tracción indirecta, b) susceptibilidad al daño por humedad en mezclas asfálticas modificadas con plástico por vía húmeda.....	20
Figura 2. 6. Espesores de carpetas según los núcleos extraídos	22
Figura 2. 7. Densidad específica Bulk de los núcleos extraídos	23
Figura 2. 8. Porcentaje de compactación según los Núcleos Extraídos	24
Figura 2. 9. Porcentaje de vacíos con aire según los Núcleos Extraídos.....	25
Figura 2. 10. Gravedad específica Bulk de las mezclas extraídas.....	26
Figura 2. 11. Porcentaje de vacíos con aire de las mezclas extraídas.....	26
Figura 2. 12. Porcentaje de vacíos en agregados de las mezclas extraídas	27
Figura 2. 13. Estabilidad de las mezclas extraídas	28
Figura 2. 14 Flujo de las mezclas extraídas.....	28
Figura 2. 15. Relación Estabilidad - Flujo de las mezclas extraídas	29
Figura 2. 16. Relación Llenante - Ligante de las mezclas extraídas	30
Figura 2. 17. Índice de película delgada de las mezclas extraídas	31
Figura 2. 18. Susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas extraídas.....	31
Figura 2. 19. Módulo Resiliente (Mr) de las mezclas extraídas a)Mr a 5°C, b)Mr a 20°C, c)Mr a 40°C, d)Mr a 2.5Hz	33
Figura 2. 20. Módulo Dinámico de las mezclas extraídas a)5°C, b)25°C, c)40°C	34
Figura 2. 21. Ángulo de Fase de las mezclas extraídas a) δ 5°C, b) δ 25°C, c) δ 40°C.....	35

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Figura 2. 22. Deformación plástica de las mezclas extraídas.....	36
Figura 2. 23. Leyes de Fatiga de las mezclas extraídas.....	37
Figura 2. 24. Deformación al millón de ciclos de las mezclas extraídas.....	37
Figura 2. 25. Ciclos de falla para una deformación de 250 $\mu\epsilon$	38
Figura 2. 26. Parámetros normalizados de las mezclas extraídas.....	39
Figura 2. 27. Metodología AASHTO de diseño de pavimentos flexibles.....	41
Figura 2. 28. Metodología para hacer Retro cálculo en el diseño AASHTO de pavimentos flexibles.....	42
Figura 2. 29. Ejes equivalentes según Retro Cálculo.....	42
Figura 2. 30. Proyección del tránsito en la zona de estudio.....	43
Figura 2. 31. Años de servicio de las mezclas según Retro Cálculo.....	43
Capítulo 3 Análisis financiero	
Figura 3. 1. Sistema de Información de Precios de Referencia (IDU, 2023).....	45
Figura 3. 2. Resistencia a la deformación plástica Mezcla Convencional Vs Mezcla con grano de caucho.....	46
Capítulo 4 Análisis ambiental	
Figura 4. 1. Diagrama de Flujo de Producción de una mezcla asfáltica.....	51
Figura 4. 2. Clasificación de productos y técnicas para mezclas tibias.....	52
Figura 4. 3. Emisión de gases de efecto invernadero de las mezclas asfálticas.....	53
Figura 4. 4. Emisiones anuales de CO ₂ de la producción de plásticos para el año 2050.....	55
Figura 4. 5. Temperatura promedio diaria mundial.....	56
Figura 4. 6. Ciclo de vida de un pavimento.....	57
Figura 4. 7. Contribución relativa de las diferentes fases del ciclo de vida de las mezclas asfálticas modificadas con caucho.....	58
Capítulo 5 Análisis social	
Figura 5. 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	62
Figura 5. 3. Alcaldía de Bogotá y Gobierno de Colombia.....	63
Figura 5. 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	63
Figura 5. 5. Pobreza monetaria por departamentos.....	64
Figura 5. 6. Concentración pobreza monetaria Bogotá y Mapa de hogares beneficiarios ...	64
Figura 5. 7. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	66
Figura 5. 8. Manzanas de cuidado.....	67
Figura 5. 9. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	68
Figura 5. 10. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	69
Figura 5. 11. UMV en los ODS.....	70
Figura 5. 12. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	71
Figura 5. 13. POT-Bogotá Verdece 2022-2035.....	72
Figura 5. 14. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	73
Figura 5. 15. Temperatura de mezcla vs. Combustible.....	74
Figura 5. 16. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	75
Figura 5. 17. Contribución Nacionalmente determinada de Colombia GEI.....	76
Figura 5. 18. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global.....	76

Lista de tablas

Capítulo 2 Análisis técnico

Tabla 2. 1. Resultados plan experimental Mezclas Tibias	16
Tabla 2. 2. Propiedades Asfalto modificado con plástico	19
Tabla 2. 3 Resultados plan experimental mezclas modificadas con plástico por vía húmeda	20
Tabla 2. 4 Resultados plan experimental mezclas modificadas con plástico por vía seca ...	21

Capítulo 3 Análisis financiero

Tabla 3. 1. Costo del tramo con mezcla convencional y grano de caucho	45
Tabla 3. 2. Costo del tramo con mezclas tibias.	46
Tabla 3. 3. Costo del tramo mezclas con plástico.	47

Capítulo 4 Análisis ambiental

Tabla 4. 1. Condiciones de referencia para la mezcla asfáltica convencional.....	49
Tabla 4. 2. Dióxido de carbono emitido por la construcción inicial.	50
Tabla 4. 3. Emisión de CO2 a partir del combustible de la planta de producción de la mezcla asfáltica.	50
Tabla 4. 4. Distancia de transporte de materiales. Adaptado de Belc et al. (2021).....	52
Tabla 4. 5. Tipos de plástico según su código. Adaptado de Giustozzi et al (2011).....	54

Capítulo 5 Análisis social

Tabla 5. 1. Cumplimiento de ODS	62
Tabla 5. 2. Hábitos comunes y efectos en la conducción	65
Tabla 5. 3. Preguntas ODS 1	66

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Capítulo 1. Introducción

En el año 1997 se aprueba el protocolo de Kioto, un protocolo de la convención del marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático “con miras a reducir el total de sus emisiones de los gases de efecto invernadero a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990” (ONU, 1998).

En respuesta al Protocolo de Kioto, se han desarrollado nuevas tecnologías para reducir el impacto ambiental en la construcción de pavimentos flexibles. Una de estas innovaciones es la fabricación de mezclas asfálticas a temperaturas más bajas que las convencionales. Esto ha resultado en una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y en la disminución de los “humos azules” emitidos por las mezclas asfálticas convencionales, mejorando así las condiciones de trabajo para los trabajadores que instalan las mezclas asfálticas en caliente.

Para reducir la temperatura de mezclado, se han desarrollado aditivos que modifican la reología del asfalto, como ceras y productos químicos. Estos productos se comercializan bajo diversas marcas y están respaldados por investigaciones que demuestran su efectividad y utilidad.

Los plásticos son polímeros que pueden ser moldeados mediante la aplicación de temperatura y presión. Son comunes en objetos de la vida cotidiana debido a su bajo costo de producción. Sin embargo, su degradación es un problema ya que no se conoce con certeza cuánto tiempo tardan en descomponerse. Se cree que los plásticos producidos en la década de 1960, cuando comenzó su producción masiva, aún existen hoy en día.

En busca de una solución a la problemática de la producción masiva de plásticos de un solo uso, se ha considerado añadir plástico a las mezclas asfálticas convencionales para modificar sus propiedades, al igual que se ha hecho con las mezclas asfálticas tibias.

1. 1. Localización y descripción del lugar del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la Avenida carrera 96 entre calles 65 y 66a, en el Barrio Los Ángeles de la localidad de Engativá, en la ciudad de Bogotá D.C. La Figura 1. 1 muestra la ubicación del proyecto y la Figura 1. 2 ilustra en primer plano el estado inicial del proyecto.



Figura 1. 1. Ubicación del proyecto.



Figura 1. 2. Estado inicial de la Avenida carrera 96 con calle 66a.

1. 2. Objetivo

Construir en la localidad de Engativá un tramo de piloto con mezclas asfálticas modificadas con gránulo de caucho, polietileno de baja densidad por vía húmeda, poliestireno expandido por vía seca, mezclas asfálticas tibias y una mezcla asfáltica convencional tipo MDC-19.

1. 3. Estado del Conocimiento

En los últimos años, los investigadores han demostrado que el poliestireno expandido tiene una buena compatibilidad con el poliestireno expandido. El análisis con microscopio electrónico de barrido (SEM) realizado por Nciri et al. (2020) se muestra en la Figura 1. 3, en donde se observa que las partículas de poliestireno expandido se han adherido a la estructura del asfalto.

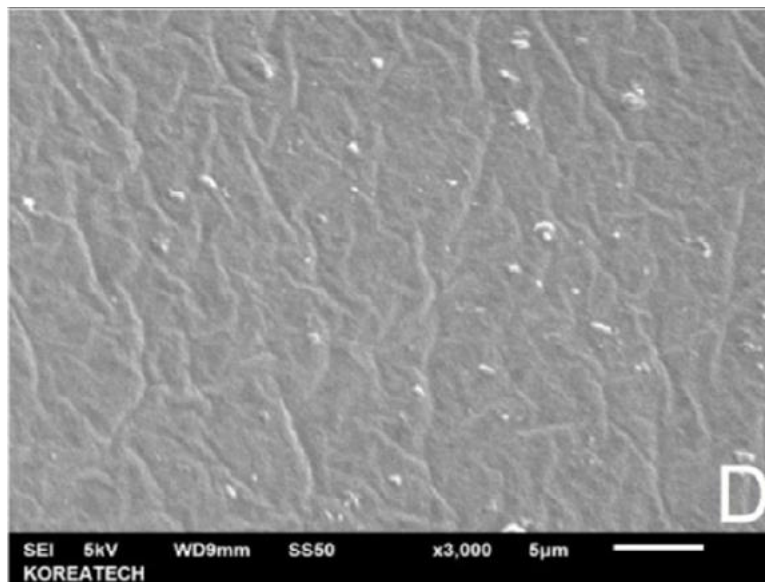


Figura 1. 3. Análisis con microscopio electrónico de Barrido de una mezcla asfáltica modificada con poliestireno expandido. Tomado de (Nciri et al., 2020).

Las mezclas asfálticas tibias han demostrado ser más resistentes al envejecimiento, pues al fabricarse a una menor temperatura, sus aceites se consumen menos en el momento de la producción de la mezcla asfáltica. En los Estados Unidos de América, más concretamente en el Aeropuerto Internacional Logan de Boston, se han venido llevando a cabo proyectos de instalación de mezclas asfálticas tibias (WMA) para investigar su comportamiento desde el año 2006 (Aho et al., 2016). En su investigación, Aho et al. (2016) hablan de los beneficios que tienen las mezclas asfálticas tibias, entre los que están el ahorro de combustible, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, el aumento del tiempo en el que podrá ser transportada e instalada la mezcla asfáltica, entre otros.

Para los tramos de prueba que se realizaron en el Aeropuerto Internacional Logan de Boston, las mezclas asfálticas tibias que se instalaron se modificaron con Sasobit e incorporaron entre

un 15 y 20 % de RAP. La Figura 1. 4 muestra el cambio del Índice de condición del pavimento (PCI) a través de los años de servicio de las mezclas asfálticas tibias vs las mezclas asfálticas calientes a través de los años, donde se demuestra que el concreto asfáltico tibio tiene una mayor durabilidad que las mezclas asfálticas fabricadas a temperaturas convencionales.

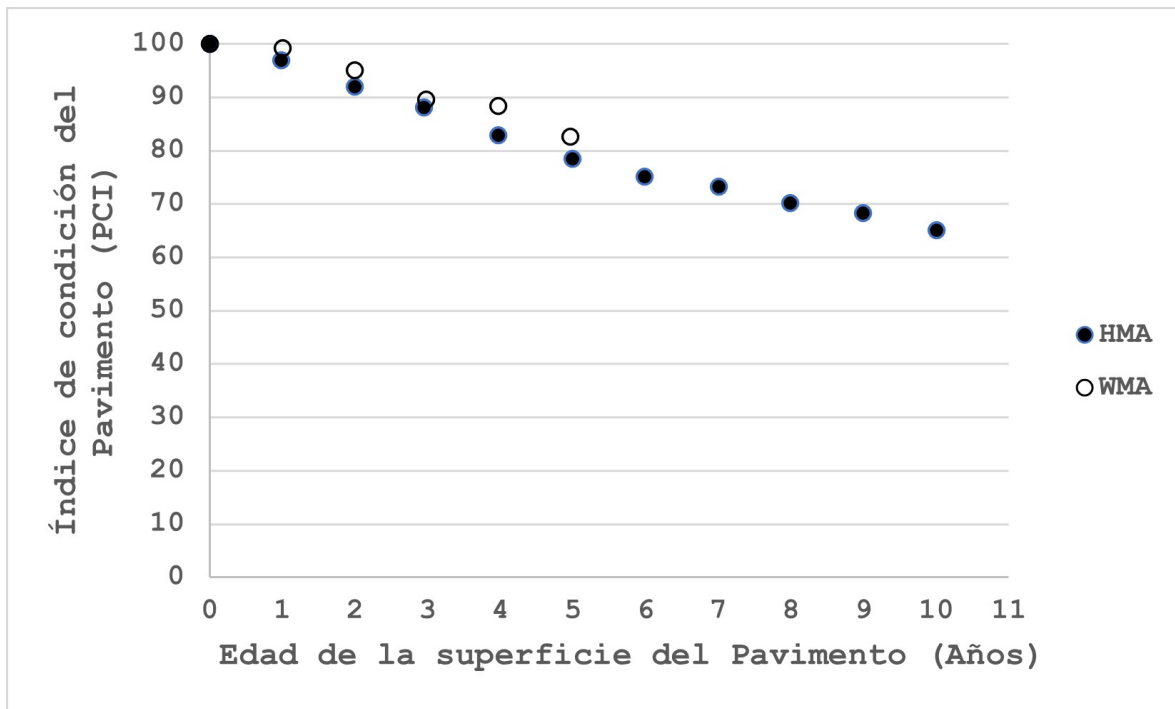


Figura 1. 4. Desempeño de la Mezcla Asfáltica Tibia (WMA) vs Mezcla Asfáltica Convencional (HMA). Adaptado de (Aho et al., 2016).

1. 4. Estructura de Pavimento

Para la rehabilitación de la carrera 96 entre las calles 65 y 66a, se utilizó la estructura de pavimento ilustrada en la Figura 1. 5. La principal diferencia entre las estructuras de pavimento radica en su carpeta de rodadura, que puede ser de hasta cinco tipos diferentes de mezclas: mezcla asfáltica modificada con gránulo de caucho, mezcla asfáltica modificada con polietileno de baja densidad por vía húmeda, mezcla asfáltica modificada con

poliestireno expandido por vía seca, mezcla asfáltica tibia modificada con Evotherm y una mezcla asfáltica convencional.

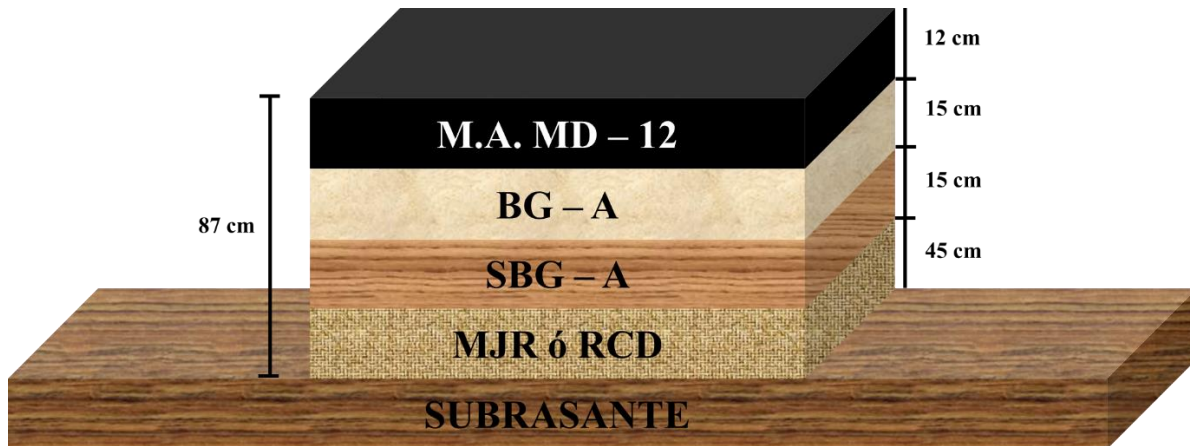


Figura 1. 5. Estructura de Pavimento de cada uno de los tramos.

De acuerdo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la estructura de pavimento en general de abajo hacia arriba consta de una subrasante o suelo natural, un mejoramiento con 45 cm de rajón, 15 cm de subbase granular tipo A, 15 cm base granular tipo A y 12 cm de carpeta de rodadura.

1. 5. Proceso constructivo

Para hablar del proceso constructivo, se debe hablar inicialmente sobre la instalación del Plan de manejo de tránsito:

Instalación de PMT

Como se observa en la Figura 1. 6, la instalación del PMT se realizó inicialmente a partir de un cierre parcial de la vía, teniendo un paso peatonal provisional.



Figura 1. 6. Instalación de Plan de Manejo de Tránsito.

En la Figura 1. 7, se muestra el cerramiento que se le realizó al tramo inicialmente. Posteriormente y dado que la vía iba a ser intervenida en su totalidad, se hizo un cerramiento total de la vía.



Figura 1. 7. Cerramiento del tramo.

Demolición de la estructura anterior a la del proyecto

Para el retiro de la carpeta asfáltica existente, se realizó un fresado del material como se puede ver en la Figura 1. 8.



Figura 1. 8. Fresado de la carpeta asfáltica.

Posteriormente, para el retiro del remanente del fresado, se utilizó una retroexcavadora tipo pajarita. Lo anterior, con el fin de poder realizar la excavación pertinente, para poder alcanzar las profundidades que requiere la estructura de pavimento del proyecto. La Figura 1. 9 evidencia lo anteriormente expuesto.



Figura 1. 9. Excavación del remanente del fresado.

Excavación

Una vez retirado el remanente del fresado, se excava para alcanzar la cota necesaria para la estructura de pavimento. En la Figura 1. 10 se muestra lo dicho anteriormente.



Figura 1. 10. Excavación del tramo.

Para evitar rotura de tuberías se realizó una excavación manual en los sectores donde se tenía presente la localización de éstas, como se observa en la Figura 1. 11.



Figura 1. 11. Excavación manual del tramo.

Instalación de Rajón para mejoramiento de la subrasante

Dado que la capacidad portante de la subrasante requería un mejoramiento, se instalaron 45 cm de rajón, como se evidencia en la Figura 1. 12 muestra el agrupamiento del rajón previo a su instalación y en la Figura 1. 13 se observa la instalación del rajón y el material que se utilizó para rellenar los vacíos de este mejoramiento.



Figura 1. 12. Rajón agrupado para realizar instalación.



Figura 1. 13. Instalación de rajón para mejoramiento de la subrasante.

La Figura 1. 14 muestra el avance de la instalación del mejoramiento de la subrasante, se observa que se utilizó personal de obra para ubicar el material, de tal manera que la cantidad de vacíos que pudiera dejar la construcción fuera lo menor posible.



Figura 1. 14. Avance de la instalación del mejoramiento de la subrasante.

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Capítulo 2. Análisis técnico

Los materiales naturales, así como los productos de fabricación humana cuentan con propiedades físicas y mecánicas que denotan su comportamiento. Como consecuencia de esto, se han desarrollado diferentes ensayos técnicos que permiten conocer sus características físicas y mecánicas. Realizados los ensayos, es necesario efectuar un análisis técnico que permita estimar su desempeño para el uso propuesto.

Para el análisis técnico se tiene como parámetros de referencia el diseño de pavimentos con sus respectivas solicitudes técnicas, de este modo, las mezclas empleadas a continuación se evalúan teniendo en cuenta los requisitos estipulados para una mezcla asfáltica MD-12 (IDU-ET-11), equivalente a una mezcla MD-19 (IDU-ET-18) con un nivel de tránsito T2 según los ejes equivalentes de diseño (IDU-ET-18).

Considerando la información presentada anteriormente, este capítulo cuenta con el análisis técnico de las mezclas instaladas en el tramo piloto de la carrera 96 entre calles 65 y 66A: mezclas de estudio (mezclas asfálticas tibias, mezclas asfálticas modificadas con plástico de baja densidad por vía seca y mezclas asfálticas modificadas con plástico de baja densidad por vía húmeda) y mezclas de control (mezcla con grano de caucho reciclado por vía húmeda y mezcla convencional).

2. 1. Caracterización Previa.

Como parte del plan de ensayos se cuenta con información previa como: diseños de mezcla y características del asfalto modificado de las mezclas de estudio.

Mezclas tibias

Una de las alternativas que existe al momento de emplear mezclas tibias es la inclusión de aditivos reductores de temperatura en un asfalto convencional, con lo cual se logra disminuir la temperatura de mezclado y compactación manteniendo viscosidades adecuadas que garanticen la correcta trabajabilidad de la mezcla. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un diseño que identifique las características de la mezcla que permita estimar su contenido óptimo de aditivo.

Para el diseño de mezcla se realizaron ensayos de laboratorio con una muestra patrón en caliente (0% de aditivo), seguido de mezclas con 0.3%, 0.5% y 0.7% de contenido del aditivo químico. Todas las muestras se fabricaron con granulometrías MD-12. Los resultados obtenidos de este plan experimental se resumen en la siguiente Tabla 2. 1.

Tabla 2. 1. Resultados plan experimental Mezclas Tibias

Parámetro	Unidad	Resultado				□	s	COV
		0.0% Aditivo	0.3% Aditivo	0.5% Aditivo	0.7% Aditivo			
Temperatura de mezclado	°C	160	160	140	140	-	-	-
Gravedad específica Bulk	()	2175	2171	2157	2166	2167	7.76	0%
Vacíos	%	6.5	6.7	7.3	6.8	6.83	0.34	5%
Expansión	%	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.14	28%
Resistencia a la tensión indirecta (Seco)	kPa	1001.9	956.6	849.4	781.6	897.38	100.2	11%
Resistencia a la tensión indirecta (Humedo)	kPa	909.1	960.8	736.1	651.9	814.48	144.8	18%
Resistencia Conservada	%	90.7	100.4	86.7	83.4	90.3	7.37	8%

De los resultados previos, se obtiene la Figura 2. 1 donde se evidencia que la inclusión del aditivo químico no tiene mayor incidencia en la gravedad específica de la mezcla, obteniendo resultados similares entre la mezcla patrón y las mezclas con aditivos. La densidad máxima teórica (línea discontinua) se encuentra un 6% por encima de las densidades obtenidas de cada una de las mezclas. A su vez, el porcentaje de vacíos de la mezcla no presenta mayores afectaciones con la inclusión del aditivo químico variando en un rango de 6.5%, 6.7%, 7.3% y 6.8% con diferentes concentraciones de aditivo. Por lo anterior, se puede inferir que, la presencia del aditivo químico no afecta negativamente la trabajabilidad de la mezcla.

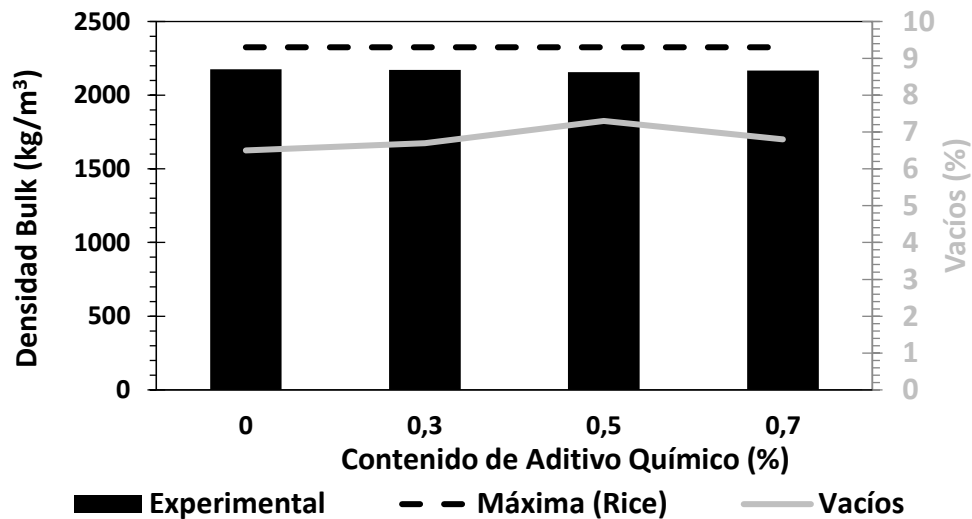


Figura 2. 1. Densidad Bulk de mezclas tibias

En la Figura 2. 2 se muestra que la expansión incrementa de 0.3% a 0.5%, cuando se involucra el aditivo en la mezcla asfáltica, no obstante, esto no constituye un inconveniente debido a que los valores de expansión siguen siendo inferiores al 5%.

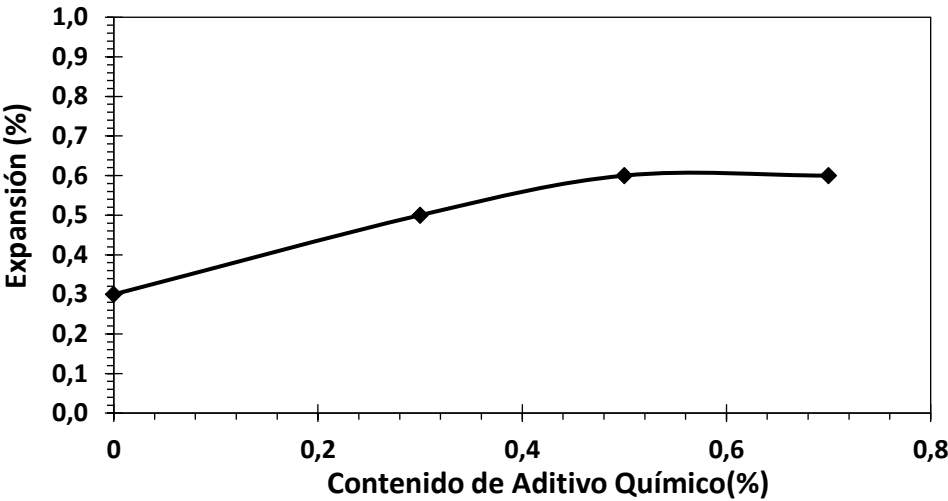


Figura 2. 2. Expansión Mezclas Tibias

La resistencia a la tracción indirecta de las mezclas muestra una disminución conforme aumenta la inclusión del aditivo químico, esta disminución se ve principalmente acentuada en la resistencia a la tracción indirecta en estado húmedo Figura 2. 3. En línea con lo anterior, en la Figura 2. 4 se observa una disminución de la resistencia conservada para los contenidos de 0.5% y 0.7% de aditivo químico. No obstante, aunque se refleja una disminución de este parámetro, la mezcla cuenta con más del 80% de resistencia conservada como lo solicita la especificación IDU ET 620-18 para mezclas asfálticas en caliente como la IDU ET-627-18 para mezclas tibias.

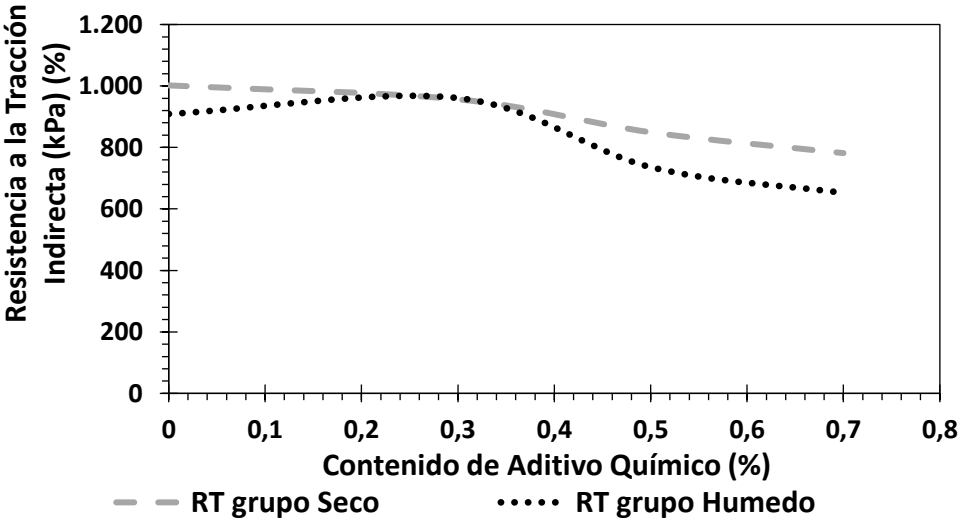


Figura 2. 3. Resistencia a la Tracción Indirecta en mezclas Tibias

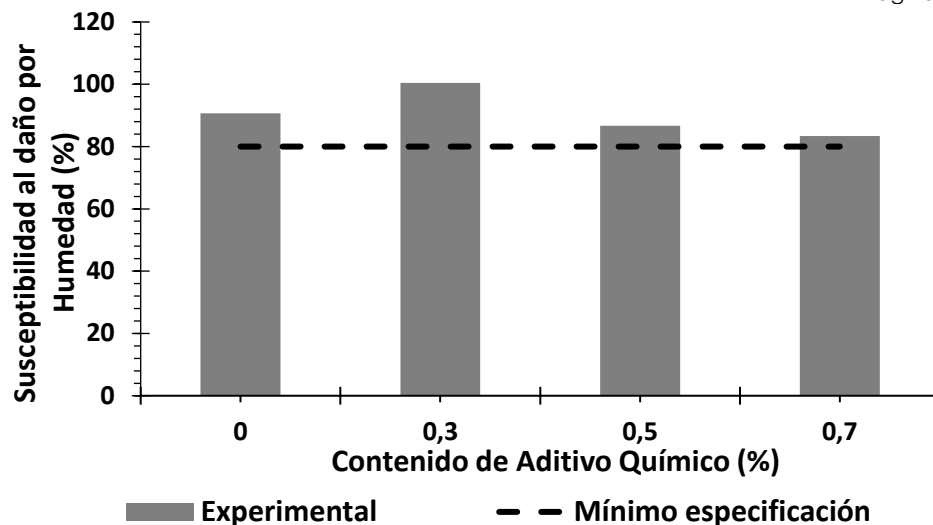


Figura 2. 4. Susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas tibias

Del diseño de mezcla se pudo identificar que los contenidos evaluados permiten un correcto desempeño en términos de resistencia a la tracción indirecta y resistencia conservada, de esta forma las tres dosificaciones son aptas para ser implementadas desde el punto de vista mecánico, sin embargo, el alto porcentaje de vacíos alcanzado puede llegar a ser un impedimento para el correcto desempeño de la mezcla. De este modo para identificar el porcentaje óptimo de aditivo químico, se tuvo en cuenta la recomendación del fabricante de incluir un 0.5% de su aditivo para la fabricación e instalación de la mezcla tibia.

Mezclas con plástico por vía húmeda

Con el pasar del tiempo, los pavimentos asfálticos han venido sufriendo modificaciones importantes con el ánimo de mejorar su comportamiento poniéndolos al nivel de las nuevas solicitaciones del tránsito. En este sentido, la adición de polímeros ha cobrado importancia, permitiendo mejorar algunas características mecánicas del pavimento, sin embargo, esta labor se ha visto opacada por el alto costo que tienen los polímeros vírgenes. En este sentido, hace algunas décadas se viene planteando el uso de plásticos reciclados que tengan las mismas bondades que los polímeros vírgenes, pero a bajos costos.

Por esta razón, se presenta la necesidad de realizar un análisis técnico que permita conocer de primera mano el comportamiento de una mezcla asfáltica con adición de polímeros o plásticos reciclados, teniendo en cuenta que, la inclusión de plásticos dentro de una mezcla asfáltica puede hacerse por vía seca o vía húmeda, siendo la última objeto de análisis en el presente capítulo.

La inclusión de plásticos por vía húmeda requiere que el plástico sea adicionado directamente dentro del asfalto, generando un asfalto modificado, el cual será mezclado posteriormente con los agregados para dar paso a la mezcla asfáltica. De este modo, el primer paso para la evaluación de la mezcla asfáltica es la ejecución de ensayos de laboratorio al asfalto

modificado Tabla 2. 2 que permitan conocer sus características físicas y mecánicas con el fin de extrapolar este conocimiento a la mezcla asfáltica.

Tabla 2. 2. Propiedades Asfalto modificado con plástico

Ensayo	Unidad	Resultado
Viscosidad a 60°C	Pa-s	334.7
Viscosidad a 135°C	Pa-s	0.51
Penetración 25°C, 100g, 5s	mm/10	77
Punto de Ablandamiento	°C	53
Índice de penetración		0.7
Ductilidad, 25°C, 5cm/min	cm	23
Punto de Inflamación	°C	249
Punto de Combustión	°C	280
Densidad	Kg/m ³	998

Según la especificación técnica IDU ET-201-18 asociada a asfaltos modificados con polímeros, el asfalto modificado con plásticos se clasifica como un asfalto tipo I o tipo II, según su bajo punto de ablandamiento, mientras que, por su grado de penetración, se puede asociar con un asfalto tipo IV. Según esta clasificación este tipo de asfaltos es ideal para su incorporación dentro de mezclas densas, semidensa y gruesas, mezclas drenantes y discontinuas en caliente. De este mismo modo, se tiene que los asfaltos Tipo II son ideales con niveles de tránsito T3.

De otra parte, según el artículo 414 -22 del INVIAS asociado con asfaltos modificados, este asfalto puede considerarse como un (Cemento Asfáltico Modificado) CAM 3 o 4 por su punto de ablandamiento o como un CAM 6 por su índice de penetración. En este sentido, se tiene que los CAM 4 son ideales para mezclas asfálticas de tipo drenante en climas cálidos con índices de tránsito elevados, los CAM 3 son adecuados en mezclas drenantes, discontinuas, densas, semidensas y gruesas en caliente y los CAM 6 son para usos de mezclas antirreflectivas de grietas o riegos en caliente para membranas de absorción de esfuerzos.

Por otra parte, se tiene que la ductilidad a 25°C es baja en comparación con un asfalto virgen, este fenómeno se entiende por la inclusión de plásticos reciclados que pueden servir de refuerzo al asfalto creando lazos que favorezcan la rigidez del material. Finalmente, los resultados obtenidos y según las clasificaciones del IDU y el INVIAS, es viable la implementación de este asfalto dentro de una mezcla asfáltica MD-12 o MD-19.

Posterior a la evaluación del asfalto modificado, se procede a elaborar una mezcla asfáltica con inclusión de plástico por vía húmeda, la cual se evalúa siguiendo la metodología Marshall alcanzando los siguientes resultados.

Tabla 2. 3 Resultados plan experimental mezclas modificadas con plástico por vía húmeda

Parámetro	Norma de ensayo	Unidades	Resultado	Requisito IDU ET -620-18
Contenido de asfalto	INV E 732-13	%	6,10	N/A
Estabilidad	INV E 748-13	N	16633	Mínimo 7500
Flujo	INV E 748-13	mm	2,50	2,00-4,00
Vacíos con Aire	INV E 735-13	%	5,40	4,00-6,00
Vacíos en agregado mineral	INV E 799-13	%	16,17	Mínimo 15
Relación llenante/ligante efectivo	INV E 717-13	.	1,20	0,8-1,2
índice de película de asfalto	INV E 745-13	mm	10,60	Mínimo 7,5
Gravedad específica máxima teórica	INV E 735-13	.	2,34	N/A
Densidad específica Bulk	INV E 733-13	kg/m3	2209	N/A

De la Tabla 2. 3 se puede ver que los resultados obtenidos de la mezcla asfáltica son contrastados con los requisitos de la especificación IDU ET-620-18 asociada con mezclas asfálticas densas en caliente, de este modo se puede ver que la mezcla con plástico por vía húmeda tiene un comportamiento adecuado y cumple con suficiencia los parámetros de Estabilidad, porcentaje de vacíos en agregados minerales e índice de película delgada, así mismo, el Flujo, porcentaje de vacíos con aire y relación de llenante y ligante efectivo se encuentran dentro de los rangos indicados en la especificación.

Adicional al análisis anterior, en la Figura 2. 5 se visualizan los resultados de la susceptibilidad al daño por humedad en muestras fabricadas con mezcla asfáltica modificada con plástico por vía húmeda.

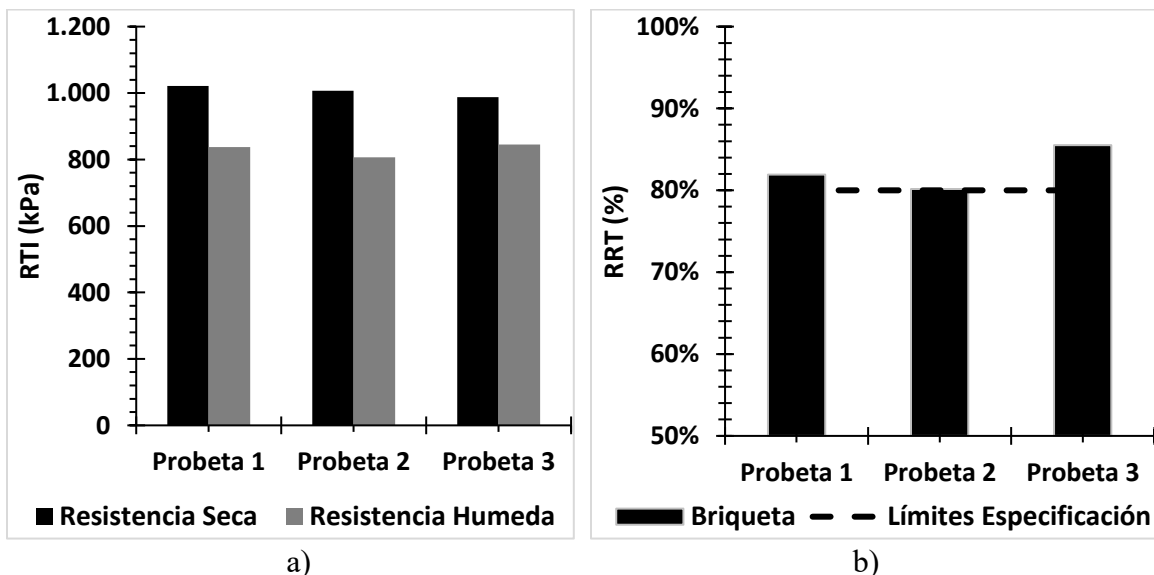


Figura 2. 5. a) Resistencia a la tracción indirecta, b) susceptibilidad al daño por humedad en mezclas asfálticas modificadas con plástico por vía húmeda

En la Figura 2. 5(a) se puede ver que la resistencia a la tracción indirecta del grupo seco se encuentra del orden de 1000 kPa mientras que la resistencia del grupo húmedo es del orden de 820 kPa, del mismo modo, en la Figura 2. 5(b) se evidencia que el valor de la susceptibilidad al daño por humedad de la mezcla supera el valor del 80% (línea punteada) solicitada en la especificación IDU ET-620-18, de este modo, es posible concluir que la mezcla no tiene mayor afectación de sus características cuando existe presencia de agua.

Finalmente, de la evaluación previa, es posible concluir que la mezcla asfáltica fabricada con adición de plástico por vía húmeda cumple con los requisitos de la especificación IDU-ET-620-18, por lo cual cuenta con características adecuadas para su instalación en el tramo de prueba.

Mezclas con plástico por vía seca

Como se menciona en la sección anterior, los pavimentos asfálticos son candidatos para la incorporación de plásticos post consumo que permitan modificar las propiedades de la mezcla, en este sentido, dentro de la presente sección se abarca la adición de plásticos por vía seca. Para la incorporación de plásticos por vía húmeda, este material ingresa directamente a modificar el asfalto, por el contrario, en la adición por vía seca, el plástico es involucrado en la mezcla por aparte del asfalto, es decir, como si fuera un agregado más.

El plan de ensayos previo a la instalación de la mezcla comprende una evaluación de las características mecánicas de la mezcla siguiendo la metodología Marshall, de esta forma, en la Tabla 2. 4 se presentan los resultados de los ensayos contrastados con las exigencias de la especificación IDU ET-620 asociada a mezclas asfálticas densas en caliente.

Tabla 2. 4 Resultados plan experimental mezclas modificadas con plástico por vía seca

Parámetro	Norma de ensayo	Unidades	Briqueta Probeta 1	Requisito especificación
Estabilidad	INV E 748-13	N	17180	Mínimo 7500
Flujo	INV E 748-13	mm	3,82	2,00-4,00
Vacíos con Aire	INV E 735-13	%	5,97	4,00-6,00
Gravedad específica	INV E 735-13	.	2,33	N/A

De los parámetros evaluados, la estabilidad de la mezcla destaca, sobrepasando con suficiencia el requerimiento de las especificaciones IDU ET-620-18 (mínimo 7500), debido a este buen comportamiento, es posible evaluar esta característica frente a la especificación IDU-ET-621-18 (Mezclas de alto módulo), encontrando que la mezcla está por encima de los 10.000 N que exige esta especificación.

Los resultados de flujo y vacíos con aire se encuentran dentro de los límites marcados en la especificación IDU ET-620-18, evidenciando que la mezcla cuenta con las características necesarias para su utilización como mezcla MD-12 con nivel de tránsito T2. Por último, se tiene que la gravedad específica de la mezcla alcanza valores superiores a 2.30, o que indica

que la mezcla tiene una densidad alta, lo cual favorece la resistencia del material, este resultado es consistente con los altos valores de estabilidad encontrados en la mezcla.

2. 2. Núcleos del tramo de prueba.

Una vez realizada la evaluación mecánica de las mezclas en laboratorio, se procede con su instalación en campo, para esto, se dispuso de un tramo de prueba ubicado en la avenida carrera 96 entre calles 65 y 66A. Como parte del ejercicio, el tramo se dividió en cinco secciones donde se instalaron mezclas tibias, mezclas con adición de plástico por vía húmeda y mezclas con adición de plástico por vía seca, adicionalmente, para tener materiales ampliamente estudiados que sirvan como referencia, se instalaron una mezcla con asfalto grano de caucho y una mezcla convencional MD-12.

Con el fin de conocer las características de las mezclas instaladas, se genera un plan experimental que comprende la extracción de cuatro muestras por cada mezcla instalada. La Figura 2. 6 muestra el espesor de los núcleos recolectados contrastados con el espesor de 12 cm (línea punteada) requerido por el diseño de pavimentos. Este análisis permite identificar que todas las mezclas superan con suficiencia el requisito, siendo la más crítica la mezcla con asfalto grano de caucho con espesores desde 12.3 cm hasta 14cm, mientras que el mayor espesor lo alcanza la mezcla de plástico por vía seca con valores de 15.2cm y 15.8cm.

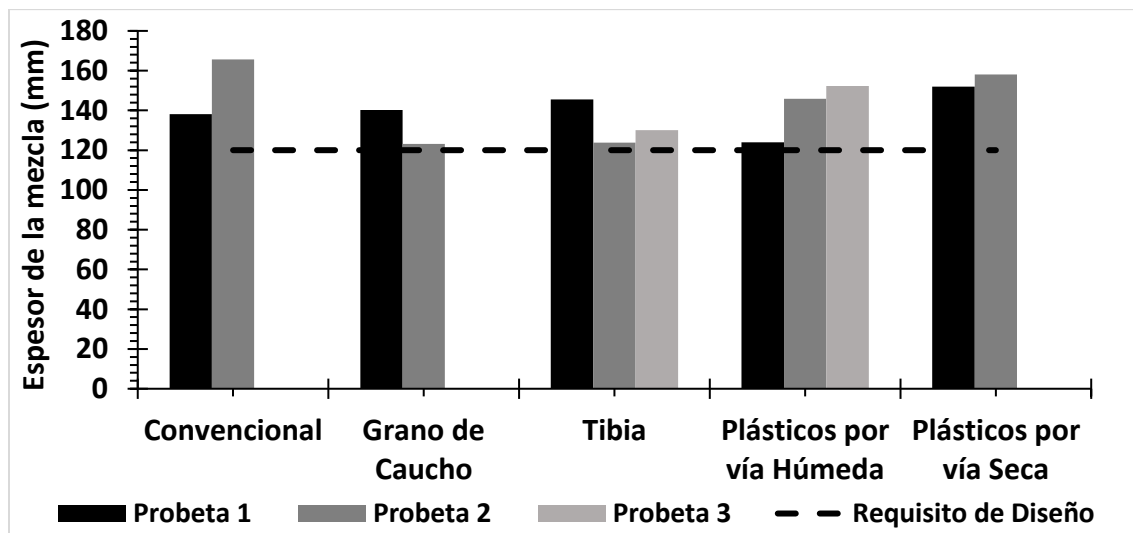


Figura 2. 6. Espesores de carpetas según los núcleos extraídos

Del análisis estadístico de los datos se tiene que la mezcla convencional es la que presenta mayor dispersión con un coeficiente de variación (COV) superior a 12%, seguido por la mezcla con adición de plástico por vía húmeda y la mezcla con asfalto grano de caucho con coeficientes de variación de 10.5% y 9.2%. De esta forma se puede ver que entre mayor sea el coeficiente de variación del espesor, más irregular puede llegar a ser este mismo dentro de la mezcla.

Otro aspecto evaluado es la densidad específica Bulk cuyo resultado se muestra en la Figura 2. 7, este aspecto no cuenta con parámetro de referencia en especificaciones ni en el diseño de pavimentos, en este sentido, se comparan las densidades de las diferentes mezclas, encontrando que los menores valores son asociados a la mezcla convencional con 2120 kg/m³ aproximadamente, en contraste con las mezclas con asfalto grano de caucho y mezclas con plástico por vía húmeda con 2200 kg/m³ aproximadamente.

En cuanto al análisis estadístico de este parámetro, se puede ver que el coeficiente de variación de cada subgrupo es inferior a 2.7%, denotando valores consistentes de densidad para cada mezcla, en este mismo sentido, se tiene que la dispersión de las densidades entre una mezcla y otra es bastante baja, lo cual se apoya en un coeficiente de variación de 2.1%.

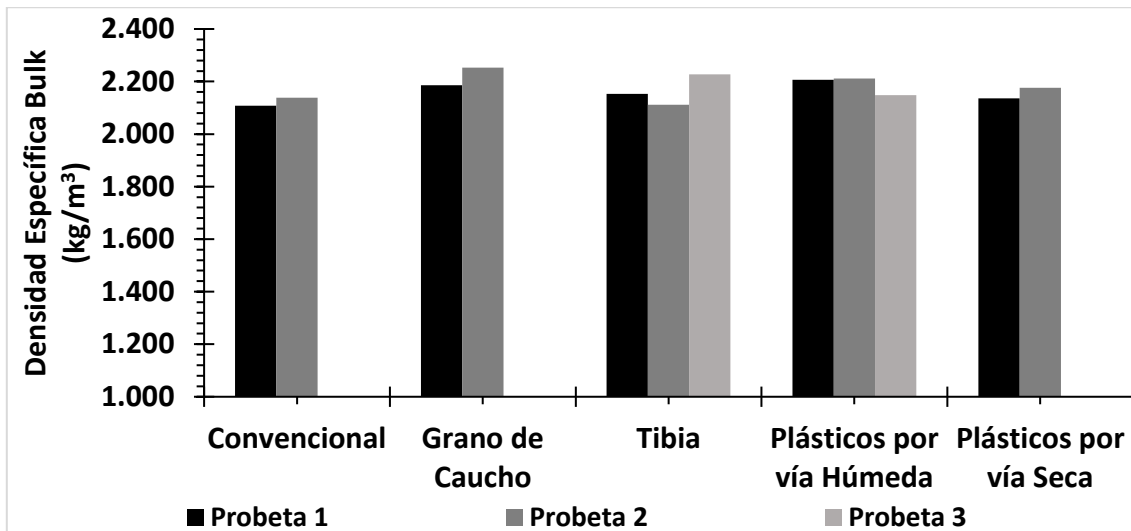


Figura 2. 7. Densidad específica Bulk de los núcleos extraídos

En línea con lo anterior y teniendo en cuenta el diseño de mezcla se determina el porcentaje de compactación de cada mezcla como se muestra en la Figura 2. 8. Este parámetro se evalúa teniendo en cuenta que es deseable que la compactación alcance por lo menos un 98% (línea puteada), de este modo, se puede ver que la mezcla convencional se encuentra por debajo de este requerimiento, denotando falta de compactación. Así mismo, las mezclas tibias, mezclas con asfalto grano de caucho y mezclas con plástico vía seca se encuentran muy cercano al límite del cumplimiento, tanto as que algunas presentan testigos por debajo del requerimiento. Por su parte, las mezclas con plástico por vía húmeda cuentan con porcentajes de compactación superiores a 100%, lo cual denota sobre compactaciones y puede indicar trituración de agregados.

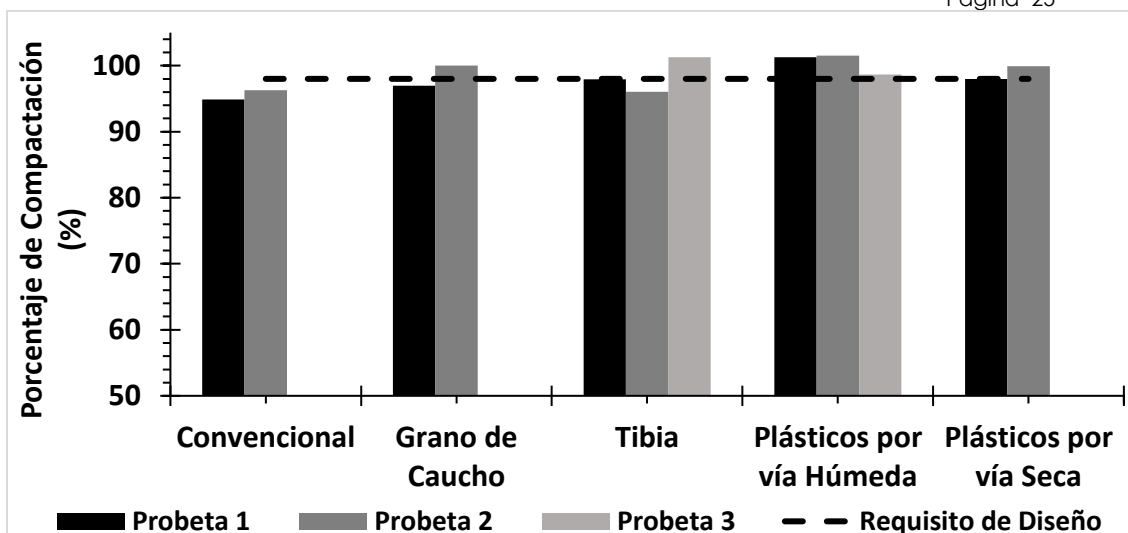


Figura 2. 8. Porcentaje de compactación según los Núcleos Extraídos

Dentro del análisis volumétrico realizado a los núcleos, se determina el porcentaje de vacíos con aire dentro de las mezclas, de esta evaluación se desprende la Figura 2. 9, donde se muestran los resultados asociados a cada una de las muestras, así como el rango de porcentaje de vacíos que establecen las especificaciones IDU ET-620-18 (mezclas asfálticas densas en caliente) e IDU ET-627-18 (mezclas asfálticas tibias) teniendo en cuenta que la mezcla debe ser una MD-12 que satisfaga un nivel de tránsito T2.

De estos resultados se puede ver que solo la probeta 1 de mezcla con asfalto grano de caucho y solo la probeta 3 de mezclas tibias, se encuentran dentro del rango de aprobación de las especificaciones, no obstante, estos resultados se deben analizar detenidamente, ya que contrastan con el resto de las probetas de las mismas mezclas que se encuentran fuera del límite establecido. En este sentido y como era de esperarse, estas dos mezclas cuentan con coeficientes de variación del orden de 46% y 30% respectivamente, lo cual denota alta dispersión impidiendo identificar un valor claro de porcentaje de vacíos. Por otra parte, las mezclas convencionales y mezclas con plástico están por encima del rango permitido para el porcentaje de vacíos, lo cual era de esperarse para la mezcla convencional debido a su falta de compactación, sin embargo, en las mezclas con plástico no se puede atribuir este defecto a deficiencias en la compactación, toda vez que estas presentan compactaciones superiores al 98%.

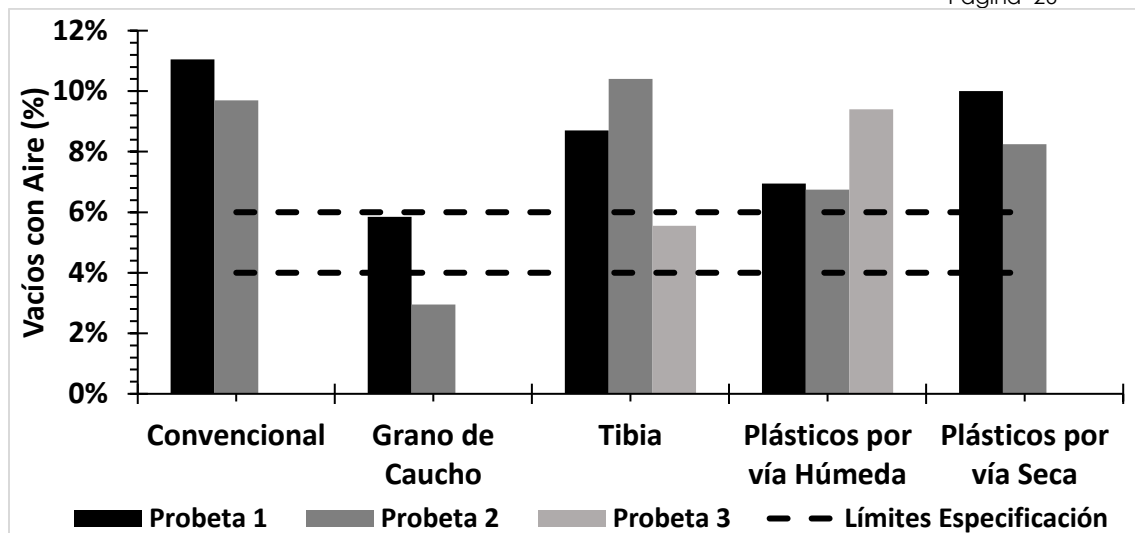


Figura 2. 9. Porcentaje de vacíos con aire según los Núcleos Extraídos

Finalmente, se puede concluir que los las mezclas instaladas, pueden tener defectos constructivos por falta de compactación u otros vicios asociados a la construcción, en este sentido, se ve que la mezcla convencional es la más afectada por estos defectos teniendo las características más débiles, mientras que, la mezcla con plástico por vías húmeda, es la que mejor comportamiento presenta, alcanzando porcentajes de compactación adecuados y siendo la más cercana a cumplir el requerimiento de porcentaje de vacíos. De esta forma, se tiene que las mezclas instaladas, pueden sufrir deformaciones prematuras debido al exceso de vacíos y en algunos casos falta de compactación.

2. 3. Mezcla extraída del tramo de prueba

Como parte del plan experimental se tiene la recolección de mezcla asfáltica previa a su instalación en el tramo de prueba, de esta forma, se puede obtener una muestra representativa de la mezcla eliminando los defectos constructivos que puedan existir. La mezcla recolectada es llevada al laboratorio donde se fabrican muestras reconstituidas para realizar los ensayos pertinentes, de este modo, las mezclas tibias y las mezclas con adición de plásticos son evaluadas en principio siguiendo la metodología Marshall.

La gravedad específica de las muestras es una medida que permite conocer el nivel de compactación de las mezclas, este parámetro se muestra en la Figura 2. 10 donde se puede ver que existe una baja dispersión de las probetas 1, 2, 3 y 4 dentro de una misma mezcla, adicionalmente, se observa que las gravedades específicas son similares entre las mezclas tibias y las mezclas con plástico por vía húmeda, mientras que las mezclas con plástico por vía seca presentan gravedades mayores, lo que indica mayores densidades de la mezcla.

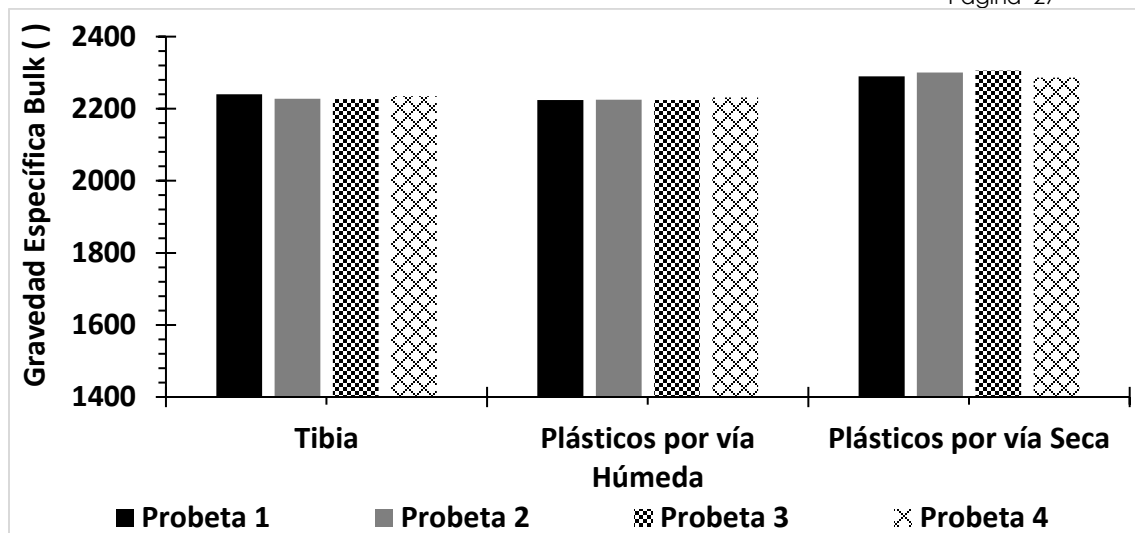


Figura 2. 10. Gravedad específica Bulk de las mezclas extraídas

El parámetro de porcentaje de vacíos con aire relaciona la cantidad de aire atrapado entre una partícula de agregado cubierta de asfalto y otra, por esta razón, la medida de esta característica puede ayudar a identificar que tan deformable puede llegar a ser la mezcla. En la Figura 2. 11, se muestra que las tres mezclas evaluadas cuentan con porcentajes de vacíos entre 4.7% y 5.8%, estando en línea con los límites de 4.0% a 6.0% que establece la especificación IDU-620-18 y 627-18 para una mezcla MD-12 con nivel de tránsito T2. Los datos son validados por un coeficiente de variación inferior al 0.5%, indicando que el parámetro cuenta con repetibilidad y puede ser representativo para las mezclas y condiciones evaluadas.

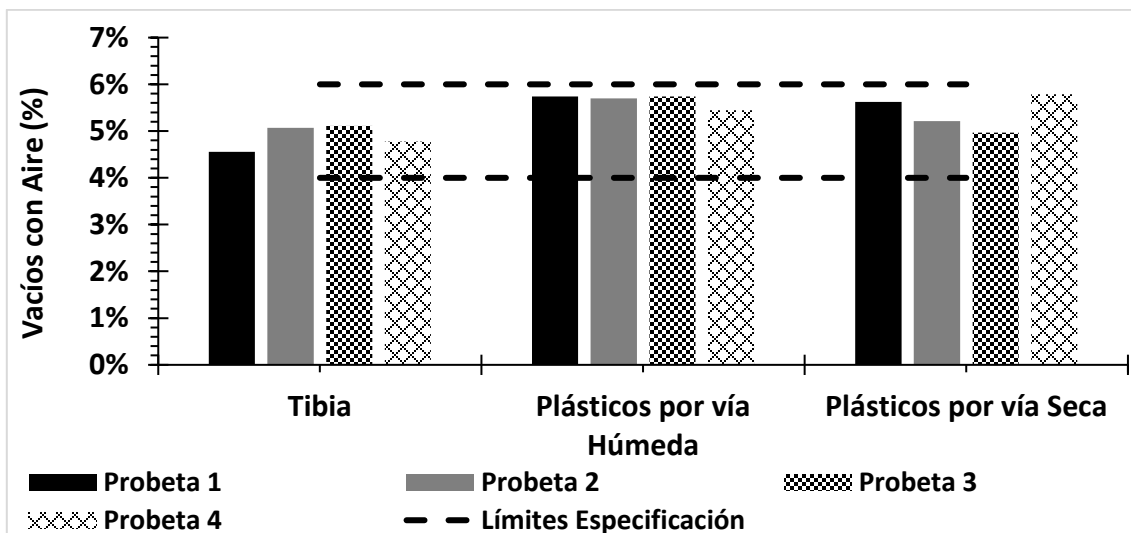


Figura 2. 11. Porcentaje de vacíos con aire de las mezclas extraídas

Otro parámetro volumétrico analizado son los vacíos en agregados minerales los cuales son una medida de los espacios con aire sumados a los espacios con asfalto entre un agregado

mineral y otro, o de otro modo, es el espacio disponible entre una partícula y otra, de esta forma, si el porcentaje de estos vacíos es bajo, no habrá cabida suficiente para el asfalto. En la Figura 2. 12 se muestran los valores obtenidos de porcentaje de vacíos en los agregados para cada mezcla junto con una línea punteada que indica la exigencia de mínimo 15% de vacíos según lo establecen las especificaciones IDU-ET-620 y 627 de 2018.

De esta gráfica se puede ver que la mezcla tibia, así como las mezclas con plástico por vía seca cumplen con el requisito de la especificación siendo esta última la que mejor comportamiento tiene, de otra parte, la mezcla con plástico por vía húmeda muestra deficiencias en este parámetro, sin embargo, este factor puede no tener una influencia directa en el comportamiento de la mezcla, ya que cuenta con valores superiores a 14.8%, lo que está muy cerca del límite marcado por las especificaciones.

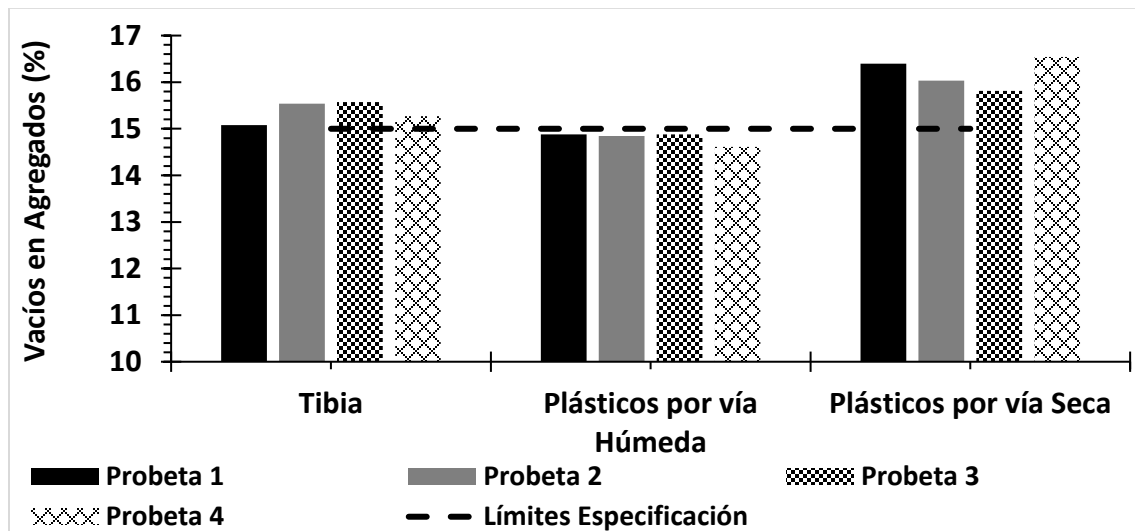


Figura 2. 12. Porcentaje de vacíos en agregados de las mezclas extraídas

Dejando a un lado los parámetros volumétricos, se pasa a las características mecánicas de las mezclas comenzando por el ensayo de estabilidad, el cual refleja la resistencia de las mezclas, este parámetro es evaluado en la Figura 2. 13, donde se presentan los resultados de estabilidad para cada una de las mezclas junto con una línea punteada que denota un límite mínimo de 7.500 N para un nivel de tránsito T2 según la especificación IDU ET-620 y 627 de 2018. En la gráfica se puede ver como todas las muestras cumplen con suficiencia el requisito de estabilidad, a tal punto que los resultados obtenidos son cercanos a 20.000 N, permitiendo satisfacer hasta el requerimiento de las mezclas de alto módulo que exigen mínimo 15.000 N de estabilidad según la especificación IDU ET-621-18.

En cuanto al desempeño de una mezcla frente a las otra en cuanto a estabilidad, se puede ver que no existen diferencias significativas, sin embargo, las mezclas tibias cuentan con un comportamiento ligeramente mejor que el resto de las mezclas.

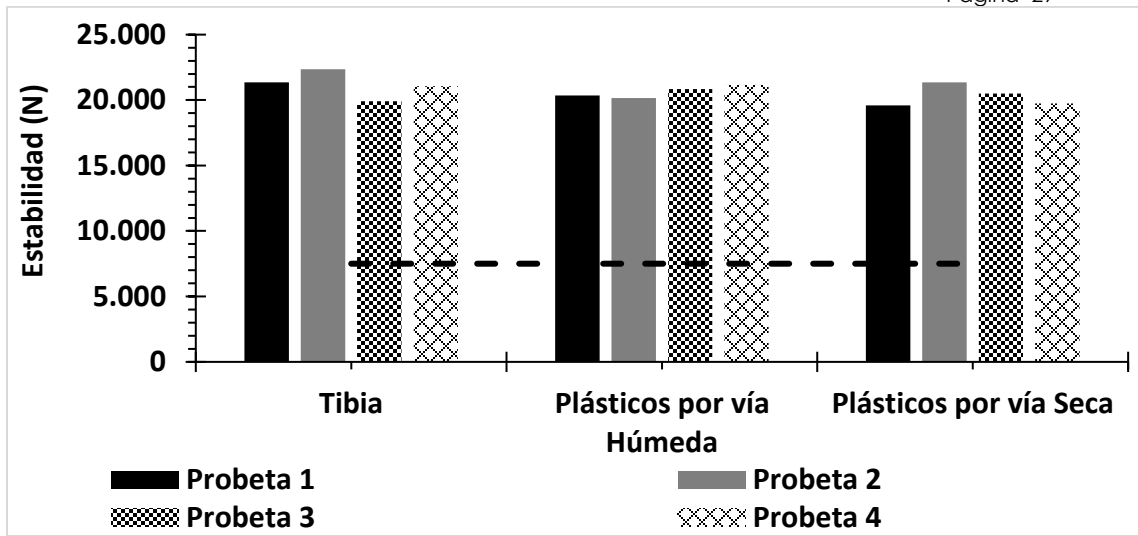


Figura 2. 13. Estabilidad de las mezclas extraídas

En línea con la metodología Marshall se evalúa el flujo de la mezcla, el cual es un parámetro que permite conocer la capacidad de deformación que presenta la mezcla partiendo de un ensayo de aplicación de carga, de este modo, la especificación IDU ET-620 y 627 de 2018 establecen que los valores ideales para una mezcla con nivel de tránsito T2 están entre 2.0 mm y 4.0 mm. La Figura 2. 14 muestra los resultados de flujo de las probetas y el límite de especificación (Línea punteada), de esta forma es posible identificar que las muestras cumplen este requerimiento por lo que no se espera que presenten deformaciones excesivas.

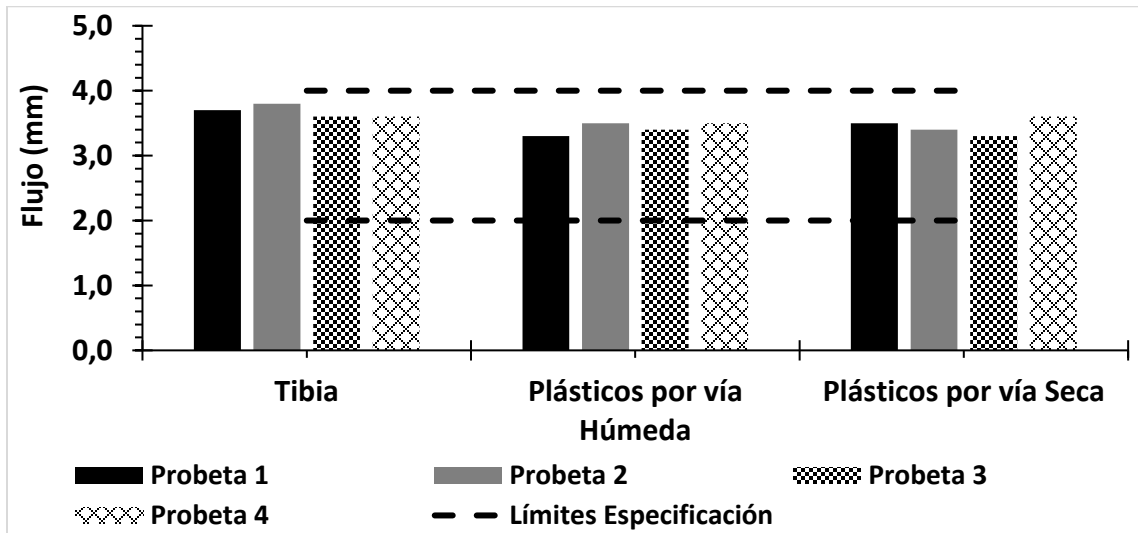


Figura 2. 14 Flujo de las mezclas extraídas

Como complemento de la evaluación de estabilidad y flujo, en la Figura 2. 15 se presentan los resultados de la relación estabilidad/flujo, los cuales según especificación deben estar en los rangos de 3 kN/mm a 5kN/mm, no obstante, todas las mezclas evaluadas presentan

valores mayores de 5.5 kN/mm, lo que demuestra un claro incumplimiento del parámetro exigido en las especificaciones.

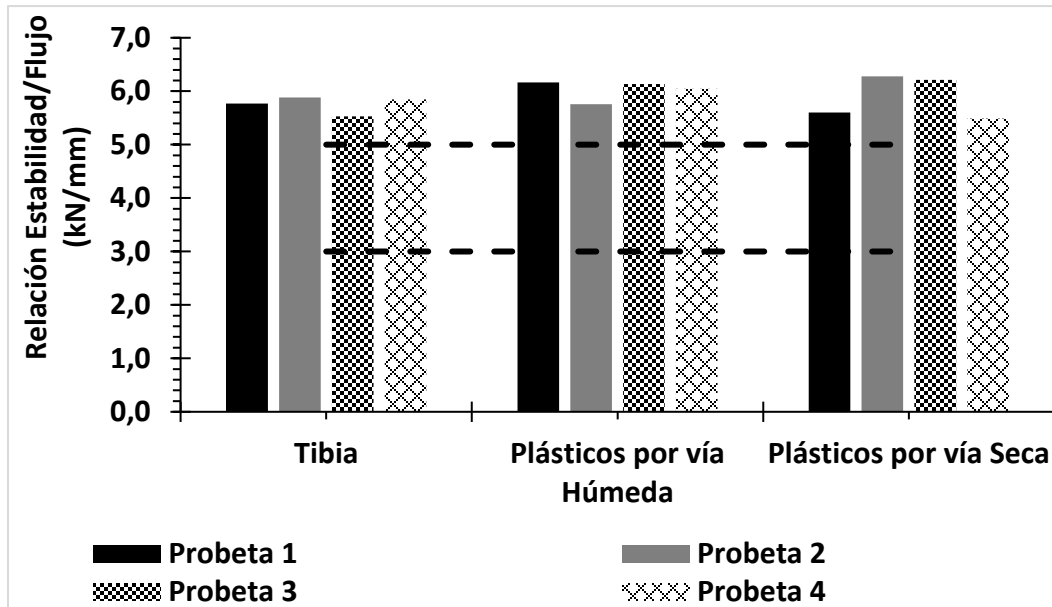


Figura 2. 15. Relación Estabilidad - Flujo de las mezclas extraídas

De otra parte, se determina la relación llenante/ligante la cual es una medida de la proporción adecuada de estos dos elementos que garantizar su correcta interacción, permitiendo que las partículas de llenante estén en contacto a la vez que se garantiza su suspensión en el ligante, de esta forma, cuando un esfuerzo sea aplicado, este pueda ser absorbido por la fricción entre partículas junto con la viscosidad del asfalto.

En la Figura 2. 16 se presentan los límites de la especificación marcados entre 0.8 y 1.2, junto con los resultados obtenidos de la relación llenante/ligante de las mezclas asfálticas donde se observa que las mezclas tibias tienen relaciones adecuadas, mientras que las mezclas con plástico por vía húmeda presentan excesos en esta relación estando al límite del cumplimiento, a su vez que la mezcla con plástico por vía seca muestra deficiencias estando levemente por debajo del límite. En este punto, vale la pena resaltar que debido a que las mezclas con plástico se encuentran cerca a los límites pueden presentar problemas en la interacción de la fricción de las partículas y la viscosidad del asfalto.

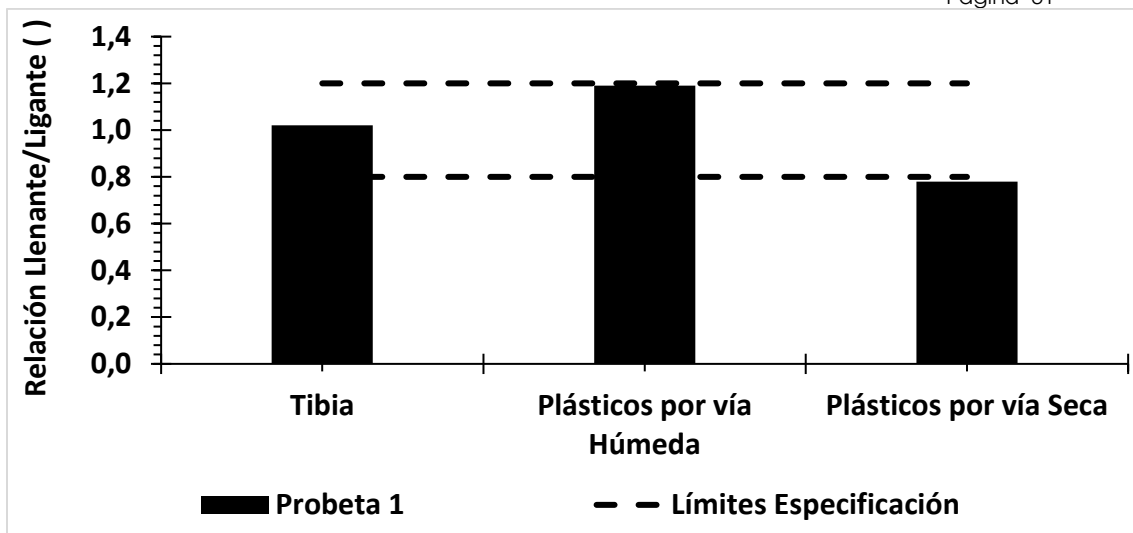


Figura 2. 16. Relación Llenante - Ligante de las mezclas extraídas

Otro aspecto relacionado con el contenido de asfalto dentro de la mezcla es el índice de película delgada o el espesor de película delgada, el cual denota el espesor de asfalto que recubre un agregado pétreo. Según esta definición es posible identificar que para el correcto desempeño de una mezcla es necesario garantizar un valor mínimo de este indicador, con lo cual la especificación establece que el valor crítico de este parámetro es $7.5 \mu\text{m}$.

Los resultados obtenidos en laboratorio, así como el límite de la especificación (línea punteada) se muestran en la Figura 2. 17 donde las mezclas tibias y las mezclas con plástico vía seca tienen espesores de $9.2 \mu\text{m}$ y $10.6 \mu\text{m}$ respectivamente lo que indica un claro cumplimiento del requisito, sin embargo, la mezcla con plástico por vía húmeda se encuentra por debajo del límite indicado, lo que podría conllevar problemas de adherencia entre partículas permitiendo la generación de planos de falla que altere las características mecánicas de la mezcla.

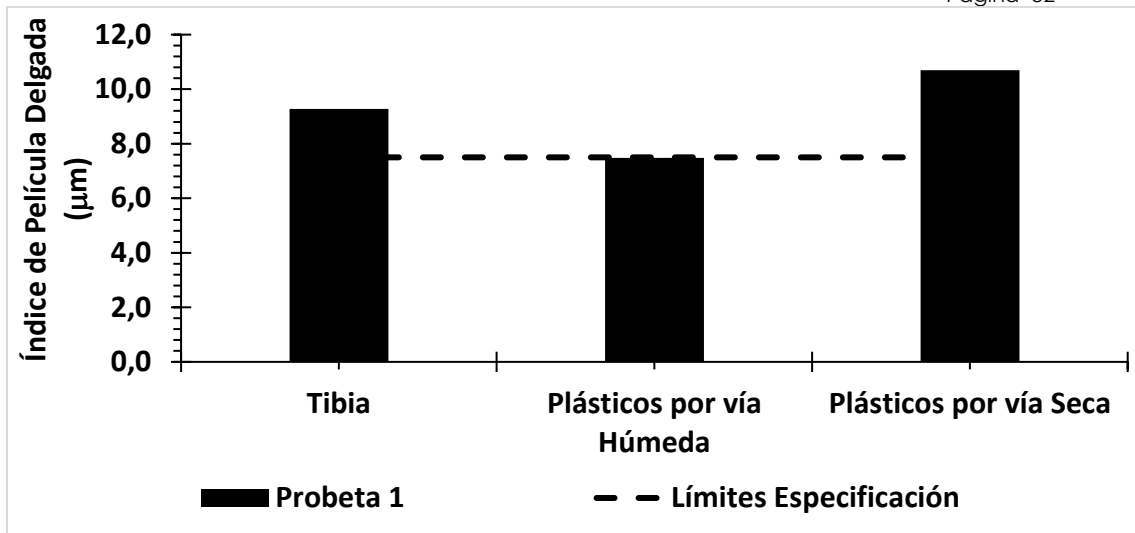


Figura 2. 17. Índice de película delgada de las mezclas extraídas

Se determina la susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas evaluadas, con lo cual se busca conocer el porcentaje de reducción en la resistencia de las mezclas por efectos del agua. Para este análisis se tiene en cuenta que el valor de susceptibilidad al daño por humedad debe ser mínimo del 80% para mezclas tibias y en caliente según sus respectivas especificaciones. En este sentido, la Figura 2. 18 muestra que las mezclas tibias y las mezclas con plástico son afectadas por la presencia del agua, lo que en las mezclas con plástico por vía húmeda puede estar asociado a su bajo espesor de película delgada de asfalto.

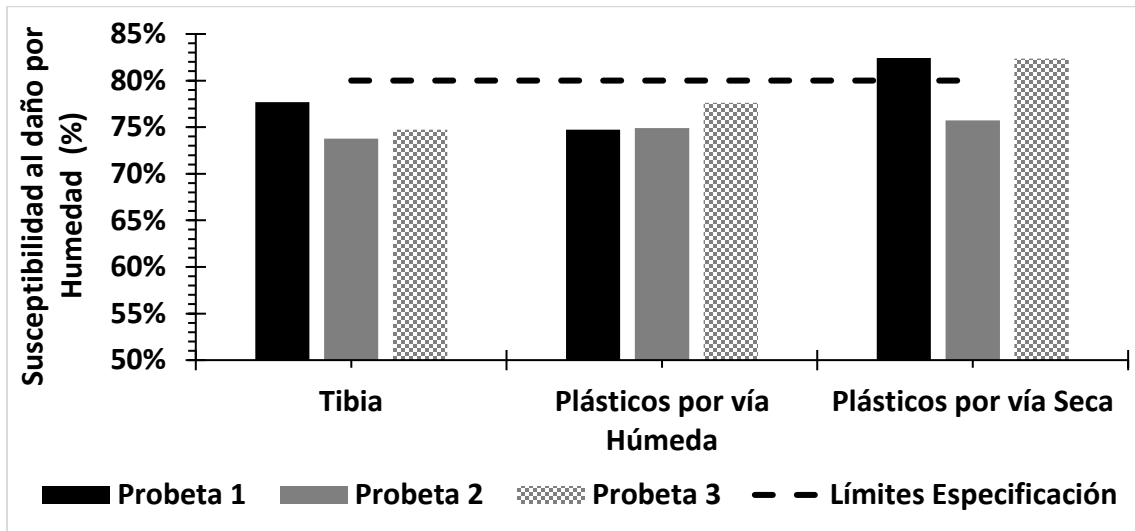


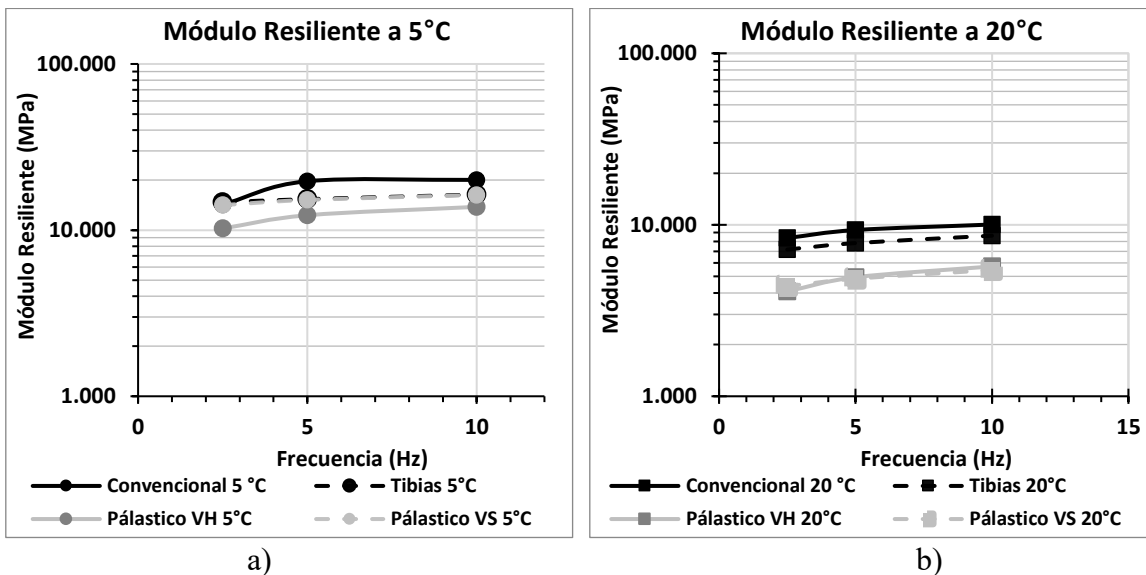
Figura 2. 18. Susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas extraídas

Como complemento a la caracterización mecánica de las mezclas, se elaboran ensayos dinámicos para comprobar el comportamiento de las mezclas bajo la acción de cargas repetitivas. El primer de estos ensayos es el módulo resiliente, el cual se determina con el fin

obtener un parámetro de comparación relativa de las mezclas, sin perder de vista que el módulo resiliente es un dato de entrada para los diseños de pavimentos.

Los resultados obtenidos de los módulos para las diferentes mezclas se grafica en la Figura 2. 19 (a, b, c y d) donde en la Figura 2. 19 a), se puede apreciar a temperaturas bajas los módulos resilientes de la mezcla convencional son los de mejor comportamiento, mientras que la mezcla con plástico por vía húmeda son los más bajos, adicionalmente, se observa que la gráfica de las mezclas con plástico por vía seca presenta un comportamiento relativamente horizontal, indicando que la variación de frecuencia a esta temperatura no tiene mayor incidencia en su módulo.

Para la temperatura intermedia de 20°C (Figura 2. 19 b), se puede ver una clara división de las mezclas, teniendo por un lado las mezclas convencionales y las mezclas tibias y por otro lado las mezclas con plástico, donde estas ultimas presentan módulos más bajos en comparación con las mezclas convencionales y tibias. Por último, de la mayor temperatura evaluada (Figura 2. 19 c) se observa que las mezclas con plástico por vía seca son las que presentan módulos más bajos, mientras que las mezclas convencionales siguen siendo las de mejor desempeño.



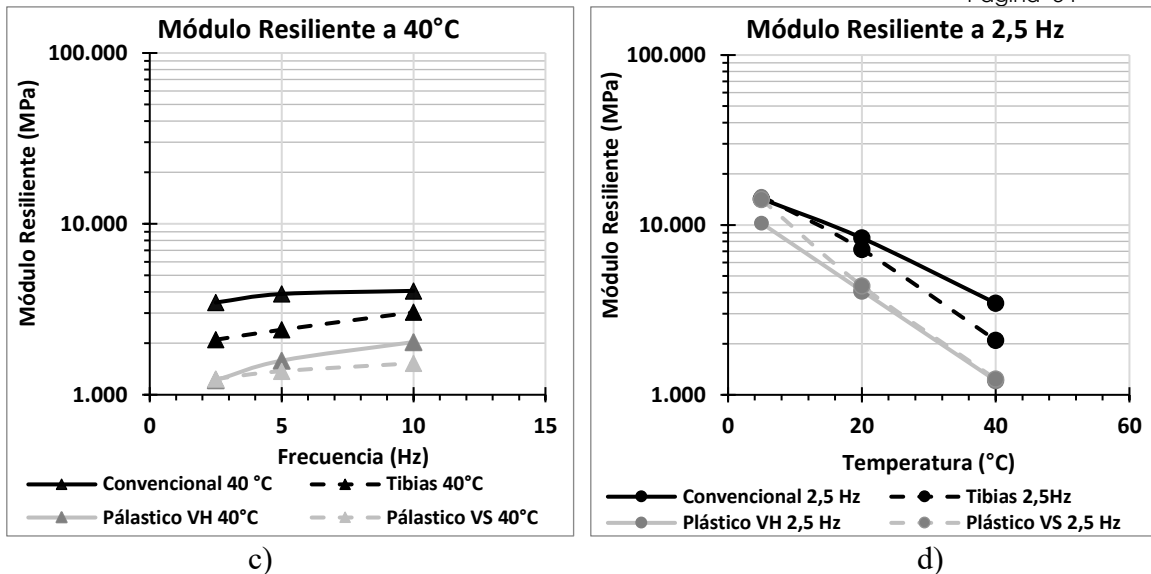


Figura 2. 19. Módulo Resiliente (Mr) de las mezclas extraídas a)Mr a 5°C, b)Mr a 20°C, c)Mr a 40°C, d)Mr a 2.5Hz

De otra parte, en la Figura 2. 19 d), se presenta una comparación de los módulos resilientes en función de la temperatura, identificando que las mezclas convencionales son las de mejor desempeño en todos los rangos de temperatura, mientras que las mezclas con plástico por vía seca presentan una susceptibilidad térmica mayor, pasando de tener uno de los mejores comportamientos a 5°C, a tener el peor comportamiento a 40°C.

El módulo resiliente es una medida de la capacidad de recuperación que tiene la mezcla asfáltica, por lo que la ejecución de este ensayo constituye una caracterización netamente elástica del material, no obstante, las mezclas asfálticas además de elasticidad presentan comportamientos viscosos, por lo que se hace necesario realizar ensayos de módulo dinámico, para conocer el comportamiento viscoelástico del material, siendo una mejor medida de su desempeño. De este modo, para el análisis de esta propiedad se debe tener presente que mientras más elevado sea el módulo dinámico menos susceptible es la mezcla a sufrir daños por ahuellamiento.

En la Figura 2. 20 a),b) y c), se grafican los módulos dinámicos de las mezclas a diferentes temperaturas en función de la frecuencia, donde se evidencia que la mezcla convencional a frecuencias de 1Hz, 4Hz y 16Hz y temperaturas de 5°C, 25°C y 40°C, es la de mejor comportamiento, alcanzando módulos dinámicos superiores al resto de las mezclas. Por otro lado, las mezclas con plástico por vía húmeda presentan módulos dinámicos más bajos en todas las frecuencias a 25°C y 40°C y a 1Hz y 4Hz para la temperatura de 5°C, indicando que esta mezcla es susceptible a presentar problemas asociados a deformaciones plásticas.

Los comportamientos del módulo dinámico de las mezclas tibia y mezclas con plástico por vía seca son consistentemente similares para todas las frecuencias y temperaturas, encontrando una superioridad marginal de la mezcla tibia sobre la mezcla con plástico por vía seca. Finalmente, el comportamiento de la mezcla con grano de caucho es atípico debido

a que para una temperatura de 5°C muestra módulos bajos en comparación con el resto de las mezclas alcanzando a ser el más bajo para la frecuencia de 10Hz, mientras que para las temperaturas de 25°C y 40°C es el segundo mejor módulo siendo superado únicamente por la mezcla convencional.

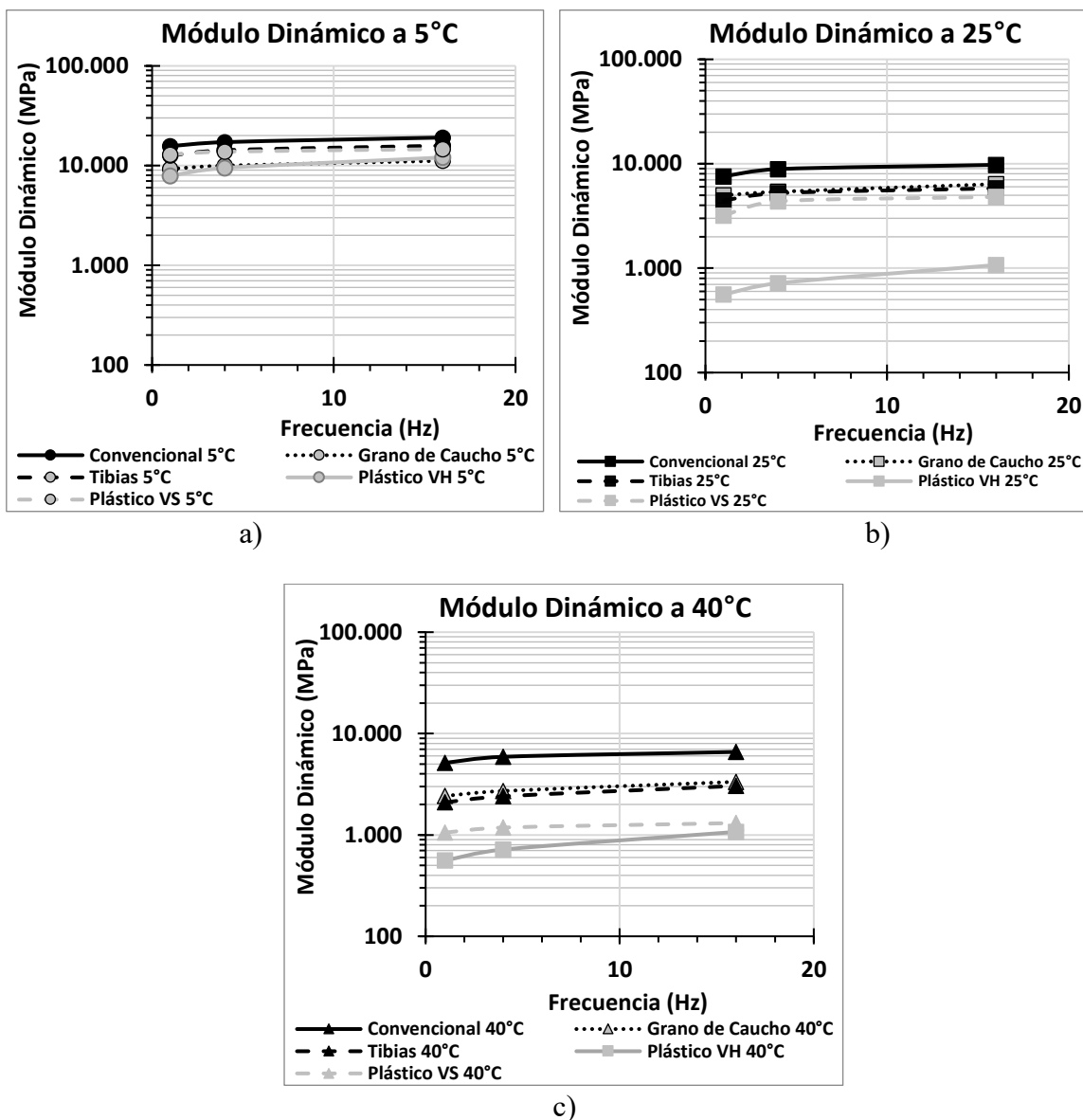


Figura 2. 20. Módulo Dinámico de las mezclas extraídas a)5°C, b)25°C, c)40°C

En medio del ensayo de módulo dinámico, es posible determinar el ángulo de fase, correspondiente al retraso entre la señal de carga y deformación dentro de los cíclicos de carga. Este parámetro es una representación de la elasticidad del material, de modo que un ángulo de fase cercano a 0° es sinónimo de un material netamente elástico, mientras que un ángulo de fase cercano a 90° denota un material netamente viscoso.

Las Figura 2. 21 a),b) y c) son la representación grafica de los ángulos de fase asociados a diferentes temperaturas de 5°C, 25°C y 40°C a diferentes temperaturas. En estas curvas se puede ver que como era de esperarse el material entre más frío se encuentre va a tener comportamientos predominantemente elásticos, mientras que, si se aumenta la temperatura, la parte viscosa comienza a ganar importancia. Haciendo una comparación entre las mezclas se puede ver que la mezcla convencional a temperatura de 5°C muestran un comportamiento más elástico que el resto de las mezclas, pero a medida que aumenta la temperatura, este ángulo de fase aumenta rápidamente, hasta el punto, de alcanzar el peor comportamiento a la temperatura de 40°C, indicando una elevada susceptibilidad térmica en términos de elasticidad.

En contraste con lo anterior, el comportamiento elástico de la mezcla con plástico por vía seca no es fuertemente influenciado por la variación de temperatura, a tal punto que, para una temperatura de 5°C, la mezcla es la segunda de peor comportamiento, mientras que para 25°C y 40°C es la mejor.

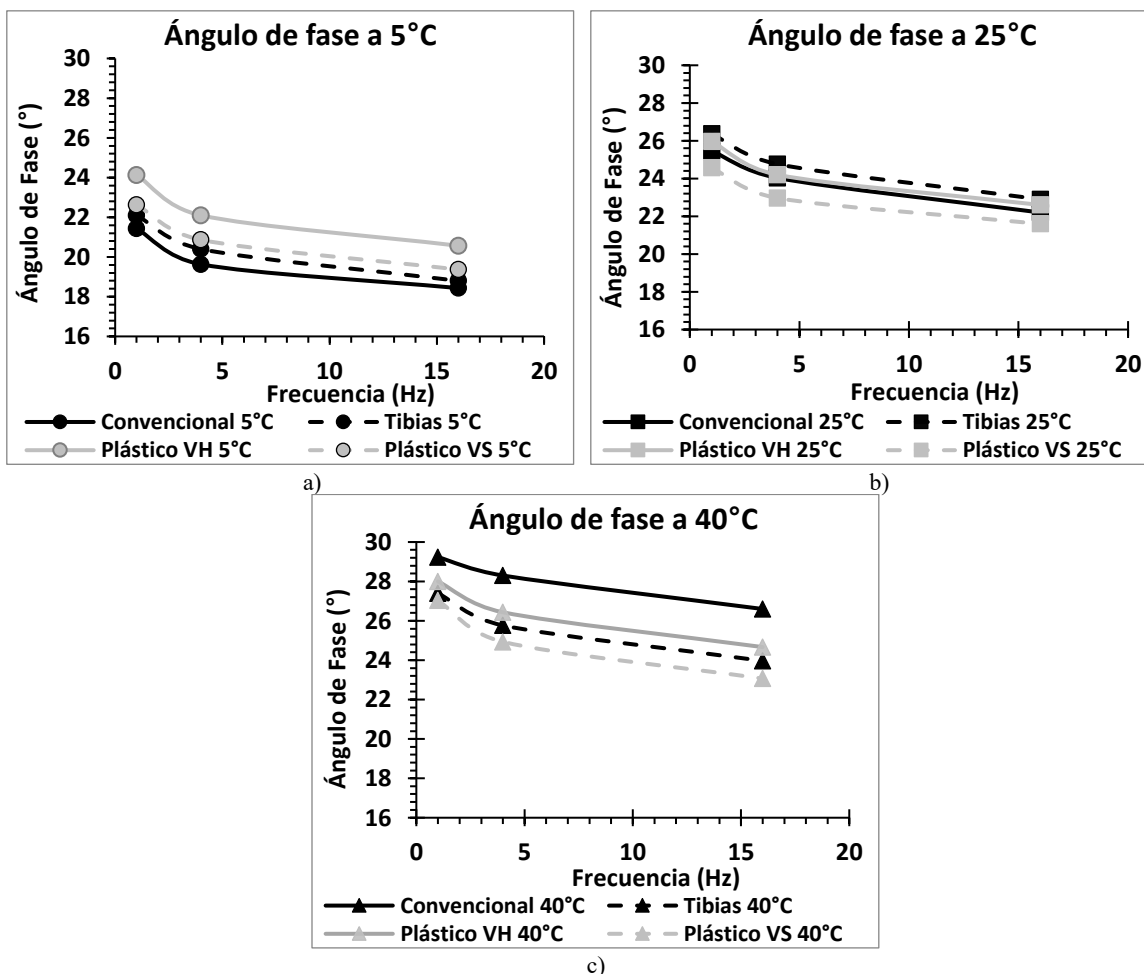


Figura 2. 21. Ángulo de Fase de las mezclas extraídas a) δ 5°C, b) δ 25°C, c) δ 40°C

Continuando con el plan de ensayos, se tiene la evaluación por deformación plástica (60°C con presión de 900 kN/m²) de la mezcla tibia, mezcla con plástico por vía húmeda y mezcla con plástico por vía seca donde se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura xxx, los cuales son evaluados frente a la especificación IDU ET 620-18 de mezclas densas en caliente, IDU ET 627-18 mezclas tibias e IDU ET-621-18 mezclas de alto módulo, siendo esta última la de mayor exigencia, permitiendo una velocidad de deformación máxima de 15 µm/min.

En la Figura 2. 22 se muestran que las velocidades superiores de deformación suceden en los primeros minutos de ensayo (30min-45min), no obstante, estos valores son considerablemente inferiores al límite exigido por la especificación. De forma comparativa, el promedio de las velocidades de deformación es mayor para la mezcla con plástico por vía seca, seguida de la mezcla tibia, dejando la mezcla con plástico por vía húmeda como la de menor velocidad de deformación, haciendo que esta última sea la de mejor comportamiento.

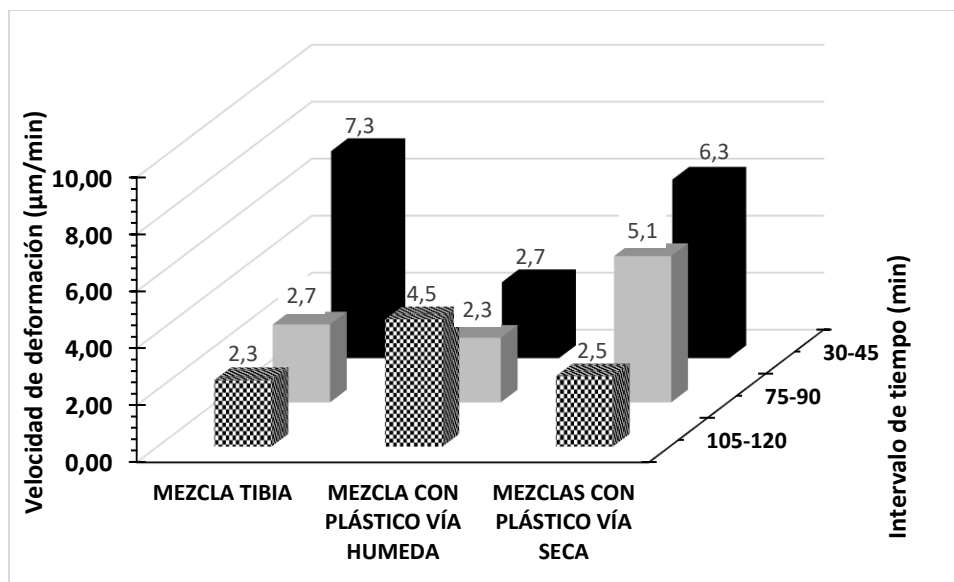


Figura 2. 22. Deformación plástica de las mezclas extraídas

Para finalizar el plan de ensayos se tienen ensayos de fatiga ya que este es un parámetro de entrada para algunas metodologías de diseño toda vez que la fatiga es una de las patologías que más afecta los pavimentos asfálticos. En este sentido, las leyes de fatiga encontradas para las diferentes mezclas se presentan en la Figura 2. 23, donde es posible determinar que las mezclas con plástico por vía seca son las de mayor resistencia a la fatiga, necesitando una mayor cantidad de ciclos para fallar en comparación con otras mezclas. Así mismo, es posible ver que la mezcla tibia, es la que presenta el peor comportamiento a fatiga, llegando a la falla en menos ciclos.

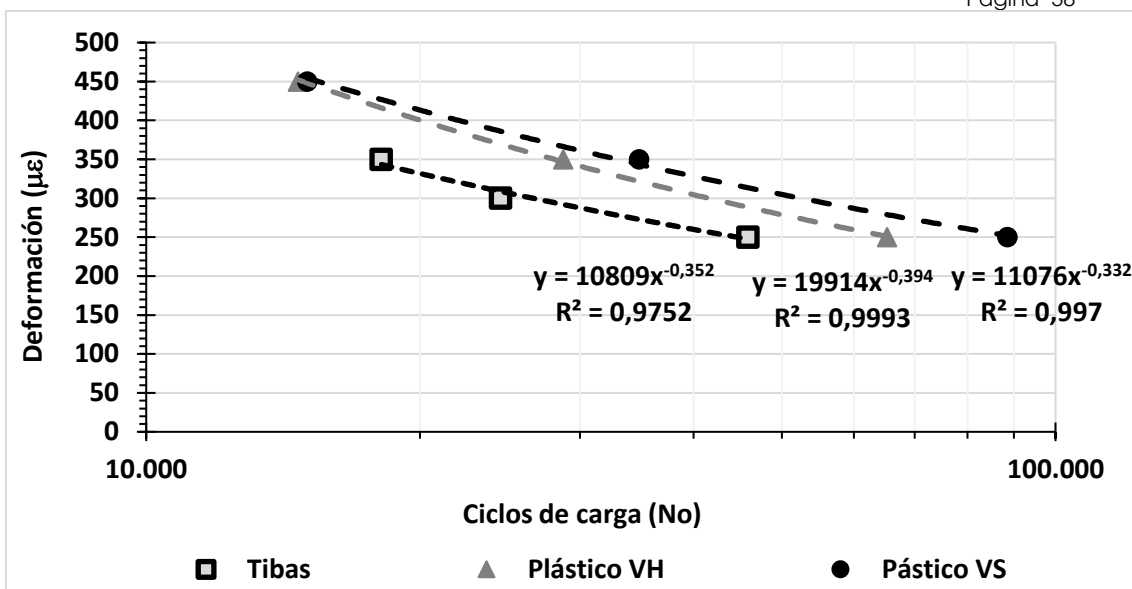


Figura 2. 23. Leyes de Fatiga de las mezclas extraídas

Como resultado de las leyes de fatiga, se encuentra la deformación necesaria para que el material falle al millón de ciclos (ϵ_6), así las cosas, un valor mayor de ϵ_6 es sinónimo de mejores desempeños de la mezcla frente a la fatiga. Este parámetro es determinado y graficado en la Figura 2. 24, donde se ve que las mezclas con grano de caucho y plástico por vía seca son las que mejores comportamientos a fatiga tienen, mientras que la mezcla tibia es la de resistencia más baja.

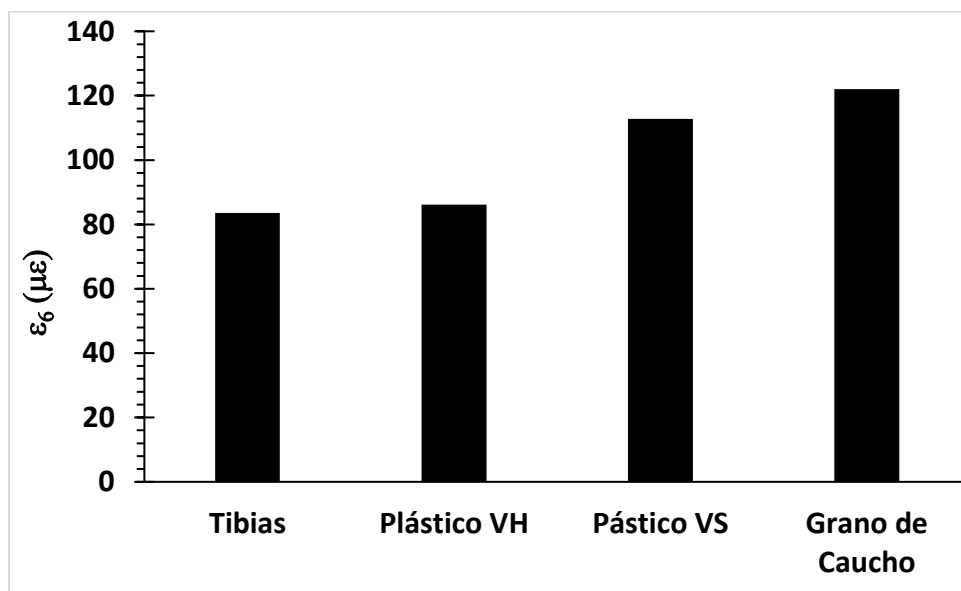


Figura 2. 24. Deformación al millón de ciclos de las mezclas extraídas

Otra forma de comparar las propiedades a fatiga que tiene el material, es tomar un valor de deformación fijo y comparar el numero de ciclos a la falla, identificando que entre mayor sea la cantidad de ciclos necesarios para fallar el material, este tendrá un comportamiento mejor a fatiga, de este modo para efectos de este análisis, se toma como referencia los ensayos realizados a 250 $\mu\epsilon$ donde el mejor comportamiento se ve en la mezcla con plástico por vía seca, seguida de la mezcla convencional y plástico por vía húmeda como se muestra en la Figura 2. 25.

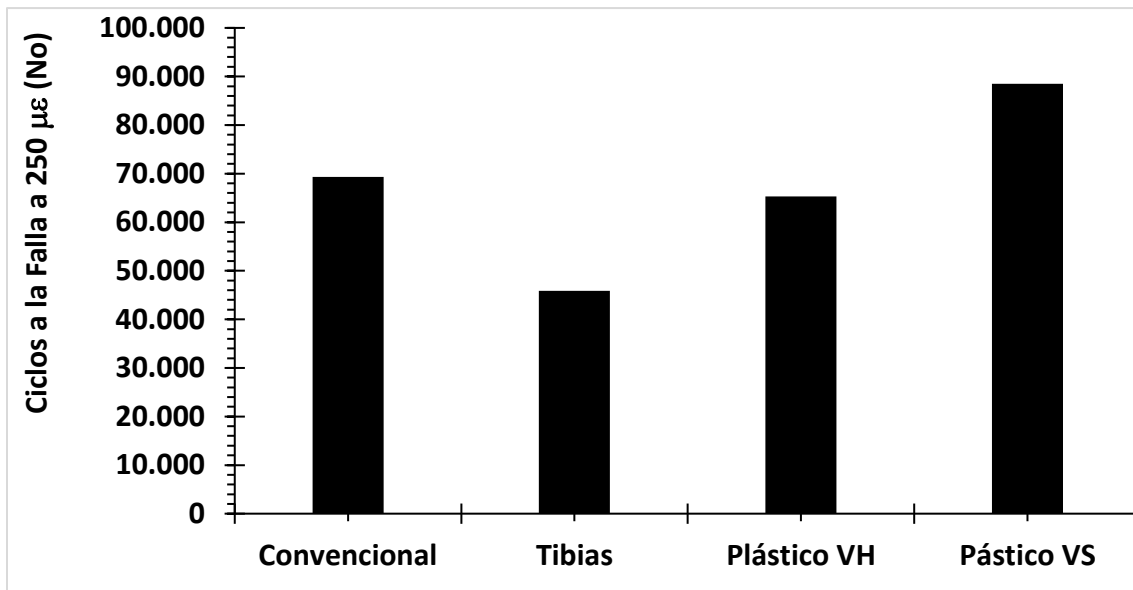


Figura 2. 25. Ciclos de falla para una deformación de 250 $\mu\epsilon$

Por último, se realiza una normalización de los resultados teniendo como parámetro de referencia los requisitos de la especificación IDU ET-620-18 para mezclas densas en caliente con nivel de tránsito T2. Algunos de los parámetros evaluados dentro del estudio (especialmente los dinámicos) no cuentan con un requisito claro dentro la especificación 620, por lo cual, para estas características se tiene en cuenta las exigencias de la especificación IDU ET-621-18 asociada con mezclas de alto módulo.

Para esta normalización, se debe tener presente que las especificaciones cuentan con criterios de aceptación mínimos y máximos, haciendo que una sola fórmula de normalización no sería adecuada impidiendo representaría estos diferentes escenarios. Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan las siguientes dos metodologías de normalización que tienen como punto de partida el 50%.

La primera metodología se encarga de los parámetros con límite superior de aceptación y está dada por la ecuación (1), mientras que la segunda, se enfoca en parámetros con límite de aceptación inferior y está dada por la ecuación (2). En este sentido, cuando existen

parámetros que presentan límites superiores e inferiores, es decir que tienen un rango de aceptación, se toma el valor del límite más crítico para su análisis.

$$Normalización = Valor\ experimental * \frac{50}{Límite\ especificación} \quad (1)$$

$$Normalización = \left| Valor\ experimental * \frac{-50}{Límite\ especificación} + 100 \right| \quad (2)$$

Como resultado de esta normalización se tiene que valores superiores al límite de 50% representan que el parámetro se encuentra fuera del rango de aceptación según la normativa, mientras que valores inferiores al 50% muestran un cumplimiento del requisito, así las cosas, entre menor sea el valor obtenido en la normalización mejor será el comportamiento de la muestra y viceversa.

Con esta normalización es posible resumir la mayoría de los parámetros evaluados de forma gráfica, permitiendo realizar una comparación efectiva de los resultados experimentales frente a los límites de especificación (50%). De esta forma, la Figura 2. 26 contiene los resultados de esta normalización para las tres mezclas modificadas objeto de evaluación, donde se observa que para todas las mezclas la deformación plástica cuenta con resultados ideales frente a las especificaciones de referencia, obteniendo valores de normalización por debajo del 20%, así mismo, la estabilidad, flujo y vacíos con aire cumplen con la especificación de forma justa con valores de normalización entre 40% y 50% aproximadamente. Por su parte, la relación estabilidad flujo presenta valores normalizados de aproximadamente 60% indicando que la estabilidad es muy alta con respecto a la fluencia, concluyendo que las mezclas son muy frágiles para ser puestas en servicio.

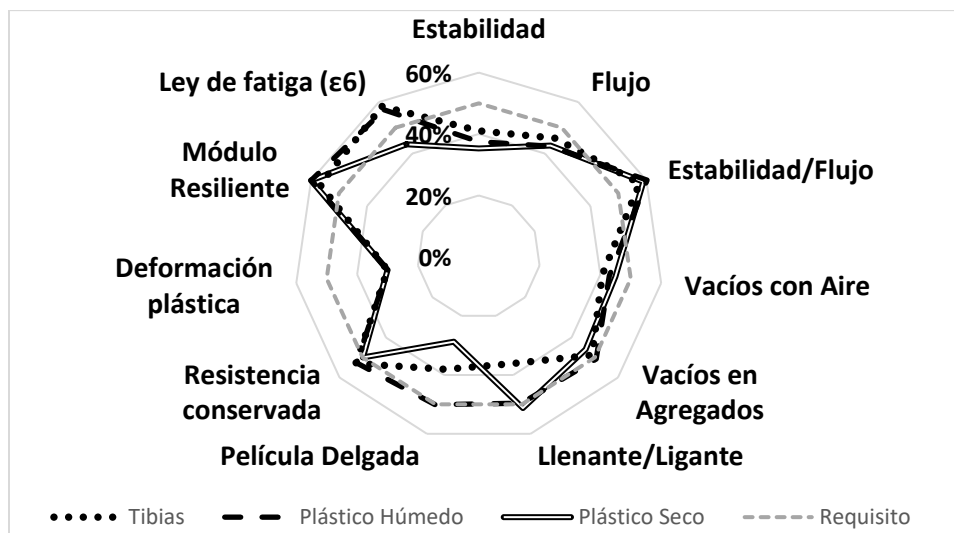


Figura 2. 26. Parámetros normalizados de las mezclas extraídas

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL</p> <p>UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
--	--	---

Del ensayo de vacíos en agregados minerales se puede ver que en general las mezclas tibias y las mezclas con adición de plástico por vía seca cumplen con este requisito, encontrando valores de 49% y 46% respectivamente, mientras que para mezclas con adición de plástico por vía húmeda se refleja un incumplimiento, no obstante, no se considera un punto crítico ya que el valor obtenido de normalización es 51%, estando al límite del incumplimiento. De la relación llenante ligante de las mezclas se evidencia que la mezcla tibia cumple con suficiencia este requisito, mientras que la mezcla con adición de plástico por vía húmeda cumple el requisito al límite y la mezcla con adición de plástico por vía seca se encuentran ligeramente por fuera del límite pudiendo asumir este efecto a una dispersión estadística.

Los parámetros de módulo resiliente y ley de fatiga se encuentran fuera del rango de la especificación alcanzando valores cercanos o superiores al 60%, no obstante, este resultado debe ser tomado con cautela, toda vez que estas exigencias no son para mezclas convencionales sino para una mezcla de alto módulo según la IDU ET-621-18. En este sentido, de la normalización se puede apreciar que las mezclas tibias presentan mejores resultados de módulo resiliente en comparación con el resto de las mezclas, mientras que, por el lado de las leyes de fatiga, las mezclas con adición de plástico por vía seca satisfacen de forma a justa el requerimiento de una mezcla con alto módulo.

La susceptibilidad al daño por humedad de las mezclas o resistencia conservada muestra que solo la mezcla con adición de plástico por vía seca cumple con lo estipulado en la especificación, mientras que la mezcla tibia y la mezcla con adición de plástico por vía húmeda se encuentra por fuera del requerimiento, indicando que el efecto del gua puede tener un impacto importante en la resistencia de estas mezclas.

De la evaluación de las mezclas de estudio, se tiene que los comportamientos presentados frente a los límites de las especificaciones son muy similares entre ellas, encontrando diferencias mínimas en la mayoría de los parámetros, sin embargo, se puede destacar el desempeño de la mezcla con adición de plástico por vía seca, al contar con la mejor respuesta en el ensayo dinámico de leyes de fatiga.

Finalmente, comparando el comportamiento obtenido de las mezclas extraídas y los núcleos tomados de campo, se evidencia una variación importante en los vacíos de la mezcla indicando defectos constructivos en la compactación del material, con lo cual se asume que las características presentadas en laboratorio pueden diferir de la respuesta final de la mezcla en campo.

2. 4. Diseño de pavimentos

Para la instalación en obra de las mezclas susceptibles de estudio, fue necesario realizar un diseño de pavimentos que permitiera determinar las características de las carpetas granulares, así como sus espesores y las competencias relacionadas con la mezcla asfáltica, sin embargo, debido a que es un ejercicio netamente académico, se optó por realizar un mismo diseño de

pavimentos para todos los tramos asumiendo como referencia de diseño una única mezcla asfáltica convencional MD-12 con nivel de tránsito T2.

Debido a esa normalización en el diseño, en este capítulo se pretende realizar un retro cálculo en el diseño incluyendo las características propias de cada una de las mezclas, para determinar su competencia.

Teniendo en cuenta que el diseño original de la estructura de pavimentos se realizó siguiendo la metodología AASHTO de diseño, se realiza un retro calculo para está, donde el objetivo es determinar según las características propias de cada mezcla, cuanto será su vida útil. Para poder realizar un retro calculo, es necesario entender cual fue la metodología empleada para el diseño, la cual se relaciona en la Figura 2. 27, donde en principio se obtienen la totalidad de los parámetros de diseño relacionados, con características de tránsito, caracterización de la subrasante, tiempo de vida esperado y nivel de serviciabilidad admisible y demás parámetros estadísticos necesarios para el diseño. Como segundo paso, mediante el uso del nomograma o la ecuación de la AASHTO se determina el número estructural requerido para satisfacer los requerimientos de tránsito, estructura de soporte y condiciones climáticas. Como parte final del diseño se determinan los coeficientes a_1 para mezcla asfáltica, a_2 para Base granular y a_3 para subbase granular, asociados a los módulos elásticos de cada material. Con los coeficientes a , el número estructural requerido y un coeficiente de drenaje, se determinan los espesores de cada una de las capas de la estructura de pavimentos.

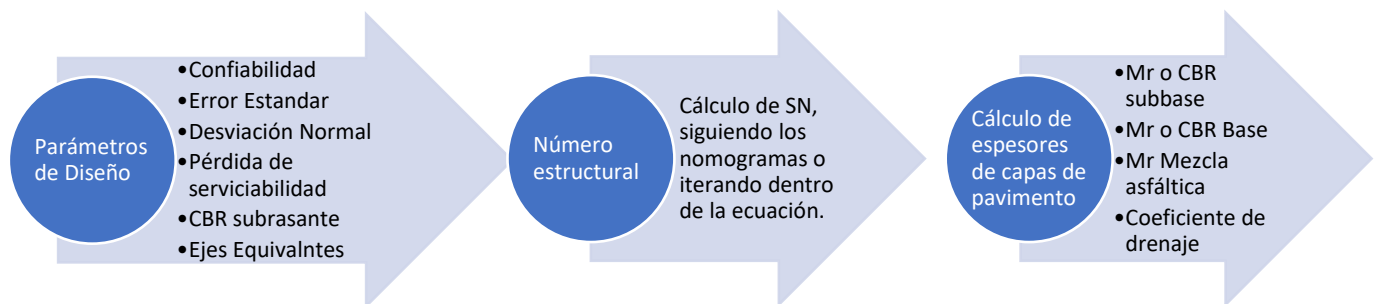


Figura 2. 27. Metodología AASHTO de diseño de pavimentos flexibles

Entendiendo el flujo normal del diseño, se plantea un retro calculo siguiendo la metodología incluida en la Figura 2. 28, donde el primer paso es con el diseño actual, cambiar el parámetro a_1 en función del módulo resiliente de cada una de las mezclas asfálticas evaluadas y mantener los parámetros a_2 y a_3 , así como los espesores y coeficientes de drenaje. Una vez cambiado el a_1 , es posible determinar el nuevo numero estructural que tendría el pavimento. En este punto se procede a reemplazar el nuevo número estructural en la ecuación de la AASHTO (o en el nomograma de diseño de pavimentos flexibles) manteniendo intactas las variables iniciales de diseño, con lo cual es posible determinar el nuevo número de ejes equivalentes que soportaría la estructura en esas condiciones.

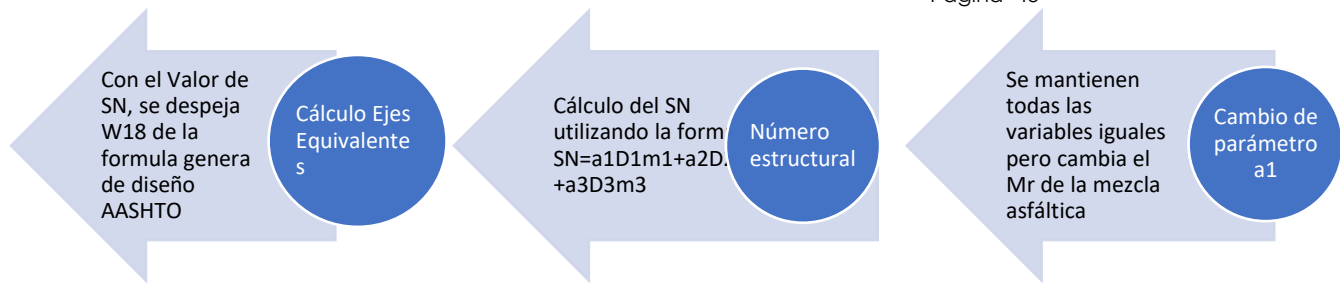


Figura 2. 28. Metodología para hacer Retro cálculo en el diseño AASHTO de pavimentos flexibles

Aplicando esta metodología es posible determinar los ejes equivalentes soportados para cada una de las mezclas evaluadas (Figura 2. 29), identificando que la mezcla convencional es la de mejores características, soportando aproximadamente 8 millones de ejes equivalentes seguida por la mezcla tibia con alrededor de 6.7 millones de ejes equivalentes, del otro extremo se encuentra la mezcla con plástico por vía húmeda que soporta cerca de 2.8 millones.

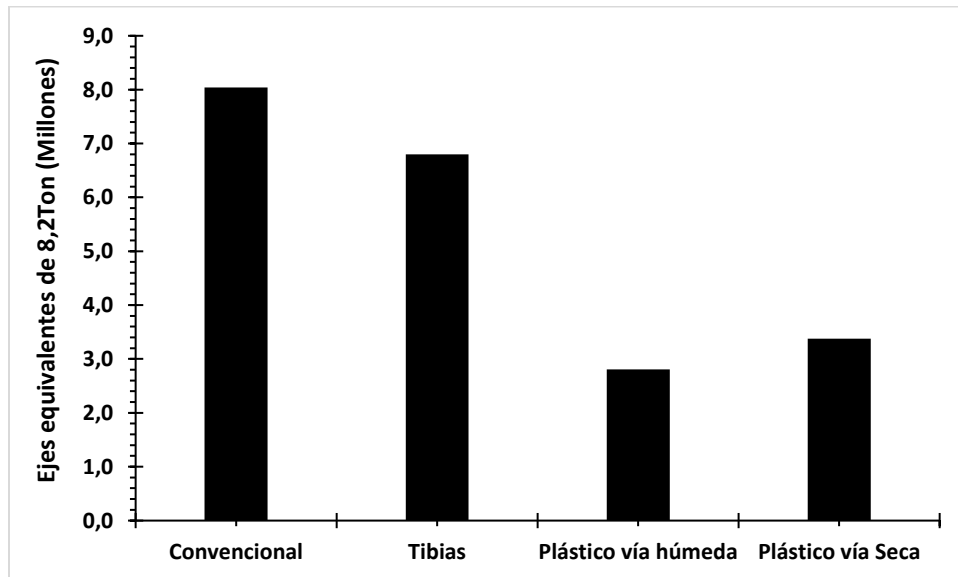


Figura 2. 29. Ejes equivalentes según Retro Cálculo

Si bien es cierto que la medida de los ejes equivalentes es una aproximación adecuada del desempeño de la mezcla, se tomaron las cantidades de ejes equivalentes soportados por cada mezcla y mediante una manipulación matemática se transformaron a número de años que soportará la estructura, esto se realiza con el fin de tener un punto de comparación con el diseño de pavimentos que se efectuó con un periodo de diseño de 3 años. Para esta manipulación matemática, se utiliza la Figura 2. 30, la cual representa la proyección del tránsito en la zona de estudio.

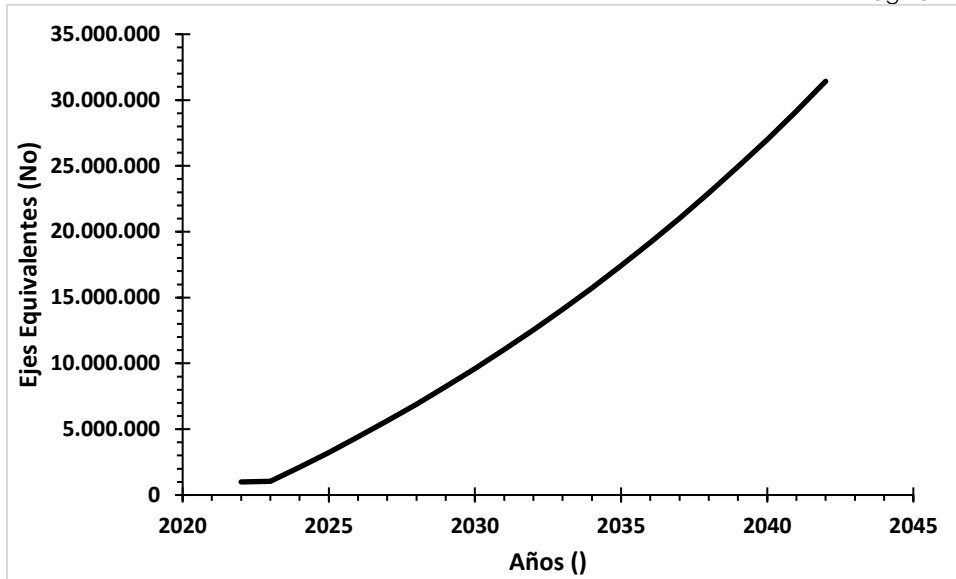


Figura 2. 30. Proyección del tránsito en la zona de estudio

De la curva anterior se obtiene la cantidad de años que soporta la estructura para cada una de las mezclas asfálticas evaluadas como se muestra en la Figura 2. 31, adicionalmente, se traza una línea punteada que indica el periodo de diseño inicial de la estructura (3 años). De esta gráfica se puede ver que las mezclas convencional y tibia cumplen con suficiencia el periodo de diseño y lo exceden en más del doble, sin embargo, este no es el caso de las mezclas con plástico, donde la mezcla por vía húmeda tiene un periodo de diseño ligeramente inferior al esperado, mientras que la mezcla por vía seca se encuentra en el límite del periodo de diseño.

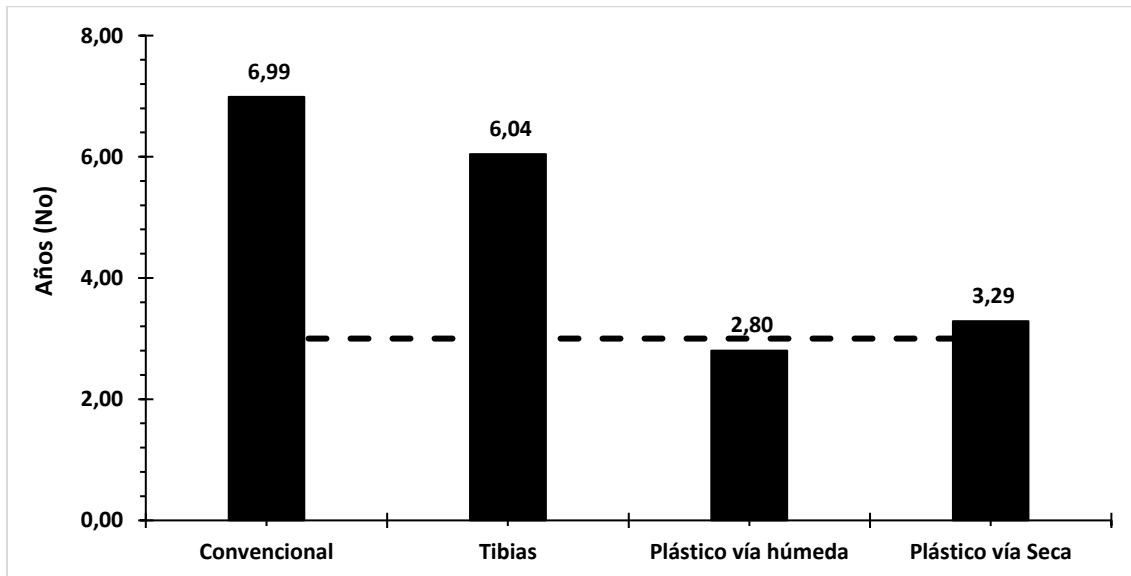


Figura 2. 31. Años de servicio de las mezclas según Retro Cálculo

 <p>UMV UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
--	---	--

Página 45

Como conclusión, se tiene que las mezclas convencionales y grano de caucho son ideales para los propósitos empleados, mientras que las mezclas con plásticos presentan deficiencias que pueden ser corregidas fácilmente en el diseño aumentando espesores, no obstante, vale la pena aclarar que este es un ejercicio netamente académico y puede presentar resultados diferentes en campo, ya que los parámetros de diseño incluidos son obtenidos de laboratorio más no de núcleos, adicionalmente, al ser materiales no convencionales, estos pueden tener características propias que pueden alterar positiva o negativamente el desempeño de las mezclas sin que el diseño AASHTO las contemple.

Capítulo 3. Análisis financiero

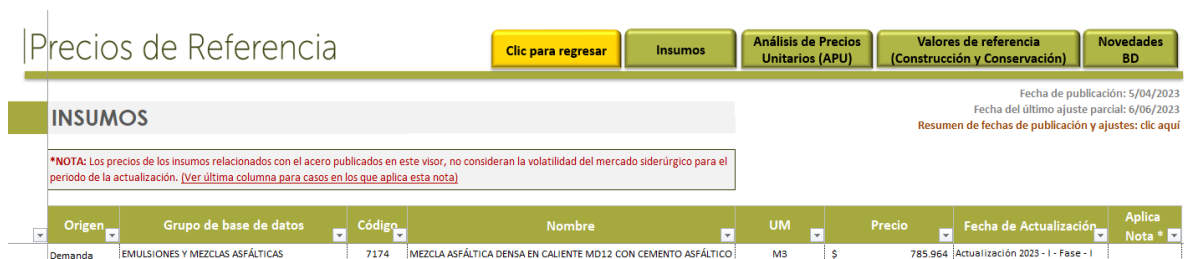
El presente informe muestra los precios calculados para cada uno de los tipos de mezclas utilizados. Los resultados acá presentados sirven como insumo para el análisis de la evaluación para cada uno de los tipos de mezclas utilizados. Se realiza el análisis mediante los ítems como, manos de obra, costo de mezcla, pétreos, emulsiones, maquinaria, ferretería, señalización y otros. Elementos como, recolección de plásticos, producción de los plásticos, procesamiento de plásticos y aditivos para reducir las temperaturas de producción no fueron tenido en cuenta para el ejercicio del presente documento debido a que fue una labor no estaba a cargo de la UMV la compra de estos elementos que fueron suministrados a título gratuito para este ejercicio.

3.1. Mezcla convencional y grano de caucho

CIV 10010183	
ITEM	COSTOS
MANO DE OBRA	\$ 64.243.701
MEZCLA	\$ 49.661.549
PETREOS	\$ 41.491.924
EMULSIONES	\$ 1.007.230
MAQUINARIA	\$ 87.545.653
FERRETERIA	\$ 35.724.174
SEÑALIZACION	\$ 64.799
OTROS	\$ 13.907.044
TOTALES	\$ 293.646.074

Tabla 3. 1. Costo del tramo con mezcla convencional y grano de caucho

El área total intervenida para este tramo fue de 455,37 m², el total de mezcla asfáltica producida fue de aproximadamente 103 m³ con un valor de \$45'605.923 COP. Es decir, que el precio por m³ de mezcla producida fue \$442.991 COP incluyendo transporte de la planta al sitio de extensión.



Precios de Referencia

[Clic para regresar](#) | [Insumos](#) | [Análisis de Precios Unitarios \(APU\)](#) | [Valores de referencia \(Construcción y Conservación\)](#) | [Novedades BD](#)

Fecha de publicación: 5/04/2023
Fecha del último ajuste parcial: 6/06/2023
[Resumen de fechas de publicación y ajustes: clic aquí](#)

INSUMOS

*NOTA: Los precios de los insumos relacionados con el acero publicados en este visor, no consideran la volatilidad del mercado siderúrgico para el periodo de la actualización. (Ver última columna para casos en los que aplica esta nota)

Origen	Grupo de base de datos	Código	Nombre	UM	Precio	Fecha de Actualización	Aplica Nota *
Demanda	EMULSIONES Y MEZCLAS ASFÁLTICAS	7174	MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD12 CON CEMENTO ASFÁLTICO	MS	\$ 785.964	Actualización 2023 - I - Fase - I	

Figura 3. 1. Sistema de Información de Precios de Referencia (IDU, 2023)

En comparación a los precios de referencia del IDU se evidencia un ahorro superior al 40% en costos. Gracias a su mayor durabilidad hasta un 50% más que la común que se evidencia en la Fig., hace que disminuya su costo a través del tiempo y tenga una mayor vida útil. ya que cuando a la Mezcla con grano de caucho se le vaya a hacer alguna reparación o mantenimiento, a la mezcla convencional ya se le habrán realizado reparaciones y

mantenimientos. La calidad de conducción que la misma genera es por mucho superior a la mezcla común.

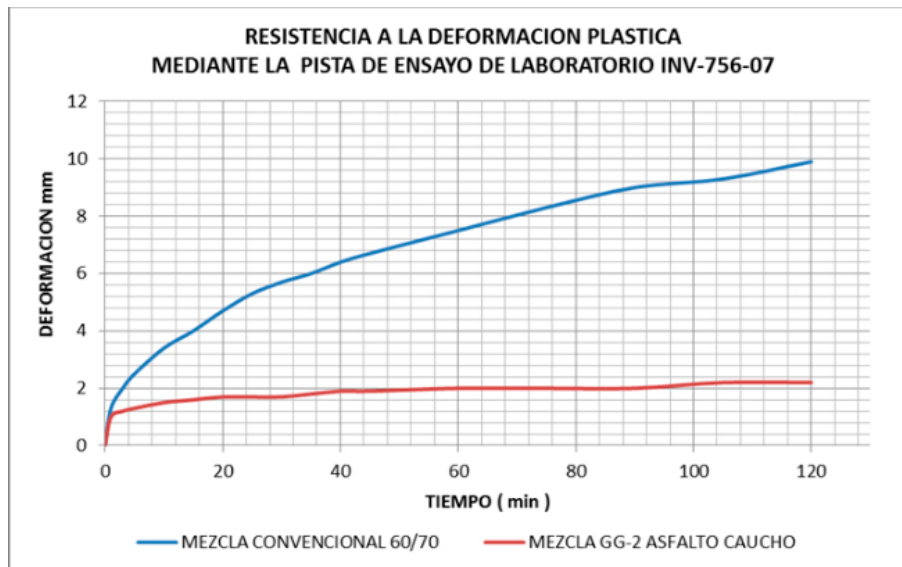


Figura 3. 2. Resistencia a la deformación plástica Mezcla Convencional Vs Mezcla con grano de caucho.

Los costos se verán reflejados en la contaminación ambiental, ya que, al reutilizarse el porcentaje de las llantas aprovechable, evita la contaminación del ambiente por los residuos de la descomposición de estas. La descomposición de un neumático supera los 1.000 años y su quema libera gases altamente nocivos para la salud (National Geographic, 2017).

3.2. Mezcla tibia

CIV 10006763	
ITEM	COSTOS
MANO DE OBRA	\$ 28.685.650
MEZCLA	\$ 34.238.774
PETREOS	\$ 46.135.836
EMULSIONES	\$ 1.301.566
MAQUINARIA	\$ 71.905.680
FERRETERIA	\$ 3.565.164
SEÑALIZACION	\$ 64.799
OTROS	\$ 5.105.342
TOTALES	\$ 191.002.811

Tabla 3. 2. Costo del tramo con mezclas tibias.

El área total intervenida para este tramo fue de 490.84 m² el total de mezcla asfáltica producida fue de aproximadamente 78 m³ con un valor de \$ 34'238.774 COP. Es decir, que el precio por m³ de mezcla producida fue \$442.991 COP incluyendo transporte de la planta al sitio de extensión.

El consumo de energía que requiere la planta para producir una tonelada de mezcla asfáltica es de 2.45 Kw/h. Aproximadamente el 20% del valor de una tonelada producida de mezcla asfáltica en caliente es del consumo de energía de la planta, lo que equivale a un gran porcentaje económico a la hora de reducir costos.

Por lo anterior, se debe considerar que la reducción del consumo de energía sería de gran ventaja para la ciudad, si se logra demostrar la importancia que es implementar la producción y utilización de mezclas asfálticas tibias. Estudios demuestran que la reducción del consumo de energía es alrededor de 30% que se puede lograr con las temperaturas menores de producción en plantas de producción de mezcla, por la reducción en el consumo de energía disminuye el costo de la producción de la mezcla asfáltica y adicional puede haber también la reducción en los costos involucrados en el uso del proceso de mezclas tibias, es decir, para las emulsiones y equipos utilizados in situ.

La reducción de las temperaturas de producción es de gran beneficio el proceso de fabricación de las mezclas tibias, dando como resultado un menor desgaste de la planta que se traduce a menores costos de mantenimiento.

3.3. Mezclas con plástico por vía húmeda y vía seca

CIV 10010183	
ITEM	COSTOS
MANO DE OBRA	\$ 35.984.908
MEZCLA	\$ 29.897.380
PETREOS	\$ 1.795.985
EMULSIONES	\$ 0
MAQUINARIA	\$ 35.949.629
FERRETERIA	\$ 14.450.396
SEÑALIZACION	\$ 64.799
OTROS	\$ 2.672.048
TOTALES	\$ 120.815.145

Tabla 3. 3. Costo del tramo mezclas con plástico.

El área total intervenida para este tramo fue de 442,96 m² el total de mezcla de concreto producida fue de aproximadamente 52 m³ con un valor de \$ 29'897.380 COP. Es decir, que el precio por m³ de mezcla de concreto 3000 psi producida fue \$ 506.954 COP y el precio de concreto premezclado MR 43 fue \$ 660.685 COP.

La mezcla asfáltica modificada con plásticos proporciona mayor resistencia a deformaciones que la mezcla tradicional, ayudando a la resistencia a las deformaciones permanentes y teniendo un ciclo de vida útil mayor lo que implica menos costos, debido a que el periodo de vida útil del pavimento se extiende de entre 5 a 10 años más con respecto al pavimento con mezcla convencional, mejorando así, su tiempo de servicio.

En materia de costos se debe revisar más con un enfoque a economía circular, se estima que reciclar un kilo de plástico ahorra 39,26 litros de agua, evita emitir 2,5 Kg de CO₂ a la atmósfera y el consumo de 5,0 Kw de energía.

 <p>UMV UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
--	---	--

En general y con las alianzas alcanzadas en el proyecto se puede reducir enormemente los costos si se trabaja en conjunto con entidades tanto públicas como privadas, que apoyen el desarrollo económico y ambiental en la ciudad, generando un menor impacto ambiental que se puede traducir a su vez en una reducción de costos en las obras que adelanta cada día la Unidad de Mantenimiento Vial.

Capítulo 4. Análisis ambiental

Para el ejercicio del presente capítulo se evaluaron las mezclas de manera individual. Elementos como consumos energéticos en las fases de producción e instalación fueron considerados para la elaboración de este capítulo. Por otro lado, se ponen en evidencia los programas distritales asociados con el medio ambiente que tienen injerencia este trabajo.

4.1. Mezclas asfálticas Convencionales

Las mezclas asfálticas convencionales pueden tener un impacto ambiental mayor o menor debido a las condiciones de sus componentes. Algunas alternativas para reducir el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero en la producción de mezclas asfálticas convencionales son la reducción del contenido de humedad de los agregados, reducción de la temperatura de producción y el uso de materiales de desecho (plásticos) (Thives & Ghisi, 2017).

Según un estudio de Thives & Ghisi (2017), el contenido de humedad de los agregados en la mezcla asfáltica es un factor importante en el consumo de energía. Los autores encontraron que cada aumento del 1% en el contenido de humedad representa un aumento del 10% en el uso de combustible para secar estos materiales. Para las mezclas asfálticas convencionales, el consumo total de energía necesaria para secar los componentes es de 182 MJ por tonelada de mezcla asfáltica. Para el dato anterior, se tuvieron en cuenta los valores de la Tabla 4. 1.

Materiales	Condiciones
Contenido de humedad inicial de los agregados	2%
Contenido de humedad inicial de la arena	5%
Contenido de humedad inicial del llenante mineral	1%
Temperatura de los agregados	Inicial: 15°C, final: 155°C
Temperatura de la arena y el llenante mineral	Inicial: 15°C, final: 155°C
Temperatura del asfalto	Inicial: 15°C, final: 155°C

Tabla 4. 1. Condiciones de referencia para la mezcla asfáltica convencional.

Adaptado de (Thives & Ghisi, 2017)

Si se tiene en cuenta tanto el secado, como el calentamiento de los agregados, se necesitan aproximadamente 300000 BTU \approx 316,53 MJ de acuerdo con la bibliografía consultada (Kristjánssdottir et al., 2007; Thives & Ghisi, 2017).

Además de lo expuesto anteriormente, se puede decir que la reducción de 2% del contenido de humedad de los agregados, ahorraría 8,7 kWh y 2,02 kg de CO₂ por tonelada de mezcla asfáltica producida (Thives & Ghisi, 2017).

A pesar de que para producir las mezclas asfálticas convencionales se requieren altas temperaturas, éstas son una mejor opción que el concreto hidráulico en cuanto a emisiones de CO₂. La Tabla 4. 2 muestra la comparación de la cantidad de dióxido de carbono generado por la construcción de 1 km de diferentes tipos de vía, con concreto hidráulico y mezcla asfáltica convencional.

Tipo de vía	CO₂ emitido por el concreto hidráulico (t/km)	CO₂ emitido por la mezcla asfáltica(t/km)	Reducción (%)
Residencial	295	65	78
Colectora	686	170	75,2
Autopista	1497	347	76,8

Tabla 4. 2. Dióxido de carbono emitido por la construcción inicial.
Adaptado de (Thives & Ghisi, 2017)

Finalmente, es importante tener en cuenta que el tipo de combustible que utiliza la planta de producción de la mezcla asfáltica juega un papel importante. De acuerdo con la Tabla 4. 3, las plantas de producción que funcionan con electricidad generan más emisiones de dióxido de carbono para la producción tanto de mezclas asfálticas convencionales (HMA), como de mezclas asfálticas tibias (WMA).

Combustible	HMA (kg CO₂)	WMA (kg CO₂)
Electricidad	33,32	27,18
Gasolina	16,7	13,63
Diesel	16,28	13,28
Gas natural	11,7	9,55

Tabla 4. 3. Emisión de CO₂ a partir del combustible de la planta de producción de la mezcla asfáltica.

Teniendo en cuenta el impacto ambiental que producen los materiales reutilizables en la mezcla asfáltica, es importante resaltar algunas cifras y medidas de contención antes esta situación que están alineadas con los planes de gobierno distrital.

De acuerdo con los datos de la UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), en Bogotá se producen diariamente un promedio de 8.300 toneladas de basura, de las cuales el 18% son residuos aprovechables, convirtiéndolo en una cifra de 1.600 toneladas al día (Castillo, M 2023).

Entre estos residuos se encuentran el poliestireno expandido o icopor y diversos tipos de plásticos. El poliestireno expandido en Colombia tiene una producción promedio de 29.000 toneladas al año, de las cuales menos del 17% es reciclado. Se destaca de estas cifras que sólo en envases y embalajes se producen 6.000 toneladas anuales en la ciudad de Bogotá.

La producción de plásticos en el país tiene un promedio de 1.250.000 toneladas anuales, según el DNP (Departamento Nacional de Planeación) y en promedio cada colombiano consume 24 kilos de plástico al año. Evidenciando una gran cantidad de uso de este material que es expuesto a la contaminación medioambiental.

4.2. Mezclas Asfálticas Tibias

De acuerdo con un estudio realizado por Belc et al. (2021), para analizar el impacto ambiental que causa una mezcla tibia con respecto a una mezcla asfáltica convencional es necesario tener en cuenta el diagrama de flujo de la producción de las mezclas asfálticas, mostrado en la Figura 4. 1.

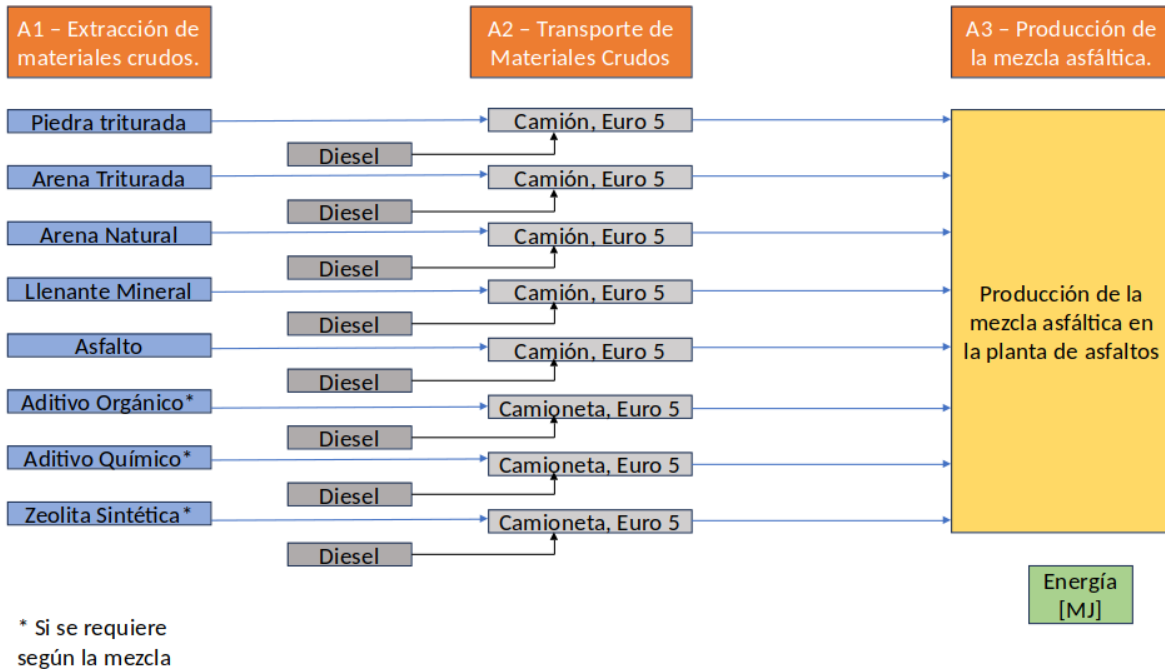


Figura 4. 1. Diagrama de Flujo de Producción de una mezcla asfáltica.

La muestra el proceso requerido para producir una mezcla asfáltica convencional (HMA) y una mezcla asfáltica tibia (WMA) con diferentes aditivos, entre los que están los aditivos orgánicos, aditivos químicos y las zeolitas sintéticas. Para complementar la Figura 4. 1 se tiene la clasificación de los aditivos y técnicas que se utilizan comúnmente para la fabricación de mezclas asfálticas tibias, como lo muestra la Figura 4. 2.

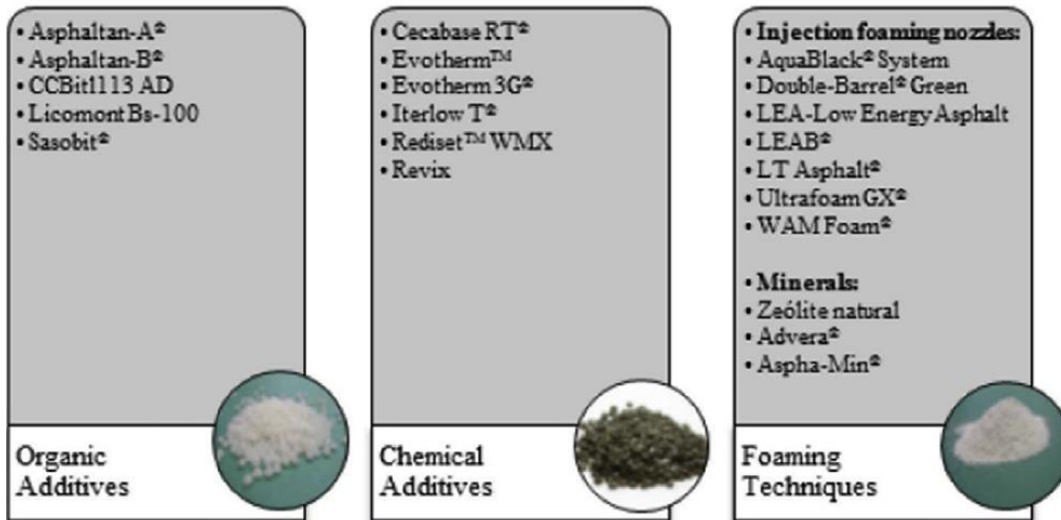


Figura 4. 2. Clasificación de productos y técnicas para mezclas tibias. Tomado de (Vaitkus et al., 2009)

Para la producción de las mezclas asfálticas, se debe tener en cuenta la distancia de transporte requerido para cada uno de los materiales requeridos según el tipo de mezcla. La muestra la distancia necesaria del transporte de materiales expuesta por Belc et al. (2021).

Material crudo	Distancia de transporte (km)
Piedra Triturada	90
Arena Triturada	90
Arena Natural	90
Llenante Mineral	80
Asfalto	220
Aditivo Orgánico	75
Aditivo Químico	100
Zeolita Sintética	100

Tabla 4. 4. Distancia de transporte de materiales. Adaptado de Belc et al. (2021)

De acuerdo con Belc et al. (2021) y (Zaumanis et al., 2012), con las distancias de transporte que se tienen en la Tabla 4. 4, la energía necesaria para producir una tonelada de mezcla asfáltica convencional se requiere 340 MJ de energía. Cuando se habla de consumo de energía respecto a las mezclas asfálticas tibias, Belc et al. (2021) menciona que el gasto de energía se reduce en cerca del 20 %, lo que se traduce en 270 MJ.

Análisis de Impacto ambiental

(Belc et al., 2021) realizaron un estudio de las emisiones que se generaban en la producción de 3 tipos mezclas asfálticas modificadas, concluyendo que la extracción de la materia prima de las mezclas es la actividad en la que más emisiones de CO₂ se generan. En la Figura 4. 3, se muestra la comparación que Belc et al. (2021) hicieron a 3 tipos de mezclas asfálticas tibias con respecto a las mezclas asfálticas convencionales (HMA).

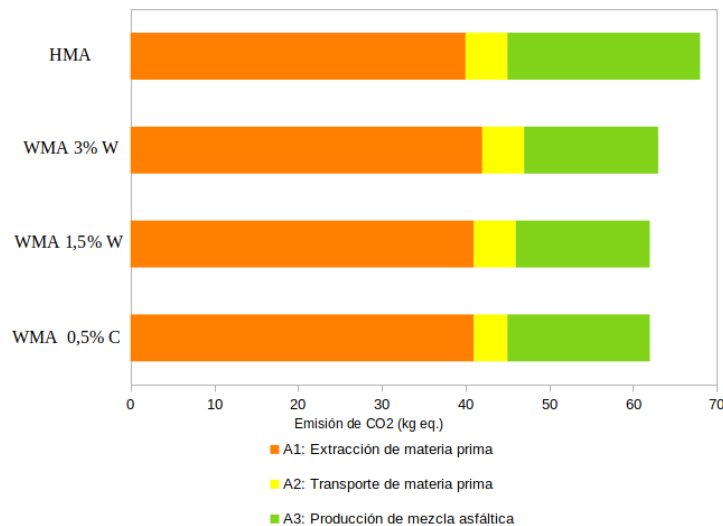


Figura 4. 3. Emisión de gases de efecto invernadero de las mezclas asfálticas. Adaptado de Belc et al. (2021).

4. 3. Mezclas asfálticas con Plásticos

De acuerdo con la definición de la Universidad de Los Andes & Greenpeace (2019), el plástico es un material sintético que se produce a partir del petróleo y que por procesos de polimerización del carbono es altamente modificable y maleable a las necesidades requeridas. De acuerdo con el DANE (2021), en Colombia se consumieron 201.606 toneladas de bolsas de material plástico sin impresión en Colombia en el año 2021, estas bolsas de plástico son del material conocido como Polietileno de Baja Densidad (LDPE).

Existe una clasificación internacional de los plásticos, con el fin de identificarlos para poder separarlos adecuadamente a la hora de reciclar. La Tabla 4. 5 muestra la clasificación internacional de los plásticos según su código.








Identificador	Descripción	Propiedades	Aplicaciones	Rango de reciclaje
 PET	Tereftalato de polietileno	Buenas propiedades térmicas. Resistente a la mayoría de solventes. Baja permeabilidad de gases.	Botellas de bebidas, botallas de shampoo, contenedores de comida.	Comúnmente el 20%
 HDPE	Polietileno de alta densidad	Alta resistencia a la tensión comparado con otros plásticos. Baja resistencia a temperaturas. Material rígido.	Botellas de leche, contenedores de comida, Cubiertas de geomembrana.	Comúnmente el 15%
 PVC	Policloruro de vinilo	Fuertes propiedades aislantes. Alta durabilidad. Resistente a químicos inorgánicos.	Tuberías, membranas a prueba de agua, aisladores de cables.	Ocasionalmente el 2%
 LDPE	Polietileno de baja densidad	Resistente a los ácidos. Baja absorción de agua. Alta resistencia al impacto a bajas temperaturas.	Bolsas de plástico, pitillos, tanques de agua, bolsas a granel.	Comúnmente el 15%
 PP	Polipropileno	Resistente al agrietamiento. Buenas propiedades ópticas. Más rígido que el polietileno.	Botellas, juguetes, muebles, floreros, piezas de automóvil.	Algunas veces el 8%
 PS	Poliestireno	Fuertes propiedades aislantes. Alta resistencia a la compresión. Resistente a las sales, alcaloides y envejecimiento.	Empaques de comida, empaques de materiales, equipo de seguridad.	Algunas veces el 12%
 OTHER	Otros plásticos.	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Ácido poliláctico (PLA), Policarbonatos (PC), nylon, etc.	Puestos de higiene, objetos de electrónica, redes de pesca, ropa.	Algunas veces el 8%

Tabla 4. 5. Tipos de plástico según su código. Adaptado de Giustozzi et al (2011)

Tipos de polietileno producidos en Colombia

Para el año 2021 el procesamiento nacional de resinas plásticas registró un aumento de 1.48 millones (12%), con relación a periodos anteriores en el que se destacó el consumo de Polipropileno y PET (Castro, 2023). De este último se encuentran envases y láminas pertenecientes al polietileno que cuenta con dos variaciones.

PEAD (Polietileno de alta densidad) con productos como tuberías, tanques, canastas, contenedores, recubrimientos para cables, bañeras, juguetes y señalizaciones viales con un porcentaje positivo del 5,8% y el PEBD (Polietileno de baja densidad) con el que se realizan películas para envolver productos (vinipel), películas para uso agrícola y de invernadero, bolsas, tapas, láminas adhesivas, juguetes, botellas, mangueras de conducción de agua con un porcentaje estable con respecto al periodo anterior del 6,5%.

La problemática que presentan los plásticos además de su degradación extendida es que se utiliza gran cantidad de energías no renovables para su producción. La Figura 4. 4 muestra un estudio realizado por el Centro de Derecho Internacional del Medio Ambiente (2019), en donde se dice que para el año 2050 se producirán 2.75 mil millones de toneladas de CO₂ consecuencia de la producción e incineración de los plásticos a nivel mundial.

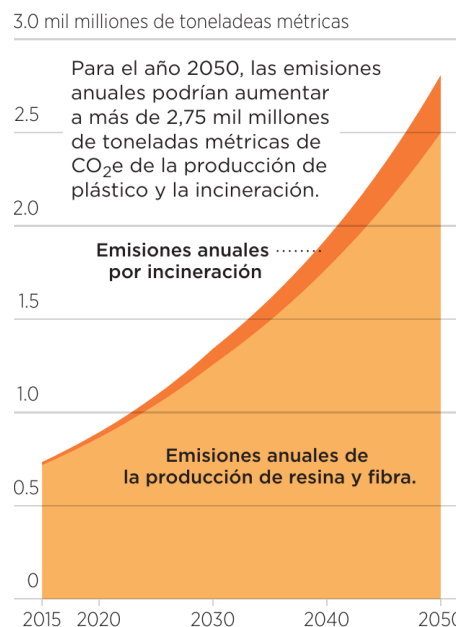


Figura 4. 4. Emisiones anuales de CO₂ de la producción de plásticos para el año 2050. Tomado de (Center for International Environmental Law, 2019).

De acuerdo con Zero Emissions Objective (2020), para producir 1 kilogramo de plástico, se emiten 3,5 kilogramos de dióxido de carbono. Además, si bien es cierto que producir plástico a partir de plástico reciclado genera una menor huella de carbono, Zero Emissions Objective, (2020) menciona que fabricar plástico reciclado emite 1,7 kg de CO₂, lo que representa una disminución del 49% de huella de carbono.

Una de las grandes preocupaciones que genera la emisión descontrolada de gases de efecto invernadero, es el aumento de la temperatura que estos generan. La Figura 4. 5 muestra la temperatura promedio que se ha presentado a nivel mundial, genera preocupación el hecho de que los días más cálidos se vienen presentando en el año 2023, como lo indican los datos de Climate Reanalyzer et al. (2023).

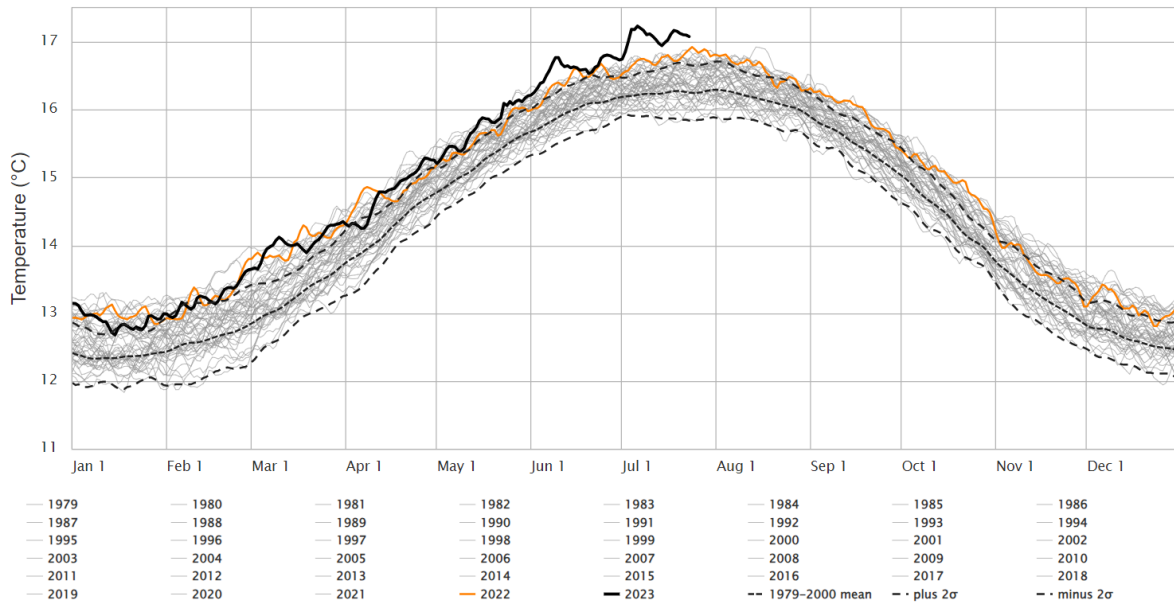


Figura 4. 5. Temperatura promedio diaria mundial.
Tomado de (Climate Reanalyzer et al., 2023)

Dado lo anterior, Center for International Environmental Law (2019) en su reporte indica que lo pertinente es buscar una solución que reduzca la producción de los plásticos, para abordar los impactos del ciclo de vida del plástico. Por tal motivo, el ciclo de vida utópico de un pavimento se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, de momento no se tiene certeza de la utilidad que pueden llegar a tener las mezclas asfálticas modificadas con materiales reciclados en el momento que han cumplido su ciclo de vida.

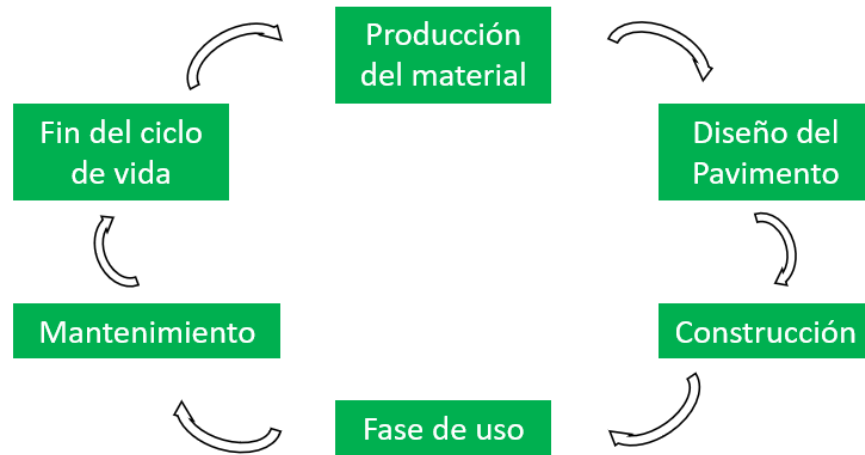


Figura 4. 6. Ciclo de vida de un pavimento
Adaptado de (Harvey et al., 2016).

4. 4. Mezclas asfálticas con Gránulo de Caucho

El petróleo es una sustancia orgánica de la que depende la producción de muchos productos que se utilizan en la actualidad. De acuerdo con (Dicamillo, 2017), para producir los neumáticos modernos se necesitan 7 galones de petróleo (27 litros), de los cuales 2 galones (8 litros) son parte de la energía requerida para fabricar dicho producto. Investigadores como Kole et al. (2017) indican que los neumáticos representan el 10% de los microplásticos que están el mar de todo el mundo en la actualidad.

Un estudio realizado por Bressi et al. (2021), se determinó que el uso de gránulo de caucho requiere un mayor porcentaje de asfalto virgen, dado que el caucho absorbe las partes más livianas del asfalto en el proceso llamado “maceración”. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el análisis del ciclo de vida que tiene una mezcla asfáltica modificada con gránulo de caucho.

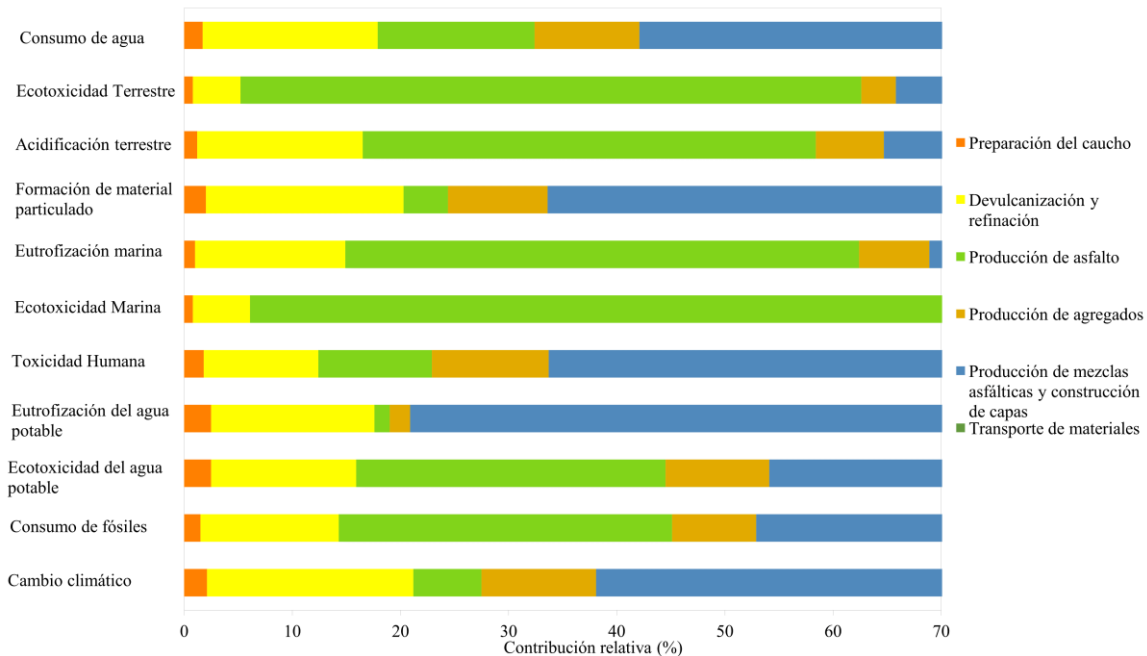


Figura 4. 7. Contribución relativa de las diferentes fases del ciclo de vida de las mezclas asfálticas modificadas con caucho Adaptado de (Bressi et al., 2021).

4. 5. Programas distritales asociados con el medio ambiente

Por medio de los programas del distrito de medio ambiente de Bogotá, se encuentra una relación directa con el recurso de reciclaje del material plástico para su reutilización en las mezclas asfálticas utilizadas en el proyecto de rehabilitación de la carrera 96.

Bogotá construcción sostenible:

Programa de reconocimiento público de la SDA a los proyectos que implementan estrategias de Ecurbanismo y Construcción Sostenible, de cuales se encuentran los siguientes apartados:

- Descripción de la aplicación de nuevas tecnologías orientadas a los beneficios ambientales por medio de circuitos peatonales de calidad y de fácil accesibilidad.
- Aplicación del buen diseño; Clasificación de Residuos
- Aplicación de tecnologías; Elementos de material reciclado.

Ecurbanismo:

La cual consta de un conjunto de decisiones y actuaciones de planificación, desarrollo, construcción y adecuación de las ciudades, orientadas al desarrollo sostenible, minimizando

	<p style="text-align: center;">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p style="text-align: center;">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	---	--

los impactos ambientales esto bajo lineamientos y determinantes ambientales del decreto 190 de 2004.

Diagnóstico Ambiental Sobre El Manejo De Llantas Y Neumáticos Usados Generados Por El Parque Automotor De Santa Fe De Bogotá:

De acuerdo con lo reportado por el parque automotor de Bogotá D.C. se estima un promedio de 3.7229.950 neumáticos usados anuales, provenientes de vehículos particulares y públicos que son destinados para cuatro tareas específicas en los centros de acopio, estos son: el uso energético como combustible para la producción de panela en la zona noroccidente de Cundinamarca, uso artesanal, uso de regrabado, reencauche y otros. Algunas de las actividades mencionadas comprometen el estado de la salud pública y generan impactos ambientales. Ante eso se proponen 4 alternativas:


- Aprovechamiento energético y materia prima para hornos en la industria cementera.
- Aprovechamiento energético en termoeléctricas, utilizada para generar energía eléctrica.
- Uso de llantas como materia prima para la producción de pavimento asfáltico.
- Suministro de materias primas para usuarios del caucho.

La tercera alternativa, hace referencia al caucho pulverizado (malla 80/ malla 40, sin textil o acero) como aditivo en el ligante asfáltico para obtener características de flexibilidad, elasticidad y mayor adherencia que aumenta su vida útil por lo menos en un 50% a un costo menor que el pavimento convencional. Cuenta con un reconocido éxito en países como Canadá, Estados Unidos y España, y en el país puede generar nuevos mercados, generación de empleos e ingreso por su exportación.

Alternativas y estrategias identificadas

Una vez evaluados y analizados los datos y programas que se desarrollan para el uso de este material, a través de diferentes estrategias de políticas públicas y programas distritales para dar un manejo adecuado al uso de empaques y envases que permitan estimular el aprovechamiento de sus residuos en Bogotá, se pretende identificar una serie de alternativas a este impacto medioambiental.

Para finales del año 2000 se proponen estrategias en torno al manejo de residuos de empaques y envases en la ciudad de Bogotá, que van desde acuerdos sectoriales e instrumentos económicos que incentiven el reciclaje y la disminución de estos en los rellenos sanitarios. A Través de este estudio se proponen alternativas de reciclaje, económicas y disminución del consumo de los residuos clasificados (Pulido, J. 2023).

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Página 61

Plásticos: Reutilización del empaque, uso de botellas retornables a través del sistema de depósito-reembolso, implementación de impuesto al uso de bolsas plásticas e incineración de plásticos.

Vidrio: Disposición de botellas retornables a través del sistema de depósito-reembolso.
Papel y cartón: Mejora del sistema de reciclaje y recolección de los residuos.

Aluminio (Metales): Sistema de depósito-reembolso, apoyo al desarrollo de industrias que utilicen el aluminio recuperado por los recicladores e incentivar el reuso del material.

Compuestos (Tetra-Pack): Impuesto al producto, recuperación del residuo para generar materia prima para la producción de insumos para construcción.

Capítulo 5. Análisis social

Para el desarrollo de este capítulo se tuvo en considerando cada uno de los objetivos de desarrollo sostenible. Es importante tener en cuenta que cada uno de los trabajos que se hacen al interior de la UMV tienen una afectación directa a la comunidad, en este caso, hemos decidido abordar cada uno de los objetivos de desarrollo sostenible y ver el impacto que este proyecto tiene en cada uno.

5.1. Mezclas tibias, mezclas con plástico por vía húmeda y vía seca

A continuación, se presenta un análisis social enfocado en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles establecidos en el 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el marco de cumplimiento de los objetivos en el 2030. Para el desarrollo de este análisis, se identificó que de 17 objetivos contemplados por la Organización de Naciones Unidas, el proyecto de intervención de la obra apunta a la aplicación de 8 objetivos, que permiten identificar los impactos a nivel social tanto de la población ubicada en la zona de intervención, como en el personal que trabajó en la producción e instalación del tramo con mezclas modificadas, permitiendo identificar las ventajas y desventajas percibidas al emplear el uso de nuevos materiales.

El análisis realizado del enfoque social aplicado en la intervención de rehabilitación de la vía en la carrera 96, está alineado con el tercer objetivo específico del modelo de sostenibilidad de la UAERMV 2023-2024 que expresa lo siguiente "...iii. Documentar y visibilizar la gestión sostenible de la entidad, a través del Informe de Sostenibilidad en el que se relacione la contribución de la Unidad en los ODS.", de igual manera se toman los conceptos aplicados en el documento para el desarrollo de los ODS e identificados en la intervención del tramo informado.

Impacto a la comunidad y personal involucrado

Tal como se menciona anteriormente el enfoque del análisis social que se desarrolla cuenta como marco de población de estudio a:

- Población ubicada en el sector de intervención de la obra
- Ingenieros encargados de planta
- Trabajadores de la planta
- Ingenieros de obra
- Trabajadores en obra

Contará con un análisis de percepción mixto con enfoque cuantitativo y cualitativo, el cual se desarrollará a partir de implementación de encuestas poblacionales, que permita medir los diferentes conceptos percibidos por la población involucrada.

Alcance a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el 2015, donde se definieron las estrategias de intervención y compromiso por parte de los países del mundo, para conseguir un futuro sostenible para todos, donde se definieron 17 objetivos para lograr la meta establecida.



Figura 5. 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible.
Fuente: (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

De los 17 objetivos y 169 metas definidas, como ruta de acción elaborada en pro de mejorar la vida de las personas, el medio ambiente, el planeta, la prosperidad y fortalecer la paz y la justicia con enfoque económico, social y ambiental, se intervienen diferentes aspectos que deben ser priorizados por cada país para el cumplimiento de los objetivos. En el marco de intervención por parte del proyecto de obra del tramo de la carrera 96, se evidencia la posibilidad de aplicación de 8 objetivos de desarrollo sostenible:

#	Objetivo	Cumple
1	Fin de la pobreza	SI
2	Hambre Cero	---
3	Salud y Bienestar	---
4	Educación de calidad	---
5	Igualdad de género	SI
6	Agua limpia y saneamiento	---
7	Energía asequible y no contaminante	---
8	Trabajo decente y crecimiento económico	SI
9	Industria, Innovación e infraestructura	SI
10	Reducción de las desigualdades	---
11	Ciudades y comunidades sostenibles	SI
12	Producción y consumo responsables	SI
13	Acción por el clima	SI
14	Vida submarina	---
15	Vida de ecosistemas terrestres	---
16	Paz, justicia e instituciones sólidas	SI
17	Alianzas para lograr los objetivos	---

Tabla 5. 1. Cumplimiento de ODS

Con relación a los 8 objetivos identificados tal como se observa en la tabla 1, se desarrollan cada uno de estos de acuerdo con la identificación del trabajo realizado en la rehabilitación del tramo de la carrera 96, en donde se tendrá en cuenta proyectos desarrollados por la Alcaldía Mayor de Bogotá y el Gobierno de Colombia.



Figura 5. 2. Alcaldía de Bogotá y Gobierno de Colombia
Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

Fin de la pobreza

Permite evidenciar los beneficios directos e indirectos para la comunidad, evaluando la situación social en la que se encontraba la población antes de la intervención del proyecto y los cambios en la calidad de vida que se identifican posteriormente a la culminación del proyecto realizado.



Figura 5. 3. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Es de esta manera como nos permitimos analizar este objetivo teniendo como base lo mencionado por Guy Ryder director general de la Organización Internacional del trabajo en el 2012 “Acabar con la pobreza y promover el trabajo decente son dos caras de la misma moneda. El trabajo decente es tanto el principal instrumento para hacer realidad el desarrollo como, en efecto, el objetivo central del desarrollo sostenible”. (United Nations Global Compact, s.f.)

En relación con lo informado anteriormente, podemos resaltar dos conceptos claves que nos ayuden a comprender este objetivo:

- **Pobreza monetaria:** la cual para el DANE se establece como el ingreso que necesita cada persona para satisfacer sus necesidades y se establece para el año 2022 como un ingreso de \$354.031 según la línea de pobreza monetaria. (Organización para la Coordinación de Asuntos Humanitarios, 2022)

- **Pobreza extrema:** se define bajo ingresos por debajo de \$161.099 lo que se considera una pobreza extrema encontrándose así con varias carencias derivadas de la economía.

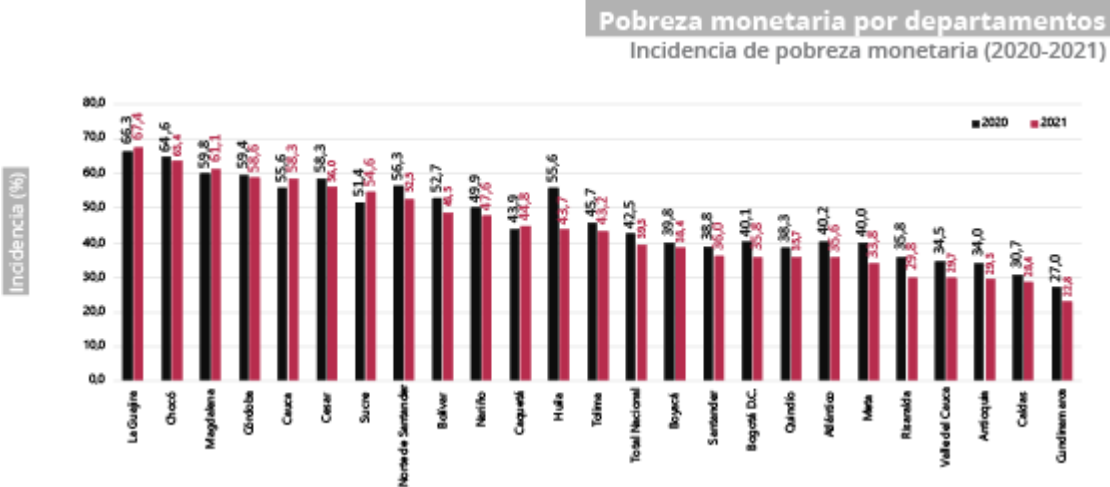


Figura 5. 4. Pobreza monetaria por departamentos
Fuente: (DANE, 2022)

Teniendo en cuenta que existe una clasificación generalizada para determinar la pobreza, nos concentraremos en la pobreza monetaria, la cual como se observa en la gráfica anterior para la población de Bogotá, en este caso se percibe entre un 40.1% para el 2020 y un 33.8% para el 2021.

De manera alineada con las políticas establecidas por el gobierno Nacional enfocadas a la capital, así como, los proyectos desarrollados por el distrito, encontramos que la zona intervenida en Engativá cuenta con una pobreza monetaria entre el 20.1% al 30% donde el distrito desarrolla programas dirigidos a brindar ayudas monetarias.

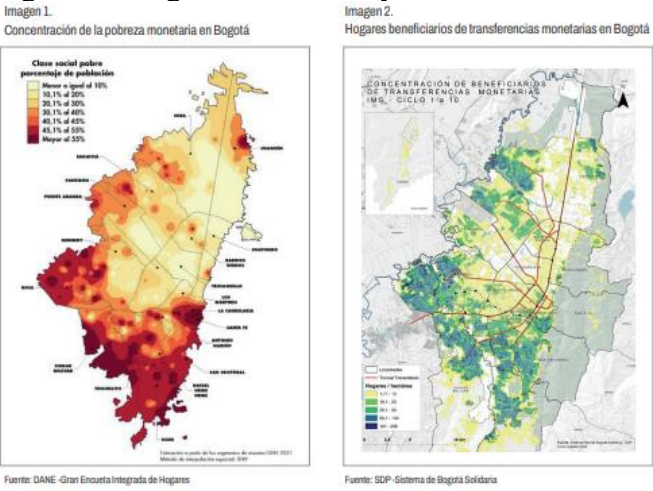


Figura 5. 5. Concentración pobreza monetaria Bogotá y Mapa de hogares beneficiarios
Fuente: (Alcaldía de Bogotá, 2023)

Por lo cual nos permitimos evaluar en el foco nacional y local aplican los objetivos presentes:

Disponer de los recursos financieros para mantener la estrategia de reducción del gasto en transporte público.

La política pública aprobada en la plenaria del consejo destaca que el porcentaje de transporte puede representar un 27% del salario de la población, razón por la cual se busca generar una optimización que permita reducir el costo del pasaje en el transporte público implementando cobro por parqueo en vía, cobros por congestión y/o por contaminación, peajes urbanos, multas, publicidad, arrendamiento de espacios de infraestructura asociada con el sistema, herramientas de captura del valor del suelo, entre otros. (Consejo de Bogotá, 2020).

Se hace evidente que el mejoramiento de la infraestructura y la malla vial es un componente intrínseco al problema que se plantea ya que como podemos observar en los estudios de causas que afectan el rendimiento de combustible de un automóvil (Gobierno de Mexico, 2016).

Hábitos comunes	Efectos
Calentar el motor del automóvil por más de un minuto.	Un automóvil consume 100 mL por cada 10 minutos funcionando en vacío.
Acelerar rápidamente desde un alto.	Se consume hasta 50% más de combustible en comparación con una aceleración gradual.
Viajar a altas velocidades.	Un automóvil que circula a 110 km/hr consume alrededor de 20% más de combustible que si viajara a 90 km/h.
Tránsito denso.	Aumenta hasta en 15% el consumo de combustible.
Usar inmoderadamente el aire acondicionado.	Consumo 10% más de combustible.
Cargar cosas inútiles en la cajuela.	Por cada 50kg extras se incrementa en 2% el consumo de combustible.

Tabla 5. 2. Hábitos comunes y efectos en la conducción
Fuente: (Gobierno de Mexico, 2016)

Según la tabla anterior podemos observar que el tráfico de la zona y diversos hábitos influyen de forma directa en el consumo de combustible, para lo cual se infiere de manera directa que el cambio de calzada a un mejoramiento de la superficie ha generado un impacto positivo y una mejora en este aspecto para el transporte público.

En pro de generar una estadística de datos representativos de lo mencionado anteriormente, se plantea la posibilidad de implementar una encuesta en futuros proyectos, involucrando la participación de residentes y/o comerciantes del sector:

 <p>UMV UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL</p> <p>UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	---	--

Página 67

PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA
¿Cuál era su percepción de la vía antes de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Buena, Mala, Regular
¿Cuál es su percepción de la vía después de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Buena, Mala, Regular
¿Qué aspectos de contaminación identificaba antes de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Auditiva, Visual, Ambiental, ¿Otro cuál?
¿Cuál era su percepción de seguridad antes de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Buena, Mala, Regular
¿Cuál es su percepción de seguridad después de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Buena, Mala, Regular
¿Cuál era su percepción de movilidad antes de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Buena, Mala, Regular
¿Cuál es su percepción de movilidad después de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Buena, Mala, Regular
¿Qué beneficios ha identificado después de la intervención realizada en el tramo de la Cra 96?	Respuesta abierta

Tabla 5. 3. Preguntas ODS 1

Fuente: Propia

Igualdad de genero



Figura 5. 6. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global

Fuente: (ISGlobal, s.f.)

La mano de obra calificada para la ejecución del proyecto, donde se destaca la participación de las mujeres vinculadas para la intervención de la obra, permite demostrar que hay una oferta laboral en este sector para las mujeres y la importancia de fortalecer y promover las oportunidades laborales para este grupo que han optado por hacer una formación profesional en las carreras asociados a la ingeniería.

De acuerdo con la implementación del Modelo de Sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo de este, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “5. Igualdad de género”

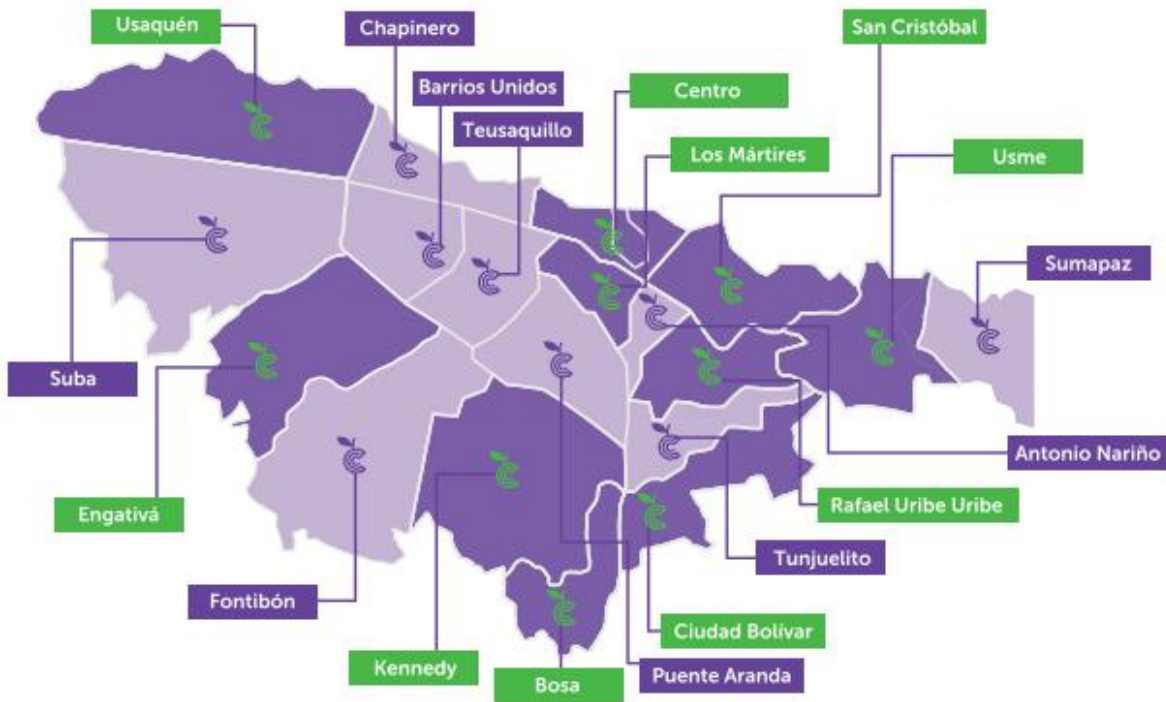
A través de la Meta Plan de Desarrollo asociada al proyecto de inversión 7858, la cual establece: Definir e implementar dos estrategias de cultura ciudadana para el sistema de movilidad, con enfoque diferencial, de género y territorial, donde una de ellas incluya la prevención, atención y sanción de la violencia contra la mujer en el transporte.

De esta manera, la UAERMV desarrolla diferentes estrategias teniendo como aliado estratégico a la secretaria Distrital de la Mujer; estas actividades tienen como fin sensibilizar

y capacitar a sus colaboradores en temas de diversidad, equidad e inclusión. Se llevan a cabo tanto en frente de obra, como en las sedes; involucra tanto a sus proveedores como grupo de valor.

De acuerdo con lo anterior, se identifica la colaboración Distrital en pro de la gestión para apoyar la inclusión de la mujer en los diferentes espacios en los que pueden participar, promoviendo campañas, políticas y actividades que permiten visibilizar la importancia de cerrar las brechas y las dificultades que existen para obtener una igualdad de condiciones entre todas las personas sin importar las condiciones o identificaciones representativas de cada uno.

Imagen 4. Manzanas del Cuidado



Fuente: Secretaría Distrital de la Mujer

Figura 5. 7. Manzanas de cuidado
Fuente: (Alcaldía de Bogotá, 2023)

De igual forma como se contempla anteriormente buscamos una relación entre los entes gubernamentales tanto a nivel nacional como a nivel regional, para lo cual evaluando las opciones generadas por la Alcaldía mayor de Bogotá nos encontramos con los proyectos de generación de manzanas las cuales tienen como fin brindar a las mujeres más y mejores oportunidades de acceso a educación flexible, bienestar, empleo, empoderamiento y una vida libre de violencias. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2023) tal como se observa en la imagen anterior uno de los focos es la localidad de Engativá, estas manzanas comprenden grandes apuestas y avances por parte de del Sistema Distrital de Bogotá dentro de las cuales podemos identificar.

Mujeres en posiciones de liderazgo en el estado colombiano

Garantizar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles de decisiones en la vida política, económica y pública” (Gobierno de Colombia, 2021).

La UAERMV consiente de la importancia de la participación laboral de la mujer, cuenta con personal femenino en todos los procesos de la entidad. Así mismo, la participación de las mujeres en proyectos como el que se adelantó en el tramo ubicado en la Avenida carrera 96 entre calles 65 y 66a, en el Barrio Los Ángeles de la localidad de Engativá, fue coordinada por el sindicato de trabajadores oficiales de la UMV – SINTRAUNIOBRAS, quienes se encuentran comprometidos con promover la participación de mujeres en los diferentes espacios laborales acorde a la misionalidad de la entidad.

Trabajo decente y crecimiento económico



Figura 5. 8. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Identificar los trabajos otorgados a diferentes poblaciones (jóvenes, mujeres, hombres, personas en condición de discapacidad, entre otros), evidenciando si se cuenta con una participación inclusiva, concurrente y sostenible del personal, o si puede ser una oportunidad de mejora para lograr un impacto significativo ante la discriminación laboral. De igual forma es importante evaluar el trabajo decente por medio de la identificación de los tipos de contrato del personal, donde se respete las condiciones básicas laborales y se pueda promover políticas de mejora para estas condiciones.

Se define el termino de trabajo decente como un empleo digno, donde existan oportunidades, se respeten los derechos, exista protección social y se fomente el diálogo social. (Organización Internacional del Trabajo, s.f.)

Mediante la implementación del Modelo de sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan, establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo del mismo, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “8 Trabajo decente y crecimiento económico”

	<p align="center">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p align="center">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Página 70

Las acciones que se ejecutan para contribuir al ODS 8, se basan en los lineamientos del Modelo Integrado de Planeación y Gestión – MIPG, dimensión uno (1) Talento Humano, a través del cual se garantiza, el empleo público y los contratos de prestación de servicios profesionales en el Distrito Capital; desde el nivel técnico hasta directivo, en el que participan tanto hombres como mujeres ya sea como trabajador (a) oficial, de periodo fijo, libre nombramiento y remoción o de carrera administrativa.

Empleo incluyente

Por medio del decreto 399 de 2022 se crea el Programa Empleo Incluyente para el cierre de brechas de población de difícil empleabilidad y se dictan otras disposiciones por parte de la alcaldesa mayor de Bogotá (Secretaría Jurídica Distrital, 2022) dentro de las cuales a su vez se determinan incentivos económicos para empresas que demuestren vinculación laboral de las poblaciones priorizadas dentro de las cuales encontramos los siguientes:

- Jóvenes (entre 18 y 28 años),
- Mayores de 50 años,
- Personas transgénero,
- Con discapacidad certificada,
- Mujeres,
- Personas en proceso de reincorporación, reintegración y/o desmovilizados,
- Víctimas del conflicto armado o de violencia de género, entre otras.

(Alcaldía de Bogotá, 2022)

De acuerdo con esta premisa, es importante destacar que a través del sindicato de trabajadores oficiales de la UMV – SINTRAUNIOBRAS, se fomenta la participación de mano de obra cualificada sin discriminación alguna de género, religión, orientación sexual, edad o cualquier otra condición que represente una discriminación para el ejercicio laboral.

Industria innovación e infraestructura



Figura 5. 9. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Demostrar que el proyecto de intervención de obra logro generar una aplicación de infraestructura sostenible que permita un avance al desarrollo económico y bienestar humano. El concepto de una industrialización inclusiva y sostenible en la aplicación de los materiales utilizados para la obra, así como, la innovación del producto que genere un aporte a la I+D (Investigación y desarrollo).

	<p style="text-align: center;">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p style="text-align: center;">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	---	--

Mediante la implementación del Modelo de sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan, establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo del mismo, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “9 Industria, innovación e infraestructura”

La estrategia del Plan de Acción del Proceso Planificación de la Intervención Vial - PIV, indica: "Fortalecer un sistema de gestión para la UAERMV", este se articula con las siguientes acciones.

- Mejoramiento de senderos peatonales en la sede de producción de la UAERMV
- Mejoramiento de las zonas de estacionamiento de motos
- Adecuación y mejoramiento de ciclistas en la sede operativa
- Implementación del día de No Carro

El desarrollo del proyecto realizado en la Avenida carrera 96 entre calles 65 y 66a, en el Barrio Los Ángeles de la localidad de Engativá, permite evidenciar de manera clara y precisa como se da cumplimiento a este objetivo.

Teniendo en cuenta lo anterior y bajo la escasa información acerca del cumplimiento de este objetivo en la ciudad, es valioso resaltar este objetivo que visibiliza las acciones de la entidad y el aporte a la ciudadanía. De esta manera, podemos ver la apuesta de la UMV en sus funciones institucionales para generar cambios en la Industria innovación e infraestructura.



Figura 5. 10. UMV en los ODS
Fuente: (UMV, s.f.) (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

Infraestructuras Sostenibles e Inclusivas y Aumentar la investigación y actualizar las tecnologías industriales

En este apartado podemos ubicar claramente las diversas mezclas asfálticas desarrolladas debido a que encontramos uso de materiales reciclables y a su vez encontramos que aunque el ciclo no es un proceso que se encuentre totalmente cerrado ya que la carpeta continua teniendo un pronóstico de vida útil el cual deberá ser invertido con el paso del tiempo, si es posible determinar que se están buscando alternativas en las que se implemente material reciclado diversos tipos de plástico como se ha detallado en el presente documento.

	<p align="center">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p align="center">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Página 72

Actualmente se presentan casos de éxito en esta implementación y a su vez se está generando un seguimiento posterior a la instalación lo que permite tener un desarrollo investigativo que permita generar resultados acordes con el propósito del ODS número nueve (9 Industria, innovación e infraestructura).

Facilitar el desarrollo de infraestructura sostenible

Actualmente la UMV se encuentra en pro de desarrollar, implementar, estudiar y generar resultados que permitan alimentar el ejercicio investigativo y de igual forma implementar soluciones al gran problema ambiental que se presenta, la implementación, instalación y monitoreo de dichos tramos expresa un compromiso con el desarrollo de infraestructura sostenible.

Ciudades y comunidades sostenibles



Figura 5. 11. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Mostrar la generación de una urbanización inclusiva y sostenible mediante la disminución en el impacto ambiental negativo con el uso de materiales reciclados y la inclusión de recursos eficientes amigables al medio ambiente. De igual forma, demostrar como la intervención del proyecto de obra permite genera un acceso a espacios públicos seguros a favor de la comunidad.

Mediante la implementación del Modelo de sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan, establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo del mismo, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “11. Ciudades y Comunidades Sostenibles”

A través de la Meta Plan de Desarrollo, asociada al proyecto de inversión 7903, que establece “Conservar 1.505.155 m2 de espacio público y 7858 Conservar 190 km. de cicloinfraestructura”, se busca, mejorar las condiciones de la Infraestructura que permitan el uso y disfrute del espacio público en Bogotá D.C.

Así mismo la UAERMV, realiza sensibilizaciones de sostenibilidad y cuidado de las vías a los usuarios beneficiarios de las intervenciones de rehabilitación que realiza la entidad y se desarrollan campañas de sensibilización, recolección y entrega a operador autorizado de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEES generados en los frentes de obra.

	<p align="center">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p align="center">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Con relación a la infraestructura física de la zona de bici parqueaderos existentes en la sede Operativa de la entidad, se utilizaron materiales reciclados de la sede operativa anterior, tales como, tejas y vigas metálicas. De esta manera, se busca garantizar infraestructuras sostenibles de bici parqueaderos, sin necesidad de emplear materias primas nuevas.

La alcaldía de Bogotá cuenta con metas que incluyen la implementación de un transporte multimodal regional en la que se incluyan las 33 localidades generando que esta sea una región integrada, innovadora y sostenible.

Plan de Ordenamiento Territorial



Figura 5. 12. POT-Bogotá Reverdece 2022-2035
Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá, s.f.)

Dentro del POT desarrollado para los años 2022-2035 encontramos de forma general cinco pilares:

- Pagar la deuda ambiental
- Pagar la deuda social
- Construir el sistema de transporte verde, multimodal y regional
- Hacer de Bogotá una ciudad de trayectos cortos
- Construir una ciudad región integrada, innovadora y sostenible (Alcaldía de Bogotá, 2021)

Con base en lo anterior se puede asegurar que en este orden la intervención del tramo realizado con mezclas asfálticas moderadas está directamente conectada no solo con el objetivo 11 si no que a su vez se conecta con el pilar 5 desarrollado para el POT, siendo que los desarrollos de los tramos fueron generados tal como se indica en el Apartado Ambiental del documento, empleando y generando una recirculación de materiales.

	<p align="center">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p align="center">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Producción y consumo responsable



Figura 5. 13. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Demostrar que en el proyecto de intervención de la obra se logró realizar un manejo y uso adecuado de productos con componentes contaminantes o que en gran medida permita disminuir los índices de contaminación, para lo cual se plantea la elaboración de encuestas con componentes técnicos dirigidas al personal que trabajo con el material aplicado a la obra y permita evidenciar el posible cambio.

Mediante la implementación del Modelo de sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo del mismo, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “12 Producción y consumo responsable”

Para contribuir con este ODS, la entidad desarrolla iniciativas de economía circular, como las intervenciones con mezcla asfáltica que proviene de plástico y llantas reciclados, que ayuda a mejorar la estabilidad de la vía, lo que a su vez genera un impacto ambiental positivo, así como, la transformación en los territorios que beneficia a la comunidad.

Así mismo, la sede de producción dispone de una planta que permite procesar los materiales reciclados y obtener una mezcla denominada material bituminoso reciclado (MBR) a bajos costos y amigable con el medio ambiente.

Cero y bajas emisiones 2023-2040

Aunque el programa está enfocado a una movilidad sostenible modificando los sistemas de transporte tales como:

- Buses eléctricos del SITP
- Flota oficial eléctrica
- Taxis eléctricos
- Motos eléctricas
- Carros eléctricos
- Carros Híbridos

(Secretaria de Movilidad, 2023)

Aunque este enfoque únicamente toma en cuenta los tipos de movilidad y transporte público, encontramos pertinente el incluir este ítem ya que como se explica anteriormente dependiendo la temperatura de la mezcla existe una relación directa con el gasto de combustible tal como se observa en la siguiente imagen

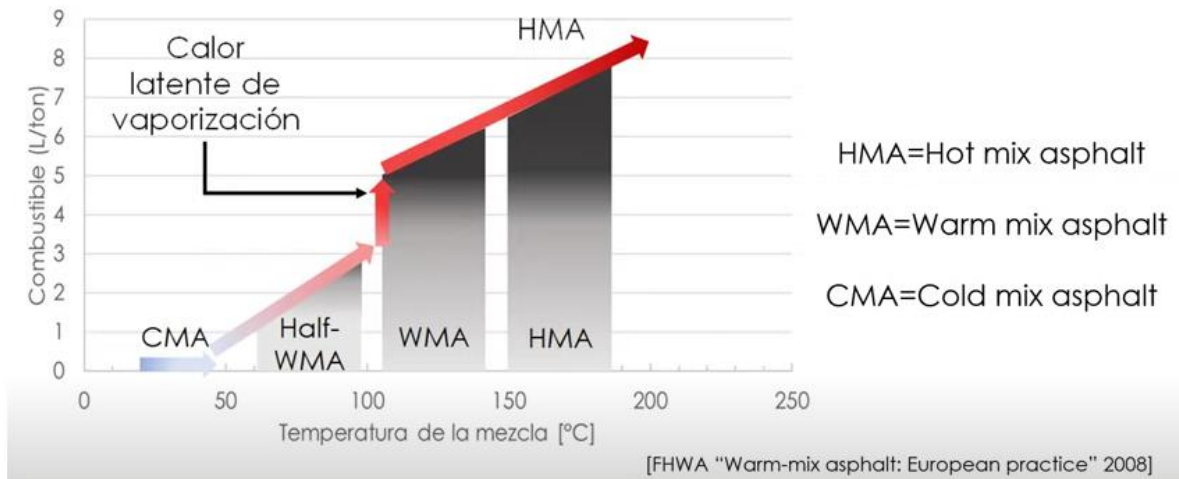


Figura 5. 14. Temperatura de mezcla vs. Combustible

Fuente: (Serment Moreno, 2020)

Para lo cual tal como vimos en el primer apartado se emplearon mezclas del tipo:

- Mezcla asfáltica convencional
- Mezcla asfáltica tibia
- Mezcla asfáltica modificada con Polietileno de baja densidad por vía húmeda
- Mezcla asfáltica modificada con poliestireno expandido por vía seca
- Mezcla asfáltica modificada con granulo de caucho

Para lo cual se emplea una menor cantidad de combustible en el transporte y elaboración de todo lo que involucra el segundo tipo de mezcla, la mezcla asfáltica tibia tal como se explica de forma puntual en el apartado ambiental.

Minimizar impacto ambiental de las ciudades

Lo anterior se ve apoyado directamente por el plan del Gobierno nacional de Minimizar el impacto ambiental evidenciado en el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) que tiene por objeto estabilizar las concentraciones de efecto invernadero en la atmósfera para la lucha contra el cambio climático. Este Convenio incorpora una línea muy importante de uno de los tratados multilaterales sobre medio ambiente que más éxito han tenido en toda la historia: el Protocolo de Montreal de 1987, en virtud de la cual los estados miembros están obligados a actuar en interés de la seguridad humana incluso a falta de certeza científica. (Ministerio de Ambiente, s.f.)

	<p align="center">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p align="center">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Tal como se menciona en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC) de Colombia, Bogotá es la ciudad capital más vulnerable en términos de cambio climático de Colombia y puede convertirse en la primera ciudad en latinoamericana en declarar la Emergencia Climática. La anterior aseveración se basa en los componentes de recurso hídricos y seguridad alimentaria que son los que más aportan a dicha vulnerabilidad.

Bogotá deberá implementar estrategias de acción reales, vinculantes y con el presupuesto necesario para fomentar el bienestar de sus ciudadanos, la salud y la protección del medio ambiente, donde se replanteen las ciudades, haciéndolas más resilientes y aumentando la relevancia climática mediante el avance de iniciativas y regulaciones locales que abordan la emergencia climática y haciendo la conexión con las luchas globales (GREENPEACE, 2022)

Acciones por el clima



Figura 5. 15. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Demostrar la composición del material utilizados para la obra de intervención y como estos ayudan a promover el fondo verde por el clima y disminución de contaminantes, al utilizar materiales reciclables y de bajo impacto medio ambiental, de acuerdo a lo establecido en la ficha técnica del producto.

Mediante la implementación del Modelo de sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo de este, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “13 Acción por el clima”

Teniendo en cuenta los efectos del cambio climático, la UAERMV, desarrolla acciones para disminuir el impacto ambiental por emisiones contaminantes y/o gases de efecto invernadero, tanto en la sede administrativa, como la sede operativa y de producción; principalmente se realiza el cálculo de huella de carbono, se establecen cláusulas ambientales en las obligaciones contractuales y se realiza seguimiento a los proveedores con relación a la cadena de suministro frente a los posibles impactos ambientales que pueden generar con afectación en aire, agua, energía, suelo, flora y fauna, de modo que se generan acciones de mejora.

Anualmente se planean actividades que involucran grupos de interés internos o externos, con relación a limpieza y embellecimiento de zonas, limpieza de humedales y siembra de árboles.



Figura 5. 16. Contribución Nacionalmente determinada de Colombia GEI
Fuente: (Ministerio de Ambiente, s.f.)

A su vez se contribuye con lo determinado el 22 de diciembre de 2021 donde se sancionó la Ley 2169, Ley de Acción Climática, en la cual se establecieron las metas y medidas mínimas intersectoriales a corto, mediano y largo plazo requeridas para alcanzar neutralidad en la huella de carbono, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono. (Funcion Publica, 2022)

A partir de 2015 momento en el que fueron generados los objetivos de desarrollo sostenible podemos encontrar algunas de las siguientes leyes colombianas que garantizan generación de medidas urgentes para combatir el cambio climático, para las cuales a consideración encontramos las siguientes:

- Ley 1972 de 2019: Julio 18 de 2019 «Por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Ambiente, s.f.)
- Ley 1931 de 2018 Julio 27 de 2018 “Por la cual se establecen directrices para la gestión del Cambio Climático.

Con base en esto la unidad se encuentra en desarrollando investigaciones que puedan generar resultados satisfactorios a favor de cada una de estas iniciativas siendo como claro ejemplo de esto la mezcla asfáltica tibia instalada en el tramo de la calle 96.

Paz justicia e instituciones solidas



Figura 5. 17. Objetivos de Desarrollo Sostenible y la salud global
Fuente: (ISGlobal, s.f.)

Demostrar mediante los diferentes procesos de promoción, divulgación e información de las diferentes etapas que fueron contempladas en el proyecto tanto a nivel administrativo como

	<p style="text-align: center;">INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p style="text-align: center;">AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	---	--

Página 78

en la ejecución de este, que se realizó de manera transparente y resaltando los compromisos de cero corrupción y soborno, así como, el desarrollo de la rendición de cuentas transparente para los interesados y la sociedad en general.

Mediante la implementación del Modelo de sostenibilidad de la UAERMV, la metodología de aplicación de este plan establece en el numeral 6.3 lineamientos y directrices para el desarrollo de este, donde se tiene en cuenta los ODS resaltando la contribución de la Unidad desde su misionalidad y contribución respecto al Objetivo identificado: “16 Paz, justicia e instituciones sólidas”

Para contribuir a este ODS, la entidad opera principalmente bajo las directrices del Modelo Integrado de Planeación y Gestión-MIPG, de modo que se garantice la adecuada atención a la ciudadanía y una gestión transparente, a través de estrategias basadas en Rendición de Cuentas, Participación Ciudadana, socialización y publicación de información relevante a través de los diferentes mecanismos y medios de comunicación de la UAERMV. Así mismo, a través de encuestas de satisfacción a partes interesadas se busca medir y conocer los grupos de valor frente a la gestión de la entidad.

Garantizando la participación ciudadana, la UAERMV desarrolla diferentes espacios de participación, los cuales tienen como objetivo la interacción entre la entidad y la ciudadanía fomentando un gobierno abierto y mejorando la confianza en la misma, para conocer de esta manera sus necesidades. Con iniciativas como reuniones de inicio de obra Individual puerta a puerta, visitas participativas a frente de obra, UMV Puertas Abiertas, conversatorios, rendiciones de cuentas.

En la página web de la entidad, en la sección de Transparencia y Acceso a la Información Pública, se publican los informes trimestrales de solicitudes de acceso a la información¹. y documento de experiencia innovadora del chat virtual.²

Para medir la satisfacción de la ciudadanía, se aplica la Encuesta de Satisfacción de Atención y Servicio a la ciudadanía, que busca medir el nivel de satisfacción respecto a la atención brindada en el punto o canal de atención dispuesto por la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial – UAERMV.

¹ <https://www.umv.gov.co/portal/informe-de-solicitudes-de-acceso-a-la-informacion/>,

² <https://www.umv.gov.co/portal/atencion-y-participacion-ciudadana/#1649772486662-34495b01-7e08>.

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Conclusiones

La ejecución del proyecto de construcción de un tramo de prueba, con cinco tipos de mezclas asfálticas (plástico por vía húmeda, plástico por vía seca, mezcla tibia, mezcla con grano de caucho y mezcla convencional), ha sido un paso significativo en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para el mantenimiento y conservación de la infraestructura vial de Bogotá. Este proyecto no solo abordó la diversidad de mezclas, sino que también incluyó un análisis exhaustivo desde distintas perspectivas: técnica, financiera, ambiental y social.

A continuación, se presentan las conclusiones clave derivadas de estos análisis, proporcionando una visión integral de los resultados obtenidos:

- Según los valores medidos como, estabilidad, flujo, vacíos en agregados y susceptibilidad al daño por humedad presentan valores desfavorables para las mezclas que se evaluaron con plástico tanto por vía húmeda como por vía seca. Del mismo modo, la mezcla asfáltica tibia también presenta valores desfavorables. Sin embargo, ensayos de desempeño como, módulo resiliente, fatiga y deformación plástica arrojan valores similares a una mezcla asfáltica convencional, esto puede dar luces a que este tipo de pueden ser consideradas en un futuro como reemplazo de las mezclas asfálticas convencionales colombianas.
- Las mezclas asfálticas con componentes reciclados, especialmente las de plásticos, demostraron un impacto ambiental positivo al reducir la utilización de materiales vírgenes y alentar la reutilización de desechos. Sin embargo, es importante considerar que la producción de este tipo de mezclas, especialmente por vía seca, requieren plantas asfálticas específicas que permitan la manipulación de este material. Mezclas asfálticas modificadas con plástico por vía húmeda pueden ser producidas en plantas convencionales.
- Se evidenció un potencial positivo en términos de impacto social al considerar la aceptación comunitaria y la generación de conciencia sobre prácticas sostenibles en la construcción de carreteras. Este tipo de proyectos se encuentran en línea con lo ODS, 8 de 17 ODS fueron cubiertos con la implementación de este trabajo. Si se quieren realizar prácticas sostenibles y alineadas con los ODS hay que buscar la manera de incentivar este tipo de prácticas e integrarlas con el quehacer de las entidades encargas del mantenimiento y conservación vial.
- Aunque algunas mezclas innovadoras pueden tener costos iniciales más elevados, la eficiencia a largo plazo, considerando mantenimiento, durabilidad y reducción del pasivo ambiental, puede compensar estos gastos adicionales. Sin embargo, como no se realizó una evaluación económica que permita conocer todo el espectro, es importante que se siga realizando este ejercicio de manera más detallada en asociación con los aliados estratégicos para poder conocer de una manera más detallada el impacto financiero de estos proyectos.
- Las mezclas tibias demostraron ser una alternativa prometedora al ofrecer reducir las temperaturas de producción e instalación, presentando ventajas en términos de

 <p>UMV UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
--	---	--

reducción de energía al producir, reducción de emisiones y un material que permite a los trabajadores realizar actividades a menores temperaturas. La reducción de estas temperaturas ofrece a los trabajadores mayor comodidad en la manipulación de estos materiales.

- Se identificaron desafíos tecnológicos, especialmente en la implementación de mezclas con plásticos por vía seca, destacando la necesidad de mejorar las plantas de producción de la UMV. Investigaciones adicionales y mejoras en los procesos de producción pueden permitir la producción de estos tipos de mezclas teniendo en cuenta que el plástico no puede pasar por el tambor secador como lo hacen los agregados, es necesario una banda transportadora que llegue directamente al tambor mezclador y se funda con los materiales a temperatura de producción (150°C aproximadamente).
- La aceptación de las nuevas tecnologías fue un factor positivo por parte de la comunidad. La comunidad, aunque sabe que es un tramo piloto, vio con buenos ojos la experimentación con este tipo de materiales. La comunidad entiende las necesidades darles un manejo a los residuos de difícil digestión y la gestión de la infraestructura vial. Campañas de concientización para fomentar la adopción de prácticas más sostenibles son necesarias para poder transmitir estos conocimientos a la comunidad.
- Se evidenció la necesidad de ajustes en las normativas y regulaciones actuales para fomentar la implementación de mezclas innovadoras y avanzar hacia prácticas más sostenibles en la construcción vial.
- Se concluye que, considerando los resultados positivos, la implementación a mayor escala de las mezclas innovadoras podría ofrecer beneficios significativos en términos de sostenibilidad y eficiencia. Sin embargo, mezclas con plástico por vía seca requieren un mayor estudio, este tipo de mezcla sufrió daños prematuros que actualmente siguen siendo estudiados.
- Dada la complejidad de algunas mezclas y los resultados alentadores, se recomienda la continuación de la investigación y desarrollo para perfeccionar las tecnologías existentes y explorar nuevas innovaciones en el campo de la construcción vial sostenible.

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

Bibliografía

- Aho, B., Hein, D., Dennechuk, S., & Bessom, R. (2016). *10 Years of Experience Using Warm Mix Asphalt for Airside Pavements-Boston Logan Airport*.
- Nciri, N., Shin, T., & Cho, N. (2020). Towards the Use of Waste Expanded Polystyrene as Potential Modifier for Flexible Road Pavements. In / *Materials Today: Proceedings* (Vol. 24).
www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings2214-7853
- ONU. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Alcaldía de Bogotá. (29 de Diciembre de 2021). *Gobierno*. Obtenido de LAS CINCO APUESTAS QUE TIENE EL NUEVO POT: 'BOGOTÁ REVERDECE 2022-2035': <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/gobierno/cinco-apuestas-que-tiene-el-nuevo-pot-2022-2035-en-bogota>
- Alcaldía de Bogotá. (20 de Septiembre de 2022). *Desarrollo Económico* . Obtenido de Empleo Incluyente: beneficia a la población con mayor brecha de empleabilidad: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/desarrollo-economico/empleo-incluyente-beneficia-la-poblacion-con-mas-brechas-de-empleo>
- Alcaldía de Bogotá. (13 de Marzo de 2023). *Bogota.gov.co*. Obtenido de Reporte local voluntario Bogotá 2022: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/administracion-distrital/conoce-el-reporte-local-voluntario-de-los-ods-bogota-2022>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (5 de Abril de 2023). *Mujer*. Obtenido de Manzanas del Cuidado: legado que prioriza y garantiza a las mujeres sus derechos: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/mujer/que-son-servicios-gratuitos-para-mujeres-y-mas-sobre-manzanas-cuidado>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (s.f.). *POT - Bogotá Reverdece 2022-2035*. Obtenido de Conoce el POT: <https://bogota.gov.co/bog/pot-2022-2035/>
- Consejo de Bogotá. (2020). *Agenda Sesiones Plenarias y Comisiones 2023*. Obtenido de Plan para reducir progresivamente la tarifa de transporte público al usuario en Bogotá: <https://concejodebogota.gov.co/plan-para-reducir-progresivamente-la-tarifa-de-transporte-publico-al/cbogota/2020-12-11/111233.php>
- DANE. (26 de Abril de 2022). *Pobreza y desigualdad*. Obtenido de Pobreza monetaria y pobreza monetaria extrema.
- Funcion Publica. (2022). *Gobierno de Colombia*. Obtenido de Decreto 172 de 2022: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=176866#:~:text=Que%20el%202022%20de%20diciembre,el%20desarrollo%20bajo%20en%20carbono.>
- Gobierno de Colombia. (2018). *Logopedia*. Obtenido de Gobierno de Colombia : https://logos.fandom.com/es/wiki/Gobierno_de_Colombia
- Gobierno de Colombia. (20 de Enero de 2021). *Funcion Publica*. Obtenido de Mujeres en posiciones de liderazgo en el Estado colombiano: <https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/616038/2021-01-20-Mujeres-en-posiciones-de-liderazgo-en-el-estado-colombiano>

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

- Gobierno de Colombia. (2022). *Funcion Publica*. Obtenido de Ley 2214 de 2022: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=188266>
- Gobierno de Mexico. (30 de Septiembre de 2016). *Comision nacional para el uso eficiente de la energia*. Obtenido de Causas que afectan el rendimiento de combustible de un automóvil: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/causas-que-afectan-el-rendimiento-de-combustible-de-un-automovil>
- GREENPEACE. (21 de Octubre de 2022). *Clima y Energia*. Obtenido de ¿Por qué nos tiene que importar muchísimo el cambio climático y qué hay que hacer para que no avance?: https://www.greenpeace.org/colombia/blog/issues/climayenergia/por-que-nos-tiene-que-importar-muchisimo-el-cambio-climatico-y-que-hay-que-hacer-para-que-no-avance/?gclid=Cj0KCQjwuNemBhCBARIsADp74QSaevtuzBIA5xAoayMAG-Ui29d5a8ckD1k5z_4wz3k1scSDCKWLLjUaAjSwEA
- ISGlobal. (s.f.). *Análisis y Desarrollo global*. Obtenido de Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la salud global: <https://www.isglobal.org/es/-/sdgs-and-global-health>
- Ministerio de Ambiente. (s.f.). *Convenio Sobre Cambio Climático*. Obtenido de Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-internacionales/convenio-sobre-cambio-climatico/>
- Ministerio de Ambiente. (s.f.). *Leyes*. Obtenido de Leyes por año: <https://www.minambiente.gov.co/normativa/leyes/>
- Organización de las Naciones Unidas. (25 de Septiembre de 2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Organización Internacional del Trabajo. (s.f.). *Trabajo decente en Colombia y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Obtenido de ODS e Indicadores de trabajo decente: https://www.ilo.org/lima/paises/colombia/WCMS_549461/lang-es/index.htm#:~:text=El%20trabajo%20decente%20busca%20expresar,se%20fomente%20el%20di%C3%A1logo%20social
- Organizacion para la Coordinacion de Asuntos Humanitarios. (8 de Diciembre de 2022). *Reliefweb*. Obtenido de GIFMM Colombia: ¿Qué es la pobreza monetaria y cómo se calcula?: <https://reliefweb.int/report/colombia/gifmm-colombia-que-es-la-pobreza-monetaria-y-como-se-calcula#:~:text=Esto%20significa%2C%20que%20todas%20las,pobreza%20extrema%20bajo%20esta%20metodolog%C3%ADa>
- Secretaria de Movilidad. (24 de Julio de 2023). *Movilidad Bogotá*. Obtenido de Movilidad de Cero y bajas emisiones: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/cero_y_bajas_emisiones

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

- Secretaría Jurídica Distrital. (20 de Septiembre de 2022). *Régimen legal de Bogotá*. Obtenido de Decreto 399 de 2022 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=128238>
- Serment Moreno, S. (28 de Abril de 2020). *Calidra*. Obtenido de Reciclado de Pavimentos con Asfalto Espumado: <https://www.youtube.com/watch?v=BSaXSqKAcDA>
- UMV. (s.f.). *UMV*. Obtenido de Quienes Somos: <https://www.umv.gov.co/portal/quienes-somos-2/>
- United Nations Global Compact. (s.f.). *Mercados fuertes y las sociedades van de la mano*. Obtenido de Pobreza: <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/our-work/social/poverty>
- Almeida-Costa, A., & Benta, A. (2016). Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2308–2317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.077>
- Belc, A. L., Ciutina, A., Buzatu, R., Belc, F., & Costescu, C. (2021a). Environmental impact assessment of different warm mix asphalts. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132111869>
- Belc, A. L., Ciutina, A., Buzatu, R., Belc, F., & Costescu, C. (2021b). Environmental impact assessment of different warm mix asphalts. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132111869>
- Bressi, S., Santos, J., Orešković, M., & Losa, M. (2021). A comparative environmental impact analysis of asphalt mixtures containing crumb rubber and reclaimed asphalt pavement using life cycle assessment. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(4), 524–538. <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1623404>
- Center for International Environmental Law. (2019). *Plastic & Climate*.
- Climate Reanalyzer, Climate Change Institute, & University of Maine. (2023). *Climate Reanalyzer*. https://climatereanalyzer.org/clim/t2_daily/
- DANE. (2021). *Encuesta Anual Manufacturera (EAM)*.
- Dicamillo, N. (2017). *New Eco-Friendly, Renewable Tires Stretch the Boundaries of Rubber Production*. <https://www.newsweek.com/new-eco-friendly-renewable-tires-stretch-boundaries-rubber-production-564165>
- Harvey, J., Meijer, J., Ozer, H., Al-Qadi, I. L., Saboori, A., Kendall, A., & others. (2016). *Pavement life cycle assessment framework*.
- Kole, P. J., Löhr, A. J., Van Bellegem, F. G. A. J., & Ragas, A. M. J. (2017). Wear and tear of tyres: a stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1265.
- Kristjánsdóttir, Ó., Muench, S. T., Michael, L., & Burke, G. (2007). Assessing potential for warm-mix asphalt technology adoption. *Transportation Research Record*, 2040, 91–99. <https://doi.org/10.3141/2040-10>
- Thives, L. P., & Ghisi, E. (2017). Asphalt mixtures emission and energy consumption: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 72, pp. 473–484). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.087>

 <p>UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
---	--	---

- Universidad de Los Andes, & Greenpeace. (2019). Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente. In 2019.
- Vaitkus, A., Čygas, D., Laurinavičius, A., & Perveneckas, Z. (2009). Analysis and evaluation of possibilities for the use of warm mix asphalt in Lithuania. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 4(2), 80–86.
- Zaumanis, M., Jansen, J., Haritonovs, V., & Smirnovs, J. (2012). Development of Calculation Tool for Assessing the Energy Demand of Warm Mix Asphalt. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.997>
- Zero Emissions Objective. (2020). *Cuánto CO2 emite el plástico*.
.,;"-'. (2023, June 22). .,;"-'. - YouTube. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/41-opc-fag-pre>
- .,;"-'. (2023, June 22). .,;"-'. - YouTube. Retrieved July 30, 2023, from https://drive.google.com/file/d/1jeyNRssFbbk3gYzBPb04e-cIb5Yt84_4/view
- Bogotá Construcción Sostenible. (n.d.). Secretaría Distrital de Ambiente. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.ambientebogota.gov.co/bogota-construccion-sostenible>
- Castillo, M. A. (2023, May 17). Qué tanto de las 8.300 toneladas de basura que produce Bogotá cada día se reciclan: no son tantas. Infobae. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.infobae.com/colombia/2023/05/17/de-las-8300-toneladas-de-basura-diaria-que-produce-bogota-1600-estan-siendo-recicladas-cada-dia/>
- Castro, M. (2023, July 12). Únete a Julio Sin Plástico: 8 hábitos para lograr un gran impacto. Greenpeace. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.greenpeace.org/colombia/blog/issues/contaminacion/unete-a-julio-sin-plastico-8-habitos-para-lograr-un-gran-impacto/>
- Dale solución a tus empaques de icopor. (n.d.). Plásticos y Maderas Reciclables S.A.S. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.pymreciclables.com/blog/42-dale-solucion-a-tus-empaques-de-icopor>
- Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Santa Fe de B. (n.d.). Secretaría Distrital de Ambiente. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/506375/Diagn%C3%B3stico+ambiental+sobre+el+manejo+actual+de+llantas+y+neum%C3%A1ticos+usados+generados+por+el+parque+automotor+de+Santa+Fe+de+Bogot%C3%A1..pdf/cb9ec01a-7724-48ab-b8b4-6744aacfb95>
- Directrices técnicas PARA EL MANEJO DE MATERIALES PLÁSTICOS RECUPERADOS DE RAAE Y VEHÍCULOS DESINTEGRADOS. (2022, March 28). Economía Circular. Retrieved July 30, 2023, from <https://economiacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/directrices-tecnicas-para-el-manejo-de-materiales-plasticos-recuperados-de-raee-opt.pdf>

 <p>UMV UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL</p>	<p>INFORME DE LIQUIDACIÓN DE TRAMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS</p>	<p>AVENIDA CARRERA 96 ENTRE CALLES 65 Y 66A</p>
--	---	--

Página 85

PEC 2022. (n.d.). PEC 2022. Retrieved July 31, 2023, from <https://acoplasticos.org/DirectorioColombiano/2022/PEC-2022/108/>
Pulido, J. R. (2023, May 9). Novedosa propuesta de una empresa colombiana, para eliminar el icopor en el mundo. W Radio. Retrieved July 30, 2023, from <https://www.wradio.com.co/2023/05/09/novedosa-propuesta-de-una-empresa-para-eliminar-el-icopor-en-colombia/>