

**ANÁLISIS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES COMO MÉTODO DE  
DRENAJE PARA PAVIMENTOS EN COLOMBIA.**



**AUTOR**

**CAROLINA BUENO PAREDES**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTÁ, 10 DICIEMBRE 2022**

**ANÁLISIS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES COMO MÉTODO DE  
DRENAJE PARA PAVIMENTOS EN COLOMBIA.**



**AUTOR**

**CAROLINA BUENO PAREDES**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

Director:

**OSCAR RAMIREZ FRANCO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTÁ, 10 DICIEMBRE 2022**

### **DEDICATORIA**

Este triunfo va dedicado primeramente a Dios porque sin el nada es posible, a mis padres y hermana, Herlinda Paredes Vargas, José del Carmen Bueno Bayona y Tatiana Bueno Paredes por ser mi apoyo incondicional y estar siempre presente en todas las etapas de mi vida aun no importando la distancia.

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al ingeniero Oscar Ramírez Franco por su apoyo, recomendaciones y conocimientos impartidos, así mismo a cada uno de los profesores que hacen parte de esta especialización y por ende del alma mater de esta institución, al ingeniero José Gonzalo Ríos Marín Q.E.P.D. por ser un excelente profesor y contribuir con su experiencia a la formación académica de esta especialización.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
PLANTEAMIENTO PROBLEMA DE LA PRACTICA.....	12
OBJETIVOS.....	13
JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN.....	14
1. MARCO TEORICO.....	15
1.1. Mezclas asfálticas para capa de rodadura (Origen y aplicación en las primeras vías construidas).....	16
1.1.1 Normatividad Vigente y tipos de ensayos requeridos.....	18
1.2. Ventajas y Desventajas de las mezclas drenantes.....	31
1.2.1 Ventajas.....	32
1.2.1.1 Desventajas.....	32
1.3 Normatividad Vigente (Internacional y colombiana) y tipos de ensayos requeridos.....	32
1.3.1 Normas de ensayos.....	38
1.4 Aplicación de las mezclas asfálticas drenante como alternativas de drenaje (Internacional y colombiana).....	40
1.4.1 Aplicación de las mezclas asfálticas drenante como alternativas de drenaje en Colombia. 40	
1.4.1.1 Aplicación de las mezclas asfálticas drenante como alternativas de drenaje en Otros países. 41	
2. MARCO CONCEPTUAL.....	44
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	45
5. CONCLUSIONES.....	46
6. RECOMENDACIONES.....	48
Referentes Bibliográficos.....	49

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Estancamiento de agua .....	12
Figura 2 Proceso de destilación del petróleo para la obtención del asfalto .....	16
Figura 3 Conceptos básicos sobre pavimentos flexibles.....	17
Figura 4 Maquina de los Ángeles .....	21
Figura 5 Ensayo llenate mineral .....	22
Figura 6 Ensayo densidad Bulk del llenante mineral en Kerosene.....	22
Figura 7 Ensayo vacíos del llenante seco compactado .....	23
Figura 8 Desprendimiento de la capa de rodadura proyecto autopistas del Café .....	26
Figura 9 Colocación mezcla asfáltica para capa de Rodadura autopistas del Café .....	27
Figura 10 Colocación mezcla asfáltica para capa de rodadura aeropuerto de Cali .....	27
Figura 11 Hidroplaneo generado por los vehiculos en el pavimento mojado.....	29
Figura 12 Mezcla Drenante.....	30
Figura 13 Estructura y funcionamiento de los asfaltos drenantes.....	31
Figura 14 Pavimentos drenantes plaza principal de Soyaló en el estado de Chiapas México.....	41
Figura 15 Pavimentos drenantes Liverpool Lindavista DF - México.....	42
Figura 16 Concreto permeable fiscalia general de la republica - México .....	42
Figura 17 Marco metodológico .....	45

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones de ensayos para mezclas asfálticas para capas de rodadura.....	18
Tabla 2 Especificaciones 452.1. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura INVIAS .....	19
Tabla 3 Especificaciones 452-3 Proporción y requisitos del llenante mineral. INVIAS.....	24
Tabla 4 Especificaciones 452. Mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura (microaglomerado en caliente) INVIAS .....	24
Tabla 5 Especificaciones 452. Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura (microaglomerado en caliente) INVIAS.....	25
Tabla 6 Especificaciones de ensayos para mezclas drenantes .....	33
Tabla 7 Especificaciones requisitos de los agregados para mezclas drenantes. INVIAS, IDU y BOE.....	33
Tabla 8 Especificaciones requisitos de los llenantes mineral para mezclas drenantes. INVIAS, IDU y BOE. ....	36
Tabla 9 Especificaciones requisitos granulométricos para mezcla drenantes. INVIAS IDU y BOE .....	37
Tabla 10 Normas de ensayo para mezclas drenante. INVIAS, IDU y BOE.....	39

## RESUMEN

Se presenta una revisión literaria de los pavimentos mediante la aplicación de mezclas asfálticas drenantes a través de una metodología descriptiva no experimental, dicha revisión presenta las características de este tipo de mezcla. El uso de esta mezcla como capa de rodadura ayuda a elevar la resistencia al deslizamiento disminuyendo la accidentalidad a través de la adhesividad de los neumáticos al pavimento y drenaje especialmente durante la lluvia. Así mismo la revisión literaria se logró determinar que las mezclas porosas o drenantes en comparación con las capas de rodadura en asfaltos convencionales favorecen las características mecánicas, hidroplaneo y ruido de rodadura como el “air pumping”, sin embargo, para el uso de estas mezclas asfálticas es indispensable el cumplimiento de ciertos parámetros como cantidad de poros en la mezcla, la granulometría, normas de ensayos, uso de equipos, transporte y colocación esto en acatamiento de la normatividad exigida en Colombia como la INVIAS, IDU y BOE (Norma española).

**PALABRAS CLAVES:** mezclas asfálticas, mezclas drenantes, hidroplaneo, ruido de rodadura, air pumping.

## ABSTRACT

A literary review of the pavements is presented through the application of draining asphalt mixtures through a non-experimental descriptive methodology, said review presents the characteristics of this type of mixture. The use of this mixture as a tread layer helps to increase slip resistance, reducing accident rates through the adherence of the tires to the pavement and drainage, especially during rain. Likewise, the literary review was able to determine that the porous or draining mixtures in comparison with the wearing courses in conventional asphalts favor the mechanical characteristics, hydroplaning and rolling noise such as "air pumping", however, for the use of these mixtures asphalt it is essential to comply with certain parameters such as the number of pores in the mixture, granulometry, test standards, use of equipment, transport and placement, in compliance with the regulations required in Colombia such as INVIAS, IDU and BOE (Spanish Standard).

**KEYWORDS:** asphalt mixtures, porous or draining mixtures, hydroplaning, Rolling noise, air pumping.

## INTRODUCCIÓN

Las carreteras a través de la historia han ayudado en el crecimiento de ciudades y han contribuido en la comunicación constante entre los países y el crecimiento de ellos. Así mismo se han llevado a cabo diferentes investigaciones donde se ha logrado determinar que las primeras vías construidas se realizaron en Babilonia hace varios años, esto con el fin de facilitar el transporte de alimentos y transporte de personas.

A través de los años se vio la necesidad de acortar los viajes de alimentos y personas, por lo que se inició con la construcción de carreteras las cuales cumplieran con altas expectativas de calidad y seguridad, con llevando así a la búsqueda constante de materia prima que cumpliera con las características solicitadas a la hora de construir y brindaran al ciudadano una carretera más confortable y duradera; así mismo el uso de la piedra constituyó una de las materias primas más importantes dentro de los agregados pues era uno de los materiales considerados como lo más resistentes, así mismo el uso de cemento natural usándose como cemento para pegar las piedras y conformar la carretera.

Sin embargo, países como Colombia, España, Reino Unido, Estados Unidos entre otros han implementado el uso de normas y ensayos para la construcción de pavimentos lo cual les ha permitido mejorar la vida útil de los pavimentos y sus características mecánicas y físicas.

Así mismo uno de los problemas que más se evidencia en los pavimentos es el deterioro en su capa de rodadura esto debido al mal manejo de las aguas provenientes de la escorrentía ocasionada por la lluvia, lo cual contribuye a la filtración del agua a las capas inferiores del pavimento. Por lo que los ingenieros se han dado a la tarea de poder dar solución a dichos problemas que pueden ocasionarse debido a factores como pérdida de las propiedades mecánica y físicas de los agregados y que pueden llevar a una pérdida total de la estructura de pavimento.

La cantidad de agua presente en los pavimentos por el mal manejo de las aguas lluvias, ha conllevado a presentar alto deterioro en los pavimentos, pérdida de la visibilidad debidos a los encharcamientos y no lograr una mayor adherencia de las llantas de los vehículos al pavimento.

Así mismo durante muchos años se ha buscado la alternativa que satisfaga las necesidades de cumplir con el drenaje de las aguas en los pavimentos y que al mismo tiempo funcione como una capa más que constituye el pavimento.

A partir de lo contemplado anteriormente se hace necesario una revisión literaria de la normatividad de las mezclas drenantes, como sus ventajas y desventajas en la utilización de mezclas asfálticas como alternativas de drenajes. Así mismo se detalla el contenido desarrollado en el presente trabajo:

## 1. Marco teórico

1.1. Mezclas asfálticas convencionales para capa de rodadura (Origen y aplicación en las primeras vías construidas).

### 1.1.1 Normatividad Vigente y tipos de ensayos requeridos

## 1.2. Ventajas y desventajas de las mezclas drenantes

### 1.2.1 Ventajas

#### 1.2.1.1. Desventajas

## 1.3 Normatividad vigente (Internacional y colombiana) y tipos de ensayos requeridos

### 1.3.1. Normas de ensayos

1.4 Aplicación de a las mezclas asfálticas drenantes como alternativas de drenaje (internacional y colombiana)

1.4.1. Aplicación de las mezclas asfálticas drenantes como alternativas de drenaje en Colombia.

1.4.1. 1Aplicación de las mezclas asfálticas drenantes como alternativas de drenaje en otros países

2. marco conceptual

3. Diseño metodológico

5. Conclusiones

6. Recomendaciones

Los resultados encontrados luego de la revisión literaria han logrado mostrar que el uso de mezclas drenantes favorece las condiciones de drenaje, sin embargo, este material debe cumplir con parámetros de granulometría y concentración adecuada para lograr una mejor eficiencia.

Finalmente, los costos de producción de este material son un poco más elevados a los del asfalto convencional, así como el mantenimiento pues puede llevarse a la colmatación de los poros impidiendo el drenaje adecuado de las aguas, contribuyendo a una posible acumulación de agua y un costo adicional en reparaciones del pavimento constituyendo un mayor valor con respecto a las mezclas asfálticas convencionales.

## PLANTEAMIENTO PROBLEMA DE LA PRACTICA

La falta de drenaje en las vías del país ha ocasionado que las estructuras de pavimentos se deterioren y pierdan su capacidad de soporte, haciendo que se conviertan en vías poco confiables e inseguras a la hora de circular por ellas, la falta de drenaje ha ocasionado que las vías contengan gran cantidad de agua dentro de su estructura lo cual influye en la poca capacidad de bombeo en sus diseños, como se evidencia en la figura 1

*Figura 1*

*Estancamiento de agua*



Nota: calle 100 # 18 -51 Bogotá D.C - Colombia. Fuente: Propia

Así mismo y como se presenta en la figura 1 la falta de drenaje y el aumento del agua proveniente de la escorrentía ha conllevado a generar accidentes, poca visibilidad y adherencia de las llantas de los vehículos a la estructura del pavimento.

A partir de lo expuesto anteriormente surge como pregunta de investigación el siguiente cuestionamiento: ¿Qué beneficio trae el uso de las mezclas drenantes respecto a las mezclas asfálticas convencionales en las capas de rodadura como alternativa de solución en el drenaje de aguas provenientes de escorrentía?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar mediante una revisión literaria los estudios técnicos y científicos llevados a cabo en el ámbito nacional e internacional (INVIAS, BOE – Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado) en la aplicación de las mezclas asfálticas drenantes como alternativa de solución para el sistema de drenaje de aguas provenientes de escorrentía mejorando las condiciones físicas y mecánicas respecto a las mezclas asfálticas convencionales.

### **Objetivos Específicos**

Realizar una comparación de las características físicas y mecánicas de las mezclas drenantes y mezclas asfálticas convencionales.

Indicar el comportamiento de las mezclas drenantes en el mejoramiento de las estructuras de pavimentos.

Evaluar a través de una metodología descriptiva no experimental, la normatividad nacional e internacional vigente para la elaboración de mezclas asfálticas convencionales y mezclas drenantes para capas de rodadura.

## JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN

### **Justificación**

El uso de las mezclas drenantes, es una de las alternativas de solución a los problemas relacionados con el estancamiento de las aguas provenientes de la escorrentía, adherencia de los neumáticos al pavimento, la eliminación o disminución del ruido de rodadura, debido al poco bombeo de la capacidad de las vías, el uso de estas mezclas han proporcionado un plus al avance de técnicas nuevas de mejoramiento constante y han permitido la mitigación del impacto ocasionado en los pavimentos, cumpliendo con los requerimientos expuestos en el artículo 453 – 22 de las especificaciones generales de construcción de carretera 2022, solicitadas por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS y demás países como España artículo 543 del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).

### **Delimitaciones del estudio**

#### **Limitaciones del tiempo**

Para la realización de la presente monografía se tiene un tiempo estimado de 4 meses para su entrega, revisión y posterior aprobación por parte de la universidad, pues lo que se busca principalmente con la presente monografía es realzar la importancia del uso de estos materiales y tipo de mezclas como métodos alternativos de solución para el drenaje de aguas provenientes de escorrentías.

#### **Limitaciones de espacio o territorio**

La revisión realizada para el presente estudio estará enfocada en el uso de las mezclas asfálticas drenantes a través de especificaciones requeridas por el INVIAS para el territorio colombiano y especificaciones requeridas por la Agencia Estatal boletín oficial del Estado en España, para territorio internacional así mismo como poder determinar sus diferencias.

## 1. MARCO TEORICO

Las mezclas asfálticas discontinuas pueden determinarse gracias a la granulometría que presente de los agregados, estas mezclas discontinuas se presentan cuando el tamaños de los agregados es determinado, así mismo el porcentaje de vacíos en la mezcla nos ayudan a determinar la clase, como densas o cerradas con porcentaje de vacíos con aire de menos del 16%, semidensas o semicerradas de 6 a 12%, abiertas de 12 a 18% y porosas o drenantes más del 20% como lo describe, (Espejo, 2020). Así mismo es importante determinar este tipo de características para la investigación de este trabajo, igualmente es importante mencionar que el uso del drenaje en las vías se ha convertido en uno de los complementos más importantes en la construcción de las vías en el país, pues esto cumplen el objetivo de drenar las aguas en los pavimentos gracias a la pendiente transversal existente en las vías a lo cual también se le conoce como bombeo, pues su función es facilitar el escurrimiento superficial que pueda contener la vía.

La mayor parte de las vías del país carecen de drenaje adecuado, lo que ha llevado a pensar en la implementación de nuevas tecnologías en la construcción que faciliten el drenaje de las vías sin tener que construir obras de drenajes con grandes capacidades y así mismo que ayuden a suplir las necesidades presentes en la vía, lo cual se puede realizar a través de nuevas mezclas que ayudan a drenar el agua y que son conocidas como mezclas drenantes, pues su composición en la granulometría permite que el agua se filtre a través de los vacíos contenidos en la mezcla.

Para poder definir estas nuevas técnicas hay que tener en cuenta todo lo que involucra el diseño de estas mezclas como capa de rodadura en la construcción de los pavimentos.

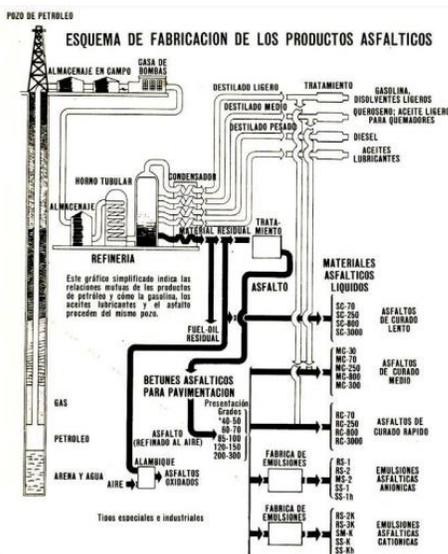
## 1.1. Mezclas asfálticas para capa de rodadura (Origen y aplicación en las primeras vías construidas)

El asfalto es una de las principales materias primas usadas en la elaboración de las carreteras el cual comenzó a usarse a inicio del siglo diecinueve XIX, como una de las materias primas importantes para la adición de la mezcla asfáltica y que ha crecido vertiginosamente con el surgimiento de la industria automotriz. (Adauto, 2019), sin embargo, (Ajuhuacho, Escalera, y Terrazas, 2015, p. 40). la palabra asfalto fue adoptada en griego, latín y posteriormente al francés (asphalte), el español (asfalto) y al inglés (asphalt).

Así mismo este material implementado en la construcción de pavimentos posee un componente natural derivado del petróleo, en la figura 1 se describe la obtención de este material producto de la obtención de destilación.

Figura 2

Proceso de destilación del petróleo para la obtención del asfalto



Nota: la figura describe el proceso de destilación del petróleo para la obtención del asfalto. Fuente: Paladines (2015)

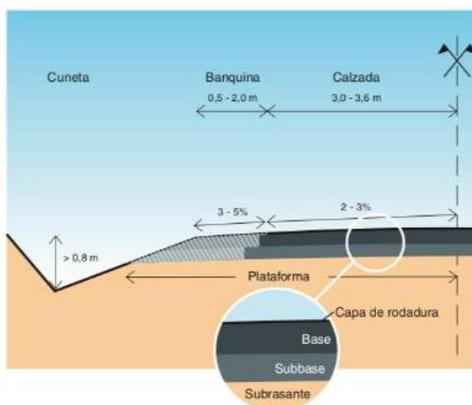
Así mismo el uso del asfalto es de vital importancia en la implementación de las mezclas asfálticas pues este material gracias a sus propiedades adhesivas y a los agregados usados, conforman la capa de rodadura que será parte de la estructura de pavimento.

Los pavimentos son considerados como una de las principales estructuras capaz de resistir las cargas provenientes del tránsito, (Montejo, 2002) define el pavimentos como un conjunto de capas superpuestas construidas con materiales apropiados y compactada adecuadamente, la cual se encuentra apoyada sobre la subrasante natural o sobre terraplenes conformados, el cual es capaz de resistir esfuerzos provenientes de la capa de rodadura ocasionada por las solicitaciones del tránsito durante su vida útil.

Así mismo las mezclas asfálticas convencionales son conocidas también como estructuras flexibles capaces de deflectarse dependiendo las cargas a las cuales se vea sometidas y volver a su forma original, las cuales presentan o son constituidas por una capa de rodamiento (rodadura), la cual contienen mezclas de agregados y derivados del petróleo. (Arboleda y Gutiérrez, 2015), como también una capa de base y subrasante como se presenta a continuación:

*Figura 3*

*Conceptos básicos sobre pavimentos flexibles*



Nota: la figura muestra la estructura de pavimento flexible. Fuente: Grupo Bitafal, (2022)

### 1.1.1 Normatividad Vigente y tipos de ensayos requeridos

Aproximadamente en Colombia se estima que existe cerca de 206.102 km de vías construidas de las cuales se encuentran distribuidas en primarias, secundarias y terciarias, en las cuales solo cerca de 16.983 kilómetros de vías pertenecen a la red primaria, 44.400 kilómetros de las vías pertenecen a redes secundarias y 142.284 kilómetros a las vías de red terciarias las cuales gran parte de estas son de bajo tráfico (Rondón y Reyes, 2022).

Así mismo y dado que no se cuenta con gran cantidad de vías pavimentadas se ha surgido en la implementación de vías que cumplan con los requerimientos en comodidad, impermeabilización y seguridad a los usuarios, los cuales son necesarios para poseer una capa de rodadura óptima, pero así mismo se ha visto en la necesidad de cumplir con ciertos parámetros de normativa que conlleve a preservar los pavimentos es por esto que a continuación se presenta la tabla 1, donde se muestra las especificaciones recomendada por el INVIAS, los cuales deben emplearse para la construcción de las vías ayudado al mejoramiento constante de la vida útil del pavimento, así mismo es importante mencionar que la aplicación de las especificaciones han conllevado al mejoramiento constante

**Tabla 1**

*Especificaciones de ensayos para mezclas asfálticas para capas de rodadura*

INVIAS (Colombia)
452-22

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigentes. INVIAS.

Así mismo, la especificación mencionada anteriormente contiene una serie de ensayos que deben cumplir y que permiten determinar las características óptimas que pueden llegar a obtener los materiales utilizados en las mezclas, a continuación, las tablas No. 2, 3, 4, 5, y 6,

presentan las normas de ensayo para evaluar los componentes de la mezcla que deben cumplir la capa de rodadura discontinuas y que deben ser cumplir con lo estipulado en Colombia.

**Tabla 2**

*Especificaciones 452.1. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura INVIAS*

<b>Característica</b>	<b>Norma de Ensayo</b>	<b>NT2 y NT3</b>
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%). (Nota 1):	INV E-218	25
- 500 revoluciones		5
- 100 revoluciones		5
Degradación por abrasión en el equipo Micro Deval, máximo %	INV E-238	20
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>		
<b>Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos:</b>		
- Valor en seco, mínimo (kN)		110
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E -224	75
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo (CPA).	INV E-232 50	50
<b>Durabilidad (F)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%).	INV E-220 18	18
<b>Análisis petrográfico</b>		
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2)	ASTM D295	Reportar para NT3
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0.5
<b>Limpieza, gradación combinada (F)</b>		

Índice de Plasticidad, máximo (%).	INV E-125 e INV E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	INV E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo.	INV E-235	10
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara/dos caras.	INV E-227	100/100
<b>Geometría de las partículas, agregado fino (F)</b>		
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%).	INV E-239	45
<b>Adhesividad (O)</b>		
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%).	INV E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	INV E-774	Reportar

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente (INVIAS, Documentos técnicos, 2022).

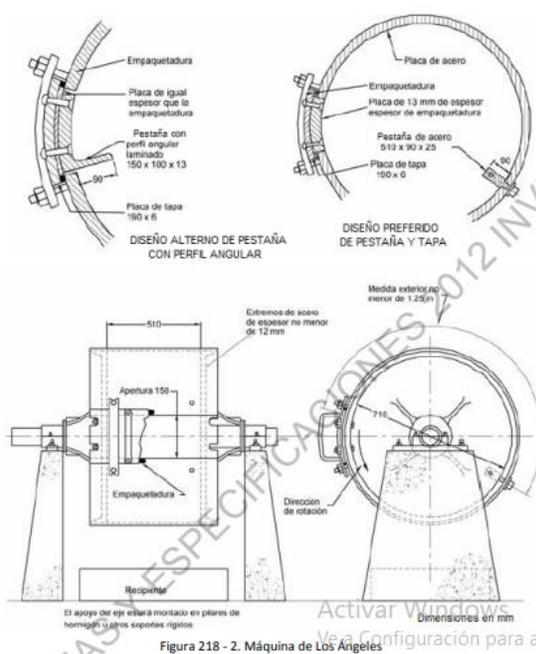
Así mismo para entender mejor el cumplimiento de las características que debe cumplir los agregados a usar para las mezclas en las capas de rodadura a continuación se exponen algunos ensayos de laboratorios para determinar la medición de sus características.

**1.1.1.1. Desgastes de la máquina de los ángeles (INV E -218):** (INVIAS, Instituto Nacional de Vías , 2013) describe este ensayo como un procedimiento para lograr determinar la resistencia de los agregados a la degradación pétreo a través de acciones como la abrasión, impacto y molienda con ayuda de esferas de acero que ayudan a disminuir de tamaño el

agregado. En la figura 4 se presenta la imagen de la máquina de los ángeles para lograr determinar la resistencia.

Figura 4

Máquina de los Ángeles



Nota. Figura tomada de las norma INVIAS vigente. (INVIAS. 2013)

**1.1.1.2. Llenante mineral. Granulometría (INV E – 215):** (INVIAS, 2013) considera que esta prueba permite obtener un análisis granulométrico detallado del material tamizado, logrando determinar el cumplimiento de requisitos para los llenantes minerales que serán empleados en las mezclas asfálticas, esto ayudando a crear un mastic que permite una mejor adherencia entre los agregados evitando que la mezcla pueda generar separación de los materiales una vez entre en servicio la vía en la cual se incorporara. Así mismo este material puede ser producto de los procesos de trituración o puede ser aportado por productos comerciales como cal hidratadas o cemento portland el cual lo define (Fonseca, 2002) (Ver tabla 3). En la

figura 5 se presenta la imagen de la máquina usada para determinar el porcentaje de llenante mineral.

*Figura 5*

*Ensayo llenante mineral*



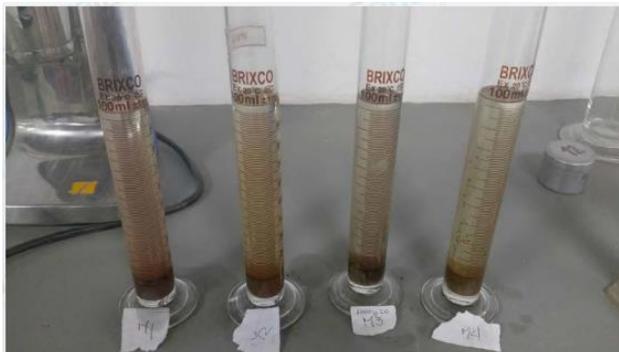
*Nota. Figura tomada de investigación universidad de los andes. (Albornoz, 2014)*

### **1.1.1.3. Densidad Bulk del llenante mineral en kerosene (INV E – 225 - 22):**

(INVIAS, 2013) considera que esta prueba permite llegar a determinar el grado de finura que puede llegar a tener un llenante mineral (Ver tabla 3). En la figura 6 se presenta la imagen del ensayo de densidad Bulk.

*Figura 6*

*Ensayo densidad Bulk del llenante mineral en Kerosene*



*Nota. Figura tomada de la ficha técnica Concrelab. (Concrelab, s.f.)*

#### **1.1.1.4. Vacíos del llenante seco compactado (INV E – 229): (INVIAS, 2013)**

considera que esta prueba ayuda a determinar el porcentaje de vacío de un llenante mineral, el cual considera la cantidad óptima para usos en mezclas asfálticas que serán usados en la construcción de carretera (Ver tabla 3). En la figura 7 se presenta la imagen de la maquina usada para determinar el ensayo de vacíos del llenante seco compactado.

*Figura 7*

*Ensayo vacíos del llenante seco compactado*



*Nota. Figura tomada de las norma INVIAS. (INVIAS, 2013)*

**Tabla 3***Especificaciones 452-3 Proporción y requisitos del llenante mineral. INVIAS*

<b>Característica</b>	<b>Norma de Ensayo</b>	<b>NT2 y NT3</b>
Proporción de llenante mineral de aporte (porcentaje (%) en masa del llenante total)	-	≥ 50
Granulometría del ligante mineral de aporte		
- % que pasa tamiz 1.18 mm (nro.16)		100
- % que pasa tamiz 0.600 mm (nro.30)		97 - 100
- % que pasa tamiz 0.150 mm (nro.100)	INV E-215	95 - 100
- % que pasa tamiz 0.075mm (nro. 200)		70 - 100
Densidad <i>Bulk</i> (g/cm <sup>3</sup> )	INV E-225	0.5 – 0.8
Vacíos del llenante seco compactado (%)	INV E-229	≥ 38

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente (INVIAS, Documentos técnicos, 2022).

Al igual que los ensayos anteriores es importante poder determinar las franjas granulométricas de los agregados que serán usado para poder determinar el tipo de mezcla a usar, es que se presentan dos tipos de mezclas que son denominadas Tipo M y Tipo F, esto haciendo referencia al método de ensayo que se vaya a usar ya sea ensayo de cántabro o método Marshall, lo cual se puede apreciar en las tablas 4 y 5 que se presenta a continuación:

**Tabla 4***Especificaciones 452. Mezclas discontinua en caliente para capa de rodadura**(microaglomerado en caliente) INVIAS*

Tabla 452 — 4. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Tipo de mezcla		Tamiz (mm / U.S. Standard)						
		12,5	9,5	8	4,75	2,00	0,425	0,075
		1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	5/16 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
		Pasa tamiz (%)						
Tipo M	M-13	100	75 – 97	-	15 – 28	11 – 22	8 – 16	5 – 8
	M-10	-	100	75 – 97	15 – 28	11 – 22	8 – 16	5 – 8
Tipo F	F-13	100	75 – 97	-	25 – 40	18 – 32	10 – 20	7 – 10
	F-10	-	100	75 – 97	25 – 40	18 – 32	10 – 20	7 – 10
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		4 %			3 %			1 %

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente (INVIAS, 2022)

### Tabla 5

*Especificaciones 452. Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura (microaglomerado en caliente) INVIAS*

Tabla 452 — 5. Método de diseño para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Tipo de mezcla	Norma de ensayo INV	Método
Tipo M	E-760	Ensayo Cántabro
		Comprobación: - Verificación de adherencia mediante el ensayo Cántabro con inmersión
Tipo F	E-748	Método Marshall
	E-725	Comprobación: - Verificación de adherencia por tracción indirecta
	E-756	- Verificación de resistencia a la deformación plástica

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente (INVIAS, 2022)

Adicionalmente es importante mencionar que este tipo de mezcla en caliente debe contener un porcentaje de asfalto modificado que corresponde a CAM-2, CAM-3 y/o CAM-5 o mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho, las cuales se detallan en la tabla 414-1 artículo 414 de las especificaciones INVIAS 2022.

### 1.1.2 Aplicación de las mezclas asfálticas para capas de rodadura

En Colombia el uso de la capa de rodadura dentro de las estructuras de pavimentos juega un papel importante ya que ayuda a conservar las capas granulares que se encuentran debajo de esta capa, restituir las características superficiales. La capa de rodadura permite mejorar la drenabilidad superficial, reducción del ruido y impermeabilizar la estructura de pavimento, evitando que el agua se filtre a través de ella y pueda ocasionar daños estructurales traducidos en posibles deformaciones o pérdida total de la estructura de pavimentos. Así mismo el Instituto de desarrollo urbano idu (IDU, 2018) relaciona que la capa de rodadura es la encargada de distribuir las cargas provenientes del tránsito y transmitir las hacia la subrasante, además de poder brindar una zona cómoda y segura, aumentar la fricción entre la capa de rodadura y las llantas del vehículo ayudando a reducir el deslizamiento causado por la incidencia de la lluvia en el pavimento mojado.

(Fonseca, 2002), indica que este tipo de mezclas se deben elaborar en mezclas en caliente (microaglomerados en caliente) para garantizar una resistencia a la deformación permanente, fatiga y al deslizamiento, los cuales presentan características especiales para su proceso constructivo entre los que se encuentra granulometría discontinua con tamaños de agregados entre 2 mm y 5 mm y tamaño máximo nominal de 8 a 10 mm, para lograr la textura deseada.

A continuación se presentan algunas vías construidas mediante este tipo de técnica como lo es el proyecto Autopistas del Café S.A. y el aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón en la ciudad de Cali (modificado mediante polímeros)

*Figura 8*

*Desprendimiento de la capa de rodadura proyecto autopistas del café*



*Nota.* Fotografía tomada proyecto autopistas del Café. (Café, 2013)

*Figura 9*

*Colocación mezcla asfáltica para capa de Rodadura autopistas del café*



*Nota.* Fotografía tomada proyecto autopistas del Café. (Café, 2013)

*Figura 10*

*Colocación mezcla asfáltica para capa de rodadura aeropuerto de Cali*



*Nota.* Fotografía tomada de la monografía estudio sobre mezclas asfálticas discontinuas y su aplicabilidad en superficie de rodadura. (Castellon y Mercado, 2015)

### **1.2 Mezclas asfálticas Drenantes (Origen)**

Las mezclas asfálticas drenante o porosas son llamadas así gracias al elevado contenido de vacíos que puede llegar a contener la mezcla una vez aplicada, este tipo de mezcla bituminosa es aplicada en capas de rodaduras, ayudando a la evacuación de las aguas provenientes de escorrentia y que pueden provocar charcos de agua en el pavimento, así mismo dichas mezclas ayudan a la disminución del ruido producido por la rodadura de los vehículos y reevalúa el concepto que nos ocasionan los pavimentos convencionales como lo destacan (Castellón y Mercado, 2015), pues las mezclas convencionales su principal función es soportar las cargas y evitar que el agua penetre a las capas inferiores. Este tipo de mezcla da una superficie de textura abierta y con alta capacidad drenante ayudando a eliminar el agua hacia las bermas, cunetas o filtros que se encuentren instalados a las orillas de las calzadas (Trujillo y Quiroz, 2013).

Así mismo las mezclas asfálticas drenantes poseen un contenido mínimo de huecos del 20% y posee un esqueleto granular grueso. Este tipo de pavimento se desarrollo de forma

experimental, con el fin de ayudar a aumentar la seguridad en las vías, mediante construcción de 2.5 cm de espesor para reducir el hidroplaneo.

*Figura 11*

*Hidroplaneo generado por los vehículos en el pavimento mojado*



*Nota.* Fotografía carrera 15 # 127 – 30, Bogotá D.C – Colombia. Fuente Propia

El uso de las mezclas drenantes dio inicio en algunos aeropuertos de Reino Unido, como también en los Estados Unidos, bajo la forma de tratamiento superficial para capas de rodadura de 2 cm, pues el principal objetivo era evitar el deslizamiento de las aeronaves. (Ruiz, A., s.a.).

El uso de este tipo de mezcla comenzó a expandirse rápidamente en el mundo, las cuales se implementaron también en Europa para los años 1968, allí se logró determinar que aun con el pasar del tiempo las mezclas seguían funcionando a pesar de el alto contenido de sedimentos acumulados, el cual colmataba o bloqueaba los drenajes en la vía. Es así como a través de los

años este tipo de asfalto a modificado sus características principales haciendo que se realice inclusión de polimeros para la modificación de la carcterísticas reológicas como elasticidad, plasticidad, viscosidad y adherencia, lo cual ha contribuido al mejoramiento de la cohesión y disminucion de suceptibilidad termica.

Asi mismo y debido a los problemas presentados en la construcción de este tipo de mezclas, España fue el primer pais en estudiar las carateristicas de estas mezclas hasta el año 1985, es asi como este pais empieza a implementar en carreteras como capas de rodadura con espesores de 3, 4 e incluso 5 cm. (Ayala y Juárez, 2010). Sin embargo, al paso de los años esta técnica de investigación ha comenzado a expandirse adaptándose a todo tipo de condiciones climáticas y técnicas, adicionalmente paises en el mundo aplican este tipo de mezcla no solo en capas de rodaduras sino también en estacionamientos vehiculares y aeropuertos.

*Figura 12*

*Mezcla Drenante*



*Nota.* Fuente (Publimotos, 2018)

Entre las ventajas encontradas se pueden considerar elimina el hidropneumático, mejora la visibilidad ya que ayuda a la eliminación de agua en la superficie de rodadura, y elimina la reflexión de la luz, disminuye el deslizamiento debido a la macrotextura de la superficie, son

silenciosas pues este tipo de mezcla absorbe las ondas sonoras, poseen buen comportamiento mecánico, no presenta deformaciones plásticas durante su vida útil debido al sustrato mineral.

Adicionalmente así como presenta ventajas este tipo de mezcla posee sus desventajas ya que disminuyen la resistencia por el derramamiento de vertidos, las capas de rodadura donde se aplicara la mezcla debe estar completamente impermeable cumpliendo las especificaciones y debe estar apoyado sobre una base firme y su mantenimiento es costoso en comparación con otras mezclas.

A continuación se muestra la estructura que deben contener las mezclas asfálticas drenantes en el pavimento:

*Figura 13*

*Estructura y funcionamiento de los asfaltos drenantes*



*Nota.* Fuente (Vera, 2010)

### **1.2.1. Ventajas y Desventajas de las mezclas drenantes**

Las mezclas drenantes poseen grandes ventajas y desventajas como limitaciones a la hora de ser implementadas en distintas zonas, este tipo de mezclas a diferencia de las convencionales, contribuyen una serie de ventajas (Senior, 2013)

### **1.2.1.1 Ventajas**

Dentro de las ventajas que podemos encontrar (Senior, 2013) describe para este tipo de mezclas lo siguiente:

- Recolección de agua lluvia a través de la capa de rodadura para el drenaje superficial de la vía, contribuyendo a la purificación de la misma, evitando accidente por el deslizamiento de los vehículos, olvidando la construcción de grandes obras de drenaje.

- Rodadura silenciosa y comfortable

- Mayor adherencia de las llantas y el vehículo

#### **1.2.1.1.1 Desventajas**

Dentro de las desventajas que podemos encontrar describe para este tipo de mezclas lo siguiente:

- Aumenta el costo del mantenimiento de la vía

- Obstrucción o colmatación de los poros debido a sedimentos y escombros que son transportados por los vehiculos reduciendo significativamente la permeabilidad de la mezcla.

- La eliminación del ruido de rodadura, es garantizado si se mantienen limpio los poros.

### **1.2.2 Normatividad Vigente (Internacional y colombiana) y tipos de ensayos requeridos**

El uso de las normas vigentes para Colombia y España se encuentran reglamentadas por una serie de normas que a su vez se podrá encontrar los tipo de ensayos que se pueden realizar para poder determinar las características mecanicas y fisicas de este tipo de mezclas. Asi mismo la tabla 6 presenta la normatividad vigente en la cual se desarrollara esta monografía:

**Tabla 6***Especificaciones de ensayos para mezclas drenantes*

INVIAS (Colombia)	IDU (Colombia)	BOE (España)
Artículo 453 - 22	Sección 622 - 18	543

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente. INVIAS, IDU Y BOE.

Así mismo, las especificaciones mencionadas anteriormente contienen una serie de ensayos que deben cumplir el uso de este tipo de mezclas y que permiten determinar las características optima que pueden llegar a obtener los materiales utilizados en las mezclas, a continuación, se presentan las normas de ensayo para evaluar los componentes de la mezcla que deben cumplir las mezclas drenantes para capas de rodadura y que deben cumplir con lo estipulado en Colombia y España.

**Tabla 7***Especificaciones Requisitos de los agregados para mezcla drenante. INVIAS, IDU Y BOE*

Característica	IDU		INVIAS	BOE			
	T2	T3	NT2 y NT3	-			
<b>Dureza, agregado grueso</b>							
<b>Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%).</b>							
-500 revoluciones	30	25	25	T00 y T0 ≤15	T1 y T2 ≤20	T3 y ARCENE S ≤25	T4 0
-100 revoluciones	-	-	5	-	-	-	-
Degradación por abrasión en el equipo Micro Deval, máximo %	25	20	20	-	-	-	-
<b>Dureza, agregado grueso</b>							

**Resistencia mecánica por el método del 10% de finos:**

- Valor en seco, mínimo (kN)	75	110	110	-	-	-	-
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)	75	75	75	-	-	-	-
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo.	0.45	0.50	50	≥56	≥50	≥44	

**Durabilidad**

Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, magnesio, máximo (%).	-		18	-	-	-	-
--	---	--	----	---	---	---	---

**Análisis petrográfico**

Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado	-		Reportar para NT3	-	-	-	-
---	---	--	-------------------	---	---	---	---

**Limpieza, agregado grueso**

Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	0.50	0.50	0.5			0.5	
---	------	------	-----	--	--	-----	--

**Limpieza, gradación combinada**

Índice de Plasticidad, máximo (%)	de	0	0	NP		-	
Equivalente de arena, mínimo (%)	de	50	50	50		>45	
Valor de azul de metileno, máximo.		8	8	10		-	

**Geometría de las partículas, agregado grueso**

Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	10	10	10	25		
Caras fracturadas, mínimo (%): dos caras				T00 a T31 100	T32 y ARCENES ≥90	T4 -
1 cara	75	90	-			
2 caras	60	75	100			
<b>Adhesividad</b>						
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%).	Reportar	Reportar		-		
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	4	4	Reportar	-		

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente. INVIAS, IDU Y BOE. (INVIAS 2022) (IDU, 2018) (BOE, 2015)

Las normas pueden ayudarnos a evidenciar las coincidencias que en ella se establecen así mismo el uso en las distintas zonas de los países que en ellas se establecen deben cumplir con lo establecidos en ellas, así mismos lo valores establecidos se emplean, en Bogotá con agregados locales, las normas INVIAS, empleadas en todo el territorio colombiano y la BOE en España para las distintas zonas de este país.

Los análisis que se planten en las distintas normas deben ser sustentadas mediante la realización de los ensayos requeridos, aunque deberían considerarse usar en todas, el análisis petrográfico ya que este tipo de ensayo nos ayudara a determinar con exactitud la textura del agregado como la composición mineralógica que ha sufrido el material, así mismo podremos evitar problemas de altos contenido de sílice o materia orgánica en ellas. Algunas de las normas presentadas poseen diferencias en sus valores, no obstante, la norma Española presenta similitud con las normas colombiana. Adicionalmente debe contemplarse los distintos tipos de tráfico que serán los encargados de pasar por las vías que se construirán con estos agregados.

La distribución de tamaño del agregado (partículas) son altamente discontinuas con tamaños de agregados intermedios y finos menores a los requerido en una mezcla convencional, logrando la creación de un esqueleto granular.

### Tabla 8

*Especificaciones Requisitos de los llenante mineral para mezcla drenante. INVIAS, IDU Y BOE*

Característica	INVIAS		IDU	BOE	
	NT2	NT3		T00 A T2	TE, T4 Y ARCENES
Proporción de llenante mineral de aporte: (porcentaje (%) en masa del llenante total)	100		50	100	≥50
<b>Granulometría del llenante mineral de aporte:</b>					
-% que pasa tamiz de 1.18 mm (nro. 16)	100		-		-

-% que pasa tamiz de 0.6 mm (nro. 30)	97	100	-	-
-% que pasa tamiz de 0.15 mm (nro. 100)	95	100	-	-
-% que pasa tamiz de 0.075 mm (nro. 200)	70	100	-	-
Densidad bulk (g/cm <sup>3</sup> )	0.5	0.8	-	-
Vacíos del llenante seco compactado (%)	≥38		-	-

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente. INVIAS, IDU Y BOE. (INVIAS 2022) (IDU, 2018) (BOE, 2015)

La llenante mineral constituye uno de los materiales más usados en la construcción de los pavimentos permitiendo completar la granulometría de los agregados y así mismo mejorar su comportamiento, este tipo de complemento de agregado se puede apreciar que tanto en las Normas Colombiana como Española, presenta similitud a la hora de usarse, pues este tipo de agregado se solicita usarlo en mezclas donde transitara tráfico pesado.

**Tabla 9**

*Especificaciones Requisitos granulometría para mezcla drenante. INVIAS, IDU Y BOE*

Tamiz		Colombia Pasa Tamiz		España Pasa Tamiz	
Pulgadas	mm	INVIAS	IDU	BOE	
				PA 11	PA 16
	22	-	-	-	100
<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	19	100	100	-	-
<b>5</b> / <b>8</b>	16	-	-	100	90-100
<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12.5	70-100	70-100	-	-

<b>7/16</b>	11.2	-	-	90-100	-
<b>3/8</b>	9.5	50-75	50-75	-	-
<b>5/16</b>	8	-	-	50-70	40-60
<b>4</b>	4.75	15-32	15-32	13-27	13-27
<b>10</b>	2	9-20	9-20	10-17	10-17
<b>0.02</b>	0.5	-	-	5-12	5-12
<b>40</b>	0.425	5-12	5-12	-	-
<b>200</b>	0.075	3-7	3-7	-	-
<b>0.002</b>	0.063	-	-	3-6	3-6

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente. INVIAS, IDU Y BOE. (INVIAS 2022) (IDU, 2018) (BOE, 2015)

Es importante destacar que las granulometrías de los agregados ya sean gruesos o finos son fundamentales para la composición de la mezcla permitirá lograr alcanzar una alta resistencia, así mismo en la tabla 10, se puede evidenciar las granulometrías de los agregados que hacen parte de las normas estas contienen características diferentes en la granulometría que debe contener el agregado, la norma INVIAS y la IDU determinan los mismo tamaños nominales de las partículas (19 mm), mientras la norma española BOE considera un tamaño máximo nominal para la mezcla PA 11 (16 mm, indicación relativa a que la mezcla bituminosa es de tipo drenante) de inferior que las normas colombianas por lo que la mezcla posee una granulometría más fina haciéndola más impermeable, en cuanto a la mezcla PA 16 (22 mm), con materiales más gruesos lo que facilita el drenaje, no obstante la apertura de sus tamices varia en cuanto a los tamaños a usar.

### 1.2.2.1 Normas de ensayos

Los ensayos requeridos para determinar las características de los materiales se muestran en la tabla 10, lo cual se evidencia entre las normas que son similares las normas colombianas, pero estos ensayos también son requeridos realizarse para la norma española, aunque todos los ensayos requeridos por dicha norma son contemplados como los realizados en Colombia.

**Tabla 10***Normas de ensayo para mezcla drenante. INVIAS, IDU Y BOE*

<b>Característica</b>	<b>IDU</b>	<b>INVIAS</b>	<b>BOE</b>
Granulometría	INV E - 213	INV E - 213	UNE-EN 933-2
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%).	INV E - 218	INV E - 218	UNE-EN 1097-2
Degradación por abrasión en el equipo Micro Deval, máximo %	INV E - 238	INV E - 238	-
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	INV E - 224	INV E - 224	-
Coefficiente de pulimento acelerado	INV E - 232	INV E - 232	UNE-EN 1097-8
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, magnesio	-	INV E - 220	-
Impureza en agregado grueso	INV E - 237	INV E - 237	-
Índice de plasticidad	INV E - 126	INV E - 125 y INV E - 126	-
Equivalente de arena	INV E - 133	INV E - 133	UNE-EN 933-8
Valor de azul de metileno.	INV E - 235	INV E - 235	UNE-EN 933-9

Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E - 240	INV E - 240	-
Caras fracturadas, mínimo (%): caras	INV E - 227	INV E - 227	UNE-EN 933-5
Angularidad de la fracción fina. Método A	INV E - 239	INV E - 239	-
Resistencia conservada en tracción indirecta	-	INV E - 725	-

---

*Nota.* Datos tomados de las especificaciones vigente. INVIAS, IDU Y BOE. (INVIAS 2022) (IDU, 2018) (BOE, 2015)

### **1.2.2 Aplicación de las mezclas asfálticas drenante como alternativas de drenaje**

#### **(Internacional y colombiana)**

La aplicación de estas mezclas se ha convertido en la actualidad en una alternativa para mejorar las condiciones presentes en el pavimento en condiciones climáticas lluviosas ayudando a mejorar condiciones de hidropavimento, así mismo como lo describe (Espejo, 2020) este tipo de mezclas y de pavimentos son construidos en áreas de estacionamiento y carreteras con bajo volumen de tránsito.

### **1.2.3 Aplicación de las mezclas asfálticas drenante como alternativas de drenaje en Colombia.**

En Colombia el uso de estas mezclas no es muy usadas, aunque la normativa colombiana contempla dentro de sus capítulos la serie de requerimientos que deben cumplir los agregados para ser implementadas.

Actualmente Colombia no cuenta con grandes kilómetros de vías pavimentadas en este tipo de mezcla debido al gran desconocimiento de su función, así mismo proyectos como los

mencionados por (López, 2013), entre ellos Concesión Autopistas del Café “Dosquebradas – Pereira y Club de Tiro – Pereira” fue construido con una longitud de 2800 m, se instaló mezcla asfáltica drenante mediante los lineamientos del artículo 452 – 07 del Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Otro de los proyectos tiene una longitud de 4900 m, fue construido en tipo micro – discontinuo en caliente bajo lineamientos del artículo 452-07 dicho proyecto fue construido por la concesión Vial de los Andes Coviandes en la carretera que comunica Bogotá con Villavicencio. Así mismo dichos proyectos no se han encontrado información adicional de la construcción en estos tipos de pavimentos en estas vías.

#### **1.2.4 Aplicación de las mezclas asfálticas drenante como alternativas de drenaje en Otros países.**

El uso de las mezclas drenantes constituye unas de las principales formas de disminuir la problemática presentada por las lluvias, es así que la implementación de dichas mezclas se lleva a cabo en países como España, Estados Unidos, Chile y demás países, a diferencia de Colombia.

España inicio la investigación de este tipo de mezclas desde los años 1985, siendo este el primer país en investigar y analizar en detalle el comportamiento, así mismo el uso de este tipo de mezcla ha contribuido al mejoramiento del drenaje de aguas lluvia en épocas de invierno, es así como a través del tiempo aún se siguen implementando, a continuación, se presentan construcciones llevadas a cabo con este tipo de mezclas.

*Figura 14*

*Pavimentos drenante plaza principal de Soyalo en el estado de Chiapas México*



*Nota.* Fuente (Verdecreto, s.f.)

*Figura 15*

*Pavimento drenante Liverpool Lindavista DF - México*



*Nota.* Fuente (Verdecreto, s.f.)

*Figura 16*

*Concreto permeable fiscalía general de la república - México*



*Nota.* Fuente (Concreto ecológico, 2022)

## 2. MARCO CONCEPTUAL

**Mezclas asfálticas convencionales:** son mezclas usadas para la construcción de pavimentos es un material bituminoso (asfalto), contiene agregados pétreos y llenante mineral (Artículo 453 INVIAS)

**BOE:** Agencia Estatal Boletín oficial del Estado en España.

**Mezclas drenantes:** son mezclas las cuales contiene alto contenido de vacío en su asfalto y poco uso de fino, sus agregados gruesos ayudan a conformar una estructura porosa abierta este tipo de material debe contener polímeros para evitar la disgregación de la mezcla en cuanto a la vida de este material se le atribuye al endurecimiento y estado cuando endurece (Ayala y Juárez, 2010).

**Hidroplaneo:** Es conocido como acuaplaning o acuaplaneo es uno de los problemas más evidenciados en temporada lluviosa el cual reduce la fricción entre las llantas y el pavimento haciendo sé que se pierda la tracción (Rojas, 2021)

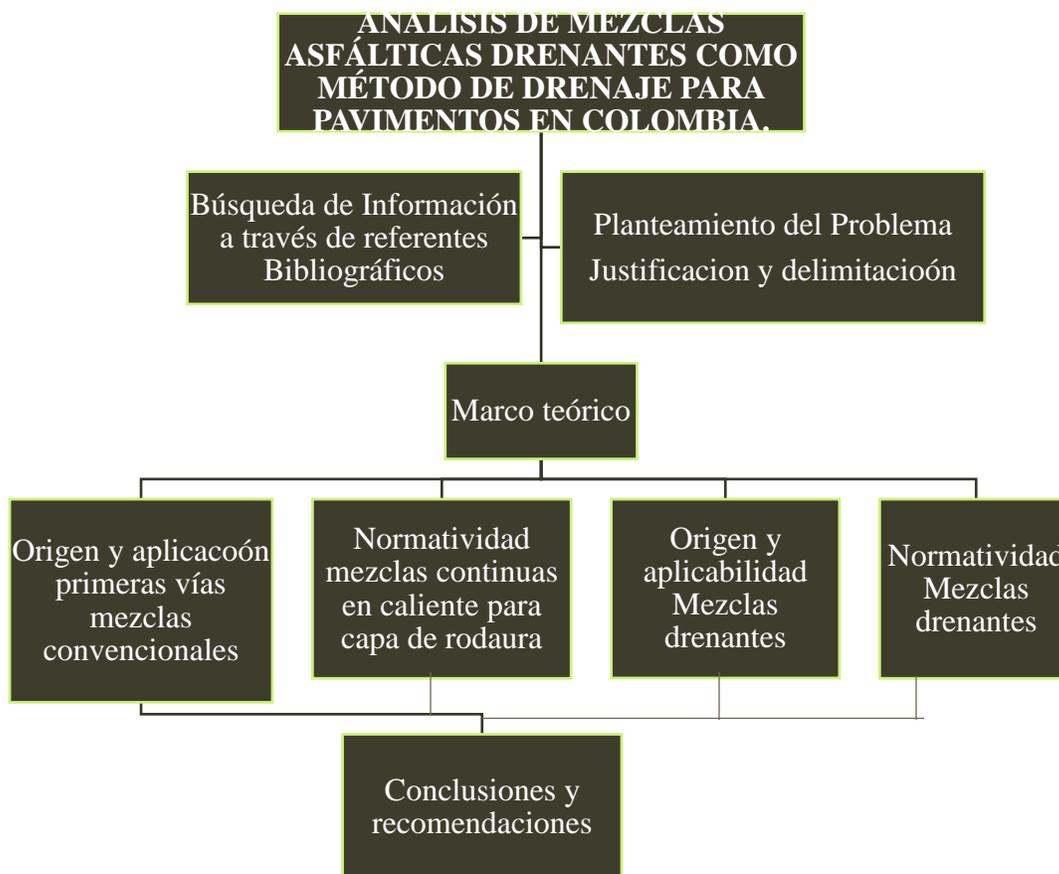
**Arcenes:** es conocido también como berma, así mismo en Colombia es conocido como margen lateral de una carretera o franja longitudinal destinada a la circulación de personas o estacionamiento transitorio de vehículos.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Para la información de este tipo de trabajo se tuvo en cuenta fuentes bibliográficas de diferentes universidades en Colombia como en el exterior así mismo se extrajo información de distintos medios de comunicación y páginas de empresas dedicadas a la construcción de mezclas drenantes.

*Figura 17*

*Marco metodológico*



Fuente: Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la revisión literaria llevada a cabo se en la presente monografía se logró determinar que el contenido de vacíos en las mezclas drenantes juega un papel importante a la hora de drenar el agua ya que gracias al esqueleto granular formado permite la filtración del agua.

- El poco drenaje en las distintas zonas del país ha contribuido a la gran problemática en las zonas urbanas ocasionando sustancialmente el deterioro de la estructura de pavimento, accidentes por las poca adherencia de las llantas y el pavimento, el hidroplaneo entre otras, son muchas de las causas de las problemáticas presentadas.

- La granulometría usada en las mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura difiere de las especificaciones para mezclas drenantes, es decir para mezclas discontinuas en caliente, este determina dos tipos de mezclas una mezcla tipo F y otra tipo M que hace referencia al ensayo de cántabro (m) y ensayo Marshall (F) y para mezclas drenantes solo es usada un tipo de mezcla, así mismo la granulometría no determina el tipo de mezcla debido al ensayo pues esta presenta una granulometría con tamaño máximo nominal de partículas de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

- El uso de mezclas drenantes ocasiona una gran ventaja en el drenaje de las aguas lluvias especialmente en zonas urbanas contribuyendo a la disminución de la reflexión de la luz de vehículos que circulan en el pavimento mojado, eleva la resistencia al deslizamiento a altas velocidades, resistencia al deslizamiento en la lluvia, reducción del ruido de rodadura, no presenta deformaciones plásticas durante la vida útil y contribuye a la filtración del agua.

- Estas mezclas pueden presentar deformaciones producto de la disgregación de los agregados ya sea en su transporte o colocación por lo que importante la correcta colocación en cumplimiento de las normas presentes para cada país.

- Con el desarrollo de esta presente monografía podemos determinar que cada país implementa sus normas en base a materiales encontrados en cada región por lo que es importante el cumplimiento de cada uno de ellos para garantizar la vida útil de este tipo de mezclas drenantes, logrando determinar el funcionamiento correcto en varios países de mundo, aunque en Colombia solo existen tramos de prueba construidos no se tiene registro de sus diseños por lo que eso importante comenzar a implementarlas sobre todo en las ciudades, esto con el fin de poder mitigar el impacto negativo que ocasionan las lluvias al no poder ser drenadas.

## 6. RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que los beneficios que trae las mezclas drenantes en la implementación de capa de rodaduras favorecen una alternativa de solución a los problemas presentados para la falta de drenajes y la capacidad que tienen los alcantarillado para la recepción de las aguas.

Se recomienda implementar este tipo de mezclas en la Ciudad de Bogotá, esto debido a las emergencias ocasionadas en temporada invernal como la que actualmente cursa el país, ya que este tipo de mezcla puede ser la solución a la problemática presentada en la ciudad, así mismo la ciudad de Bogotá actualmente cuenta con la normatividad vigente como las Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyecto de Infraestructura y de espacio público de Bogotá D.C. del Instituto de Desarrollo Urbano IDU, la cual rige el cumplimiento de los materiales a usar, favoreciendo el uso de mezclas drenantes como condición de drenaje, sin embargo, este material debe cumplir con parámetros de granulometría y concentración adecuada para lograr una mejor eficiencia.

Finalmente, los costos de producción de este material son un poco más costos con respecto al asfalto convencional, pero debe tenerse en cuenta que el mantenimiento de dichos pavimentos es de vital importancia para evitar el colapso por colmatación garantizando el correcto funcionamiento de la capa de rodadura.

### Referentes Bibliográficos

Abuhajar, J. (2010). “*Diseño y comportamiento de mezclas asfálticas drenantes*” [Tesis pregrado.

Repositorio Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1136/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-14.pdf>

Adauto, O. y Evelyn, R (2019). *Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz*. [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma].

Repositorios latinoamericanos.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3351237>

Ajhuacho, N., Escalera, J. y Terrazas, R. (2015). *El Asfalto* [Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Simón]. Archivo digital.

<https://es.slideshare.net/WilmerApazaOrccoapaza/296881703-proyectoasfalto>

Albornoz, Y. (03 de 2014). *Pavimentosulacivil*. Obtenido de Pavimentosulacivil:

<https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/prc3a1ctica-nc2b0-31-3-peso-especifico-llenante-mineral-filler.pdf>

Arboleda, E. y Gutiérrez, A. (2015). “*Estudio comparativo de las normas técnicas para la construcción de pavimentos flexibles en Colombia y Brasil*”. Repositorio Unilibre, 17-20.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17107/ESTUDIO%20COMPARATIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ayala, M. y Juárez, I. (2010). “*Diseño de mezclas drenantes con asfalto modificado disponible en el salvador*”. [Tesis de pregrado. Repositorio Universidad de el salvador.

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/485/1/10136397.pdf>

Artículo 453 del INVIAS. (2013). Mezcla drenante. Instituto Nacional de Vías, Bogotá, Colombia.

<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras>

Bitafal, G. (2020, mayo 22). Conceptos básicos sobre pavimentos flexibles.

<https://bitafal.com.uy/conceptos-basicos-sobre-pavimentos-flexibles/>

BOE, (2015). Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado 2015.

<https://www.boe.es/>

Café, A. d. (04 de 01 de 2013). Sisol.

<http://es-sisol.weebly.com/autopista-del-cafe-colombia.html>

Castellón, O y Mercado, R (2015). “*Estudio sobre mezclas asfálticas discontinuas y su aplicabilidad en superficie de rodadura. caso pista de aterrizaje aeropuerto internacional Rafael Núñez de la ciudad de Cartagena*” [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena].

Repositorio Uni Cartagena

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5756/ESTUDIO%20MEZCLAS%20ASFALTICAS%20%20DISCONTINUAS.pdf?sequence=1>

Concrelab. (s.f.). Concrelab. Concrelab medición confiable

<https://concrelab.com/wp-content/uploads/2020/01/geo110-min-min-1.pdf>

Concreto ecológico (2022). Concreto Ecológico de México S.A. de C.V.

<http://www.concretopermeable.com/fichatecnicahydrocreto.pdf>

Espejo, J. (2020). *Mezclas asfálticas porosas utilizadas en la pavimentación de vías para el manejo de aguas de escorrentía*. [Monografía de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander – Ocaña]

<http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2257/34236.pdf?sequence=1>

Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras*. Bogotá, D.C.: Agora Editores.

IDU. (2018). Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C.

[https://www.idu.gov.co/web/content/7455/gu-ic-019\\_guia\\_diseno\\_pavimentos\\_para\\_bajos\\_volumenes\\_v1.pdf](https://www.idu.gov.co/web/content/7455/gu-ic-019_guia_diseno_pavimentos_para_bajos_volumenes_v1.pdf)

INVIAS. (2013). Normas de ensayo para materiales de carreteras y especificaciones generales de construcción de carreteras 2013.

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/7937-fe-de-erratas-normas-de-ensayo-de-materiales-para-carreteras>

Instituto Nacional de Vías. INVIAS. (2022,06 de mayo). Normas de ensayo para materiales de carreteras.

<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/1988-normas-de-ensayo-de-materiales-para-carreteras>

López, C (2013). “*Comportamiento mecánico de mezclas asfáltica drenante*” [tesis de maestría en geotecnia, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Unal.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55263/25281594.2013.pdf>

Ministerio de vivienda y urbanismo. (2018, febrero). Código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación

[https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/01/normas\\_pavimentacion.pdf](https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/01/normas_pavimentacion.pdf)

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Universidad católica de Colombia Ediciones y publicaciones

<https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

Trujillo, A y Quiroz, D (2013). “*Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano*” [monografía de pregrado, Universidad Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11174/TrujilloLopezAlejandra2013.pdf?sequence=1>

Paladines, J. (2015). *Productos bituminosos empleados en los pavimentos. Determinar la consistencia del cemento asfáltico y su gravedad específica*. [Trabajo práctico del examen complejo previo a la obtención del título de ingeniero civil, Universidad técnica de Machala] Repositorio utmachala

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5340/1/TTUAIC\\_2015\\_IC\\_CD0071.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5340/1/TTUAIC_2015_IC_CD0071.pdf)

Rondón Quintana, H. A. y Reyes Lizcano, F. A. (2022) *Pavimentos materiales, construcción y diseño*. Ecoe Ediciones.

Rojas – Acevedo, C. (2021). *Hidroplaneo ¿cómo ocurre y como evitarlo?*

<https://es.linkedin.com/pulse/hidroplaneo-c%C3%B3mo-ocurre-y-como-evitarlo-cifilfredo-rojas-acevedo>

Publimotos. (2018, septiembre 14). *El interesante “Asfalto poroso o Drenante” Que trae la nueva generación de carreteras.*

<https://www.publimotos.com/9-mundo/1241-las-grandes-utilidades-del-asfalto-poroso-o-drenante-que-trae-la-nueva-generacion-de-calles>

Senior, V. (2013). *“Diseño de mezclas asfálticas drenantes tibias, a partir de la mezcla de cemento asfáltico AC 60 – 70 con licomont BS – 100 para diferentes niveles de precipitación”*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio unal.] Repositorio unal.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20187/55312753.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Verdecreto. (s.f.). Verdecreto. Verdecreto concreto ecológico

<https://verdecreto.com.mx/obras/>