



**MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES Y SU
APLICACIÓN EN LAS CARRETERAS DE
MANABÍ**

Byron Alain Zambrano Medranda
Daniel Alfredo Delgado Gutiérrez
Eduardo Humberto Ortiz Hernández
Jorge Eduardo Jalil Ponce

MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES Y SU APLICACIÓN EN LAS CARRETERAS DE MANABÍ

**Byron Alain Zambrano Medranda
Daniel Alfredo Delgado Gutiérrez
Eduardo Humberto Ortiz Hernández
Jorge Eduardo Jalil Ponce**

**MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES Y SU
APLICACIÓN EN LAS CARRETERAS DE
MANABÍ**

Título original:
MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES Y SU
APLICACIÓN EN LAS CARRETERAS DE
MANABÍ

Primera edición: enero 2020

© 2020, Byron Alain Zambrano Medranda
Daniel Alfredo Delgado Gutiérrez
Eduardo Humberto Ortiz Hernández
Jorge Eduardo Jalil Ponce

Publicado por acuerdo con los autores.
© 2020, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN:
978-9942-33-165-6

Cita.

B. Zambrano, D. Delgado, E. Ortiz, J. Jalil. (2020) MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES Y SU APLICACIÓN EN LAS CARRETERAS DE MANABÍ, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 51 pag

INTRODUCCIÓN

Para elaborar la presente libro, fue necesario realizar un diagnóstico detallado de las vías más críticas en Manabí, en la que se evidencia deterioros severos en su estructura, lo que justifico elaborar diseños y ensayos en el laboratorio, para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados.

Los requerimientos de seguridad al tránsito exigidos hoy en día a las superficies de rodamiento, ha llevado a desarrollar materiales con características diferentes a las ya conocidas. La Mezcla Asfáltica Drenante (MAD) o Mezcla Asfáltica Porosa (MAP), es un material que ha sido desarrollado en esta línea de pensamiento.

Se trata de mezclas asfálticas que se caracterizan por tener un elevado porcentaje de huecos interconectados entre sí (16 a 25% o más, dependiendo del uso, cabe destacar que no solo son usadas como superficie de rodamiento, en especificaciones como las Chilenas están contempladas como capa de alivio de fisuras). Estos huecos permiten el paso del agua a través de la misma, favoreciendo su eliminación en la superficie del camino, y presentando una alta macrotextura y microtextura, ésta

última como consecuencia de la calidad de los áridos usados.

Existen diferentes métodos de diseño, los cuales se vuelcan en el presente artículo. La particular estructura interna en estas mezclas, ha llevado a desarrollar ensayos que ayudan a evaluar su comportamiento. Además, en este tipo de mezclas la energía de compactación necesaria para lograr la compacidad en obra es menor que en las mezclas convencionales, razón por la cual se evalúa para qué energía de compactación se alcanza la máxima densidad en la metodología Marshall.

Se determinaron puntos claves del desarrollo de las investigaciones como son objetivos, problema de investigación, tipos de aditivos, metodología, ensayos realizados, resultados, recomendaciones y conclusiones.

Una vez determinados estos puntos claves se procedió a consignarlos en cuadros resumen para poder tener una idea más clara del desarrollo de este proyecto.

Índice

Capítulo 1	1
Análisis desde la investigación del problema	1
Ventajas y desventajas de las mezclas drenantes.....	8
Normas Españolas para el uso de Mezclas asfálticas drenantes	11
Normas Chilenas para el uso de Mezclas asfálticas drenantes.....	12
Mezcla de Áridos	15
Normas Ecuatorianas para el uso de Mezclas asfálticas drenantes.....	15
FORMULA MAESTRA	17
ACEPTACIÓN	20
Capítulo 2	24
Proceso de investigación y resultados obtenidos	24
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION	24
PRUEBA DE ESTABILIDAD Y FLUJO	34
DENSIDAD Y VACIOS	35
DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA DE DISEÑO	36
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS.....	38
PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DRENANTE.	39
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MEZCLA COMPACTADA.	40
ENSAYO CÁNTABRO.	42
Granulometría de diseño.....	46
Porcentaje Óptimo de Asfalto	47
Valores Obtenidos con el % óptimo de asfalto	47
Construcción de un tramo experimental en una carretera en ejecución ..	48
Bibliografía	51

Capítulo 1

Análisis desde la investigación del problema

La Provincia de Manabí está ubicada en el centro de la república de Ecuador, extendiéndose por ambos lados de la línea equinoccial o Ecuador, la extensión es de 18,506Km², Límites: NORTE: Provincia de Esmeraldas - SUR: Provincia del Guayas - ESTE: Provincias del Guayas, Los Ríos y Pichincha - OESTE: Océano Pacífico. Economía: Recursos Naturales: Cacao, café, banano, arroz, y algodón. Industria: Prod. Alimenticios, bebidas y tabaco. Artesanías: Sombreros de paja y muebles de mimbre, entre otros.

Dentro del universo de posibilidades de mezclas asfálticas, la mezcla drenante, que se caracteriza por tener un porcentaje de huecos mayor al 20 %, es una solución factible para los pavimentos que se construyan en zonas de gran pluviometría. Esto, por las características superficiales que se obtienen con este tipo de mezclas, además de su composición la que permite espesores menores al de una mezcla convencional de asfalto.

En presencia de lluvia, lo más común que suceda en las carreteras es la formación de una capa de agua de bajo espesor en la superficie del pavimento.

Por lo tanto, en condiciones de lluvia se afecta la seguridad y el confort de los usuarios de caminos

pavimentados.

Por ser una Provincia costanera que está expuesta a cambios climáticos debido a los periodos de invierno, así como a la salinidad, conlleva a que se destruyan las carreteras, ocasionando ingentes gastos económicos a los Gobiernos de turnos para su reconstrucción.

Para evitar estos problemas se necesita que el agua que cae en la superficie, sea evacuada rápidamente, que es justamente lo que se busca con el uso de las mezclas drenantes.

Una de las principales características de las mezclas drenantes es que debido al alto porcentaje de huecos permiten el paso del agua a través de la misma, favoreciendo su eliminación de la superficie del camino. La evacuación definitiva del agua que pasa por entre los poros debe ser desalojada mediante sistemas de drenajes laterales.

La investigación que se desarrolla en torno a este tema, permite ampliar los conocimientos acerca de las características funcionales y el comportamiento en el tiempo de este tipo de pavimento

Se espera obtener resultados que permitan medir e informar sobre el comportamiento en el tiempo de una mezcla asfáltica drenante, en función de

la zona geográfica y condiciones locales de los tramos involucrados en esta investigación.

Los diseños de estructuras de pavimentos buscan como parámetro inicial la serviciabilidad de la vía, la economía en lo referente a costos de construcción y estudios, y un período de vida útil más prolongado, por tal razón a lo largo del desarrollo de la ingeniería se han ido realizando innovaciones científicas partiendo del análisis de los controles de calidad de los materiales de construcción y de los factores ambientales que pudiesen repercutir en la investigación, esto ha obligado a la ingeniería a crear nuevas técnicas de diseño de estructuras de pavimentos, con ello también, a mejorar las normas que se aplican para el control de calidad de las mismas.

El tema tiene mucha importancia en el campo de la investigación del aspecto vial de nuestro medio, puesto que ante la gran demanda de construcción de vías a nivel de capa de rodadura asfáltica en años anteriores, se ha dado a notar su deterioro constante y falta de cumplimiento en los períodos de diseños de las obras ejecutadas por factores concurrentes al drenaje vial y a la calidad de los agregados que componen dicha mezcla asfáltica.

La utilización de tecnologías nuevas para incrementar la seguridad vial y mejorar el confort

del usuario son parámetros fundamentales para reducir el número de accidentes viales en nuestro medio.

Las propiedades de las Mezclas Asfálticas Drenantes son elementos que no producen Spray, hidroplaneo, y mejora perfectamente la visibilidad nocturna de la demarcación horizontal en caso de lluvia, y otras condiciones, como es la adherencia goma-piso con calzada húmeda disminuye el ahuellamiento y aumenta la durabilidad de la carpeta; por consiguiente mejora substancialmente la seguridad vial.

Estas vías tienen el propósito de preservar en sus partes complementarias y condiciones estructurales de funcionamiento al tráfico actual para proveer a los usuarios seguridad y comodidad en el uso de la misma.

Las mezclas asfálticas drenantes son aquellas mezclas asfálticas cuyo porcentaje de vacíos es lo suficientemente alto para permitir que a través ellas se filtre el agua con rapidez y pueda ser evacuada hacia las bermas, cunetas u otros elementos de drenaje evitando así su permanencia en la superficie de la vía (capa de rodadura), incluso bajo precipitaciones intensas y

prolongadas¹.

FOTO N°1.- Demostrativo comparativo fotográfico de las diferencias entre capas de rodadura convencionales y drenantes.



Para que una mezcla pueda considerarse como drenante debe de tener un contenido inicial de vacíos del 16%, el cual permite una permeabilidad adecuada en este tipo de mezclas. Para que la capacidad de drenaje se mantenga durante un periodo razonable, lo aconsejable es partir de una mayor relación de vacíos de la mezcla con el fin de aumentar su permeabilidad.

¹ Kennedy, T.W. y Hudson, W.R. Application of the indirect Tensile Test to Stabilized Materials. Highway Research Record, No. 235

FOTO N°2.- Acabado de Mezcla Asfáltica Drenante

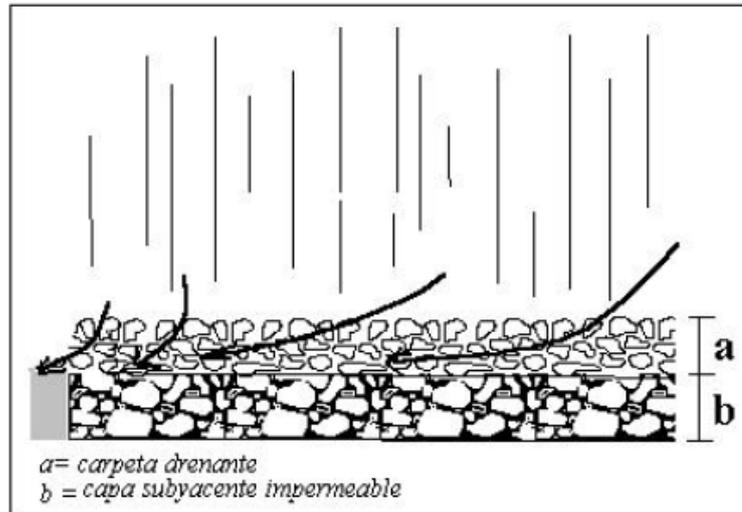


Las mezclas drenantes pueden construirse tanto en caliente como en frío, empleando como ligantes, los betunes puros o las emulsiones asfálticas, modificadas o no. De hecho, las mezclas en frío fabricadas tradicionalmente en España, con un contenido nulo o casi nulo de arena, son drenantes en sentido estricto con porcentajes de vacíos presente en las mezclas asfálticas del orden del 25%. Sin embargo, la técnica de las mezclas drenantes ha adquirido un auge espectacular en los últimos años debido al avance de sistemas de diseño e instalación en obra como mezcla bituminosa en caliente.

El uso de las mezclas asfálticas porosas cambia radicalmente el concepto tradicional de una carpeta de "rodado impermeable" traspasando la función de proteger de los efectos negativos del agua a la capa subyacente. Esta deberá ser impermeable y con un buen diseño geométrico que asegure el escurrimiento del agua a los drenes laterales y no se infiltre a capas inferiores

del camino.²

Gráfico N°1.- Comportamiento de las Mezclas Asfálticas Drenantes



El ensayo Cántabro sirve para promover el desarrollo en la investigación de los asfaltos modificados y su efecto, también permite mediante la determinación de las pérdidas al Cántabro de probetas en seco y tras inmersión, valorar la resistencia de estas mezclas a la acción del agua, pues estas mezclas drenantes por su alta porosidad van a estar muy expuestas a la acción del agua y por ello es muy importante conocer esta resistencia y mejorarla, en este caso con el empleo de áridos y asfaltos especiales.³

² Gabriela Muñoz Rojas y Consuelo Ruiz Rodríguez. Metodología de diseño y colocación de Mezclas Drenantes

³ Germán Juyar Mora, Gabriel Pérez Cely. Comparación de Mezclas Asfálticas Drenantes fabricadas con Asfalto modificado y sin modificar.

Las capas de MAD exponen a la película de ligante que rodea a los agregados a la acción de los rayos ultravioletas, catalizador de la oxidación y la humedad. Resulta crítico que la película de ligante tenga suficiente espesor para resistir estos efectos. Cuando se busca extender el período de vida, se lo hace con mayor espesor de película asfáltica. Es aquí donde los asfaltos modificados encuentran su aplicación sumando la adición de filler (generalmente cal) mejorando la cohesión y durabilidad de la mezcla y contribuyendo a reducir significativamente la tendencia al escurrimiento en comparación con los asfaltos convencionales.⁴

Ventajas y desventajas de las mezclas drenantes

Ventajas de las Mezclas drenantes

- **Eliminación del hidroplaneo.**- Uno de los mayores riesgos cuando se conduce con lluvia es el hidroplaneo, esto es, la capa de agua que se forma entre el neumático y el pavimento rompe el contacto entre ambos, el neumático "flota en el agua" de modo que el conductor pierde el control de su vehículo. La evacuación rápida del agua de la superficie del camino a través de la

⁴O. Rebollo; R. González y G. Botasso. Determinación del porcentaje de ligante optimo en mezclas asfálticas abiertas

mezcla porosa impide que se produzca este fenómeno.

- **Resistencia al deslizamiento con pavimento mojado.-** Aún cuando no exista el hidroplaneo, la lluvia puede reducir considerablemente la resistencia al deslizamiento de la superficie del camino, los asfaltos porosos pueden contrarrestar este efecto permitiendo, debido a su macrotextura, que exista rozamiento entre el neumático y la superficie de rodadura de modo que el vehículo realice los movimientos que desea el conductor logrando así una mayor seguridad (menores distancia de frenado).
- **Reducción de las proyecciones de agua.-** Estas mezclas al permitir mantener la superficie del pavimento libre de agua cuando está lloviendo impiden que se produzcan el levantamiento ("splash") y pulverización ("spray") del agua al paso de los vehículos mejorando notablemente la visibilidad del usuario.
- **Menor deslumbramiento por los faros de los vehículos.-** Los conductores que circulan en dirección contraria durante la noche se ven enfrentados al deslumbramiento debido a la reflexión de la luz en los pavimentos mojados tradicionales (superficie lisa), en cambio, los pavimentos de textura rugosa dispersan la luz y por lo tanto reducen el problema de deslumbramiento permitiendo al conductor ver mejor la señalización horizontal.

- **Reducción del ruido al paso del vehículo.-** Las mezclas drenantes tienen la capacidad de absorber los ruidos provocados principalmente por el contacto que se produce entre el neumático y el pavimento cuando el vehículo está en movimiento. Los huecos interconectados entre sí permiten el paso del aire, atenuando los efectos sonoros. Tanto el conductor, como el entorno, se ven favorecidos por esta reducción.⁵

Desventajas de las Mezclas Drenantes

- **Mayor costo inicial:** Las mezclas deben construirse con asfaltos modificados y áridos de mejor calidad que encarecen los costos.
- **Diseño Geométrico Riguroso:** La mezcla se debe extender sobre una capa que sea impermeable, estructuralmente estable y además, que tenga una geometría tal que permita la evacuación del agua.
- **Drenaje lateral:** El agua que ha escurrido por la mezcla drenante debe ser evacuada a través de drenes laterales, esto implica la construcción de canales y otras obras de arte.
- **Pérdida de drenabilidad:** Las mezclas porosas en el transcurso de su vida útil pueden colmatarse por la acumulación de polvo y otros agentes contaminantes como arena, materia orgánica,

⁵ Gabriela Muñoz Rojas y Consuelo Ruiz Rodríguez. Metodología de diseño y colocación de Mezclas Drenantes

etc., entre los huecos. Es importante señalar que, si bien pierde sus propiedades drenantes, seguirá funcionando como carpeta de rodado. Actualmente existen técnicas de lavado a presión que pueden limpiar las mezclas retardando su colmatación.

- **Vialidad invernal:** La conservación invernal en las mezclas drenantes requiere de un mayor esfuerzo que la tradicionales, por ejemplo se necesita mayor cantidad de sales fundentes para mantener los caminos libres de nieve, los vehículos con cadenas para la nieve pueden producir arranque superficial de partículas.

Normas Españolas para el uso de Mezclas asfálticas drenantes

En la tabla N°1 se detallan las exigencias que establece la normativa española para el uso de las mezclas asfálticas drenantes.⁶

Tabla N°1.- Resumen de exigencias de la Normativa Española.

PARAMETRO	EXIGENCIA
INDICE DE LAJAS DEL ARIDO GRUESO	≤ 25
COEFICIENTE DE DESGASTE LOS ANGELES DEL ARIDO GRUESO	≤ 15
ESPESOR (cm)	4--5
DOTACION MINIMA DE LIGANTE (%)	4,5
% HUECOS EN LA MEZCLA	20 % min
% DESGASTE SECO (NTL - 352)	20 % máx.
% DESGASTE HUMEDO (NTL - 362)	35 % máx.

⁶ Normativa española. Riegos Auxiliares, Mezclas Bituminosas Y Pavimentos De Hormigón

Así mismo se determina una graduación granulométrica para los diversos tipos de mezclas asfálticas entre las cuales se encuentra la Mezclas Asfáltica Drenante, esta se detalla en la Tabla N°2.

Tabla N°2.- Husos Granulometricos para Mezclas Asfálticas Drenantes de la Normativa Española.

Tamiz (mm)	Especificación Española	P		PA	
		10	12	10	12
19	20	100	100	100	100
13,2	12,5	100	75-100	100	75-100
9,5	10	80-90	60-90	70-90	60-90
4,75	5	40-50	32-50	15-30	18-30
2,36	2,5	10 - 18	10- 18	10 - 22	10 - 22
0,6	0,63	6-12	6 - 12	6 - 13	6- 13
0,075	0,08	3-6	3 - 6	3 - 6	3 - 6

Normas Chilenas para el uso de Mezclas asfálticas drenantes

Las Normativas Chilenas proponen una mezcla asfáltica drenante a partir de las siguientes exigencias:

Asfalto:

Los asfaltos para mezclas drenantes serán cementos asfálticos modificados con elastómero de penetración 60/80 que cumplan con los requisitos de la Tabla No. 3.

Tabla N°3.- Cemento Asfáltico Modificado con Elastómero

ENSAYO		EXIGENCIA
Penetración a 25°C, 100 g. 5 seg. 0.1 cm.		60 – 80
Punto de ablandamiento	(°C)	Min. 75
Ductilidad a 5°C. 5 cm/min.	(cm)	Min. 60
Ductilidad a 25°C. 5 cm/min.	(cm)	Min. 100
Índice de Penetración		Min. 44
Punto de Quiebre Fraass	(°C)	Máx. -18
Intervalo de Plasticidad	(°C)	Min. 93
Recuperación Elástica	(%)	Min. 60
Viscosidad a 135°C	(cst)	800 – 1400
Viscosidad a 150°C	(cst)	400 – 700
Viscosidad a 170°C	(cst)	150 – 300

Áridos

Los áridos deberán clasificarse y acoplarse separados en al menos tres fracciones gruesa, fina y polvo mineral (filler). Las distintas fracciones deberán ajustarse a los siguientes requisitos.

Requisitos Fracción Gruesa:

Deberá estar constituido por partículas chancadas, limpias y tenaces que se ajustan a los requisitos que se indican en la Tabla No. 4.

Tabla N°4.- Requisitos para la Fracción Gruesa

ENSAYE	EXIGENCIA (%)	MÉTODO
Desgaste Los Ángeles	Máx. 20	LNV – 75
Partículas Chancadas	Min. 98	LNV – 3 (1)
Adherencia Método Estático	Min. 95	LNV – 9
Porcentaje de Laja	Máx. 10	LNV – 3
Índice de Laja	Máx. 25	LNV – 3

(1) El árido será material resultante de la trituración de roca en que la fracción chancada tendrá mínimo tres caras fracturadas.

Requisitos Fracción Fina:

Tabla N°5.- Requisitos para la Fracción Fina

ENSAYE	EXIGENCIA (%)	MÉTODO
Índice de Plasticidad	N.P.	LNV – 90
Adherencia Riedel-Weber	Min. 0 – 5	LNV – 10

Requisitos Fracción Filler:

Deberá ser constituido por polvo mineral fino tal como cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo, libre de material orgánica y partículas de arcilla.

El Filler total deberá estar formado por un mínimo de 50% de aportación y el porcentaje restante proveniente del árido.

Mezcla de Áridos

Los áridos combinados deberán cumplir con los requisitos indicados en la Tabla No. 6.

Tabla N°6.- Requisitos para áridos combinados

ENSAYE	EXIGENCIA (%)	MÉTODO
Sales solubles	Máx. 3	LNV 8
Equivalente de arena	Min. 50	LNV – 71

Las distintas fracciones de áridos deberán combinarse en proporciones tales que la mezcla resultante cumpla con una de las bandas granulométricas especificadas en la Tabla No. 7, denominadas PA – 10 y PA – 12.

Tabla N°7.- Bandas Granulométricas

TAMIZ (mm.)	TAMIZ ASTM	PA – 10	PA – 12
20	¾"	-	100
12.5	½"	100	70 – 80
10	3/8"	70 – 90	50 – 80
5	Nº 4	15 – 30	15 – 30
2.5	Nº 8	10 – 22	10 – 22
0.63	Nº 30	6 – 13	6 – 13
0.080	Nº 200	3 – 6	3 – 6

Normas Ecuatorianas para el uso de Mezclas asfálticas drenantes

Las normas ecuatorianas (MTO) para el control de Mezclas asfálticas Drenantes se enmarcan

dentro de una especificación especial la misma que se detalla a continuación:

Este trabajo consistirá en la construcción de capas (rodadura y/o base) de mezcla asfáltica drenante, elaborada en planta y en caliente, colocadas sobre superficies previamente preparadas y aceptadas de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecidos en los documentos contractuales.

Agregados

- Son materiales pétreos obtenidos por trituración, que deben cumplir con la graduación que establece la faja granulométrica, aplicada en este caso la tipo CA 13A - CA 13B de la Guidelines for Design of Highway Internal Drainage Systems para tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " y que es la siguiente:

Tabla N°8.- Faja Granulométrica para Mezclas Asfálticas Drenantes MTOP

TAMIZ	% PASANTE
$\frac{3}{4}$ "	100
$\frac{1}{2}$ "	95 – 100
Nº 4	20 – 40
Nº 16	0

- El desgaste de los áridos, mediante el empleo de la máquina de los Ángeles, debe tener un valor de abrasión menor al 40%.

- El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor al 12%, cuando se lo someta a 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la prueba de durabilidad, como se lo dispone la NORMA INEN 863, salvo que las Especificaciones Especiales indiquen otra cosa.
- Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con materiales bituminosos, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma de AASHTOT 182.

Asfalto

Se utilizará cemento asfáltico de tipo AP con penetración 60 - 70.

Mezcla Drenante

La mezcla drenante deberá tener una estabilidad Marshall superior a 800 libras y un contenido de vacíos entre el 15 al 20%.

FORMULA MAESTRA

Para la elaboración de fórmula maestra:

- Los agregados serán calentados a una temperatura del orden de 60°C.
- El cemento asfáltico se calentará a una temperatura comprendida entre 130°C y 150° C.

Las briquetas serán confeccionadas en molde de Φ 4" y compactadas con 75 golpes con el martillo de 10 libras, según método Marshall.

- El porcentaje óptimo de asfalto se lo obtendrá de la confección de juegos de briquetas con diferentes porcentajes.
- Las briquetas serán curadas al medio ambiente (25°C) por 48 horas, luego de lo cual un set de briquetas, previo a la obtención del peso unitario, deberán ser ensayadas directamente para determinar las propiedades Marshall: el otro set de briquetas serán sometidas a calentamiento durante 30' a 40° C por medio de baño de María, es decir que el agua no esté directamente en contacto con la briqueta y posteriormente serán saturadas al medio ambiente por 48 horas y se procederá a obtener el peso unitario y las propiedades Marshall, que es la condición más desfavorable.
- Para el control en planta y obra, se observará el mismo procedimiento anterior.

FABRICACIÓN

La mezcla se preparará en una planta asfáltica debidamente calibrada.

- El tiempo de preparación de una batch será de 30 a 40 seg.
- El tiempo permisible de transporte de la mezcla debe ser menor a 2 horas.

- La temperatura ambiental de colocación no debe ser inferior a 10° C y no se colocará en superficies húmedas y durante lloviznas y lluvias.
- La mezcla asfáltica a ser colocada debe tener una temperatura no menor a 60°C.
- El tendido de la mezcla se la ejecutará con terminadora de asfalto.
- No se colocará en obra otra capa de pavimento sobre la base drenante hasta su aprobación por parte de la fiscalización.
- La compactación debe realizarse con rodillo metálico de peso entre 8 y 12 toneladas, sin vibración y con cuatro pasadas con la cual se debe obtener un porcentaje de compactación del 85 al 90%
- Se realizarán controles diarios en planta a fin de comprobar la composición granulométrica, propiedades Marshall.
- Antes del tendido de la capa drenante, se colocara una membrana de Geotextil, para lo cual se aplicara como riego de liga asfalto diluido tipo RC. bajo, en una dosis que permita que la misma presente dificultad al ser levantada manualmente y que al pisar el Geotextil, este absorba al ligante, siendo este el punto de liga: ía rata total será entre 0.90 y 1.20 Lts/m2.
- Se evitará en lo posible la formación de juntas longitudinales de construcción que permanezcan por mucho tiempo para evitar el cierre de la mezcla en este sector , caso contrario esta

deberá tallarse para permitir la continuidad del drenaje.

ACEPTACIÓN

Para aceptar la calidad de la mezcla, ésta deberá cumplir con los requerimientos de granulometría, contenido de asfalto, estabilidad, porcentaje de vacíos, densidad, espesor en obra, como las demás propiedades determinadas en esta Especificación Especial⁷.

Esta metodología fue desarrollada en Chile, en el Laboratorio Nacional de Vialidad, MOP, por los Ing. Héctor Rioja V. y Gabriel Palma P.

La metodología consiste en la medición del esfuerzo a la penetración, a temperatura y velocidad controlada, que presentan probetas de mezcla asfáltica abierta, fabricadas de acuerdo con la metodología Marshall. Utilizando en este caso 45 golpes por cara y distintos contenidos de ligante, considerando que la mezcla óptima es aquella que presenta el valor máximo de esfuerzo a la penetración.

Para el ensayo, los autores especifican una temperatura de laboratorio de 20 °C, dejando las probetas enfriar a esta temperatura y posteriormente colocándolas en forma vertical en

⁷ Normativa Ecuatoriana Especificaciones Generales Para Caminos y Puentes (MOP-f-2002). Especificación Especial MTOP

una prensa Marshall. En esta disposición son penetradas a una velocidad de 1 mm/min por un pistón de acero de 50 mm de diámetro y un largo de 105 mm adaptado al aro dinamométrico de la prensa.

Para realizar el proyecto de una mezcla por esta metodología, se escoge el huso granulométrico, se establecen distintos porcentajes de ligante, se moldean tres probetas por cada tenor de ligante y se realiza el ensayo de penetración.

Por definición, el cálculo de esfuerzo se realiza considerando el valor medio entre el área del pistón y área de la base de la probeta.

Los distintos esfuerzos de penetración son graficados para cada tipo de mezcla y sus respectivos porcentajes de ligante asfáltico. De dicha gráfica se obtiene el máximo esfuerzo de penetración, que corresponde a un porcentaje de ligante que es adoptado como el Ligante de Diseño.

Aditivos mejoradores de adherencia.

En la mezcla asfáltica drenante es necesario utilizar los aditivos mejoradores de adherencia, estos se concentran en la interface asfalto agregado y crean un enlace químico entre el asfalto y el agregado de la mezcla aumentando su resistencia a la acción del agua.

Características del Kaoamin 14:

- Su máxima temperatura de trabajo es a 160°C
- La dosis recomendada por el fabricante oscila entre 0,3 y 1,0
- El aditivo Kaoamin 14 utilizado presenta un valor de 285 mg HCl/g
- Producto derivado de poliaminas grasas:
 - ✓ Monoaminas grasas: tales como la estearilamina, obtenidas a partir de sebo y amoníaco.
 - ✓ Diaminas del tipo:
 - R-NH-CH₂-CH₂-CH₂-NH₂ (alkil propilen diamina).
 - Pueden obtenerse a partir de grasas animales o vegetales, de amoníaco y de acrilonitrilo.
 - Amido-aminas, del tipo:
 - R-CONH-CH₂-CH₂-NH-CH₂-CH₂-NH₂
 - ✓ Estos productos se obtienen por condensación de la dicilentríamina (obtenida a partir del acetileno) con un ácido graso.

Los aditivos mejoradores de adherencia comúnmente presentan los siguientes beneficios:

- 1- Se obtiene una mezcla con mayor adhesividad y cohesión entre el asfalto y agregado.
- 2- La mezcla es más resistente al daño ocasionado por la humedad
- 3- La mezcla muestra mayor manejabilidad y fluidez así como un aspecto más brillante.
- 4- El porcentaje de vacíos es notablemente menor en las condiciones óptimas de diseño que la mezcla convencional.

5- Se optimiza el consumo de asfalto al tener un porcentaje más alto de recubrimiento sobre el agregado⁸

⁸ Quimica, Aditivos mejoradores de adherencia

Capítulo 2

Proceso de investigación y resultados obtenidos

Fue necesario caracterizar los materiales pétreos utilizados en el diseño de mezclas asfálticas drenantes con aditivo provenientes de la cantera URUZCA.

Se realizó ensayos de laboratorio para la elaboración del diseño de mezcla asfáltica drenante con aditivo.

La metodología utilizada para el desenvolvimiento del libro consta de las siguientes etapas:

- Revisión de normas y procedimientos para realización de ensayos para diseño de mezcla asfáltica drenante con aditivo. (Método de Ensayo Cántabro NTL - 362/92)
- Análisis y preparación del material a utilizar.
- Recopilación de información de ensayos de laboratorios provenientes del diseño de mezcla asfáltica drenante con aditivo.
- Revisión de especificación y procedimientos para proceso constructivo.

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION

Durante este estudio se ha analizado y procesado la información referente a tipos, calidad,

granulometrías de materiales para la realización del diseño de mezcla asfáltica drenante con aditivo.

GRANULOMETRIA.

Se utilizan diferentes tipos de especificaciones granulométricas para los diseños de mezcla asfáltica drenante con aditivo de acuerdo a las normativas españolas, chilenas y ecuatorianas investigadas en este proyecto.

Gravedad específica de los agregados gruesos

Los procedimientos y equipos para determinar la gravedad específica en agregados gruesos se lo realiza de acuerdo a la Norma ASSHTO T-85 Y ASTM C-127.

Gravedad específica seca aparente $G_{sa} = \frac{A}{A-B}$
 G_{sa}

Gravedad específica seca Bulk $G_{sb} = \frac{A}{B-C} G_{sb}$

Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk
 G_{sssb}

$$G_{sssb} = \frac{B}{B-C}$$

$$Absorcion(\%) = \frac{(B - A)100}{A}$$

Donde:

A peso en el aire del agregado seco al horno, gr.

B peso en el aire del agregado saturado superficialmente seco, gr.

C peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua, gr.

Gravedad especifica de los agregados finos

Los procedimientos y equipos para determinar la gravedad específica en agregados finos se lo realiza de acuerdo a la Norma ASSHTO T-84 Y ASTM C-128.

Gravedad especifica seca aparente $G_{sa} = \frac{A}{B + A - C}$

Gravedad especifica seca Bulk $G_{sb} = \frac{A}{B + D - C}$

Gravedad específica saturada superficialmente
seca Bulk G_{ssb}

$$G_{ssb} = \frac{D}{B + C - C}$$

$$Absorción(\%) = \frac{(D - A)100}{A}$$

Donde:

A peso en el aire del agregado seco al horno, gr.

B peso del matraz (picnómetro) con agua, gr.

C peso del matraz (picnómetro) con el
agregado y agua hasta la marca, gr.

D peso del material saturado superficialmente
seco (500+10 gr)

Gravedad específica: la gravedad específica de un agregado es útil para determinar peso volumen del agregado compactado y así calcular el contenido de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente compactado. Por definición, la gravedad específica de un agregado es la relación del peso por unidad de volumen de un material respecto del mismo volumen de agua a aproximadamente 23 °C, la ecuación usada es:

$$\textit{Gravedad Especifica} = \frac{\textit{peso}}{\textit{volumen} \times \textit{peso espesifico del agua}}$$

Cuando se trabaja en el sistema SI, el peso específico del agua es 1,0 gr/cm³

Convirtiendo la ecuación de gravedad específica en:

$$\textit{Gravedad Especifica} = \frac{\textit{peso}}{\textit{volumen}}$$

Existen tres diferentes gravedades específicas relacionadas al diseño de la mezcla asfáltica en caliente que definen el volumen de partículas de agregados: Gravedad Específica Aparente, Gravedad Específica neta y Gravedad Específica efectiva.

Gravedad Específica neta Gsb.

Proporción de masa al aire de una unidad de volumen de un material permeable (incluyen vacíos permeables e impermeables de material) a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al del agua destilada a una temperatura indicada.

Cuando el agregado total consiste en fracciones separadas de agregado grueso, agregado fino y filler, todos tienen diferentes gravedades

específicas, la gravedad específica neta para el agregado total se calcula usando:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Donde:

G_{sb} = gravedad específica neta de los agregados

P_1, P_2, P_n = porcentajes individuales por masa de agregado

G_1, G_2, G_n = gravedad específica neta individual del agregado

Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica G_{mm} .

También llamado Gravedad Específica Teórica Rice debido que James Rice desarrollo el procedimiento.

Este método de laboratorio determina la Gravedad específica teórica máxima de mezcla asfáltica en su estado suelto. Para el ensayo las partículas de la muestra se separan teniendo cuidado de no fracturarlas, las muestras secas se colocan en un recipiente y pesa, se añade agua hasta cubrir la muestra y remover el aire atrapado con la bomba de vacíos. Se vierte con cuidado el

agua y se seca la muestra ensayada. G_{mm} se determina:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Donde:

G_{mm} = Gravedad específica teórica máxima, Rice.

P_{mm} = Peso total de la mezcla.

P_s = Peso del agregado.

P_b = Peso del asfalto.

G_{se} = Gravedad específica efectiva del agregado impregnado con asfalto.

G_b = Gravedad específica del asfalto.

Gravedad Específica Bulk de mezcla asfáltica compactada Gmb.

La determinación de la gravedad específica bulk de la mezcla asfáltica compactada (ASTM D 1188) es parte importante del diseño. Este método es útil para calcular el porcentaje de vacíos de aire en el diseño Marshall.

El ensayo consiste en pesar el espécimen seco después que haya permanecido en el aire por lo menos una hora, a la temperatura ambiente. El

espécimen se lleva a su condición saturada superficialmente seca y se sumerge en agua y pesa.

La gravedad específica bulk (G_{mb}) de la mezcla compactada es igual a:

$$G_{mb} = \frac{W_D}{W_{SSD} - W_{sumergido}}$$

Donde:

G_{mb} = Gravedad específica Bulk compactada

W_D = Peso del aire del espécimen seco

W_{SSD} = Peso al aire del espécimen saturado superficialmente seco

$W_{sumergido}$ = Peso del espécimen saturado superficialmente seco sumergido

Absorción de asfalto.

La absorción de asfalto se expresa como un porcentaje de la masa del agregado, más que como un porcentaje de la masa de la mezcla, se determina mediante:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \times G_b$$

Donde:

P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa de agregado

G_{se} = Gravedad especifica efectiva del agregado

G_{sb} = gravedad Especifica neta del agregado

G_b = Gravedad especifica del asfalto

Contenido efectivo de asfalto.

El contenido de asfalto efectivo P_{be} de una mezcla de pavimento es el volumen total de asfalto menos la cantidad de asfalto perdido por la absorción dentro de las partículas del agregado. Es la porción del contenido total de asfalto que se queda como una capa en el exterior de la partícula del agregado y es el contenido de asfalto que gobierna el desempeño de la mezcla asfáltica, la formula es:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba} P_s}{100}$$

Donde:

P_{be} = Contenido de asfalto efectivo, porcentaje por peso total de la mezcla

P_b = Contenido de asfalto, porcentaje de peso total de la mezcla.

P_s = Contenido de agregado, porcentaje por peso total de la mezcla-

P_{ba} = Asfalto absorbido, porcentaje por peso del agregado.

Porcentaje de vacíos de aire: Los vacíos de aire, V_a , en la mezcla asfáltica compactada consiste en los pequeños espacios de aire entre las partículas de agregado. El porcentaje del volumen de vacíos de aire en una mezcla compactada, puede determinarse usando la fórmula:

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Donde:

V_a = Vacíos de aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total.

G_{mm} = Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica.

G_{mb} = Gravedad específica neta de la mezcla compactada.

PRUEBA DE ESTABILIDAD Y FLUJO

Después de que la gravedad específica se ha determinado, se desarrolla la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un Baño María a 60 °C de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Con el equipo de prueba listo se removerá el espécimen de prueba del baño María y cuidadosamente se secará la superficie, colocándolo y centrándolo en la mordaza inferior, se procede a colocar la mordaza superior y se centrará en el equipo de carga, para posteriormente aplicar la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de 51 mm (5 pulgadas) por minuto hasta que ocurra la falla. El punto de falla está definido por la lectura de carga máxima obtenida.

El número total de Newton (lb) requerido para que se produzca la falla del espécimen se registra como el valor de estabilidad Marshall. Mientras la prueba está en proceso se deberá mantener el medidor de flujo sobre la barra guía y cuando la carga empiece a disminuir habrá que tomar la lectura y registrarla como el valor de flujo final. La diferencia entre el valor de flujo final e inicial expresado en unidades de 0,25 mm (1/100) será el valor de flujo Marshall.

DENSIDAD Y VACIOS

Después de completar la prueba de estabilidad y flujo, se realiza el análisis de densidad y vacios para cada serie de espécimen de prueba.

Se determina la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para cada contenido de asfalto, un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado se calcula de estos valores.

En el análisis de los datos se realizan diferentes tipos de ensayos para cada grupo de probetas realizadas para cada porcentaje de asfalto en cada uno de los diseños de mezcla drenante con aditivo para las norma ecuatoriana y chilena realizadas mediante método de Cántabro que se obtiene en laboratorio.

Se realizan las siguientes pruebas para conocer las características y comportamiento de la mezcla drenante.

- Elección de la granulometría de diseño
- Determinación de la densidad bulk
- Determinación de porcentaje de vacios
- Ejecución del ensayo de cántabro

Para la determinación del porcentaje óptimo de asfalto se lo realiza en base a los valores graficados de:

- Densidad bulk Vs porcentaje de asfalto
- Porcentaje de vacios Vs porcentaje de asfalto
- Porcentaje de desgaste Vs porcentaje de asfalto

Con el porcentaje óptimo de asfalto se fabrican tres probetas las cuales se determinaran los valores de vacios densidad y cántabro.

Para el presente estudio se ha utilizado material triturado proveniente de la Cantera Basáltica URUZCA localizada en el Km 10 de la vía Portoviejo Manta, se evalúa la calidad del material utilizado en el diseño de la mezcla asfáltica drenante, los resultados se encuentran en la Tabla N° 9

Tabla N°9 Resumen de Ensayos de Las Propiedades de los Agregados

PARAMETROS	RESULTADO
ENSAYO DE DESGASTE A LOS SULFATOS (%)	7,03
ENSAYO DE ADHERENCIA (%)	100
PLASTICIDAD	NP
CONTENIDO DE DELETEREOS EN LOS AGREGADOS (%)	0,75
ENSAYO DE ABRASION (%)	16,69
ENSAYO DE PARTICULAS ALARGADAS Y ACHATADAS (%)	6,3
EQUIVALENTE DE ARENA	45%

DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA DE DISEÑO

El análisis y combinación de agregados para obtener la granulometría especificada es uno de los datos principales para lograr el diseño de mezcla drenante la cual debe satisfacer los requisitos impuestos en la metodología Cántabro de acuerdo a la normativa española para mezclas abiertas Tabla N°2.

La granulometría de la mezcla de materiales utilizadas para la elaboración de los diseños de mezcla asfáltica drenante es la designada como PA-12, para diseños de mezcla asfáltica drenante con aditivo de acuerdo a las normas chilena y ecuatoriana mediante método cántabro se detallan en las Tablas N° 7 y Tabla N°8.

Se realizan dos granulometrías una de acuerdo a la norma ecuatoriana y otra con la norma chilena la cual adiciona material pasante del tamiz N° 4

Tabla N°10.- Granulometría de los materiales para mezcla de agregado norma ecuatoriana

TAMIZ	Porcentaje que pasa									
	1"	¾"	½"	3/8"	N° 4	N°.8	N°. 16	N°. 50	N°. 100	N°. 200
Agregado 1/2	100	100	49,24		0,47		0,19			
Agregado 3/8	100	100	100	100	35,98					
Especificación	100	100	90-100		20-40		0			

Tabla N° 11.-Granulometría de los materiales para mezcla de agregado norma Chilena

TAMIZ	Porcentaje que pasa									
	1"	¾"	½"	3/8"	N° 4	N°.8	N°. 30	N°. 50	N°. 100	N°. 200
Agregado 1/2	100	100	36,19	4,31	0,46	0,42	0,35			0,29
Agregado 3/8	100	100	100	100	9,67	1,69	0,78			0,51
Agregado Cisco	100	100	100	100	95,66	80,53	32,88			9,54
Especificación	100	100	70-80	50-80	15-30	10-22	6-13			3-6

La combinación de los materiales da como resultado para diseño con aditivo para la norma ecuatoriana es de 10% de material de ½ pulgada, y 90 % de material de 3/8 de pulgada, para el diseño de mezcla norma chilena la combinación granulométrica es de 34% de material de ½

pulgada, 40 % de material de 3/8 de pulgada y 26 % de material de cisco.

Grafico N°2.- Curva granulométrica de la mezcla de agregado norma ecuatoriana

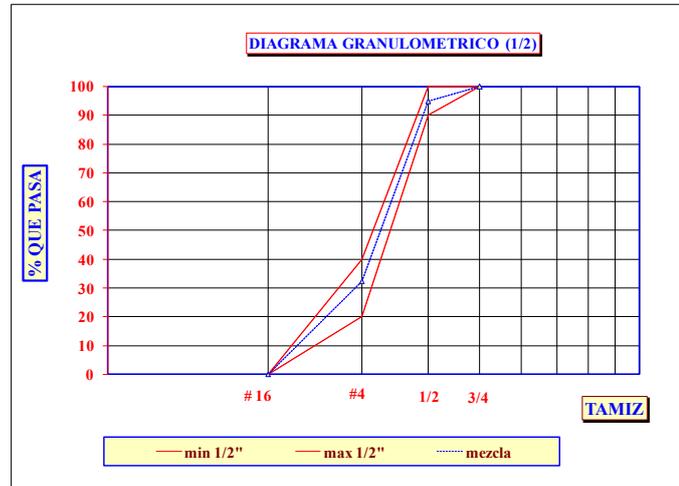


Grafico N°3.- Curva granulométrica de la mezcla de agregado norma chilena



GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS.

Se determina la gravedad específica de los agregados mediante ensayos cuyo procedimiento norma ASSHTO T.85, ASTM C-127 Y

ASHTO T-184, ASTM C-128 para los diseños de mezcla asfáltica drenante.

Tabla N°12.- Gravedad específica de los materiales para mezcla drenante con aditivo sin cisco.

AGREGADOS	FRACCIONES		GRAVEDAD ESPECIFICA			% ABSORCION
	PASA	RETIENE	BULK	S.S.S.	APARENTE	
RIPIO 1/2	3/4"	N°.4	2,598	2,627	2,806	3,93
RIPIO 3/8	3/8"	N°.4	2,439	2,586	2,861	6,05

Tabla N°13.- Gravedad específica de los materiales para mezcla drenante con aditivo con cisco.

AGREGADOS	FRACCIONES		GRAVEDAD ESPECIFICA			% ABSORCION
	PASA	RETIENE	BULK	S.S.S.	APARENTE	
RIPIO 1/2	3/4"	N°.4	2,528	2,627	2,806	3,93
RIPIO 3/8	3/8"	N°.4	2,439	2,586	2,861	6,05
CISCO	N°.4	N°.200	2,590	2,676	2,834	3,33

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DRENANTE.

Las probetas de ensayos se preparan y se compactan con un número de 50 golpes por cara, las briquetas se elaboran a un número de tres especímenes por cada porcentaje de asfalto desde 1,5% hasta 3,5% para mezcla drenante con aditivo norma ecuatoriana y 2,5% hasta 4,5% para mezcla drenante norma chilena.

Foto N° 3.-Preparación de las probetas	Foto N° 4.- Obtención de densidades de las probetas
	

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MEZCLA COMPACTADA.

Se determina la Gravedad Especifica Bulk (Gmb) para cada espécimen de los tres elaborados por cada porcentaje de asfalto utilizado, el paso siguiente es obtener el promedio de los resultados de las muestras por cada porcentaje de asfalto.

Se calcula la Máxima densidad Teórica Rice y porcentajes de vacios para cada porcentaje de asfalto, para los diseños de mezcla drenante con aditivo norma ecuatoriana y norma chilena, los resultados se detallan en la tabla N°14, y tabla N°15 respectivamente.

Se determina los valores de porcentajes de asfalto absorbido por el agregado mineral en la mezcla drenante tanto para la norma ecuatoriana como para la norma chilena para cada porcentaje de asfalto utilizados en el diseño.

Tabla N°14.- Valores de densidad y vacios para mezcla drenante con aditivo norma ecuatoriana

% Asfalto	Muestra	Mezcla con aditivo norma ecuatoriana			
		Densidad bulk	Valor Densidad Bulk (gr/cm3)	Densidad Rice (gr/cm3)	% Vacios
1,5%	1	2.071	2.083	2.717	23,35
	2	2.088			
	3	2.090			
2,0%		2.094	2.092	2.692	22,28
	2	2.091			
	3	2.092			
2,5%	1	2.112	2.118	2.667	20,58
	2	2.130			
	3	2.111			
3,00%	1	2.056	2.059	2.574	19,97
	2	2.074			
	3	2.048			
3,5%	1	2.017	2.025	2.451	17,38
	2	2.037			
	3	2.021			

Tabla N°15.- Valores de densidad y vacios para mezcla drenante con aditivo norma chilena

% Asfalto	Muestra	Mezcla con aditivo norma chilena			
		Densidad bulk	Valor Densidad Bulk (gr/cm3)	Densidad Rice (gr/cm3)	% Vacios
2,5%	1	2.184	2.168	2.674	18,94
	2	2.147			
	3	2.172			
3,0%		2.185	2.186	2.666	17,70
	2	2.183			
	3	2.190			
3,5%	1	2.212	2.205	2.639	16,43
	2	2.185			
	3	2.219			
4,00%	1	2.230	2.209	2.601	15,06
	2	2.190			
	3	2.206			
4,5%	1	2.195	2.193	2.574	14,80
	2	2.191			
	3	2.194			

Tabla N°16.- Valores de Pba para las mezcla drenante con aditivo normas ecuatoriana y chilena

% asfalto	Diseño norma ecuatoriana	Diseño norma chilena
	Pba	Pba
1,5%	5,06	
2,0%	5,03	
2,5%	4,99	4,11
3,0%	3,91	4,18
3,5%	2,20	4,25
4,0%		4,00
4,5%		3,92

ENSAYO CÁNTABRO.

Se realiza el ensayo por perdida al cántabro húmedo de acuerdo a la norma NTL-362/92 para cada porcentaje de asfalto y para cada diseño de mezcla drenante con aditivo

Tabla N°17.- Valores de perdida cántabro húmedo mezcla drenante con aditivo norma ecuatoriana

% de asfalto	Nº briquetas	P. Inicial	P. final	% desgaste	% Promedio
1,5%	1	893,1	0	100	100
	2	828,1	0	100	
	3	826,5	0	100	
	4	845,1	0	100	
2,0%	1	893,1	46,8	94,8	94,9
	2	828,1	37,4	95,5	
	3	826,5	45,6	94,5	
	4	845,1	44,58	94,7	
2,5%	1	920,1	90,6	90,2	90
	2	874,3	80,1	90,8	
	3	821,5	83,1	89,9	
	4	836,4	84,2	89,9	
3,0%	1	874,5	147,5	83,1	83
	2	856,2	145,2	83,0	
	3	832,5	154,2	81,5	
	4	836,9	136,2	83,7	
3,5%	1	874,5	477,58	45,4	43,0
	2	826,5	512,3	38,0	
	3	824,6	477,58	42,1	
	4	831,5	444,23	46,6	

Tabla N°18.- Valores de perdida cántabro húmedo mezcla drenante con aditivo norma chilena

% de asfalto	Nº briquetas	P. Inicial	P. final	% desgaste	% Promedio
2,5%	1	893,1	0	100	100
	2	828,1	0	100	
	3	826,5	0	100	
	4	845,1	0	100	
3,0%	1	1190	448,3	62,3	61,6
	2	1156	452,3	60,9	
	3	1147	455,1	60,3	
	4	1136	423,6	62,7	
3,5%	1	1195	788,9	34	34
	2	1185	777,2	34,4	
	3	1178	784,2	33,4	
	4	1174	765,2	34,8	
4,0%	1	1082	827,6	23,5	22
	2	1057	825,3	21,9	
	3	1065	832,5	21,8	
	4	1047	825,6	21,1	
4,5%	1	1105,2	985,5	10,8	12,4
	2	1109,2	965,2	13,0	
	3	1125,6	981,2	12,8	
	4	1144,1	995,2	13,0	

Se determina el contenido de asfalto se lo realiza en base a los valores de densidad Bulk, porcentajes de vacios y perdida al cántabro versus contenido de ligante asfaltico , para los datos obtenidos los contenidos de asfalto de los diseños de mezcla drenante con aditivo.

Grafico N° 4.- Densidad bulk Vs porcentaje de asfalto

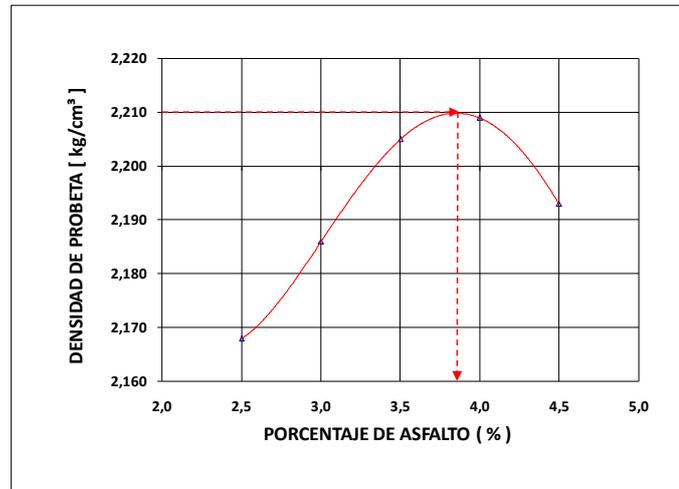


Grafico N° 5.- Porcentaje de vacios Vs porcentaje de asfalto

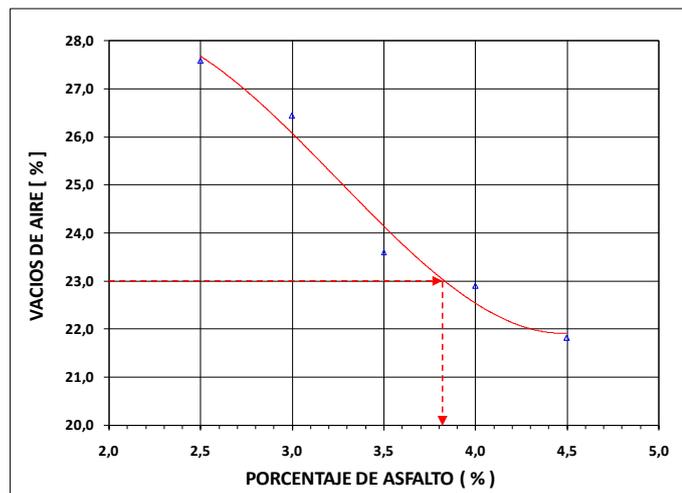
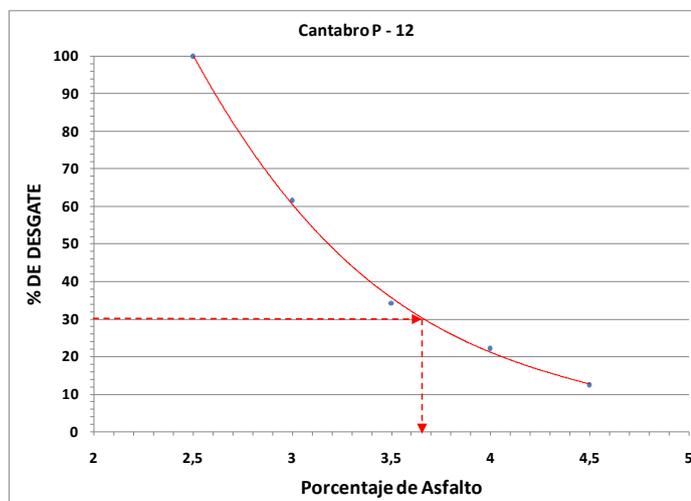


Grafico N° 6.- Porcentaje de desgaste Vs porcentaje de asfalto



Granulometría de diseño.

Las normas Chilenas para el diseño con mezclas asfálticas drenantes proponen la utilización del cisco dentro de su diseño, en este libro se aplicó la misma metodología de diseño, acogiendo esta especificación para poder darle a la mezcla la suficiente estabilidad debido a que, al realizar los ensayos para obtener un diseño con aditivo con las normas ecuatorianas, las probetas confeccionadas presentaban un desgaste superior a lo especificado que es menor al 35%.

Por esta razón se acogió la norma chilena, utilizando la faja granulométrica establecida en ella que por las características propias de los agregados al ser sometidas las probetas al ensayo

de cántabro, éstas presentaron un desgaste inferior a lo permitido.

Porcentaje Óptimo de Asfalto

Tabla N°19 Resumen de los datos obtenidos por los gráficos para hallar el % de asfalto óptimo.

PARAMETROS	RESULTADO OBTENIDO
P.E. BULK	3,7
% DE DESGASTE	3,65
% DE VACIOS	3,82
PROMEDIO	3,72

En este cuadro se resumen los valores obtenidos en los gráficos anteriores para obtener el porcentaje de asfalto óptimo, del cual se concluye que con un porcentaje de asfalto promedio del 3,72% se logra equilibrar la relación entre los porcentajes de vacíos, desgaste y densidad con respecto al asfalto.

Este porcentaje promedio de asfalto en relación al porcentaje de asfalto obtenido inicialmente en la gráfica de densidad bulk vs porcentaje de asfalto es similar.

El valor óptimo de asfalto de la mezcla es el valor promedio de los obtenidos, el cual en la presente investigación es de 3.72% de Asfalto.

Valores Obtenidos con el % óptimo de asfalto

Para verificar los valores obtenidos en el diseño se realizaron probetas con los porcentajes óptimos del mismo, detallados en la Tabla N° 19.

Tabla N° 20.- Parámetros volumétricos de la Mezcla asfáltica Drenante con el porcentaje optimo de asfalto.

PARAMETROS	M.A.D. CON ADITIVO
% DE ASFALTO	3,7
ESTABILIDAD	973
FLUJO (0,25 mm; 0,01 pulg)	10
% DE VACIOS	22,9
DENSIDAD RICE (gr/cm ³)	2,865
DENSIDAD BULK (gr/cm ³)	2507

El ensayo de pérdida por desgaste en la máquina de los Ángeles (ensayo Cántabro vía húmeda) de acuerdo a la norma NTL-362/92, nos permite valorar la pérdida de cohesión que se produce por la acción del agua en la mezcla.

En la tabla N° 19 muestra los resultados obtenidos para las diferentes muestras realizadas con el óptimo porcentaje de asfalto para mezclas asfálticas drenantes con aditivo, dando como resultado valores favorables al diseño y cumpliendo con los parámetros de control del mismo.

Construcción de un tramo experimental en una carretera en ejecución

Este tramo se lo realizó en el Km 4+620 del carril del lado izquierdo de la vía Portoviejo - Santa Ana con un ancho de 4,8 metros, una longitud de 20 metros de vía y con un espesor de 3 pulgadas.

Esta colocación de mezcla asfáltica drenante se la realizó el día 13 de Octubre del 2011.

Foto N° 3 Colocación de la Mezcla Asfáltica Drenante	Foto N° 4 Acabado de la Mezcla Asfáltica Drenante
	

Es por esto se que se confirma que para conseguir altas porosidades y buena resistencia a la disgregación de las mezclas asfálticas drenantes solo es posible con el empleo de asfalto modificado.

La evacuación de aguas superficiales mediante el ensayo de permeabilidad demostró que la mezcla asfáltica drenante estudiada en el tramo experimental cumple su objetivo siendo brindando los beneficios antes mencionados característicos de esta mezcla.

En el ensayo de cántabro húmedo da nos demuestra que la mezcla asfáltica drenante con aditivo es dos veces más eficiente en relación a

los efectos que ocasiona el agua a las mezclas bituminosas que la mezcla asfáltica drenante sin aditivo.

Bibliografía

Aditivo promotores de adhesión, boletín técnico Quimicao.

G. Muñoz y C. Ruiz. Metodología de diseño y colocación de Mezclas Drenantes

G. Juyar, G. Pérez. Comparación de Mezclas Asfálticas Drenantes fabricadas con Asfalto modificado y sin modificar.

Kennedy, T.W. y Hudson, W.R. Application of the indirect Tensile Test to Stabilized Materials. Highway Research Record, No. 235

Norma NTL 362/92 Cántabro Húmedo

Norma AASHTO T 166, peso específico

Norma AASHTO T 85, ASTM C127, Gravedad Específica de los agregados grueso.

Norma AASHTO T 84, ASTM C128, Gravedad Específica de los agregados finos

Norma AASHTO 166, ASTM 1188, Gravedad Bulk de mezcla compactada

Norma ASTM 2041, Gravedad teórica Rice. Normativa Ecuatoriana Especificaciones Generales Para Caminos y Puentes (MOP-f-2002). Especificación Especial MTOP

Normativa española. Riegos Auxiliares, Mezclas Bituminosas Y Pavimentos De Hormigón

O. Rebollo; R. González y G. Botasso. Determinación del porcentaje de ligante óptimo en mezclas asfálticas abiertas.

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad, regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse> y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

Byron Alain Zambrano Medranda.

Ingeniero Civil (Universidad Técnica de Manabí-Ecuador). Máster en Obras Viales y Pavimento (Universidad Técnica de Manabí-Ecuador). Docente-Investigador de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles.

Daniel Alfredo Delgado Gutiérrez.

Ingeniero Civil (Universidad Técnica de Manabí-Ecuador). Máster en Ingeniería Civil y Construcciones Civiles (Instituto Politécnico de Leiria-Portugal). Docente-Investigador de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles.

Eduardo Humberto Ortiz Hernández.

Ingeniero Civil (Universidad Técnica de Manabí-Ecuador). Máster en Obras Viales y Pavimento (Universidad Técnica de Manabí-Ecuador). Docente-Investigador de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles.

Jorge Eduardo Jalil Ponce

Ingeniero Civil (Universidad Técnica de Manabí-Ecuador). Docente-Investigador de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles.



ISBN: 978-9942-33-165-6



9 789942 331656



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica