

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 780 908**

51 Int. Cl.:

**C08K 5/09** (2006.01)

**C08K 5/10** (2006.01)

**C08L 91/00** (2006.01)

**C08L 95/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2014 PCT/US2014/064882**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2015 WO15070180**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2014 E 14815959 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 3107958**

54 Título: **Composiciones novedosas de aditivo para aglutinante asfáltico y métodos de uso**

30 Prioridad:

**11.11.2013 US 201361902706 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**27.08.2020**

73 Titular/es:

**COLLABORATIVE AGGREGATES, LLC (100.0%)  
184 Bulkey Avenue  
Sausalito, CA 94965, US**

72 Inventor/es:

**WARNER, JOHN, C.;  
MUOLLO, LAURA, ROSE;  
WALKER, ROWAN, LEWIS y  
BIANCHINI, JASON, R.**

74 Agente/Representante:

**FLORES DREOSTI, Lucas**

**ES 2 780 908 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Composiciones novedosas de aditivo para aglutinante asfáltico y métodos de uso

5 [0001] La presente invención se refiere a materiales asfálticos útiles en la pavimentación, el revestimiento de tejados y otros proyectos de construcción. De forma más concreta, la invención se refiere a aditivos para aglutinante asfáltico que proporcionan propiedades mejoradas para mezclas asfálticas. Los aditivos son útiles en métodos que incorporan aglutinantes asfálticos reciclados, reutilizados y recuperados y mezclas en otros nuevos.

10 [0002] La reutilización de materiales asfálticos retirados de la pavimentación de carreteras y el revestimiento de tejados ha ganado una mayor aceptación en las últimas dos décadas. Sin embargo, las superficies pavimentadas y las superficies revestidas de los tejados todavía muestran una durabilidad finita y siguen retirándose. Esta carga de materiales y la demanda de recursos naturales podrían reducirse aumentando el contenido de los materiales retirados en el producto asfáltico recién proporcionado.

15 [0003] La regeneración durante la mayor parte del siglo XX generalmente se refería a un proceso de recubrimiento de una superficie pavimentada existente. Una solución más duradera es la reutilización de materiales tales como pavimento asfáltico reutilizado o reciclado (PAR) o tejas asfálticas recicladas (TAR), retirados de una carretera o un tejado viejos e incorporados de nuevo después en una superficie asfáltica nueva. Las agencias de transporte estatales son reacias a menudo a utilizar un mayor contenido de PAR o TAR, puesto que contienen aglutinante asfáltico muy envejecido, y es mucho más rígido que el aglutinante virgen. (Las TAR tienen un aglutinante aún más rígido que el PAR). Por consiguiente, existe la preocupación de que la incorporación de un mayor contenido de PAR o TAR puede dar lugar a mezclas asfálticas con una elevada rigidez y, en consecuencia, pueden ser susceptibles de roturas en el terreno, como agrietamiento o daños por humedad. El aumento de la rigidez puede mitigarse en cierta medida mediante el uso de un aglutinante más blando, pero si se produce una mezcla incompleta entre el aglutinante blando y los aglutinantes de PAR/RTF/TAP mucho más rígidos, la mezcla resultante puede seguir siendo susceptible de agrietamiento, daños por humedad o ahuellamiento en el terreno.

## SUMARIO DE LA SOLICITUD

25 [0004] Un objeto de la presente invención es proporcionar composiciones que, al añadirse a mezclas asfálticas compuestas por pavimentos asfáltico reutilizado o reciclado (PAR) o tejas asfálticas recicladas (TAR), den lugar a composiciones asfálticas que presenten propiedades mecánicas, de envejecimiento y de desgaste comparables a las del asfalto consistente en materiales vírgenes. Estas composiciones son útiles como regeneradores que permiten un aumento del contenido de PAR y/o TAR en las mezclas asfálticas muy por encima del contenido habitual de PAR del 15 %-20 % que se utiliza actualmente.

30 [0005] Otro objeto de la presente invención es proporcionar composiciones que presenten aplicaciones como aditivos que aumenten la trabajabilidad de las mezclas asfálticas a cualquier temperatura dada. Estos aditivos son útiles en las mezclas asfálticas vírgenes, así como en las mezclas asfálticas que comprenden PAR o TAR. En algunos modos de realización, la adición de la composición modifica el grado de rendimiento del aglutinante asfáltico.

35 [0006] Otro objeto de la presente invención es proporcionar composiciones que puedan reducir la temperatura de trabajo de una mezcla asfáltica hacia una mezcla de «asfalto de mezcla templada» (AMT) en comparación con una mezcla de «asfalto de mezcla caliente» (AMC). Estas composiciones permiten que la mezcla asfáltica se mezcle a una temperatura inferior a la utilizada para un AMC, y extiende el intervalo de posibles temperaturas de colocación a unas inferiores a las requeridas para la colocación del AMC.

40 [0007] Otro objeto adicional de la presente invención es proporcionar composiciones que puedan ayudar en la compactación de las mezclas asfálticas, medido por una reducción del número de burbujas de aire en la mezcla.

[0008] Por consiguiente, en un aspecto, la presente invención proporciona una composición de aditivo para aglutinante asfáltico según se define en las reivindicaciones adjuntas al presente documento.

45 [0009] En otro aspecto adicional, la presente invención proporciona una composición de mezcla asfáltica que comprende un material reciclado seleccionado de entre el grupo consistente en pavimento asfáltico reutilizado (PAR) y tejas asfálticas recicladas (TAR), una matriz portadora y una composición de aditivo para aglutinante asfáltico según el primer aspecto de la invención,

50 [0010] En otro aspecto más, la presente invención proporciona un método para mejorar o reforzar la pavimentación o repavimentación de una mezcla asfáltica en superficies de carretera que comprende la combinación de un aglutinante asfáltico con una composición de aditivo para aglutinante asfáltico según se define en el primer aspecto de la invención.

[0011] Los siguientes modos de realización, aspectos y variaciones de estos son ilustrativos y a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0012]

La figura 1 muestra la temperatura de rotura de aglutinantes mezclados que contienen PG58-28 y la composición A, B, o C mezclada representada en función del % p/p de aglutinante total.

- 5 La figura 2 representa la fuerza del par de torsión como una función de temperatura para mezclas asfálticas de PAR 50 %/material virgen 50 % / aglutinante PG64-22, y PAR 50 %/material virgen 50 %/ aglutinante PG64-22 / composición B 1 % (p/p aglutinante total). Ambas mezclas asfálticas contienen aglutinante total al 6,50 % y están diseñadas para cumplir las especificaciones de Superpave de 9,5 mm.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

10 Definiciones

[0013] A menos que se indique específicamente lo contrario en la presente memoria, las definiciones de los términos utilizados son definiciones estándar utilizadas en la técnica de la síntesis orgánica y la ingeniería civil. Los modos de realización, aspectos y variaciones de ejemplo se ilustran en las figuras y los dibujos, y se pretende que los modos de realización, aspectos y variaciones, y las figuras y los dibujos dados a conocer en la presente memoria se consideren ilustrativos y no limitantes.

- 15 [0014] Como se utiliza en la presente memoria, «aglutinante asfáltico» se refiere a un aglutinante asfáltico líquido, también denominado betún o asfalto líquido. El aglutinante asfáltico no contiene agregado. Sin embargo, las mezclas asfálticas recicladas como el pavimento asfáltico reutilizado o reciclado (PAR) o las tejas asfálticas recicladas (TAR) contienen tanto agregado como aglutinante asfáltico. Por consiguiente, «aglutinante asfáltico», según se utiliza en la presente memoria, puede estar compuesto parcial o totalmente por aglutinante asfáltico en forma de PAR o TAR.

[0015] Según se utiliza en la presente memoria, «agregado» se refiere a sustancias como gravilla, arena, grava, o al componente agregado de PAR o TAR. El agregado puede ser un agregado virgen o un agregado reutilizado, recuperado o reciclado.

- 25 [0016] Según se utiliza en la presente memoria, «mezcla asfáltica» se refiere a una mezcla de aglutinante asfáltico (según se ha definido anteriormente) y agregado. La mezcla asfáltica es el material que se aplica realmente a superficies (p. ej., carreteras, entradas para coches, patios de juego, etc.) para pavimentación, etc. La mezcla asfáltica se puede utilizar también en la construcción de tejas asfálticas, o cualquier otro material de construcción que pueda requerir mezclas asfálticas. La mezcla asfáltica puede ser una mezcla asfáltica virgen o una mezcla asfáltica reutilizada, recuperada o reciclada.

- 30 [0017] Según se utiliza en la presente memoria, «matriz portadora» se refiere a un sustrato que se utiliza para incorporar el aglutinante asfáltico mejorado de la presente invención a la mezcla asfáltica. La matriz portadora puede ser un aceite, una emulsión de aceite en agua o un sólido.

[0018] Según se utiliza en la presente memoria, un «agente endurecedor» es una sustancia que contribuye a las propiedades de regeneración o «mezcla templada» de la invención.

- 35 [0019] Según se utiliza en la presente memoria, «agente endurecedor enmascarado» es una sustancia que puede transformarse en un agente endurecedor durante el proceso de regeneración o formación o aplicación de una mezcla templada de una mezcla asfáltica.

[0020] Según se utiliza en la presente memoria, la preparación de «asfalto de mezcla templada» (AMT) y «asfalto de mezcla caliente» (AMC) se refiere a dos métodos diferentes de preparación de mezclas asfálticas. Según se utiliza en la presente memoria, la preparación de AMT se refiere a la producción de mezclas asfálticas a temperaturas inferiores a 149 °C (300 °F). En un modo de realización preferido de la presente invención, la preparación de AMT se lleva a cabo por debajo de 135 °C (275 °F), más preferiblemente entre 116 °C-132 °C (240 °F-270 °F). De forma alternativa, la preparación de AMT puede referirse a una preparación en la que la temperatura de producción se reduce en 10 °C (50 °F) por debajo de la temperatura de preparación de AMC estándar. El uso de AMT puede reducir los costes de pavimentación, extender la temporada de pavimentación a temporadas más frías, mejorar la compactación del asfalto, permitir que la mezcla asfáltica se transporte distancias más largas (debido a que la mezcla puede enfriarse a una temperatura más baja antes de la compactación), y mejorar las condiciones de trabajo al reducir la exposición a emisiones de combustible, humos y olores.

MODOS PARA LLEVAR A CABO LA INVENCIÓN

- 50 Aditivos para aglutinante asfáltico

5 **[0021]** La presente invención proporciona composiciones de aditivo para aglutinante asfáltico que son útiles, entre otras cosas, para ayudar a regenerar mezclas asfálticas y/o aglutinantes asfálticos reciclados, reutilizados o recuperados, permitiendo la preparación de mezclas asfálticas a temperaturas más adecuadas (es decir, «mezcla templada» en lugar de «mezcla caliente»), mejorando el grado de rendimiento de la mezcla asfáltica, o ayudando en la compactación de las mezclas asfálticas al reducir el número de burbujas de aire en la mezcla.

10 **[0022]** Estas composiciones de aditivo comprenden una matriz portadora y un agente endurecedor o un agente endurecedor enmascarado, o ambos. Los aditivos para aglutinante asfáltico de la invención reivindicada pueden utilizarse para múltiples fines. Fundamentalmente, los aditivos para aglutinante asfáltico se pueden utilizar para: (1) regenerar aglutinantes asfálticos o mezclas asfálticas reutilizados, recuperados o reciclados, como PAR y TAR; o (2) permitir o aumentar la disponibilidad de una preparación de asfalto de mezcla templada (AMT).

15 A. Matrices portadoras. La matriz portadora útil en la presente invención es un sustrato que se utiliza para incorporar el aglutinante asfáltico mejorado de la presente invención a la mezcla asfáltica. La matriz portadora es un aceite. Las matrices portadoras líquidas de la presente invención pueden solvatar el agente endurecedor y/o el agente endurecedor enmascarado y facilitan el mezclado y la interacción del agente endurecedor y/o el agente endurecedor enmascarado con las mezclas o aglutinantes asfálticos.

Los aceites de matriz portadora se seleccionan de entre aceite de colza, aceite de coco, aceite de linaza, aceite de cártamo, aceite de soja, *tall oil*, o aceite de tung, aceites de silicona, y mezclas de estos.

B. Agentes endurecedores. Los agentes endurecedores útiles en la presente invención son sustancias que contribuyen a las propiedades de regeneración o «mezcla templada» de la invención.

20 Las composiciones de aditivo asfáltico de la invención, cuando contienen un agente endurecedor, pueden contener de 1 % a 50 % (p/p) de agente endurecedor, más preferiblemente de 1 % a 25 % de agente endurecedor, siendo lo más preferible de 1 % a 5 % de agente endurecedor.

En la presente invención, el agente endurecedor se selecciona de entre ácido ascórbico, ácido benzoico, ácido ftálico, ácido cinámico, ácido cítrico, ácido 2-piridina carboxílico y ácido salicílico.

25 C. Agentes endurecedores enmascarados. Los agentes endurecedores enmascarados útiles en la presente invención son sustancias que pueden transformarse en agentes endurecedores durante el proceso de regeneración o formación o aplicación de una mezcla templada.

30 **[0023]** Las composiciones de aditivo asfáltico de la invención, cuando contienen un agente endurecedor enmascarado, pueden contener de 0,1 % a 50 % (p/p) de agente endurecedor enmascarado, más preferiblemente de 0,1 % a 25 % de agente endurecedor enmascarado, siendo lo más preferible de 0,1 % a 5 % de agente endurecedor enmascarado.

**[0024]** El agente endurecedor enmascarado es salicilato de metilo, de etilo, de isopropilo o de hexilo.

#### Agglutinantes asfálticos

35 **[0025]** Los aglutinantes asfálticos utilizados en la presente memoria son aglutinantes asfálticos líquidos. También se denominan a menudo betún o asfalto líquido. El aglutinante asfáltico no contiene agregado. El aglutinante asfáltico puede ser cualquier asfalto emulsionable conocido en la técnica. El aglutinante asfáltico puede ser de origen natural o fabricado. El aglutinante asfáltico fabricado a menudo es el producto residual de la destilación no destructiva del crudo en la refinación del petróleo.

40 **[0026]** Los aglutinantes asfálticos utilizados en la presente memoria pueden cumplir cualquier norma de calzadas conocida en la técnica (incluyendo, pero sin carácter limitativo, por ejemplo, las normas internacionales ASTM), pueden adquirirse de cualquier región (incluyendo, pero sin carácter limitativo, por ejemplo, cualquier Administración del Petróleo para los Distritos de Defensa (*Petroleum Administration Defense District*, PADD) como PADD 1, PADD2, etc.), y pueden adquirirse de cualquier refinería o proveedor (incluyendo, pero sin carácter limitativo, por ejemplo, BP, Calumet, Cenex, Conoco Phillips, Exxon/Mobil, Holly, Imperial, Marathon, Paramount, San Joaquin, Shell, Sinclair, Suncor, Tesoro, US Oil y Valero). El aglutinante asfáltico puede incluir betunes de origen natural, materiales bituminosos de origen natural (como gilsonita y derivados de gilsonita), o puede producirse mediante crudo o breas de petróleo (como asfalto) producido durante el proceso de agrietamiento y alquitrán de hulla o mezclas de materiales bituminosos. El aglutinante asfáltico puede cumplir también la norma de betunes de viscosidad graduada y/o penetración graduada.

50 **[0027]** El aglutinante asfáltico también puede incluir otros componentes que pueden considerarse «extensores de grado» o «modificadores». Los componentes que se añaden tradicionalmente al betún para producir un aglutinante asfáltico modificado que cumpla las normas de grado de rendimiento son adecuados para utilizarse de determinados modos de realización de la presente invención. Estos aditivos incluyen, pero sin carácter limitativo, cauchos naturales, cauchos sintéticos, plastómeros, resinas termoplásticas, resinas termoendurecibles, elastómeros y combinaciones de estos. Algunos ejemplos de estos aditivos incluyen estireno-butadieno-estireno (SBS), caucho de estireno-butadieno (SBR), poliisopreno, polibutilenos, cauchos de butadieno-estireno, polímeros de vinilo, acetato de vinilo y etileno,

derivados de acetato de vinilo y etileno, y similares. El aglutinante asfáltico de la presente invención también puede contener caucho granulado reciclado de neumáticos reciclados o residuos de aceite de motor reciclado (REOB, por sus siglas en inglés). En algunos modos de realización, el betún modificado puede contener al menos un elemento seleccionado de entre el grupo consistente en azufre, reticuladores que contienen azufre, modificadores de ácido tales como ácidos de *tall oil*, breas de *tall oil*, derivados de ácido fosfórico o polifosfórico y combinaciones de estos. Un experto en la materia sabe producir aglutinantes asfálticos que contengan los aditivos indicados.

Agregados

**[0028]** Los agregados útiles en la presente invención son sustancias como gravilla, arena, grava, PAR o TAR (PAR y TAR contienen generalmente también aglutinantes asfálticos). Los agregados de la presente invención pueden ser agregados vírgenes, agregados reutilizados, agregados recuperados o agregados reciclados.

**[0029]** Los agregados utilizados en los materiales de pavimentación y la construcción de carreteras se derivan de fuentes naturales y sintéticas. Los agregados pueden seleccionarse para aplicaciones asfálticas individuales (ya sea pavimento, tejas, u otros) en función de una serie de criterios, incluidas las propiedades físicas, la compatibilidad con el aglutinante asfáltico que se ha de utilizar en el proceso, la disponibilidad, y la capacidad de proporcionar un producto acabado que cumpla las normas de rendimiento del proyecto (por ejemplo, un grosor de capa para el tráfico proyectado durante la vida de diseño de un proyecto de pavimentación).

**[0030]** La granulometría, que se refiere al porcentaje de partículas agregadas de un tamaño determinado, es importante para la pavimentación asfáltica. Existen tres granulometrías comunes: granulometría densa, granulometría discontinua y granulometría abierta. El agregado de granulometría densa muestra la mayor superficie mineral (por unidad de agregado). El agregado de granulometría abierta consiste en gran medida en una única piedra de gran tamaño (p. ej., alrededor de 0,375 a 1,1 pulgadas (9,525 a 27,94 mm)) con niveles muy bajos (normalmente por debajo de aproximadamente el dos por ciento del agregado total) de disgregados (material inferior a 0,25 pulgadas (6,35 mm)) o relleno (material mineral inferior a 0,075 mm). El agregado de granulometría discontinua se encuentra entre las clases de granulometría densa y granulometría abierta. El material de PAR refleja generalmente la granulometría del pavimento del que se obtuvo el material reutilizado. Si el pavimento original era una mezcla de granulometría densa, el PAR también tendrá en general una granulometría densa. Cualquier agregado empleado habitualmente en la producción de composiciones de pavimentación es adecuado para utilizarse en determinados modos de realización de la presente invención, incluyendo el agregado de granulometría densa, el agregado de granulometría discontinua, el agregado de granulometría abierta, el asfalto de matriz de piedra, el pavimento asfáltico reciclado y mezclas de estos.

Pavimento asfáltico reutilizado o reciclado (PAR) y tejas asfálticas recicladas (TAR)

**[0031]** El pavimento asfáltico reutilizado o reciclado (PAR) contiene aglutinante asfáltico y uno o más agregados y puede utilizarse como un agregado en las composiciones y métodos de la presente invención. Un método común consiste en combinar PAR con aglutinante asfáltico virgen y agregado en una planta de mezclado continua (tambor) o una planta de mezclado por lotes (amasadora) para producir mezclas de pavimento nuevas. En los Estados Unidos de América, estas mezclas combinadas están limitadas en general a un contenido máximo de aproximadamente el 50 %, más comúnmente del 10 % a aproximadamente el 25 % de «PAR», debido a una disminución en el rendimiento del pavimento a medida que aumenta el contenido de PAR.

**[0032]** El PAR es un material de pavimentación de mezcla asfáltica que se ha retirado de una superficie pavimentada. El material de pavimentación asfáltico puede retirarse de una superficie pavimentada mediante cualquier proceso conocido en la técnica, incluido, pero sin carácter limitativo, el rotofresado, el raspado y la escarificación. El PAR contiene asfalto y uno o más agregados. A menudo, el asfalto y los agregados han sufrido varios cambios físicos durante la construcción y el servicio. El PAR puede volverse a procesar y reutilizarse en materiales asfálticos nuevos.

**[0033]** El PAR puede fraccionarse triturando y seleccionando partículas por debajo de una granulometría específica. Por ejemplo, el PAR puede introducirse en una trituradora de impacto pequeña y el material resultante puede hacerse pasar a través de uno o más tamices o cribas para filtrar las partículas por encima de un tamaño específico. El material con un tamaño mayor puede devolverse a la trituradora y triturarse de nuevo. De forma alternativa, el PAR puede cribarse antes de triturarse.

**[0034]** El PAR puede seleccionarse para incluir solo partículas de PAR con un tamaño específico. En algunos modos de realización, el PAR pasa a través de un tamiz de 38,1 mm (1 1/2 pulgadas) De forma alternativa, se puede utilizar un tamiz de 31,75 mm (1 1/4 pulgadas), un tamiz de 25,4 mm (1 pulgada) o un tamiz de 19,0 mm (3/4 pulgadas). Estos dan como resultado partículas de PAR con un diámetro inferior a 38,1 mm (1 1/2 pulgadas), un diámetro inferior a 31,75 mm (1 1/4 pulgadas), un diámetro inferior a 25,4 mm (1 pulgada) o un diámetro inferior a 19,0 mm (3/4 pulgadas), respectivamente.

**[0035]** El TAR está disponible a partir de dos fuentes distintas: Los residuos de tejas fabricadas (RTF) y las tejas asfálticas postconsumo (TAP). Las TAP se denominan habitualmente «tejas arrancadas» y consiste en tejas colocadas en los tejados y expuestas a las duras inclemencias del tiempo durante muchos años. Los RTF no se colocan en los

tejados y probablemente tengan una exposición significativamente menor a las inclemencias del tiempo. En general, los pavimentos (o tejas) que incorporan cantidades limitadas de PAR y TAR tienen un rendimiento similar a los pavimentos (o tejas) diseñados solo con materiales vírgenes.

Mezclas asfálticas y métodos de fabricación

5 **[0036]** Las mezclas asfálticas se preparan en general combinando aglutinante asfáltico con agregado. La mezcla asfáltica virgen se prepara normalmente añadiendo aglutinante asfáltico virgen a agregado virgen calentado. Las mezclas asfálticas recicladas, reutilizadas o recuperadas («viejas») contienen aglutinante asfáltico «viejo» y agregado «viejo». El aglutinante asfáltico «viejo» puede separarse del agregado «viejo» y utilizarse solo, pero contribuirá a la cantidad total de aglutinante asfáltico en la composición final se separe o no. Por lo tanto, la composición final de una  
10 mezcla asfáltica que incluye materiales reciclados puede incluir aglutinante asfáltico reciclado (con o sin aglutinante asfáltico virgen), agregado virgen y/o agregado reciclado.

**[0037]** Se pueden preparar mezclas asfálticas mejoradas que comprendan un aditivo para aglutinante asfáltico según se da a conocer en la presente memoria, un aglutinante asfáltico y un agregado. Existen varios métodos mediante los que se pueden preparar las mezclas:

15 a. El aditivo para aglutinante asfáltico puede añadirse directamente al aglutinante asfáltico antes de mezclarse con un agregado. Por ejemplo, el aditivo para aglutinante asfáltico se mezcla primero con el aglutinante asfáltico virgen antes de mezclarse con agregado virgen, PAR, TAR, o combinaciones de estos.

b. El aditivo para aglutinante asfáltico puede añadirse directamente a una mezcla asfáltica virgen. Por ejemplo, se combinan el asfalto virgen y el agregado virgen y, a continuación, se añade el aditivo para aglutinante asfáltico a la  
20 mezcla.

c. El aditivo para aglutinante asfáltico puede añadirse directamente al agregado virgen antes de mezclarse con el aglutinante asfáltico. Sin embargo, esto debe realizarse con mucho cuidado si la matriz portadora es un aceite que se añade a un agregado virgen sobrecalentado.

25 d. El aditivo para aglutinante asfáltico puede añadirse directamente a una mezcla asfáltica reciclada, recuperada o reutilizada como PAR y/o TAR. Por ejemplo, el aditivo para aglutinante asfáltico podría aplicarse directamente (preferiblemente como emulsión pulverizada) a un servicio de carretera cuarteada (básicamente PAR generado *in situ*) y volverse a pavimentar inmediatamente. En el presente modo de realización, también se pueden añadir agregado y aglutinante asfáltico adicionales antes, después o de forma simultánea al aditivo para aglutinante asfáltico.

30 **[0038]** Los métodos se pueden realizar como AMC o AMT. Sin embargo, el uso de aditivos para aglutinante asfáltico de la presente invención aumenta en gran medida la disponibilidad de AMT sobre AMC, lo que puede reducir los costes de pavimentación, extender la temporada de pavimentación a temporadas más frías, mejorar la compactación del asfalto, permitir que la mezcla asfáltica se transporte distancias más largas (debido a que la mezcla puede enfriarse a una temperatura más baja antes de la compactación), y mejorar las condiciones de trabajo al reducir la exposición a emisiones de combustible, humos y  
35 olores.

**[0039]** El reciclado en caliente *in situ* (**RCIS**) implica la retirada, la regeneración y la sustitución *in situ* de los 25 mm (1 pulgada) superiores del pavimento. La remezcla implica el uso de algunos agregados nuevos, así como aglutinante asfáltico virgen adicional combinado en una amasadora, lo que permite la colocación de hasta 51 mm (dos pulgadas) de pavimento de superficie. La Asociación estadounidense de Reciclado y Reutilización de Asfalto «ARRA» reconoce tres procesos básicos. 1. escarificación con calentador (pasadas múltiples), 2. repavimentación (pasada única) y 3. remezclado. Los aditivos para aglutinante asfáltico de la presente invención pueden añadirse en cualquier punto de un proceso de **RCIS**. La principal ventaja de un reciclado *in situ* es el ahorro de costes. No es necesario la acumulación de PAR, por lo que no es necesario transportar grandes cantidades de pavimento viejo fresado. También se reduce  
45 considerablemente la cantidad de materiales nuevos.

**PARTE EXPERIMENTAL**

**[0040]** Aunque en la presente memoria se ha proporcionado una serie de modos de realización, aspectos y variaciones de ejemplo, los expertos en la materia reconocerán determinadas modificaciones, cambios, adiciones y combinaciones y determinadas subcombinaciones de los modos de realización, aspectos y variaciones. Se pretende que las siguientes reivindicaciones se interpreten para que todas estas modificaciones, cambios, adiciones y combinaciones y determinadas subcombinaciones de los modos de realización, aspectos y variaciones estén incluidas en su alcance. Las exposiciones completas de todos los documentos citados en esta solicitud se incorporan en la presente memoria por  
50 referencia.

Ejemplo 1

Preparación de las composiciones A, B y C

5 **[0041]** La Composición A consta de ácido salicílico al 1 % en peso y aceite de linaza al 99 % en peso. En una preparación típica de Composición A, se pesó aceite de linaza crudo (6,5 libras, densidad 7,78 lb/gal, 0,932 g/mL) en un bote de un galón. Se añadió ácido salicílico (32 g) mientras se agitaba la mezcla con un HSM-C de Ross.

**[0042]** La Composición B, que consta de ácido salicílico al 2 %, salicilato de metilo al 0,5 % y aceite de linaza al 97,5 %, se preparó como la anterior. El salicilato de metilo se añadió a la mezcla de ácido salicílico y aceite de linaza después de que se disolviera todo el ácido salicílico.

10 **[0043]** La Composición C, que consta de ácido salicílico al 2 %, salicilato de metilo al 0,1 % y aceite de linaza al 97,9 %, se preparó como la anterior. El salicilato de metilo se añadió a la mezcla de ácido salicílico y aceite de linaza después de que se disolviera todo el ácido salicílico.

Ejemplo 2

Ablandamiento de aglutinantes asfálticos vírgenes y reutilizados y mezclas de aglutinantes.

15 **[0044]** Las composiciones A y B se prepararon como en el Ejemplo 1. Se obtuvieron los aglutinantes asfálticos vírgenes PG64-28, PG64-22 y PG58-28. PG64-22 y PG58-28 son aglutinantes de grado más blando que PG64-28. El pavimento asfáltico reutilizado (PAR) se obtuvo de una fuente de gravilla de Wrentham, MA. Las TAR se obtuvieron de tejas asfálticas postconsumo (TAP) de una instalación de reciclado de tejas asfálticas ubicada en Fitchburg, MA.

20 **[0045]** Las reservas de aglutinantes de PAR y TAP se extrajeron y se recuperaron cada una según la norma AASHTO T164 «método estándar de prueba para la extracción cuantitativa de aglutinante asfáltico de asfalto de mezcla caliente (AMC)», y la norma AASHTO T170 «método estándar de prueba para la recuperación de aglutinante asfáltico de solución por el método Abson» (ambos de «Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing», Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte, Washington, D.C. 30ª edición, 2010, en lo sucesivo «normas AASHTO»).

25 **[0046]** Estos aglutinantes extraídos se combinaron con aglutinante PG58-28 virgen a una relación de mezcla dada con cada regenerador de asfalto en la dosis predeterminada para formular cada muestra de prueba de clasificación de aglutinante y viscosidad. Las composiciones de aglutinante se proporcionan en la Tabla 1. En la nomenclatura de la Tabla 1, la composición de aglutinante base se proporciona para aglutinante virgen, aglutinante de PAR extraído y aglutinante de TAR extraído (100 % total). La cantidad de Composición A se determina como % en peso del aglutinante envejecido. Por lo tanto, por ejemplo, la composición de aglutinante B-6 se formula mezclando 45 g de PG58-28, 50 g de aglutinante de PAR extraído, 5 g de aglutinante de TAR extraído y 4,95 g de Composición A. Los 4,95 g de Composición A constituyen una cantidad igual al 9 % de los 55 g de aglutinante envejecido total, que incluye tanto el aglutinante de PAR extraído como el aglutinante de TAR extraído.

35 **[0047]** La prueba de viscosidad de cada muestra de aglutinante B-1 a B-8 se realizó según la norma AASHTO T316 «método estándar de prueba para la determinación de la viscosidad de un aglutinante asfáltico utilizando un viscosímetro giratorio» (normas AASHTO) utilizando un Brookfield DVIII+ viscosímetro de sobremesa y Thermosel con un eje SC4-21. Las mediciones de viscosidad de los aglutinantes vírgenes PG64-28 y PG58-28 y los aglutinantes de mezcla mezclados se tomaron a 135 °C (275 °F) y 165 °C (329 °F). Los resultados se proporcionan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Viscosidades y composiciones de aglutinante**

	Composición de aglutinante base (hasta 100 % en peso total)			Regenerador añadido a la composición de aglutinante base	Viscosidad media (cP)	
	Aglutinante de grado de pavimento virgen	Aglutinante de PAR extraído (% en peso)	Aglutinante de TAR extraído (% en peso)		Composición A	a 135 °F
B-1	PG64-28 (100 %)	NADA	NADA	NADA	574,5	158,2
B-2	PG58-28 (100 %)	NADA	NADA	NADA	322,0	94,5
B-3	PG58-28 (100 %)	NADA	NADA	3,85 % de PG58-28	197,0	66,5

	Composición de aglutinante base (hasta 100 % en peso total)			Regenerador añadido a la composición de aglutinante base	Viscosidad media (cP)	
	Aglutinante de grado de pavimento virgen	Aglutinante de PAR extraído (% en peso)	Aglutinante de TAR extraído (% en peso)	Composición A	a 135 °F	a 165 °F
B-4	PG58-28 (50 %)	50%	NADA	9 % de aglutinante envejecido	419,0	116,0
B-5	PG58-28 (45 %)	50%	5%	NADA	1622,0	348,5
B-6	PG58-28 (45 %)	50 %	5 %	9 % de aglutinante envejecido total	947,0	217,6
B-7	PG58-28 (95 %)	NADA	5 %	NADA	614,0	155,4
B-8	PG58-28 (95 %)	NADA	5 %	9 % de aglutinante envejecido	527,0	141,4

**[0048]** Los datos presentados en la Tabla 1 indican que la adición de la Composición A redujo la viscosidad de los aglutinantes vírgenes o mezclados.

5 **[0049]** El grado de rendimiento de los aglutinantes vírgenes (PG64-28, PG64-22 y PG58-28), el aglutinante de PAR extraído y los aglutinantes de mezcla mezclados se determinó según la norma AASHTO R29 «Clasificación o verificación del grado de rendimiento de un aglutinante asfáltico» y la norma AASHTO M320 «Especificación estándar para aglutinante asfáltico con clasificación de rendimiento» (normas AASHTO). Los resultados se proporcionan en la Tabla 2. (El aglutinante de TAP extraído no se pudo clasificar debido a su elevada rigidez).

**Tabla 2. Resultados de la clasificación de rendimiento de PAR virgen y aglutinantes mezclados**

	Composición del aglutinante	Grado Continuo		Grado de Rendimiento	
		Grado alto	Grado bajo	Grado alto	Grado bajo
B-1	PG64-28 (100 %)	68,08	-30	64	-28
B-2	PG58-28 (100 %)	60,63	-33,91	58	-28
B-9	100 % Aglutinante de PAR extraído	82,01	-21,79	82	-16
B-10	50 % PG58-28 / 50 % aglutinante de PAR extraído	71,81	-26,7	70	-22
B-4	50 % PG58-28/ 50 % aglutinante de PAR extraído/ 9,0 % Composición A (p/p aglutinante envejecido)	65,1	-32,87	64	-28
B-11	50 % PG 58-28/ 50 % aglutinante de PAR extraído/ 9,0 % Composición B (p/p aglutinante envejecido)	64,82	-31,3	64	-28
B-1	PG64-28 (100 %) (repetición)	67,4	-30,3	64	-28
B-12	PG64-28 / 1,0 % Composición B (p/p aglutinante)	66,2	-30,9	64	-28
B-13	PG64-28 / 2,0 % Composición B (p/p aglutinante)	64,1	-32,5	64	-28
B-14	PG64-22 (100 %)	67,6	-26,5	64	-22
B-15	PG64-22 / 1,0 % Composición B (p/p aglutinante)	66,1	-28,3	64	-28
B-16	PG64-22 / 2,0 % Composición B (p/p aglutinante)	63,6	-30,2	58	-28

**[0050]** Los datos de la Tabla 2 confirman que los aglutinantes vírgenes estaban en su clasificación de GR establecido. La adición de cantidades crecientes de Composición A o B a los aglutinantes vírgenes o a las mezclas de aglutinante virgen/reutilizado redujo el grado continuo. La adición de la Composición A o B puede reducir el grado continuo lo suficiente para reducir el grado de rendimiento. Por ejemplo, las muestras B-4 y B-10 demuestran que la adición de Composición A al 9 % (p/p de aglutinante envejecido) a 50 % PG58-28 / 50 % aglutinante de PAR extraído reduce el grado de rendimiento de PG70-22 a PG64-28.

### Ejemplo 3

#### Ablandamiento de aglutinante virgen con reducción concomitante en el grado de rendimiento del aglutinante

**[0051]** Las composiciones A, B y C se prepararon como en el Ejemplo 1. Para cada muestra, se pesaron aproximadamente 50 g de alícuota de aglutinante PG58-28 virgen en un recipiente a prueba de calor tarado. El recipiente se colocó en un horno a 120 ° hasta que el aglutinante se licuó lo suficiente para hacerlo lo suficientemente blando como para agitarlo y verterlo fácilmente. El aglutinante se agitó y se añadió una cantidad pesada de Composición A, B o C en el recipiente, a continuación, se agitó hasta que se mezcló bien y se devolvió el recipiente al horno a 120°. Después, se retiró la mezcla del horno, se agitó de nuevo y después se vertió en el molde para muestras de Reómetro de Corte Dinámico (RCD). Una muestra enfriada se colocó de forma habitual en un congelador durante aproximadamente 1 min para ayudar al desmoldeo justo antes de colocar la muestra en la placa del instrumento RCD. Se ejecutó el RCD utilizando métodos estándar en un AR2000ex de TA Instruments, y se utilizó  $G^*/\sin \delta$  para determinar la temperatura de rotura teórica. Se vertió una muestra por vez en el molde para la prueba del RCD, vertiéndose la siguiente mezcla y enfriándose en el molde de RCD durante el tiempo en el que se estaba utilizando el RCD con la muestra anterior.

**[0052]** El porcentaje de aditivo de la Composición A, B o C en la Figura 1 se proporciona como porcentaje en peso del contenido de mezcla total. Por ejemplo, una muestra que consta de Composición C al 4 % se formuló con 51,03 g de PG58-28 a los que se añadieron 2,126 g de Composición C, dando lugar a un peso total de 53,156 g, o Composición C al 4 % en la mezcla de aglutinante total.

**[0053]** La mezcla de PG58-28 virgen con Composición A, B, o C ablanda el aglutinante en comparación con PG58-28 solo. La adición de Composición A, B o C reduce la temperatura de rotura (correspondiente a la temperatura elevada de una determinación de grado continuo). La clasificación del rendimiento se especifica en intervalos de 6 °C, por lo que la reducción del grado continuo por debajo de 58 °C corresponde a un grado de rendimiento a alta temperatura de PG52. Por interpolación, la Figura 1 muestra que una mezcla de aglutinante compuesta por Composición A, B o C aproximadamente al 1,3 %-1,5 % (p/p total) da lugar a un grado de rendimiento continuo por debajo de 58 °C y, por lo tanto, un grado de rendimiento a alta temperatura de PG52. Una mezcla de aglutinante compuesta por Composición A, B o C aproximadamente al 2,8 %-3,3 % (p/p total) da lugar a una reducción de 6 °C en el grado de rendimiento continuo. Para este PG58-28 particular, esa reducción de 6 °C da lugar a un margen de seguridad de 3 °C por debajo del rango superior del grado de rendimiento de PG52. En general, una reducción de 6 °C en el grado continuo dará lugar a una reducción en el grado de rendimiento al siguiente nivel más bajo.

### Ejemplo 4

#### Regeneración de pavimento asfáltico reutilizado (PAR) o tejas asfálticas recicladas (TAR) en mezclas asfálticas

**[0054]** Los agregados de piedra vírgenes se obtuvieron de una fuente de gravilla de Wrentham, MA. Se obtuvieron dos reservas de agregado: gravilla de 9,5 mm y polvo de piedra. Se completó un análisis con tamiz según el método de prueba T11 «método estándar de prueba para materiales más finos que un tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (N.º 200) en agregados minerales por lavado» y T27 «método estándar de prueba para análisis de tamizado de agregados finos y gruesos» de la Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO) (normas AASHTO). Se analizó cada reserva de agregado virgen. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

**[0055]** El contenido de aglutinante de la reserva de PAR descrito en el Ejemplo 2 se determinó utilizando un horno de ignición según la norma AASHTO T308 «Determinación del contenido de aglutinante asfáltico de asfalto de mezcla caliente (AMC) por el método de ignición» (normas AASHTO). Los agregados restantes en el PAR posterior a la ignición se tamizaron para determinar la distribución de tamaños de los agregados, dada en la Tabla 3, junto con el contenido de aglutinante envejecido del PAR, 5,6 %.

**[0056]** El contenido de aglutinante de la reserva de TAP descrito en el Ejemplo 2 y la distribución de tamaños de los agregados de TAP restantes después de la ignición se determinaron de la misma manera que para el PAR. La distribución de tamaños del agregado de TAP y el contenido de aglutinante envejecido de la reserva de TAP, 26,9 %, se proporcionan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Propiedades de las reservas de agregado virgen, agregados de PAR después de la ignición y agregados de TAP después de la ignición**

Tamaño de tamiz	Piedra virgen de 9,5 mm	Polvo de piedra virgen	Agregados de PAR después de la ignición	Agregados de TAP después de la ignición
19,0 mm	100	100	100	100
12,5 mm	99,4	100	100	100
9,5 mm	93,8	100	100	100
4,75 mm	29,7	99,7	76,8	100
2,36 mm	5,2	83,7	57,6	99,4
1,18 mm	2,8	57,1	43,3	80,8
0,600 mm	2,3	38,6	31,1	56,3
0,300 mm	2,1	24,9	19,8	48,7
0,150 mm	1,8	15,9	12,1	39,2
0,075 mm	1,5	10,9	8,3	28,5
Contenido de aglutinante de la reserva, (AASHTO T308)			5,6 %	26,9 %

5 [0057] La Tabla 4 muestra la granulometría objetivo de los tamaños de agregado para las mezclas asfálticas. La granulometría objetivo se desarrolló para cumplir los requisitos de una mezcla de Superpave de 9,5 mm según la norma AASHTO M323 «Diseño de mezcla volumétrica de Superpave» y la norma AASHTO R35 «Diseño volumétrico de Superpave para asfalto de mezcla caliente» (normas AASHTO). La granulometría también se diseñó para cumplir simultáneamente el artículo 424 de la especificación DOT de Ohio «Hormigón bituminoso modificado con polímero de grado fino tipo B» también conocido como Smoothseal tipo B (<http://www.flexiblepavements.org/technical-resources/smoothseal/smoothseal> consultado el 1 de julio de 2013). La Tabla 4 muestra las especificaciones de granulometría para Superpave de 9,5 mm y Smoothseal tipo B de Ohio.

**Tabla 4. Granulometría de agregado objetivo y especificaciones para mezclas asfálticas**

Tamaño de tamiz (mm)	Tamaño de tamiz	Granulometría objetivo	Especificación de Superpave 9,5 mm	Especificación de Smoothseal tipo B de Ohio
19,0 mm	3/4"	100	-	-
12,5 mm	1/2"	100	100 min	100
9,5 mm	3/8"	98,0	90-100	95-100
4,75 mm	N.º 4	85,0	90 max	85-95
2,36 mm	N.º 8	58,0	32-67	53-63
1,18 mm	N.º 16	42,0	-	37-47
0,600 mm	N.º 30	27,0	-	25-35
0,300 mm	N.º 50	15,0	-	9-19
0,150 mm	N.º 100	9,0	-	-
0,075 mm	N.º 200	6,0	2-10	3-8
Contenido de aglutinante		6,5 %	-	6,4 % min

15 [0058] El diseño de los equivalentes de carga de eje simple (ESAL, por sus siglas en inglés) se seleccionó en 0,3 a < 3 millones, que es coherente con las mezclas de capa superficial en Nueva Inglaterra. El diseño del esfuerzo de compactación giratorio de Superpave para este nivel de ESAL fue  $N_{diseño} = 75$  giros.

5 **[0059]** En función de la capacidad de los regeneradores de la Composición A y B para ablandar los aglutinantes envejecidos de PAR recuperado o TAR recuperado, se seleccionaron composiciones de mezclas asfálticas compuestas por 50 % PAR, 50 % PAR/5 % TAP o 5 % TAP (siendo el balance material virgen) para las composiciones de mezclas asfálticas recicladas. A continuación, se determinaron las cantidades de cada uno de los componentes vírgenes (agregado de piedra, polvo de piedra y aglutinante) con el fin de cumplir la distribución de tamaños de agregado objetivo y la especificación de diseño de 6,5 % en peso de aglutinante total. La distribución de tamaños de agregado se determinó a partir del total de todos los componentes, TAR, TAP, agregado de piedra y polvo de piedra. La relación de agregado de piedra con respecto a polvo de piedra en el material virgen se varía para cumplir la distribución de tamaños objetivo. Por ejemplo, en mezclas asfálticas compuestas por TAR, que tiene una fracción mayor de agregados de menor tamaño que el agregado de piedra virgen, se reducirá la cantidad de polvo de piedra añadido a la mezcla asfáltica con respecto al utilizado en todas las mezclas asfálticas vírgenes. El aglutinante total incluye aglutinante envejecido y aglutinante virgen. Las TAR y las TAP no están separadas en componentes de agregado y aglutinante al formar las mezclas asfálticas, por lo que la cantidad de aglutinante envejecido en cada mezcla asfáltica se determina a partir de su % en peso en las reservas de TAR o TAP y el % en peso de TAR y TAP en la mezcla.

15 **[0060]** Para (a) eliminar la humedad en los materiales de reserva de PAR y TAP y (b) optimizar la mezcla entre los aglutinantes envejecidos y vírgenes en las mezclas asfálticas, las mezclas asfálticas se prepararon de la siguiente manera: Las reservas de PAR y TAP se secaron al aire cada una hasta que se logró una masa constante. Después se secó el PAR adicionalmente durante dos días a 60 °C (140 °F). El agregado virgen (piedra y/o arena) se calentó a la temperatura de mezcla. Si se utilizó PAR en la mezcla asfáltica, el PAR se añadió al agregado de piedra calentado y el PAR y el agregado virgen se mezclaron y se calentaron durante un total de dos horas antes de la adición del aglutinante virgen. Si se utilizó el TAP en la mezcla asfáltica, el TAP se añadió en la parte superior de los agregados vírgenes calentados o los agregados vírgenes y de PAR mezclados durante los últimos 5 minutos antes de la adición del aglutinante virgen y la mezcla de todos los componentes. El aglutinante virgen se añadió en un «pozo» o depresión formado en el medio del agregado caliente, se dejó templar brevemente y, a continuación, se mezclaron bien todos los componentes. La composición A, B o C, si se utilizó, se añadió al aglutinante virgen en el «pozo» formado en el agregado, y se mezcló con el aglutinante virgen antes de mezclar bien todos los componentes.

20 **[0061]** Se prepararon mezclas de control utilizando materiales vírgenes, en un intervalo de temperatura de mezcla para mezclas asfálticas de 161 °C-165 °C (322 °F-329 °F) y la temperatura de compactación fue de 153 °C-157 °C (308 °F-315 °F). La temperatura de mezcla para mezclas asfálticas para mezclas que contenían aglutinante PG58-28 (incluidas todas las mezclas que contenían PAR y TAP) fue de 150 °C (300 °F), y la temperatura de compactación fue de 138 °C (280 °F).

25 **[0062]** Las muestras volumétricas de cada mezcla asfáltica se agruparon, se mezclaron y se envejecieron a corto plazo a la temperatura de compactación adecuada durante dos horas según la norma AASHTO R30 «Práctica estándar para el acondicionamiento de mezclas de asfalto de mezcla caliente (AMC)» (normas AASHTO). Tras el envejecimiento a corto plazo, se compactaron las muestras en el Compactador Giratorio de Superpave (CGS).

30 **[0063]** La gravedad específica combinada en masa del agregado para cada mezcla asfáltica se determinó según la norma AASHTO T84 «Método estándar de prueba para gravedad específica y absorción de agregado fino» y la norma T85 «Método estándar de prueba para gravedad específica y absorción de agregado grueso» en tres muestras replicadas para cada mezcla (normas AASHTO). Para las mezclas de agregado que incorporaban PAR y TAP, las muestras se mezclaron a las temperaturas adecuadas y, antes de la compactación, se quemó una muestra en el horno de ignición según la norma AASHTO T308. Los agregados restantes después de la ignición se utilizaron entonces para determinar la gravedad específica combinada en masa de la mezcla de agregados. La Tabla 5 muestra los resultados de gravedad específica.

Tabla 5. Gravedad específica combinada de agregados combinados

	Control 100 % MV	50 % PAR	5 % TAP	50 % PAR 5 % + TAP
Gravedad específica combinada en masa del agregado, Gsb (AASHTO T84/T85)	2,571	2,544	2,558	<b>2,564</b>

45 Prueba de rendimiento

**[0064]** Se determinaron las propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas utilizando la norma AASHTO T166, «Gravedad específica en masa de mezclas asfálticas compactadas» y se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas

Composición de mezcla asfáltica	Control 100 % MV	50 % PAR	50 % PAR	50 % PAR + 5 % TAR	50 % PAR + 5 % TAR	5 % TAR	5 % TAR	ESPECIFICACIÓN
Tipo de aglutinante	PG64-28	PG58-28	PG58-28	PG58-28	PG58-28	PG58-28	PG58-28	
% aglutinante total, mezcla base	6,50 %	6,50 %	6,50 %	6,50 %	6,50 %	6,50 %	6,50 %	
Regenerador	Nada	Nada	Composición A	Nada	Composición n	Nada	Composición A	
Dosis de regenerador	-	-	9 % de aglutinante envejecido	-	9 % de aglutinante envejecido	-	9 % de aglutinante envejecido	
Altura media de la muestra (mm)	118,1	118,1	117,8	121,1	119,1	119,9	120	
Gravedad específica en masa (Gmb media)	2,318	2,307	2,329	2,251	2,267	2,276	2,275	
Gravedad específica Teórica máx. (Gmm media)	2,406	2,422	2,418	2,437	2,428	2,421	2,417	
(%) medio de burbujas de aire	<b>3,68</b>	4,77	<b>3,68</b>	7,65	6,63	6,01	5,88	4,00 % (dentro del 0,50 %)
(%) medio de Huecos en Agregados Minerales (HAM)	15,7	15,3	14,4	18	17,3	16,9	16,9	15 min
(%) medio de Huecos Rellenados con Asfalto (HRA)	76,6	68,7	74,5	57,4	61,7	64,4	65,1	65-78
% de aglutinante absorbido (%)	1,22	1,96	1,87	1,91	1,74	1,71	1,63	-
% de aglutinante efectivo (Pae %)	5,36	4,67	4,75	4,71	4,87	4,9	4,98	-
Relación de polvo con respecto a aglutinante	1,12	1,3	1,26	1,27	1,23	1,22	1,2	-

5 **[0065]** La mezcla de control (100 % materiales vírgenes y un aglutinante PG64-28) cumplió todos los requisitos volumétricos de la mezcla. Las mezclas 50 % PAR, 5 % TAP y 50 % PAR + 5% TAP no cumplieron el requisito volumétrico objetivo con PG58-28 solo. Sin embargo, la adición de regenerador de Composición A mejora las propiedades volumétricas de la mezcla. Se mejoró la mezcla de 50 % PAR a un nivel cercano al de la mezcla de control, y se cumplió la especificación de dentro de 0,50 % de 4,00 % de huecos. El porcentaje de Huecos en Agregados Minerales (HAM) para las mezclas de 50 % PAR con regenerador está ligeramente por debajo del mínimo del 15,0 %, pero dentro de las tolerancias de producción permitidas.

10 **[0066]** Las mezclas asfálticas de 5 % TAP y 50 % PAR + 5 % TAP muestran grandes burbujas de aire y HAM y HRA que están fuera del rango de especificaciones, posiblemente debido a que el aglutinante resultante todavía es demasiado rígido e inhibe la compactación o que el contenido de aglutinante efectivo es bajo porque parte del aglutinante de PAR y/o TAP está actuando como una roca negra. La adición de Composición A al aglutinante mejoró la media de burbujas de aire, HAM y HRA tanto para las mezclas asfálticas de 5 % TAP como para las mezclas asfálticas de 50 % PAR + 5 % TAP.

Prueba de susceptibilidad de humedad/ahuellamiento

15 **[0067]** Se llevaron a cabo pruebas según la norma AASHTO T324 "Prueba de rueda cargada de Hamburgo de asfalto de mezcla caliente (AMC) compactado" (normas AASHTO). La prueba determina la susceptibilidad de rotura de una mezcla debido a la debilidad en la estructura del agregado, la rigidez inadecuada del aglutinante o el daño por humedad. La mezcla se sumerge en agua calentada y se somete a repetidas cargas de una rueda de acero 705N. A media que la rueda de acero carga la muestra, se registra la profundidad correspondiente del ahuellamiento de la muestra. Se representa la profundidad del ahuellamiento frente al número de pasadas de la rueda para determinar el Punto de Inflexión de *Stripping* (PIS). El PIS proporciona una indicación de cuándo comienza la muestra de la prueba a exhibir *stripping* (daños por humedad).

20

25 **[0068]** Las muestras giratorias para este estudio se fabricaron utilizando el CGS a un nivel de burbujas de aire de 7,0±1,0 % (según lo requerido por la norma AASHTO T324). Se llevó a cabo una prueba en el dispositivo de rueda cargada de Hamburgo (HWTDT, por sus siglas en inglés) a una temperatura de prueba de 50 °C (122 °F). Las muestras se analizaron a una relación de 52 pasadas por minuto después de un tiempo de calentamiento completo de 30 minutos a la temperatura de la prueba. La prueba se terminó en 20 000 pasadas de rueda o hasta que se notó un *stripping* visible.

30 **[0069]** La Tabla 7 muestra los resultados de la prueba de HWTDT en mezclas asfálticas después de un envejecimiento a corto plazo (ECP) y después de un envejecimiento a largo plazo (ELP). Las muestras de rendimiento iniciales se fabricaron después envejecer a corto plazo la muestra poco rígida durante cuatro horas a la temperatura de compactación, después de lo cual las muestras se compactaron y, a continuación, se analizaron en el HWTDT en tres días (resultados de ECP). Las muestras de envejecimiento a largo plazo se prepararon de forma similar, pero después se almacenaron sin recubrimiento durante aproximadamente tres meses a aproximadamente 25 °C, y después se analizaron en el HWTDT (resultados de ELP).

35

**Tabla 7. Susceptibilidad de humedad/Ahuellamiento de composiciones asfálticas según lo determinado por el dispositivo de rueda cargada de Hamburgo (HWTDT)**

Composición de mezcla asfáltica	ECP			ELP		
	Punto de Inflexión de <i>Stripping</i>	Profundidad de ahuellamiento máxima a 10 000 pasadas (mm)	Profundidad de ahuellamiento máxima a 20 000 pasadas (mm)	Punto de Inflexión de <i>Stripping</i>	Profundidad de ahuellamiento máxima a 10 000 pasadas (mm)	Profundidad de ahuellamiento máxima a 20 000 pasadas (mm)
Materiales vírgenes 100 % / PG64-28	Ninguno	0,76	1,39	Ninguno	1,99	2,72
Materiales vírgenes 100 % / PG58-28	5900	>20	>20	12 000	3	>20
50 % PAR / 50 % materiales vírgenes /	Ninguno	1,09	1,80	Ninguno	0,91	1,45

Composición de mezcla asfáltica	ECP			ELP		
	Punto de Inflexión de <i>Stripping</i>	Profundidad de ahuellamiento máxima a 10 000 pasadas (mm)	Profundidad de ahuellamiento máxima a 20 000 pasadas (mm)	Punto de Inflexión de <i>Stripping</i>	Profundidad de ahuellamiento máxima a 10 000 pasadas (mm)	Profundidad de ahuellamiento máxima a 20 000 pasadas (mm)
PG58-28						
50 % PAR / PG58-28/ Composición A 9,0 % (p/p aglutinante envejecido)	11 800	2,73	18,48	--	--	--
50 % PAR / PG58-28/ Composición B (p/p aglutinante envejecido)	8500	7,61	20,04*	13 600	1,92	5,2

\* Prueba terminada en aproximadamente 13 800 pasadas debido a una profundidad de ahuellamiento máxima por encima de 20 mm.

5 [0070] La mezcla PG64-28 control de material totalmente virgen (después de ECP o ELP) presenta un ahuellamiento mínimo a 10 000 y 20 000 pasadas y no tiene punto de inflexión. Sucede lo mismo para la mezcla de 50 % PAR con aglutinante PG58-28. La mezcla asfáltica que contiene Composición A o B da como resultado un ahuellamiento aumentado del asfalto en relación con la mezcla asfáltica sin las composiciones (después de ECP), así como un punto de inflexión en la profundidad de ahuellamiento como una función del número de pasadas. Sin embargo, la profundidad de ahuellamiento de la mezcla asfáltica que contiene Composición B, PG58-28 y 50 % PAR después de ELP se ha reducido considerablemente con respecto a la observada para la muestra después de ECP.

Agrietamiento por fatiga

10 [0071] Se llevaron a cabo pruebas de fatiga con vigas de flexión de cuatro puntos en las mezclas siguiendo el procedimiento de la norma AASHTO T321 «Determinación de la resistencia a la fatiga del asfalto de mezcla caliente (AMC) compactado sometido a flexión repetida» (normas AASHTO).

15 [0072] Se fabricaron losas con dimensiones de 150 mm x 180 mm x 450 mm para cada mezcla utilizando el compactador de losas IPC Global Pressbox. De cada losa, se cortaron vigas con dimensiones de 63 mm x 50 mm x 380 mm, de manera que los laterales tuvieran caras lisas. Las burbujas de aire de las muestras cortadas finales fueron del 7±1 %. Las muestras de viga se acondicionaron a la temperatura de prueba de 15 °C (59 °F) durante al menos dos horas antes de la prueba. Se seleccionó una temperatura de prueba de 15 °C (59 °F) como representativa de una temperatura intermedia para el noreste de los Estados Unidos.

20 [0073] Cada prueba de fatiga de viga se realizó en un modo de control de deformación a una frecuencia de carga de 10 Hz aplicados utilizando una forma de onda sinusoidal. Las muestras se analizaron a niveles de deformación de 250 microstrain ( $\mu\epsilon$ ), 500  $\mu\epsilon$  y 750  $\mu\epsilon$ . Inicialmente, todas las mezclas se analizaron a 250  $\mu\epsilon$ . A este nivel de deformación, la mezcla de 50 % PAR con Composición A o B alcanzó más de seis millones de ciclos con una pérdida inferior al 20 % en la rigidez inicial medida en 50 ciclos. Se seleccionaron dos niveles de deformación superiores para lograr más de 10 000 ciclos en rotura. Se seleccionó 500  $\mu\epsilon$  y 750 $\mu\epsilon$  porque todas las mezclas perdieron el 50 por ciento de su rigidez inicial después de al menos 10 000 ciclos. Se determinó el número de ciclos hasta rotura ajustando una función exponencial a la rigidez de flexión frente al número de ciclos y evaluando después el número de ciclos que se necesitaron para disminuir la rigidez inicial en un 50 %.

30 [0074] La Tabla 8 proporciona los resultados de las pruebas en los niveles de deformación de 500  $\mu\epsilon$  y 750  $\mu\epsilon$ . La mezcla de PAR 50 % con el aglutinante más blando mostró un rendimiento de fatiga reducido en el nivel de deformación de 500  $\mu\epsilon$  y un rendimiento marginalmente mejor en el nivel de deformación de 750  $\mu\epsilon$  en comparación con la mezcla control virgen. La adición de la Composición B mejoró el rendimiento de fatiga de la mezcla de 50 % PAR con respecto a la mezcla control.

**Tabla 8. Resultados de la prueba de fatiga de viga de muestras de mezcla asfáltica a 500 y 750 microstrain. Todas las pruebas se realizaron a 15 °C.**

	ECP		ELP	
	500 µε	750 µε	500 µε	750 µε
Composición de mezcla asfáltica	Nr*	Nr*	Nr*	Nr*
Materiales vírgenes 100 % / PG64-28	221 975	22 767	194 936	15 987
Materiales vírgenes 100 % / PG58-28	206 455	39 000	159 923	24 225
50 % PAR / PG58-28	103 857	29 623	149 169	22 620
50 % PAR / PG58-28/ Composición B al 9 % (p/p aglutinante envejecido)	374 952	68 402	458 291	55 125
*Nr = Número de ciclos hasta rotura				

Agrietamiento a baja temperatura

5 **[0075]** Para evaluar el efecto de las Composiciones A y B en el agrietamiento a baja temperatura de las mezclas de PAR al 50 % en comparación con la mezcla control virgen, se analizó cada mezcla en el dispositivo de prueba de muestra restringida de tensión térmica (TSRST, por sus siglas en inglés) según la norma AASHTO TP10-93 (7).

10 **[0076]** En la prueba TSRST, la muestra de asfalto se enfría a una velocidad constante de (-10 °C/hora) mientras se mantuvo constante su longitud original mediante el dispositivo TSRST. A medida que la muestra se enfría, intenta contraerse, pero no puede, lo que provoca la acumulación de tensión térmica. Finalmente, la tensión térmica excede la capacidad de resistencia a la tracción de la muestra, provocando la fractura (grieta) de la muestra. Se registra la temperatura a la que se produce esta fractura y se anota como la temperatura baja de agrietamiento de la mezcla.

15 **[0077]** Se fabricaron las muestras de CGS de 185 mm (7,3 in) de alto por 150 mm (5,9 in) de diámetro para cada mezcla. Después se perforó el núcleo de las muestras de TSRST y se cortaron a una altura final de 160 mm de alto (6,3 in) por 54 mm (2,1 in) de diámetro. Las burbujas de aire de las muestras cortadas finales fueron del 7±1 %.

20 **[0078]** La Tabla 9 representa los resultados de las pruebas de TSRST. La adición de Composición A a la mezcla asfáltica de PAR al 50 % mejora la temperatura de agrietamiento de la mezcla asfáltica con respecto a la mezcla asfáltica (MV 100 %) control compuesta por aglutinante PG64-28 o con respecto a la mezcla asfáltica MV 100 % compuesta por aglutinante PG58-28. La mejora mínima es de -2,9 °C y la máxima es de -6,6 °C con respecto a la mezcla asfáltica compuesta por aglutinante PG64-28. La mejora mínima con respecto a la mezcla asfáltica compuesta por aglutinante PG58-28 es de -4,2 °C y la máxima es de -8,1 °C. Estos resultados indican que la Composición A al 9,0 % (p/p aglutinante envejecido) mejora las características de agrietamiento a baja temperatura de mezclas similares compuestas por PAR hasta 50 %.

**Tabla 9. Prueba de muestra restringida de tensión térmica de muestras de mezcla asfáltica**

Composición de mezcla asfáltica	Temperatura en rotura, °C	
	ECP	ELP
Materiales vírgenes 100 % / PG64-28	-22,2	-21,8
Materiales vírgenes 100 % / PG58-28	-24,4	-24,4
50 % PAR / PG58-28	-20,7	--
50 % PAR / PG58-28 (duplicado)	-20,3	-21,3
50 % PAR / PG58-28/ Composición A al 9,0 % (p/p aglutinante envejecido)	-27,0	--
50 % PAR / PG58-28/ Composición B (p/p aglutinante envejecido)	-27,6	-25,9

25 Prueba de agrietamiento reflectante

30 **[0079]** La especificación (Tex-248-F) del Departamento de Transporte de Texas para analizar mezclas bituminosas con el Overlay tester (OT) de Texas (Centro Nacional de Tecnología de Asfalto (NCAT, por sus siglas en inglés) «Efecto del cambio de grado y contenido de aglutinante virgen en las propiedades de la mezcla de PAR - Sinopsis de investigación 12-03», <http://www.ncat.us/files/research-synopses/rap-durability.pdf>, consultado el 15 de julio de 2013) se utilizó para

evaluar la resistencia de las mezclas al agrietamiento reflectante. Las muestras se fabricaron en el CGS y después se recortaron. El nivel de burbujas de aire de las muestras recortadas fue del 7,0±1,0 %.

5 **[0080]** Todas las muestras de este estudio se analizaron con una abertura de junta (desplazamiento) de 0,06 cm (0,025 pulgadas), temperatura de prueba de 15 °C (59 °F), y unos criterios de rotura de 93 % de reducción en la carga medida durante el primer ciclo o 1200 ciclos (lo que ocurra primero). La Tabla 10 muestra los resultados medios de la prueba; se analizaron cuatro muestras por mezcla asfáltica.

**Tabla 10. Agrietamiento reflectante de compuestos asfálticos**

Composición de mezcla asfáltica	Ciclos medios hasta rotura
Materiales vírgenes 100 % / aglutinante PG64-28	13
50 % PAR / PG58-28	22
50 % PAR / PG58-28/ Composición A al 9 % (p/p aglutinante envejecido)	127
50 % PAR / PG58-28/ Composición B al 9 % (p/p aglutinante envejecido)	258

10 **[0081]** Estos datos muestran que la adición de Composición A o B a los compuestos asfálticos mejora drásticamente la resistencia al agrietamiento, con un aumento de los ciclos medios hasta rotura en un orden de magnitud de compuestos asfálticos que comprenden materiales vírgenes o que comprenden PAR al 50 %.

Ejemplo 5

Reducción de la temperatura de trabajo de una mezcla asfáltica

15 **[0082]** Se preparó la Composición B como se indica en el Ejemplo 1. Se prepararon las mezclas asfálticas como se indica en el Ejemplo 4. La mezcla control está compuesta por PAR al 50 %, materiales vírgenes al 50 %, y aglutinante PG64-22 virgen.

20 **[0083]** La evaluación de la trabajabilidad se llevó a cabo utilizando el dispositivo de trabajabilidad del asfalto (AWD, por sus siglas en inglés) diseñado y construido por el Centro de Investigación de Sostenibilidad de Carreteras (HSRC, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Massachusetts Dartmouth. Se registró la temperatura de cada mezcla asfáltica y la fuerza de torsión en una paleta mezcladora mientras que se enfrió la mezcla asfáltica en condiciones ambientales. La diferencia en la fuerza de torsión de dos o más meclas se utilizó como medida de la diferencia en la trabajabilidad entre las mezclas.

25 **[0084]** Se evaluó la trabajabilidad de una mezcla asfáltica de PAR al 50 % y una mezcla asfáltica de PAR al 50 % / Composición B al 1,0 % utilizando el AWD. Los resultados se proporcionan en la Figura 2. La adición de Composición B al 1,0 % (p/p aglutinante total) a la mezcla asfáltica de 50 % PAR / 50 % materiales vírgenes redujo la temperatura de trabajo desde 25 °F (-3,88 °C) a 46 °F (7,77 °C) (con el fin de lograr la misma fuerza de torsión registrada para la mezcla sin aditivo).

Ejemplo 6

Asfalto de mezcla templada con contenido reciclado alto poco convencional preparado por adición de Composición A

30 **[0085]** Brox Industries (Dracut, MA) colocó un camino residencial privado en Wilmington, MA con una mezcla de asfalto de mezcla caliente (AMC) a la que se le había agregado la Composición A.

35 **[0086]** El AMC se produjo en un total de diez lotes, teniendo cada lote un peso total de 3 toneladas. Los lotes se mantuvieron deliberadamente por debajo de la capacidad de volumen de la planta para garantizar la mezcla completa de los componentes y para garantizar que no se superaran las capacidades de fuerza de mezcla de la planta dado el alto contenido reciclado.

**[0087]** La mezcla asfáltica base comprendía materiales vírgenes al 55 % y contenido reciclado al 45 %. El contenido reciclado estaba compuesto por PAR al 90 % en peso con TAR al 10 % en peso, suministrando Brox Industries tanto el PAR como el TAR. El contenido de aglutinante envejecido de la mezcla de PAR/TAR 90/10 fue de aproximadamente 6,5 %, del cual el 4,7 % deriva del PAR y el 1,8 % del TAR.

40 **[0088]** El contenido de PAR/TAR mezclado proporcionó aproximadamente 174 lb (78,92 kg) de aglutinante envejecido en cada lote de mezcla asfáltica de 3 toneladas. Se añadió aglutinante asfáltico virgen a 174 lb (78,92 kg) por lote de 3 toneladas, dando lugar a un contenido de aglutinante total de aproximadamente el 5,8 % en la mezcla asfáltica. Se añadió la Composición A al mismo tiempo que el aglutinante virgen en la mezcla asfáltica en una cantidad igual al 8 % en peso del aglutinante envejecido, o aproximadamente 141 lb (63,95 kg) por lote de 3 toneladas.

5 **[0089]** Los lotes de pavimento se transportaron en dos camiones desde la instalación de producción hasta el lugar de pavimentación, una distancia de aproximadamente 16 millas (25,74 km). La temperatura del aire estaba por debajo del punto de congelación, una temperatura convencionalmente considerada demasiado fría para colocar el pavimento porque la mezcla asfáltica se enfría tan rápido que resulta inviable. El pavimento de la calzada se colocó sobre suelo preparado, en dos secciones unidas a lo largo de la calzada, y hasta una profundidad de pavimento compactado de 2 in (5,08 cm) utilizando procedimientos estándar. Las 30 toneladas de mezcla asfáltica se colocaron y se compactaron sin perjuicio o complicaciones por las temperaturas por debajo del punto de congelación.

**[0090]** La calzada se utilizó durante los 10 meses posteriores a la colocación, incluido el invierno de 2013-14, sin ahuellamiento, socavones, grietas, fisuras, separación de componentes u otros daños por agua observables.

10 Ejemplo 7

A. Composición A como aditivo de mezcla templada en la parte superior modificada

15 **[0091]** Ted Ondrick Company colocó una «parte superior modificada Massachusetts 0,5» en una parte dañada de Pine Street en Springfield, MA. La mezcla asfáltica estaba compuesta por PAR al 10 % y materiales vírgenes al 90 %. La mezcla asfáltica se preparó con aglutinante virgen PG64-22 y Composición A al 0,5 % (p/p aglutinante total). Se colocaron un total 21 toneladas de mezcla asfáltica.

B. Composición A como aditivo de mezcla templada en la parte superior modificada

20 **[0092]** Los servicios de pavimento de EE. UU. colocaron una «mezcla de Superpave de 9,5 mm» encima de una parte dañada de la calzada del Centro de Reciclaje ubicada en 169 Great Plain Avenue, Wellesley, MA. Sobre una base por tonelada, la mezcla asfáltica consistía en 660 lb (299,37 kg) 3/8 pulgadas de piedra, 659 lb (298,91 kg) de arena de piedra, 500 lb (226,79 kg) de PAR, 100 lb (45,35 kg) de TAR y 81 lb (36,74 kg) de aglomerante asfáltico virgen. El PAR se estimó entre 5 % y 6 % de aglutinante envejecido. El TAR se estimó en 24,3 % de contenido de aglutinante envejecido. La recuperación de aglutinante asfáltico envejecido de PAR/TAR se estimó en el 70 %, dando lugar a un aglutinante asfáltico estimado total de 120 lb (54,43 kg), o 6 % del peso total. La Composición A se añadió a la mezcla en una cantidad de 3,3 lb (1,49 kg) por tonelada, combinando la Composición A con el TAR dos días antes de la preparación de la mezcla asfáltica. La mezcla asfáltica se preparó con aglutinante PG64-28 virgen. Cuatro cargas de camión de la mezcla se transportaron desde Benevento Companies (Wilmington, MA) hasta el lugar de pavimentación, una distancia de aproximadamente 28 millas (45,06 km). Las temperaturas de carga en la planta de mezclado fueron de 250 °F (121,11 °C), 260 °F (126,66 °C), 275 °F (135 °C) y 275 °F (135 °C) para los cuatro camiones. La primera carga de camión de asfalto presentaba una temperatura de entre 210 °F (98,88 °C) y 220 °F (104,44 °C) en el momento de la llegada al lugar de pavimentación. Toda la mezcla asfáltica se colocó y se compactó sin perjuicio o complicaciones por la baja temperatura de la mezcla.

Ejemplo 8

Agentes endurecedores alternativos

35 **[0093]** Composiciones de aditivo que constaban de agente endurecedor al 1 % y aceite de linaza al 99 % o agente endurecedor al 5 % y aceite de linaza al 95 % se prepararon de forma similar a los métodos de preparación de la Composición A en el Ejemplo 1, utilizando ácido benzoico, ácido ftálico, ácido cinámico y ácido cítrico como agente endurecedor.

40 **[0094]** Cada composición de aditivo se combinó con aglutinante asfáltico PG64-22 a un nivel del 1 % de la composición y PG64-22 al 99 %. El PG64-22 se calentó primero en un horno a 120 °C hasta que resultó fluido en un bote metálico de 4 oz (11,82 cl) de profundidad. La cantidad de aditivo medida se añadió al aglutinante fluido y se mezcló la muestra a mano hasta que resultó uniforme. Se mezclaron las muestras un mínimo de tres veces con recalentamiento entre cada mezclado.

45 **[0095]** Las muestras para utilizarse en la determinación de la profundidad de penetración se dejaron en los botes de 4 oz (11,82 cl) y se colocaron en un horno a 120 °C durante 60 minutos hasta que la mezcla de aglutinante resultó fluida, después se dejó que las muestras se enfriaran durante 150 minutos. Se determinó la profundidad de penetración utilizando un penetrómetro universal de Humboldt Manufacturing Company, modelo H-1200, provisto de un peso de 50 g y una aguja H-1280 (acero inoxidable endurecido estándar, 40-45 mm de longitud, 2,5 g). A continuación, se analizaron las muestras utilizando procedimientos estándar a 25 °C.

50 **[0096]** Después de medir la profundidad de penetración, se preparó una muestra de fluido templada para el Reómetro de Corte Dinámico (RCD) calentando la mezcla de aglutinante asfáltico, vertiendo una muestra en un molde de silicona, calentando la muestra en el molde a 120 °C durante 30-40 minutos, y después enfriándola a temperatura ambiente durante 30-40 minutos. Se llevó a cabo el RCD utilizando métodos estándar en un AR2000ex de TA Instruments, y el G\*/sin δ resultante como una función de temperatura se utilizó para determinar la temperatura de rotura teórica.

[0097] La Tabla 11 muestra los resultados de temperaturas de rotura y profundidades de penetración para las mezclas de aglutinante asfáltico.

**Tabla 11. Temperaturas de rotura y profundidad de penetración para aglutinantes asfálticos mezclados. Composiciones que constan de agente endurecedor al 1 % o 5 % y con portadores de aceite de linaza como equilibrio de la composición. Se añadieron composiciones de aglutinante asfáltico final al 1 % y mezcla de composición.**

Aglutinante	Agente endurecedor	Temperatura de rotura (°C) de RCD	Profundidad de penetración (1/10 mm)
PG64-28	(sin aditivo)	no determinada	46
PG64-22	(sin aditivo)	68,61	43
PG64-22	ácido salicílico al 1 %	67	57
PG64-22	ácido salicílico al 5%	59,12	129,7
PG64-22	ácido benzoico al 1 %	68,05	60,8
PG64-22	ácido benzoico al 5%	59,77	132,3
PG64-22	ácido ftálico al 1 %	67,95	50,7
PG64-22	ácido ftálico al 5%	60,05	132,7
PG64-22	ácido cinámico al 1 %	67,83	58,3
PG64-22	ácido cinámico al 5%	59,65	120,3
PG64-22	ácido cítrico al 1 %	67,64	55
PG64-22	ácido cítrico al 5%	59,91	120,2

[0098] Las composiciones de aditivo de la Tabla 11 ablandan el aglutinante PG64-22, según se determina por la reducción de la temperatura de rotura y una mayor profundidad de penetración.

10 Ejemplo 9

Agentes endurecedores enmascarados alternativos

[0099] Composiciones de aditivo que constaban de ácido salicílico al 2%, agente endurecedor enmascarado al 0,5 % y aceite de linaza al 97,5 % se prepararon de forma similar a los métodos de preparación de la Composición B en el Ejemplo 1, utilizando salicilato de etilo o salicilato de *n*-hexilo como agente endurecedor enmascarado. Cada composición se combinó con aglutinante asfáltico PG64-22 a un nivel del 1 % de la composición y PG64-22 al 99 %, y se formó en muestras según se describe en el Ejemplo 8. La temperatura de rotura teórica del RCD y la profundidad de penetración se determinaron según se describe en el Ejemplo 8 y los resultados se proporcionan en la Tabla 12.

**Tabla 12. Temperaturas de rotura y profundidad de penetración para aglutinantes asfálticos mezclados. Composiciones que constan de ácido salicílico al 2%, agente enmascarado al 0,5 % y aceite de linaza al 97,5 %, y se añaden al 1 % del aglutinante asfáltico final y mezcla de composición.**

Aglutinante asfáltico virgen	Agente enmascarado en la composición	Temperatura de rotura (°C) de RCD	Profundidad de penetración (1/10 mm)
PG64-22 GATX 211076	(sin aditivo)	67,54	84
PG64-22 GATX 211076	Salicilato de metilo (Composición B)	66,19 (-1,35)	89,8
PG64-22 GATX 211076	Salicilato de etilo	65,34 (-2,2)	95,8
PG64-22 GATX 211076	Salicilato de <i>n</i> -Hexilo	65,83 (-1,71)	92,5

**[0100]** Las composiciones de aditivo de la Tabla 12 ablandan el aglutinante, según se determina por la reducción de la temperatura de rotura y una mayor profundidad de penetración. No se observa una diferencia significativa entre el salicilato de metilo, el salicilato de etilo o el salicilato de n-hexilo como agente enmascarado en las composiciones en el nivel analizado de 1 % de composición de aditivo en el aglutinante asfáltico mezclado.

5 Ejemplo 10

Portadores alternativos

10 **[0101]** Composiciones de aditivo que consistían en ácido salicílico al 1 % y portador al 99 % se prepararon de manera similar a los métodos de preparación de la Composición A en el Ejemplo 1, utilizando aceite de nuez, aceite de soja, aceite de girasol, aceite de ricino y aceite de coco como portador. Cada composición de aditivo se combinó con aglutinante asfáltico PG64-22 a un nivel de aditivo del 1 % y PG64-22 al 99 %, o aditivo al 5 % y PG64-22 al 95 %, y se formó en muestras según se describe en el Ejemplo 8. La temperatura de rotura teórica del RCD y la profundidad de penetración se determinaron según se describe en el Ejemplo 8 y los resultados se proporcionan en la Tabla 13.

Tabla 13. Temperaturas de rotura y profundidad de penetración para aglutinantes asfálticos mezclados. Composiciones que constan de ácido salicílico al 1 % y portador al 99 %, y se añaden al 1 % o 5 % del peso final de la mezcla de asfalto y composición.

Mezcla	Aglutinante asfáltico PG64-22 (g)	Portador de la composición	Tipo de aceite portador	Masa de la composición (g)	Composición en % en peso de mezcla final	Temperatura de rotura (°C) de RCD	Profundidad de penetrómetro (1/10 mm)
PG64-22 (sin mezcla)		(sin aditivo)	--	--	--	67,54	56,5
A	50,5	Aceite de linaza	Secante	0,51	1	63,63	71,5
B	55,09	Aceite de linaza	Secante	2,9	5	69,32	107,7
C	57,01	Aceite de nuez	Secante	0,57	1	62,67	69,7
D	53,55	Aceite de nuez	Secante	2,82	5	68,59	109,3
E	53,56	Aceite de soja	Semisecante	0,54	1	62,06	73,3
F	57,08	Aceite de soja	Semisecante	3	5	--	110,7
G	48,27	Aceite de girasol	Semisecante	0,488	1	65,29	70
H	51,51	Aceite de girasol	Semisecante	2,71	5	70,33	100,7
I	51,07	Aceite de ricino	No secante	0,51	1	64,91	54
J	59,76	Aceite de ricino	No secante	3,14	5	70,49	114,7
K	54,96	Aceite de coco	No secante	0,55	1	63,91	70,7
L	55,76	Aceite de coco	No secante	2,93	5	55,13	87,3

**[0102]** Los aditivos de la Tabla 13 (como un componente al 1 % de una mezcla de aglutinante asfáltico) ablandan el aglutinante, según se determina por la reducción en la temperatura de rotura y una mayor profundidad de penetración.

Ejemplo 11

Portadores y mezclas portadoras alternativos

- 5 **[0103]** Se prepararon composiciones de aditivo como para las composiciones del Ejemplo 1, utilizando aceite de tung (o una mezcla de aceite de tung/aceite de linaza) como portador, ácido salicílico como agente endurecedor y salicilato de metilo como agente endurecedor enmascarado. Cada composición de aditivo se combinó con aglutinante asfáltico PG58-28 a un nivel de aditivo del 1 % y PG58-28 al 99 %, o aditivo al 5 % y PG58-28 al 95 %, y se formó en muestras según se describe en el Ejemplo 8. La temperatura de rotura teórica del RCD y la profundidad de penetración se
- 10 determinaron según se describe en el Ejemplo 8 y los resultados se proporcionan en la Tabla 14.

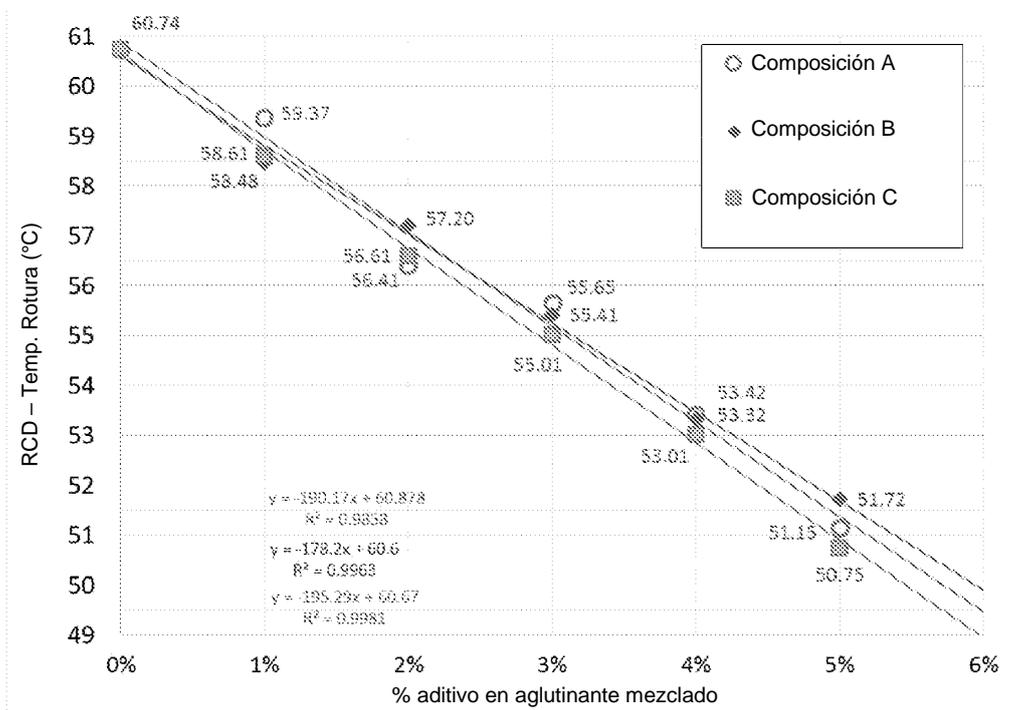
Tabla 14. Temperaturas de rotura y profundidad de penetración para aglutinantes asfálticos mezclados compuestos por aceite de tung y aglutinante asfáltico PG58-28.

Mezcla	Aceite portador	Portador (% en peso de composición)	Ácido salicílico (% en peso de composición)	Salicilato de metilo (% en peso de composición)	Composición en % en peso de mezcla final	Temperatura de rotura (°C) de RCD	Profundidad de penetrometro (1/10 mm)
PG58-28 (sin mezcla)	(ninguno)	(sin mezcla)	(sin aditivo)	--	(sin mezcla)	60,74	115,8
A	Tung	100	(sin aditivo)	--	1	59,07	137,8
B	Tung	100	(sin aditivo)	--	5	53,20	254,7
C	Tung	99	1	--	1	58,67	158,2
D	Tung	99	1	--	5	52,53	297,7
E	Tung	97,5	2	0,5	1	59,06	162,3
F	Tung	97,5	2	0,5	5	53,06	290,7
G	Tung	97,9	2	0,1	1	59,16	134,5
H	Tung	97,9	2	0,1	5	52,54	249,5
I	50 % Tung /50 % Linaza	100	(sin aditivo)	--	5	51,39	296,7
J	50 % Tung /50 % Linaza	99	1	--	5	52,33	290,5
K	50 % Tung /50 % Linaza	97,5	2	0,5	5	51,90	296,5
L	50 % Tung /50 % Linaza	97,9	2	0,1	5	52,34	295,5

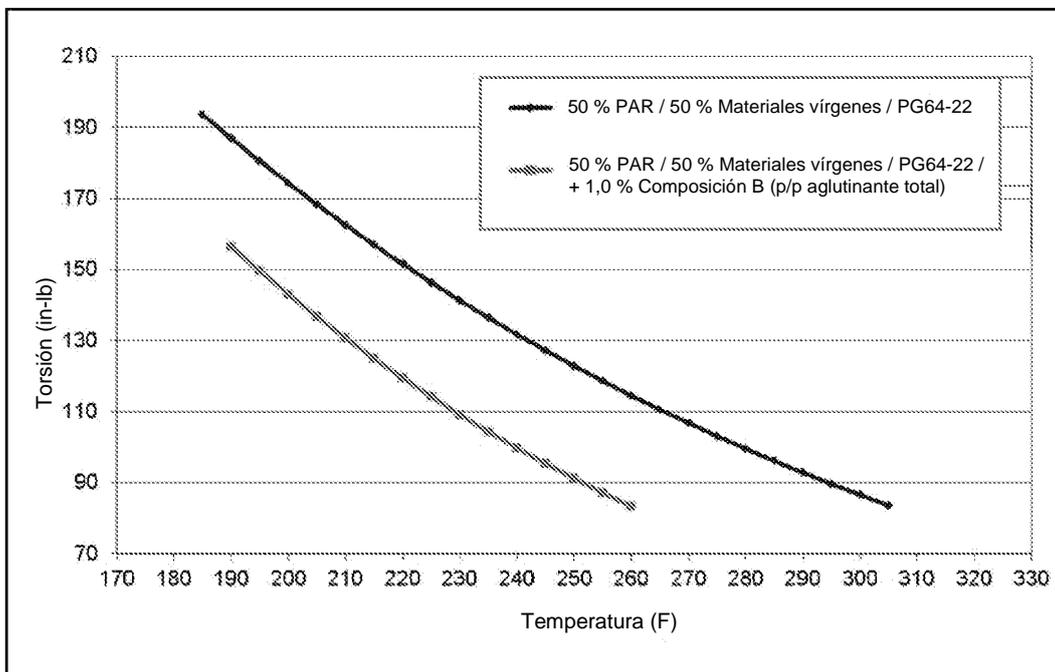
**[0104]** Los aditivos de la Tabla 14 (como un componente al 1 % o al 5 % de una mezcla de aglutinante asfáltico) ablandan el aglutinante.

**REIVINDICACIONES**

1. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico que comprende:
- (a) Una matriz portadora; y
- 5 (b) Un agente seleccionado de entre el grupo consistente en un agente endurecedor y un agente endurecedor enmascarado,
- donde el agente endurecedor se selecciona de entre ácido ascórbico, ácido benzoico, ácido ftálico, ácido cinámico, ácido cítrico, ácido 2-piridina carboxílico y ácido salicílico; el agente endurecedor enmascarado se selecciona de entre salicilato de metilo, de etilo, de isopropilo y de hexilo; y la matriz portadora es un aceite seleccionado de entre aceite de colza, aceite de coco, aceite de linaza, aceite de cártamo, aceite de soja, *tall oil*, aceite de tung, aceites de
- 10 silicona y mezclas de estos.
2. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1, donde el agente es un agente endurecedor.
3. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1, donde el agente es un agente endurecedor enmascarado.
- 15 4. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1, donde el agente comprende tanto un agente endurecedor como un agente endurecedor enmascarado.
5. Composición de aglutinante asfáltico que comprende: (a) un aglutinante asfáltico; y (b) una composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1.
- 20 6. Uso de una composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1 en la preparación de una composición de aglutinante asfáltico.
7. Método para mejorar o reforzar la pavimentación o repavimentación de una mezcla asfáltica en superficies de carretera que comprende la combinación de la composición de aditivo para aglutinante asfáltico de la reivindicación 1 con un aglutinante asfáltico.
8. Método de la reivindicación 7, donde la etapa de combinación comprende la adición de la composición de aditivo para aglutinante asfáltico de la reivindicación 1 directamente a una mezcla asfáltica.
- 25 9. Método de la reivindicación 8, donde la composición de aditivo para aglutinante asfáltico de la reivindicación 1 se añade directamente a una mezcla asfáltica virgen.
10. Método de la reivindicación 8, donde la composición de aditivo para aglutinante asfáltico de la reivindicación 1 se añade directamente a un pavimento asfáltico reciclado (PAR).
- 30 11. Método de la reivindicación 8, donde la adición se realiza a una temperatura inferior a 149 °C (300 °F).
12. Composición de mezcla asfáltica que comprende: (a) un material reciclado seleccionado de entre pavimento asfáltico reutilizado (PAR) y tejas asfálticas recicladas (TAR); y (b) una composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1.
- 35 13. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1, que consta de aceite de linaza al 99 % y ácido salicílico al 1 %.
14. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1, que consta de aceite de linaza al 97,5 %, ácido salicílico al 2 % y salicilato de metilo al 0,5 %.
15. Composición de aditivo para aglutinante asfáltico según la reivindicación 1, que consta de aceite de linaza al 97,9 %, ácido salicílico al 2 % y salicilato de metilo al 0,1 %.



**FIGURA 1.**



**FIGURA 2.**