

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 305**

51 Int. Cl.:

C08L 95/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2015 PCT/US2015/054946**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2016 WO16060958**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2015 E 15851366 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 3207095**

54 Título: **Aglutinantes asfálticos líquidos resistentes al combustible y métodos para su fabricación**

30 Prioridad:

15.10.2014 US 201414515202

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

11.12.2024

73 Titular/es:

**ERGON ASPHALT & EMULSIONS, INC. (100.0%)
2829 Lakeland DriveMirror Lake Plaza, Suite 1502
Flowood, MS 39232, US**

72 Inventor/es:

CORUN, RONALD

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 992 305 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

Aglutinantes asfálticos líquidos resistentes al combustible y métodos para su fabricación

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un aglutinante asfáltico líquido resistente a combustibles. Específicamente, las modalidades de la presente invención se refieren a un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible para mejorar una o más propiedades de una mezcla asfáltica bituminosa que incluyen, pero no se limitan a, trabajabilidad, fluidez, resistencia a la corrosión en presencia de un combustible, y resistencia al agrietamiento por fatiga.

15 Antecedentes de la invención y la técnica

Aparte de las carreteras y los estacionamientos, uno de los usos más importantes del pavimento son las pistas y asfalto de los aeropuertos. Típicamente, el pavimento es de hormigón o de una mezcla asfáltica en caliente (HMA). El pavimento de concreto típicamente se compone de varios cementos de hormigón portland mezclados con agregados y agua. El pavimento de hormigón se vierte en el lugar a temperatura ambiente y se endurece a medida que se seca el hormigón.

20 Un HMA, por otro lado, típicamente se elabora mediante el uso de un aglutinante asfáltico líquido, que es un residuo líquido que queda después de que los destilados de petróleo más ligeros se han eliminado del petróleo crudo durante un proceso de refinación. El aglutinante se mezcla con un árido y se transporta hasta el lugar donde se va a instalar. El proceso de pavimentación de HMA implica colocar un lecho de mezcla asfáltica sobre el lecho de una carretera que se prepara o se aplica una capa delgada sobre una capa de pavimento existente. Luego, el HMA se compacta en condiciones controladas mediante el uso de un rodillo o compactador mientras la mezcla aún está caliente con el fin de lograr una densidad o un contenido de huecos de aire predeterminados.

30 Cuando se usa HMA en los aeropuertos, el combustible para aviones se derrama continuamente sobre el asfalto de las pistas y calles de rodaje mientras los aviones están estacionados, ruedan o esperan autorización. Este derrame puede ocurrir ya sea por expansión térmica del combustible desde el puerto de desbordamiento del tanque de almacenamiento de una aeronave o de un vehículo de reabastecimiento de combustible, o por derrame de combustible durante el reabastecimiento. Al entrar en contacto con la superficie del HMA, el combustible degradará el HMA y éste eventualmente se deteriorará y se desintegrará. Con el tiempo, esto hace que en el pavimento se formen huecos y se agriete bajo el peso de una aeronave y otros equipos. Esto reduce la vida útil de estas superficies, lo que resulta en reemplazo y reparación prematuros, lo que aumenta los costos del ciclo de vida de las pistas y calles de rodaje.

40 Históricamente, este problema se ha resuelto de dos maneras. La primera solución ha sido sustituir el pavimento de HMA por una superficie de hormigón, especialmente en zonas propensas a continuos derrames de combustible. Sin embargo, esta solución tiene el inconveniente de ser más cara que usar HMA y requiere un tiempo de inactividad mucho mayor para completar el trabajo, lo que puede ser perjudicial en aeropuertos concurridos.

45 La segunda solución ha sido sellar la superficie del pavimento HMA mediante el uso de un sellador de alquitrán de hulla que se aplica a la superficie. Sin embargo, el uso de selladores de alquitrán de hulla tiene tres inconvenientes principales. Primero, el alquitrán de hulla tiene un coeficiente de expansión diferente al de un pavimento asfáltico a base de petróleo. Esto puede provocar graves grietas en el sellador y roturas en la capa resistente al combustible. Estas grietas pueden permitir que los derrames de combustible penetren en el pavimento, lo que provoca un mayor deterioro del HMA subyacente. Por lo tanto, es necesario volver a aplicar el sellador de alquitrán de hulla cada dos o tres años para mantener la resistencia al combustible. En segundo lugar, los selladores de alquitrán de hulla se clasifican como materiales cancerígenos. La aplicación de selladores de alquitrán de hulla en pavimentos HMA introduce material cancerígeno en el material del pavimento, que a menudo se recicla y se usa nuevamente en operaciones de repavimentación. Si no se maneja adecuadamente, los trabajadores pueden quedar expuestos a los vapores de alquitrán de hulla. En tercer lugar, el recubrimiento se debe adherir a la superficie del HMA y existe la posibilidad de que agua y otros materiales extraños se filtren a través de las grietas del recubrimiento hacia la unión entre el recubrimiento y la superficie. Estos materiales extraños pueden comprometer la capacidad del recubrimiento para que se unan con la superficie, lo que puede empeorar por congelación y/o acción mecánica en la unión. Este problema se ve agravado aún más en los aeropuertos por el peso de las grandes aeronaves en la superficie.

60 Uno de los avances más recientes en la industria del HMA ha sido el desarrollo de aglutinantes asfálticos modificados con polímeros. Los aglutinantes asfálticos modificados con polímeros se pueden usar para fabricar HMA con mayor resistencia a la deformación permanente, la fatiga reflectante y el agrietamiento térmico. Desafortunadamente, el derrame de combustible de aviones que ablanda los HMA estándar también ablandará los asfaltos modificados con polímeros que comúnmente se usan, lo que resultará en una disminución de la integridad (estabilidad) del asfalto. Por lo tanto, si bien disfrutan de algunos beneficios sobre las formulaciones tradicionales de HMA, los asfaltos modificados con polímeros aún requieren la aplicación de selladores de alquitrán de hulla para resistir los derrames de combustible.

Se han realizado esfuerzos para aumentar la resistencia al combustible mediante el uso de recubrimiento para HMA. Patente de Estados Unidos Núm. 5,010,129 proporciona un ejemplo de dicho recubrimiento resistente al combustible. Sin embargo, los recubrimientos son problemáticos porque la adherencia del recubrimiento a la superficie HMA se deteriorará con el tiempo, lo que puede provocar grietas. Estas grietas pueden permitir que los derrames de combustible penetren en el pavimento, lo que provoca un mayor deterioro del HMA debajo

Como tal, existe la necesidad de un HMA que resista el deterioro por exposición a sustancias corrosivas, tales como combustible y fluido hidráulico, en particular combustible para aviones, y que tenga una mayor longevidad que un pavimento HMA estándar o un pavimento asfáltico que tenga un recubrimiento resistente al combustible. El HMA debe resistir el deterioro sin requerir la aplicación de alquitrán de hulla y soportar el alto peso de aeronaves y vehículos comerciales sin ahuellamientos ni fallas.

Breve resumen de la invención

Algunas modalidades están dirigidas a un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que incluye una base de aglutinante asfáltico líquido que tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso, estireno-butadieno-estireno que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso, acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso, y una composición de derivados de aminas grasas que tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso.

En algunas modalidades, el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso al 4 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,45 % en peso a 0,55 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente a combustibles.

En algunas modalidades, el aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible tiene una diferencia de temperatura máxima ASTM D7173 menor o igual a 40 °F mediante el uso de un aparato de anillo y bola ASTM D36. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene un grado de rendimiento mínimo de PG 82-22. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una recuperación elástica ASTM D6084 a 25 °C mayor o igual al 85 %.

Algunas modalidades están dirigidas a una mezcla asfáltica bituminosa que incluye un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que incluye una base de aglutinante asfáltico líquido que tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso, estireno-butadieno-estireno que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso, acetato de etilvinilo con alto contenido en acetato que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso, y una composición de derivados de aminas grasas que tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso. La mezcla asfáltica bituminosa también incluye huecos de aire y un agregado.

En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una concentración en el intervalo de 4 % en peso al 9 % en peso en la mezcla asfáltica bituminosa. En algunas modalidades, los huecos de aire tienen una concentración en el intervalo de 2 % en vol. a 3 % en vol. en la mezcla asfáltica bituminosa.

En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa tiene una pérdida de peso por inmersión en combustible de menos del 2,5 % cuando se mide de acuerdo con las especificaciones de prueba FAA p-601.

Algunas modalidades se dirigen a un método para fabricar un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, el método incluye mezclar una base de aglutinante asfáltico líquido y estireno-butadieno-estireno en un mezclador de alto cizallamiento, de esta manera se forma una primera mezcla, al agregar al menos un agente reticulante a la primera mezcla, se cura la primera mezcla, se mezcla la primera mezcla con acetato de etilvinilo con alto contenido en acetato en un mezclador de alto cizallamiento, de esta manera se forma una segunda mezcla, y se mezcla una composición de derivados de aminas grasas con la segunda mezcla, de esta manera se forma el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. Cuando la base del aglutinante asfáltico líquido tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo del 2 % en peso al 5 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, y la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible.

En algunas modalidades, el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso al 4 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso en el aglutinante

asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,45 % en peso a 0,55 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente a combustibles.

5 Algunas modalidades se dirigen a un método para preparar una mezcla asfáltica bituminosa, el método incluye mezclar una base de aglutinante asfáltico líquido y estireno-butadieno-estireno en un mezclador de alto cizallamiento, de esta manera se forma una primera mezcla, al agregar al menos un agente de reticulación a la primera mezcla, se cura la primera mezcla, se mezcla la primera mezcla con acetato de etilvinilo con alto contenido en acetato en un mezclador de alto cizallamiento, de esta manera se forma una segunda mezcla, se mezcla una composición de derivados de aminas grasas con la segunda mezcla, de esta manera se forma un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, y se mezcla el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible con un agregado. Cuando la base del aglutinante asfáltico líquido tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo del 2 % en peso al 5 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, y la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible.

20 En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una concentración en el intervalo de 4 % en peso al 9 % en peso en la mezcla asfáltica bituminosa. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa incluye vacíos de aire que tienen una concentración en el intervalo de 2 % en vol. a 3 % en vol. en la mezcla asfáltica bituminosa.

25 Breve descripción de los dibujos/figuras

La descripción se entenderá fácilmente mediante la siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos, donde números de referencia similares designan elementos estructurales similares, y en los cuales:

30 La Figura 1 es un gráfico que compara la rigidez de diferentes asfaltos resistentes al combustible, que incluyen dos asfaltos resistentes al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención.
La Figura 2 es un gráfico que compara la mancha vertical después de 10 000 ciclos de carga para diferentes asfaltos resistentes al combustible, que incluyen dos asfaltos resistentes al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención.
35 La Figura 3 es un gráfico que compara el potencial de ahuellamientos para diferentes asfaltos resistentes al combustible, que incluyen dos asfaltos resistentes al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención.
La Figura 4 es un gráfico que compara la fatiga por flexión para diferentes asfaltos resistentes al combustible, que incluyen dos asfaltos resistentes al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención.
40 La Figura 5 es un gráfico que compara la vida de fatiga de diferentes asfaltos resistentes al combustible, que incluyen dos asfaltos resistentes al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

45 La presente invención se describirá ahora en detalle con referencia a modalidades de esta manera se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que se usan números de referencia similares para indicar elementos idénticos o funcionalmente similares. Las referencias a "una modalidad", "la modalidad", "una modalidad ilustrativa", etc., indican que la modalidad descrita puede incluir un rasgo, estructura o característica particular, pero cada modalidad no necesariamente puede incluir el rasgo, estructura, o característica. Además, tales frases no se refieren necesariamente a la misma modalidad. Además, cuando se describe un rasgo, estructura o característica particular en relación con una modalidad, se afirma que está dentro del conocimiento de un experto en la técnica afectar dicho rasgo, estructura o característica en conexión con otras modalidades, ya sea o no se describe explícitamente.

55 Los siguientes ejemplos son ilustrativos, pero no limitantes, de la presente invención. Otras modificaciones y adaptaciones adecuadas de la variedad de condiciones y parámetros que normalmente se encuentran en el campo, y que serían evidentes para los expertos en la técnica, están dentro del espíritu y alcance de la invención.

Algunas modalidades se refieren a un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que incluye una composición de derivados de aminas grasas. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible también puede incluir estireno-butadieno-estireno (SBS). En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible también puede incluir acetato de etilvinilo (EVA) con alto contenido de acetato. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible puede incluir una composición de derivados de aminas grasas, SBS y EVA. El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se puede usar para crear una mezcla asfáltica en caliente (HMA) (es decir, una mezcla asfáltica bituminosa) que resiste la corrosión en presencia de un combustible, que incluye el combustible para aeronaves y el aceite hidráulico. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se puede mezclar con un agregado para producir

ES 2 992 305 T3

una mezcla asfáltica en caliente que tiene un % en vol. de vacíos de aire dentro de un intervalo predeterminado. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible y el asfalto resultante se preparan de acuerdo con los requisitos contenidos en la especificación de asfalto p-601 de la Administración Federal de Aviación (FAA) y mediante el uso de los materiales que se discuten en la presente descripción.

La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y la Asociación Americana de Funcionarios estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) han desarrollado especificaciones estándar para asfaltos de distintos grados de rendimiento (PG), y las normas citadas en esta descripción se incorporan como referencia en su totalidad. La especificación HMA estándar resistente al combustible de la FAA es el elemento P-601 que se encuentra en AC 150/5370-10G, que se titula "Estándares para Especificar la Construcción de Aeropuertos". El elemento de especificación P-601 hace referencia a las normas ASTM y AASHTO para proporcionar criterios de diseño de mezcla asfáltica resistente al combustible para su uso en aplicaciones aeroportuarias.

Típicamente se han usado cuatro métodos básicos diferentes en el diseño de una mezcla HMA: el método Marshall, el método Hveem, el método Superpave y el Método del Programa de Investigación de Carreteras Estratégicas (SHRP). El HMA de acuerdo con una modalidad de la presente invención se puede diseñar mediante el uso de cualquiera de los métodos anteriores. Preferentemente, el HMA que se analiza en la presente descripción se diseña mediante el uso del método Marshall. La Tabla 1 detalla algunos criterios de diseño relacionados con el método Marshall.

Tabla 1: criterios de diseño del método Marshall

Propiedades de prueba	Todas las aeronaves
Número de golpes	50
Estabilidad, libras - min.	2150
Vacíos de aire (%) *	2,5 % +/- 0,2
% VMA - min*	14
% de pérdida de peso por inmersión en combustible - máx. (que se prueba de acuerdo con el Informe de Ingeniería de la FAA (FRXXX)) **	1,5
* si la absorción de agua de los agregados combinados en la mezcla excede el 1,7 % (ASTM D127 y D128), entonces la mezcla se debe envejecer a corto plazo de acuerdo con AASHTO R 30, Sec. 7.2. El material envejecido a corto plazo se usará luego para los especímenes Marshall y la prueba de gravedad específica máxima (ASTM D2041). ** este criterio representa el grado en que un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible resiste la corrosión debido al combustible para aviones.	

La pérdida de peso por inmersión en combustible en la tabla 1 se puede determinar mediante el uso del siguiente procedimiento. (1) preparar tres muestras de prueba de acuerdo con los requisitos de diseño de mezcla de P-601 con un contenido óptimo de aglutinante y un intervalo que se desea de vacíos de aire, por ejemplo, 4 % en vol. \pm 0,4 vacíos de aire. (2) evaluar cada muestra para determinar su porcentaje de Vacíos de aire. Si el porcentaje de vacíos de aire no cumple con los criterios de diseño que se especifican, el espécimen se descarta y se reemplaza. (3) secar cada muestra bajo un ventilador a temperatura ambiente (68 °F - 80 °F) durante un período de al menos 24 horas. (4) sumergir completamente cada muestra en un baño de queroseno a temperatura ambiente (68 °F - 80 °F) durante un período de 2 minutos \pm 30 segundos. El queroseno que se usa en el baño de queroseno debe cumplir con los requisitos de la Especificación Federal de los Estados Unidos VV-K-211, queroseno, que se incluye en la presente descripción como referencia en su totalidad. Se ha descubierto que suspender cada muestra con un mosquitero en una lata de pintura de un galón relleno con queroseno para proporcionar resultados satisfactorios. (5) después de la inmersión, retire cada muestra del queroseno e inmediatamente seque la superficie de las muestras mediante el uso de una toalla de papel limpia. (6) después del secado de la superficie, se pesa cada muestra para determinar su peso al 0,1 gramo más cercano. Esto se registra como "peso antes" y se designa como "a". (7) se sumerge nuevamente cada muestra en queroseno durante 24 horas. (8) se retira cada muestra del queroseno, se coloca sobre un paño absorbente o toalla de papel y se seca bajo un ventilador a temperatura ambiente durante 24 horas \pm 10 minutos. (9) se pesa cada muestra nuevamente. Este segundo peso se registra como "peso después de la inmersión" y se designa como "b". (10) se calcula la resistencia al combustible de cada muestra mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de pérdida de peso por inmersión en combustible} = (A - B / A) \times 100$$

En una modalidad, una mezcla asfáltica en caliente resistente al combustible puede incluir dos componentes principales: un agregado y un aglutinante asfáltico líquido. El agregado puede incluir al menos un material particulado grueso, que incluye, pero no se limita a, arena, grava triturada y piedra triturada. En algunas modalidades, el agregado puede tener una gradación específica (es decir, distribución de tamaño). En algunas modalidades, la gradación puede estar dentro de los límites que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: distribución del tamaño de los agregados para una mezcla de HMA de acuerdo con algunas modalidades

Tamaño del tamiz	Mezcla de 12,5 mm *** % de paso en peso
12,5 mm	100
9,5 mm	79 - 99
4,75 mm	58 - 78
2,36 mm	39 - 59
1,18 mm	26 - 46
0,60 mm	19 - 35
0,30 mm	12 - 24
0,15 mm	7 - 17
0,075 mm	3 - 6
	% de aglutinante
Piedra o grava	5,5 – 8,0
Escoria	7,0 – 10,5
*** esta mezcla se puede usar como capa de superficie, el grosor que se recomienda es de 1,5 pulgadas	

20 Cuando el agregado se mezcla con un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, se obtiene una mezcla fluida y moldeable. Esta mezcla formable se llama mezcla asfáltica en caliente (HMA) o mezcla asfáltica bituminosa. El aglutinante asfáltico líquido sirve para mantener unidas las partículas de agregado e influye en la viscosidad, fluidez y trabajabilidad generales de la mezcla asfáltica bituminosa resultante. Primero se compacta y enfría la mezcla asfáltica bituminosa; se puede usar como superficie asfáltica (por ejemplo, un asfalto, una pista de aterrizaje, una autopista, un estacionamiento, etc.). En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se prepara de modo que cumpla con los criterios enumerados en la especificación P-601 de la Administración Federal de Aviación (FAA). Específicamente, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible puede cumplir al menos uno de los siguientes criterios enumerados en la P-601: (i) un grado de desempeño mínimo de PG 82-22 (clasificado de acuerdo con ASTM D6373 o AASHTO M320), (ii) una recuperación elástica mayor o igual al 85 % a 25 °C (que se prueba de acuerdo con ASTM D6084), y (iii) una diferencia de temperatura máxima de 40 °F (4 °C) cuando se prueba mediante el uso de un aparato de anillo y bola ASTM D36 (que se prueba de acuerdo con ASTM D7173). En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible puede cumplir todos los criterios (i) - (iii). En algunas modalidades, el grado de rendimiento del aglutinante asfáltico líquido puede ser las PG 82-22 FR.

35 En una modalidad, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible incluye una base de aglutinante asfáltico líquido y al menos un aditivo. El o los aditivos se pueden usar para alterar la viscosidad, fluidez, trabajabilidad, y/o resistencia a la corrosión de una mezcla asfáltica bituminosa. Los aditivos pueden ser, pero no se limitan a, agentes reticulantes, polímeros, copolímeros y aminas. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido incluye una base de aglutinante asfáltico líquido que tiene una concentración entre 89,3 % en peso y 95,6 % en peso. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido incluye una base de aglutinante asfáltico líquido que tiene una concentración entre 90 % en peso y 95 % en peso. La base del aglutinante asfáltico líquido puede ser un aglutinante asfáltico líquido convencional. Por ejemplo, la base del aglutinante de asfalto líquido puede ser un aglutinante de asfalto líquido convencional de PG 82-22 (es decir, un aglutinante de asfalto líquido sin aditivos que tiene un PG de 82-22).

45 En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible incluye un agente reticulante. El agente reticulante se puede agregar para aumentar la unión de cadenas SBS dentro del aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, lo que aumenta la estabilidad del aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. El agente reticulante puede ser, pero no se limita a, azufre o compuestos que contienen azufre. En algunas modalidades, la concentración de agente reticulante en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 0,05 % en peso y 0,5 % en peso. En algunas modalidades, la concentración de agente reticulante en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 0,10 % en peso y 0,25 % en peso. En algunas modalidades, la concentración de agente reticulante en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible es 0,15 % en peso. En algunas modalidades, la concentración de agente reticulante en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible es 0,20 % en peso.

60 En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible incluye estireno-butadieno-estireno (SBS). Se pueden agregar SBS para mejorar la resistencia a la corrosión del combustible para aviones y del aceite hidráulico. En algunas modalidades, la concentración de SBS en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 2 % en peso y 5 % en peso. En algunas modalidades, la concentración de SBS en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 3 % en peso y 4 % en peso.

65 En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible incluye acetato de etilvinilo (EVA) con alto contenido de acetato. Se puede agregar EVA para mejorar la resistencia a la corrosión del combustible para aviones y del aceite hidráulico. En algunas modalidades, la concentración de EVA en el aglutinante asfáltico líquido

resistente al combustible está entre 2 % en peso y 5 % en peso. En algunas modalidades, la concentración de EVA en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 3 % en peso y 4 % en peso.

En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible incluye una composición de derivados de aminas grasas. La composición de derivados de aminas grasas se puede agregar para mejorar una o más propiedades de una mezcla asfáltica bituminosa, que incluye, pero no se limita a, la trabajabilidad de la mezcla asfáltica bituminosa, la fluidez de la mezcla asfáltica bituminosa, la adherencia del aglutinante asfáltico líquido al agregado dentro de la mezcla asfáltica bituminosa, resistencia a la corrosión en presencia de un combustible y resistencia al agrietamiento por fatiga. La composición de derivados de aminas grasas también puede reducir la cantidad de humos nocivos emitidos durante la producción de una mezcla asfáltica bituminosa y reducir la temperatura de mezcla que se requiere para mezclar el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible con el agregado. Una mejora en la fluidez y trabajabilidad de una mezcla asfáltica bituminosa permite mezclar el aglutinante asfáltico líquido con el agregado a bajas temperaturas. Reducir la temperatura de mezcla disminuye el consumo de energía necesaria para producir un HMA, lo que hace que la producción sea más respetuosa con el medio ambiente. La reducción de los humos nocivos también reduce el impacto medioambiental de la producción del HMA.

En algunas modalidades, la composición de derivados de amina permite que el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se mezcle con el agregado a una temperatura entre 330 °F y 280 °F (en comparación con temperaturas convencionales que oscilan entre 325 °F y 360 °F). En algunas modalidades, la composición de derivados de amina permite que el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se mezcle con el agregado a una temperatura entre 300 °F y 320 °F. En algunas modalidades, la composición de derivados de amina permite que el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se mezcle con el agregado a una temperatura entre 280 °F y 290 °F. En algunas modalidades, la composición de derivados de amina permite que el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se mezcle con el agregado a 285 °F.

En una modalidad, la composición de derivados de amina puede comprender, pero no se limita a, Evotherm[®]M1 que se produce por MeadWestvaco Corporation, 5255 Virginia Avenue, North Charleston, Carolina del Sur. En algunas modalidades, la concentración de la composición de derivados de amina en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 0,4 % en peso y 0,7 % en peso. En algunas modalidades, la concentración de la composición de derivados de amina en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible está entre 0,45 % en peso y 0,55 % en peso.

La adición de Evotherm[®]m1 en un aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible que tiene SBS y EVA produce un aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible que tiene propiedades altamente beneficiosas para su uso en aplicaciones aeroportuarias. La discusión más abajo describe las propiedades de tres asfaltos diferentes resistentes a los combustibles (FR) que se fabrican con diferentes aglutinantes asfálticos líquidos resistentes a los combustibles. Los tres asfaltos FR diferentes se prueban mediante el uso de diversas especificaciones de prueba para evaluar y comparar sus propiedades. Específicamente, se prueban dos asfaltos FR que se fabricaron mediante el uso de un aglutinante de asfalto líquido de acuerdo con una modalidad de la presente invención (FR-E 285F y FR-E 325F) frente a un asfalto de FR Control (FR Control 325F). La comparación entre los asfaltos FR-E y el asfalto de FR Control demuestra la eficacia de un asfalto que se elabora mediante el uso de un aglutinante de asfalto líquido que incluye SBS, EVA y una composición de derivados de aminas grasas de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

"FR Control 325F" o "FR Control" se refiere a muestras de asfalto que se producen mediante el uso de un aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible convencional que tiene una concentración de 3,6 % en peso de SBS y 3,6 % en peso de EVA. Cada muestra de FR Control 325F se mezcló a 325 °F y se compactó a 310 °F. "FR-E 325F" se refiere a muestras de asfalto que se fabrican mediante el uso de un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que tiene una concentración de 3,6 % en peso de SBS, 3,6 % en peso de EVA y 0,5 % en peso de Evotherm[®]M1. Cada muestra de FR-E 325F se mezcló a 325 °F y se compactó a 310 °F. "FR-E 285F" se refiere a muestras de asfalto que se fabrican mediante el uso de un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que tiene una concentración de 3,6 % en peso de SBS, 3,6 % en peso de EVA y 0,5 % en peso de Evotherm[®]M1. Cada muestra de FR-E 285F se mezcló a 285 °F y se compactó a 275 °F.

Las mezclas asfálticas FR que se usan para elaborar todas las muestras se diseñaron de acuerdo con la especificación FAA P-601, excepto que no se usó cal hidratada en las mezclas FR, como se especifica en P601 para su uso como anti-deslizante. En la Tabla 3 se muestran las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica P601 FR que se usa en el estudio. El "diseño del estudio de laboratorio" muestra las propiedades de las muestras que se prueban y el "control" muestra las especificaciones del P-601. Los agregados que se usan en el estudio fueron un granito-gneis proveniente de Tilcon Mt. Canteras de esperanza. Todo el aglutinante asfáltico líquido que se usa en el estudio fue suministrado por Axeon Special Products en Paulsboro, Nueva Jersey. Todas las muestras de prueba, excepto las muestras de prueba que se analizan para determinar la resistencia al combustible, fueron envejecidas en horno (STOA) a corto plazo de acuerdo con AASHTO R30 para simular el envejecimiento oxidativo que generalmente ocurre debido a la producción de la planta y la vida útil inmediata en el campo.

Propiedad	% de Paso	
	Diseño de estudio de laboratorio	Control
Tamaño del Tamiz		
½" (12,5 mm)	100,0	100,0
3/8" (9,5 mm)	96,2	79 – 99
Núm. 4 (4,75 mm)	69,2	58 – 78
Núm. 8 (2,36 mm)	45,0	39 – 59
Núm. 16 (1,18 mm)	33,4	26 – 46
Núm. 30 (0,600 mm)	24,1	19 – 35
Núm. 50 (0,425 mm)	15,3	12 – 24
Núm. 100 (0,15 mm)	8,1	7 – 17
Núm. 200 (0,075 mm)	4,5	3 - 6
Gsb (g/cm³)	2,612	
Gmm (g/cm³)	2,403	
Diseño AV %	2,5	1,8 – 3,2 %
Contenido de Asfalto (%)	7,5	
VMA (%)	17,0	>14 %

Tabla 3: Propiedades granulométricas y volumétricas de los asfaltos FR P-601

El estudio evaluó varias propiedades de los tres asfaltos diferentes (es decir, FR Control 325F, FR-E 325F y FR-E 285F). Las propiedades evaluadas fueron las siguientes. (1) el módulo dinámico se prueba mediante el uso de AASHTO TP79. (2) la resistencia a los ahuellamientos, se prueba con (a) un probador de rendimiento de mezcla asfáltica (AMPT) que se repite con un número de flujo bajo de acuerdo con AASHTO TP79 y con (b) un analizador de pavimento asfáltico (APA) de acuerdo con AASHTO T340. (3) el potencial de agrietamiento por fatiga se prueba mediante el uso de (a) una prueba de viga por flexión de acuerdo con AASHTO T321 y (b) un probador de superposición de acuerdo con TXDOT TEX-248F. (4) El potencial de daño por humedad se prueba mediante el uso de una prueba de seguimiento de rueda de Hamburgo húmeda de acuerdo con AASHTO T324. (5) la resistencia al combustible se prueba de acuerdo con FAA P-601. Los resultados que comparan los tres asfaltos diferentes se analizan más abajo.

Módulo dinámico (AASHTO TP79)

El módulo dinámico de las mezclas asfálticas proporciona una evaluación de las propiedades generales de rigidez de la mezcla asfáltica. Las mezclas asfálticas con mayor rigidez a temperaturas elevadas serán más resistentes a los ahuellamientos a temperaturas más altas. Mientras tanto, las mezclas asfálticas con propiedades de rigidez más bajas a temperaturas intermedias y más bajas generalmente tendrán menos probabilidades de provocar agrietamiento a temperaturas intermedias y bajas.

Los datos del módulo dinámico y del ángulo de fase se midieron y recopilamos en compresión uniaxial mediante el uso de un probador de rendimiento simple (SPT) que sigue el método descrito en AASHTO TP79, "determinación del módulo dinámico y el número de flujo para mezcla asfáltica en caliente (HMA) mediante el uso del probador de rendimiento de mezcla asfáltica (AMPT)." los datos se recogieron a tres temperaturas; 4 °C, 20 °C y 45 °C mediante el uso de frecuencias de carga de 25, 10, 5, 1, 0,5, 0,1 y 0,01 Hz. Los valores de módulo recopilados de las diferentes temperaturas y frecuencias de carga se usaron para desarrollar curvas maestras de rigidez del módulo dinámico y factores de cambio de temperatura mediante el uso de la optimización numérica de las ecuaciones 1 y 2. La temperatura de referencia que se usa para la generación de las curvas maestras y los factores de cambio fue de 20 °C.

$$\log|E^*| = \delta + \frac{(Max - \delta)}{1 + e^{\beta + \gamma \left[\log \omega + \frac{\Delta E_a}{19,14714} \left[\left(\frac{1}{T} \right) - \left(\frac{1}{T_r} \right) \right] \right]}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde:

- |E*| = módulo dinámico, psi
- ω_r = frecuencia reducida, Hz
- Máx = módulo máximo limitante
- δ, β y γ = parámetros de ajuste

$$\log[a(T)] = \frac{\Delta E_a}{19,14714} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_r} \right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

5 donde:

a(T) = factor de desplazamiento a temperatura T

T_r = temperatura de referencia, °K

T = temperatura de prueba, °K

10 ΔE_a = energía de activación (tratada como un parámetro de ajuste)

15 La Figura 1 muestra las curvas maestras de rigidez de las tres mezclas resistentes al combustible. Las curvas maestras de rigidez muestran que la mezcla FR Control 325F es generalmente más rígida que las mezclas FR-E, especialmente en el intervalo de temperatura intermedio. A medida que aumenta la temperatura de prueba (lado izquierdo del gráfico de curva maestra), las tres mezclas convergen, lo que indica que las tres mezclas FR deberían conservar un comportamiento similar a altas temperaturas. En general, parece que ambas mezclas FR-E tenían propiedades de rigidez muy similares, mientras que la mezcla de FR Control era ligeramente más rígida. Como tal, se puede ver que la adición de Evotherm[®]M1 tiene un efecto mínimo sobre la rigidez de las muestras de asfalto, independientemente de la temperatura a la que se mezclaron y compactaron las muestras.

20 Resistencia al ahuellamiento (AASHTO TP79)

25 Se midieron y recogieron pruebas de deformación permanente con carga repetida en compresión uniaxial mediante el uso del probador de rendimiento simple (SPT) siguiendo el método descrito en AASHTO TP79, "determinación del módulo dinámico y el número de flujo para mezcla asfáltica en caliente (HMA) mediante el uso del probador de rendimiento de mezcla asfáltica (AMPT)." las pruebas de carga repetidas ilimitadas se realizaron con una tensión desviatoria de 600 kpa y a una temperatura de prueba de 54 °C, lo que corresponde aproximadamente a la temperatura de pavimento alta de confiabilidad promedio del 50 % de New Jersey a una profundidad de 20 mm de acuerdo con el software LTPPBind 3.1. Estos parámetros de prueba (temperatura y tensión aplicada) se ajustan a las recomendaciones propuestas actualmente en el proyecto NCHRP 9-33, Manual de diseño de mezclas asfálticas en caliente. Las pruebas se realizaron hasta obtener una deformación vertical permanente del 5 % o 10 000 ciclos.

35 Los resultados de la prueba se muestran en la Tabla 4. La Tabla 4 indica que las tres mezclas son resistentes al ahuellamiento. Sólo en un caso un espécimen de prueba alcanzó el flujo terciario (es decir, número de flujo). A modo de comparación, se usó la deformación permanente acumulada a 10 000 ciclos para comparar el comportamiento de los ahuellamientos de las diferentes mezclas. Esto se muestra en la Figura 2. Como se muestra en la figura 2, las muestras FR-E fueron más resistentes al ahuellamiento que las muestras FR-E de control 325F. Ambas mezclas FR-E dieron como resultado deformaciones permanentes muy similares, mientras que la mezcla FR Control 325F resultó en una deformación permanente más alta después de 10 000 ciclos de carga. Las muestras Fr-E 325F y FR-E 285F tuvieron una deformación vertical permanente promedio de 1,63 y 1,47, respectivamente, mientras que las muestras de FR Control 325F tuvieron una deformación vertical permanente promedio de 2,44. Como se muestra en la figura 2, la mezcla asfáltica bituminosa de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención puede tener una deformación vertical de no más de 1,75 cuando se mide de acuerdo con las especificaciones de prueba AASHTO TP79. Aunque todas las mezclas dieron resultados similares en el número de flujo, las mezclas FR-E mostraron una mejor resistencia a los ahuellamientos en el probador de rendimiento de la mezcla asfáltica (AMPT).

50

55

60

65

Tipo de Mezcla	Identificación de la Muestra	Número de Flujo (ciclos)	Ciclo para Alcanzar una Deformación del 5 %	Deformación a 10 000 Ciclos (%)
FR Control	1	>10 000	>10 000	2,59
	2	>10 000	>10 000	2,22
	3	8 820	>10 000	2,50
	Promedio	N.A.	N.A.	2,44
	Desviación Estandar	N.A.	N.A.	0,20
FR-E 325F	1	>10 000	>10 000	1,77
	2	>10 000	>10 000	1,64
	3	>10 000	>10 000	1,48
	Promedio	N.A.	N.A.	1,63
	Desviación Estandar	N.A.	N.A.	0,15
FR-E 285F	1	>10 000	>10 000	1,58
	2	>10 000	>10 000	1,36
	3	>10 000	>10 000	1,47
	Promedio	N.A.	N.A.	1,47
	Desviación Estandar	N.A.	N.A.	0,11
	COV %	N.A.	N.A.	7,72

Tabla 4: Resultados del Ensayo del Número de Flujo de Carga Repetida para Mezclas Asfálticas Resistentes al Combustible

Resistencia al ahuellamiento (AASHTO T340)

Se prueban las mezclas asfálticas compactadas para determinar el potencial de formación de ahuellamientos mediante el uso de un analizador de pavimento asfáltico (APA) de acuerdo con AASHTO T340, "determinación de la susceptibilidad a la formación de ahuellamientos de mezclas de pavimentación asfáltica mediante el uso de un analizador de pavimento asfáltico (APA)." antes de la prueba, las muestras se acondicionaron durante un mínimo de 6 horas a la temperatura de prueba de 64 °C. Las muestras se prueban durante un total de 8000 ciclos mediante el uso de una presión de manguera de 100 psi y una carga de rueda de 100 libras. La formación de ahuellamientos se midió a lo largo de la prueba. Sin embargo, el comportamiento final de los ahuellamientos generalmente sólo se muestra después de que se hayan aplicado 8000 pasadas de carga.

En la Figura 3 se muestran los ahuellamientos del APA para las tres mezclas resistentes al combustible. Los resultados de las pruebas indican que las tres mezclas asfálticas se comportaron de manera extremadamente similar entre sí, como lo indica el valor promedio y la desviación estándar anotados en el gráfico de barras. A partir de la prueba de APA, parecería que las tres mezclas dieron como resultado un ahuellamiento de APA estadísticamente igual entre sí.

Fatiga de la viga por flexión (AASHTO T321)

El ensayo de fatiga de vigas por flexión evalúa las propiedades de iniciación de grietas de una mezcla asfáltica en modo de flexión. Las mezclas que tienen mejores propiedades de fatiga por flexión resistirán el agrietamiento por más tiempo debido a las tensiones resultantes del tráfico (es decir, el tráfico de aviones y automóviles) que "flexiona" el asfalto. Las pruebas de fatiga se realizaron mediante el uso del procedimiento de prueba de fatiga de vigas por flexión descrito en AASHTO T321, "determinación de la vida de fatiga del asfalto de mezcla en caliente (HMA) compactado sujeto a curvado por flexión repetida." los niveles de deformación por tracción aplicados que se usan para la evaluación de la fatiga fueron; 700, 900, 1100, 1300 y 1500 microdeformaciones.

Las muestras que se usan para el ensayo de fatiga de la viga por flexión se compactaron mediante el uso de un compactador vibratorio que se diseña para compactar muestras de ladrillos de 400 mm de largo, 150 mm de ancho y 100 mm de alto. Una vez completada la compactación y el envejecimiento, las muestras se recortaron dentro de las dimensiones y tolerancias recomendadas que se especifican en AASHTO T321 y las condiciones de prueba que se usan fueron las recomendadas por AASHTO T321. Las muestras se prueban a una temperatura de 15 °C. La carga fue un modo de carga controlado por la mancha y se aplicó en forma de onda sinusoidal con una frecuencia de carga de 10 Hz.

Los resultados de las pruebas de fatiga por flexión se muestran en la figura 4. Los resultados de la prueba indican que ambas mezclas FR-E fueron superiores en resistir el inicio del agrietamiento debido a la curvatura por flexión en comparación con la mezcla FR Control 325F. Las muestras FR-E 325F mostraron un rendimiento de fatiga por flexión ligeramente mejor que las muestras FR-E 285F. La Figura 4 muestra que la adición de Evotherm®M1 aumenta la resistencia al agrietamiento de las muestras de asfalto que se fabrican mediante el uso de un aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Evotherm®M1 no sólo aumenta la resistencia al agrietamiento para muestras mezcladas a 325 °F, pero Evotherm®M1 también aumentó la

resistencia a las grietas y al mismo tiempo permitió que el asfalto se mezclara a una temperatura más baja (285 °F para FR-E 285F en lugar de 325 °F para FR Control 325F).

5 Probador de superposición (TxDOT TEX-248F)

El probador de superposición también mide la resistencia de una mezcla asfáltica a la propagación de grietas. Las mezclas que funcionan mejor en el probador de superposición son capaces de resistir mejor una grieta que se propaga a través de la mezcla asfáltica, similar a una grieta que se inicia en la parte inferior de un pavimento asfáltico y se propaga a la superficie del pavimento.

10 Se ha demostrado que el probador de superposición, descrito por Zhou y Scullion (2007), proporciona una excelente correlación con el agrietamiento en campo tanto para pavimentos compuestos (Zhou y Scullion, 2007; Bennert y otros, 2009) así como también para pavimentos flexibles (Zhou y otros, 2007). Los parámetros de preparación y prueba de la muestra siguieron los del TxDot TEX-248F, "prueba de superposición para determinar la resistencia al agrietamiento de HMA." las muestras se analizaron a 25 °C (77 °F). El ancho de la abertura fue de 0,025 pulgadas. El tiempo del ciclo fue de 10 segundos (5 segundos de carga, 5 segundos de descarga). El fallo de una muestra se definió como una reducción del 93 % en su carga inicial.

20 Se probaron cinco muestras de prueba para cada tipo de asfalto (es decir, FR-control 325F, FR-E 325F y FR-E 285F). Se descartaron los valores alto y bajo y los promedios de los tres valores intermedios se muestran en la figura 5. Los resultados de las pruebas indican claramente que ambas mezclas asfálticas hechas con un asfalto líquido resistente al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención (mezclas FR-E) son bastante superiores en resistir la propagación de grietas en comparación con la mezcla 325F de FR Control. Ambas mezclas libres lograron un rendimiento casi idéntico en el probador de superposición. Y la vida de fatiga de las muestras FR-E fue aproximadamente 2,5 veces mayor que la de las muestras FR-control 325F. Como se muestra en la figura 5, la mezcla asfáltica bituminosa de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención tiene una vida de fatiga de al menos 1300 ciclos cuando se mide de acuerdo con las especificaciones de prueba TxDot TEX-248F. Nuevamente, esto muestra la capacidad de Evotherm®MI para aumentar la resistencia del asfalto al agrietamiento y, al mismo tiempo, permitir que el asfalto se mezcle y compacte a temperaturas más bajas.

30 Resistencia a los daños causados por la humedad (seguimiento de rueda de Hamburgo)

35 Los ensayos de huellas de ruedas de Hamburgo húmedas se realizaron de acuerdo con AASHTO T324, "pruebas de huellas de ruedas de Hamburgo de mezcla asfáltica compactada en caliente (HMA)." las muestras de prueba se probaron a una temperatura de prueba de agua de 50 °C y bajo una carga de 158 lb. Carga de ruedas de acero. Las muestras de prueba se cargaron a una velocidad de 52 pasadas por minuto después de un tiempo mínimo de remojo/acondicionamiento de 30 minutos a 50 °C. Se usaron dos índices para comparar las diferentes mezclas/parámetros; 1) número de ciclos para obtener 12,5 mm de ahuellamientos; y 2) número de ciclos para dar como resultado un Punto de Inflexión de Extracción (SIP). El SIP está determinado por la intersección de las pendientes del ahuellamiento primario y secundario que ocurren al trazar el ahuellamiento de Hamburgo vs los ciclos de carga. Se debe señalar que el SIP se usa generalmente como indicación, o comparación de la resistencia al daño por humedad. Mientras tanto, el número de ciclos por cada 12,5 mm de ahuellamiento se usa para comparar tanto la resistencia al ahuellamiento de las mezclas asfálticas, así como también la resistencia general al daño por humedad.

45 Los resultados de la prueba de huella húmeda de Hamburgo mostraron poco o ningún daño acumulado en ninguno de los especímenes de prueba. En general, no se observó ningún punto de inflexión de extracción en ninguna de las mezclas con ahuellamientos a 20 000 ciclos como sigue: para FR Control 325F: ahuellamientos a 20 000 ciclos = 1,5 mm. Para FR-E 325F: ahuellamientos a 20 000 ciclos = 1,51 mm. Para FR-E 285F: ahuellamientos a 20 000 ciclos = 1,19 mm. Los resultados de las pruebas indican que las tres mezclas se comportaron de manera muy similar entre sí y son altamente resistentes al daño por humedad.

50 Resistencia al combustible

55 También se evaluó la resistencia a la corrosión en presencia de un combustible en muestras de prueba compactadas mediante el uso del procedimiento de prueba que se indica en FAA P-601, sección 3.3. En este procedimiento, se usa queroseno como medio "combustible". Las muestras compactadas se colocaron en queroseno durante 24 horas, se secaron con una toalla y luego se secaron al aire durante 24 horas adicionales. La pérdida de masa durante este procedimiento se registra como la diferencia en la masa del espécimen antes y después de la inmersión.

60 Los resultados de las pruebas de resistencia del combustible se muestran en la Tabla 5. Los resultados de la prueba muestran que la adición de Evotherm®M-1 al aglutinante asfáltico resistente al combustible da como resultado una mejor cohesión y una reducción de la pérdida de masa. Ambas mezclas FR-E cumplieron con el requisito P-601 de <2,5 % de pérdida de masa, mientras que la mezcla de FR Control sin Evotherm®M-1 no pudo cumplir con el requisito máximo. La Tabla 5 muestra que Evotherm®M-1 permite que un aglutinante asfáltico líquido que incluye SBS y EVA resista la corrosión en presencia de un medio combustible. Sorprendentemente, se encontró que las muestras FR Control 325F tenían más de 3 veces la cantidad de pérdida de masa en comparación con las muestras FR-E. Esto

indica que la adición del Evotherm[®]M-1 mejora las características de unión del agregado y el aglutinante asfáltico cuando el agregado se mezcla con un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

FR Control					
Identificación de la Muestra	Vacíos de aire de la muestra (%)	Peso en Seco (g)	Peso SSD (g)	Peso después de 24 horas de remojo y 24 horas de secado al aire (g)	Pérdida de Masa (%)
# 1	3,1	3080,9	3101,5	2990,6	3,58
# 2	3,0	3082,1	3096,4	2965	4,24
# 3	3,1	3079,5	3091,2	2944,7	4,74
Promedio	3,1				4,19

FR-E @ 325F					
Identificación de la Muestra	Vacíos de aire de la muestra (%)	Peso en Seco (g)	Peso SSD (g)	Peso después de 24 horas de remojo y 24 horas de secado al aire (g)	Pérdida de Masa (%)
# 1	2,8	3108,5	3115,9	3086,9	0,93
# 2	2,6	3111,6	3121,4	3070,3	1,64
# 3	3,1	3056,9	3072,3	3053,3	0,62
Promedio	2,8				1,06

FR-E @ 285F					
Identificación de la Muestra	Vacíos de aire de la muestra (%)	Peso en Seco (g)	Peso SSD (g)	Peso después de 24 horas de remojo y 24 horas de secado al aire (g)	Pérdida de Masa (%)
# 1	3,1	3058,4	3074,8	3034,5	1,31
# 2	3,0	3061,6	3077,5	3031,3	1,50
# 3	3,3	3057,9	3075,3	3043,5	1,03
Promedio	3,1				1,28

Tabla 5: Resultados de la Prueba de Resistencia al Combustible

Algunas modalidades se refieren a una mezcla asfáltica bituminosa resistente al combustible que se elabora mediante el uso de un aglutinante asfáltico resistente al combustible que incluye una composición de derivados de aminas grasas. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa resistente al combustible incluye un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, huecos de aire y un agregado. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa incluye un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que incluye de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso de base de aglutinante asfáltico líquido, de 2 % en peso a 5 % en peso de estireno-butadieno-estireno, de 2 % en peso a 5 % en peso de contenido de acetato etilvinilo con alto de contenido de acetato, y de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso de una composición de derivados de aminas grasas. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una concentración del 4 % en peso al 9 % en peso en la mezcla asfáltica bituminosa. En algunas modalidades, los vacíos de aire tienen una concentración en el intervalo de 2 % en vol. a 3 % en vol. en la mezcla asfáltica bituminosa, después de la compactación.

En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa tiene una pérdida de peso por inmersión en combustible de menos del 2,5 % cuando se mide de acuerdo con las especificaciones de prueba FAA P-601. Como se muestra en la tabla 5 anterior, la adición de Evotherm[®]M1 en un aglutinante asfáltico líquido que tiene SBS y EVA da como resultado una pérdida de peso significativamente menor debido a la corrosión debida al combustible.

Algunas modalidades se refieren a un método para fabricar un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que incluye mezclar una base de aglutinante asfáltico líquido y estireno-butadieno-estireno (SBS) en un mezclador de alto cizallamiento para formar una primera mezcla. En algunas modalidades, la base del aglutinante asfáltico líquido y el SBS se mezclan en una mezcla de alto cizallamiento a una temperatura entre 375 °F y 425 °F. Después de formar la primera mezcla, se puede añadir un agente reticulante a la primera mezcla. Luego, la primera mezcla se puede curar mediante el uso, por ejemplo, calor y agitación. En algunas modalidades, la primera mezcla se puede curar a una temperatura entre 360 °F y 400 °F mientras se agita mediante el uso de un mezclador de paletas. En algunas modalidades, la primera mezcla se puede curar en el lapso de 1 ½ días. En algunas modalidades, la primera mezcla se puede curar en el lapso de 2 días. Después de curar la primera mezcla, se puede mezclar un acetato de etilvinilo (EVA) con alto contenido de acetato con la primera mezcla en un mezclador de alto cizallamiento para formar una segunda mezcla. En algunas modalidades, la primera mezcla y el EVA se pueden mezclar en un mezclador de alto

cizallamiento a una temperatura entre 360 °F y 400 °F. Luego se puede mezclar una composición de derivados de aminas grasas con la segunda mezcla, de esta manera se forma un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, la segunda mezcla se puede almacenar en un tanque a una temperatura entre 350 °F y 360 °F antes de agregar la composición de derivados de aminas grasas.

5 El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible resultante puede estar compuesto de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso de base de aglutinante asfáltico líquido, 2 % en peso a 5 % en peso de estireno-butadieno-estireno, 2 % en peso a 5 % en peso de acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato y del 0,4 % en peso al 0,7 % en peso de una composición de derivados de aminas grasas. En algunas modalidades, el estireno-butadieno-estireno tiene una
10 concentración en el intervalo de 3 % en peso al 4 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible. En algunas modalidades, la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,45 % en peso a 0,55 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente a combustibles.

15 En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible resultante se puede mezclar con un agregado para formar una mezcla asfáltica bituminosa, que se puede colocar y compactar para formar una superficie asfáltica (por ejemplo, un asfalto, una pista de aterrizaje, una carretera, un estacionamiento, etcétera). Mientras se mezcla el agregado con el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, se pueden introducir vacíos de aire
20 en la mezcla asfáltica bituminosa. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una concentración del 4 % en peso al 9 % en peso en la mezcla asfáltica bituminosa. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una concentración del 6 % en peso al 8 % en peso en la mezcla asfáltica bituminosa. En algunas modalidades, los vacíos de aire pueden tener una concentración de menos del 4 % en vol. en la mezcla asfáltica bituminosa, después de la compactación. En algunas modalidades, los vacíos de aire tienen una concentración en el intervalo de 2 % en vol. a 3 % en vol. en la mezcla asfáltica bituminosa, después de la compactación. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa tiene una deformación vertical de no más de 1,75 medida de acuerdo con las especificaciones de prueba AASHTO TP79. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa tiene una vida de fatiga de al menos 1300 ciclos cuando se mide de acuerdo con las especificaciones de prueba TXDot TEX-248F.

30 En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se puede mezclar con el agregado a una temperatura entre 330 °F y 280 °F. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se puede mezclar con el agregado a una temperatura entre 300 °F y 320 °F. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se puede mezclar con el agregado a una temperatura entre 280 °F y 290 °F. En algunas modalidades, el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible se mezcla con un
35 agregado a 285 °F. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa se puede compactar a una temperatura entre 320 °F y 300 °F. En algunas modalidades, la mezcla asfáltica bituminosa se puede compactar a una temperatura entre 275 °F y 285 °F.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que comprende:
 - 5 una base de aglutinante asfáltico líquido que tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso;
 - estireno-butadieno-estireno que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso;
 - acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso; y
 - 10 una composición de derivados de aminas grasas que tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso.
2. El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso.
3. El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso.
4. El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,45 % en peso a 0,55 % en peso.
5. El aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el aglutinante de asfalto líquido resistente al combustible tiene una diferencia de temperatura máxima ASTM D7173 menor o igual a 40 °F cuando se usa un aparato de anillo y bola ASTM D36.
6. El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene un grado de rendimiento mínimo de las PG 82-22.
7. El aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una recuperación elástica ASTM D6084 a 25 °C mayor o igual al 85 %.
8. Aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que incluye además un agente reticulante.
9. Una mezcla asfáltica bituminosa que comprende:
 - 40 un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible que comprende:
 - una base de aglutinante asfáltico líquido que tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso;
 - estireno-butadieno-estireno que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso;
 - 45 Acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato que tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso; y
 - una composición de derivados de aminas grasas que tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso;
 - 50 vacíos de aire; y
 - un agregado.
10. La mezcla asfáltica bituminosa de acuerdo con la reivindicación 9, en donde:
 - 55 el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible tiene una concentración en el intervalo de 4 % en peso a 9 % en peso;
 - los vacíos de aire tienen una concentración en el intervalo de 2 % en vol. a 3 % en vol.; o
 - la mezcla tiene una pérdida de peso por inmersión en combustible inferior al 2,5 % cuando se mide de acuerdo con las especificaciones de prueba FAA P-601.
11. La mezcla asfáltica bituminosa de cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en donde el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible incluye además un agente reticulante.
12. Un método para fabricar un aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible, el método comprende:

mezclar una base de aglutinante asfáltico líquido y estireno-butadieno-estireno en un mezclador de alto cizallamiento, de esta manera se forma una primera mezcla;
añadir al menos un agente reticulante a la primera mezcla;
curar la primera mezcla;
5 mezclar la primera mezcla con acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato en un mezclador de alto cizallamiento; de esta manera se forma una segunda mezcla; y
mezclar una composición de derivados de aminas grasas con la segunda mezcla, de esta manera se forma el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible;
10 en donde la base de aglutinante asfáltico líquido tiene una concentración en el intervalo de 89,3 % en peso a 95,6 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible; el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible; el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo de 2 % en peso a 5 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible; y la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,4 % en peso a 0,7 % en peso en el aglutinante asfáltico líquido resistente al combustible.

13. El método de la reivindicación 12, en donde:

20 el estireno-butadieno-estireno tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso;
el acetato de etilvinilo con alto contenido de acetato tiene una concentración en el intervalo de 3 % en peso a 4 % en peso; o
la composición de derivados de aminas grasas tiene una concentración en el intervalo de 0,45 % en peso a 0,55 % en peso.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

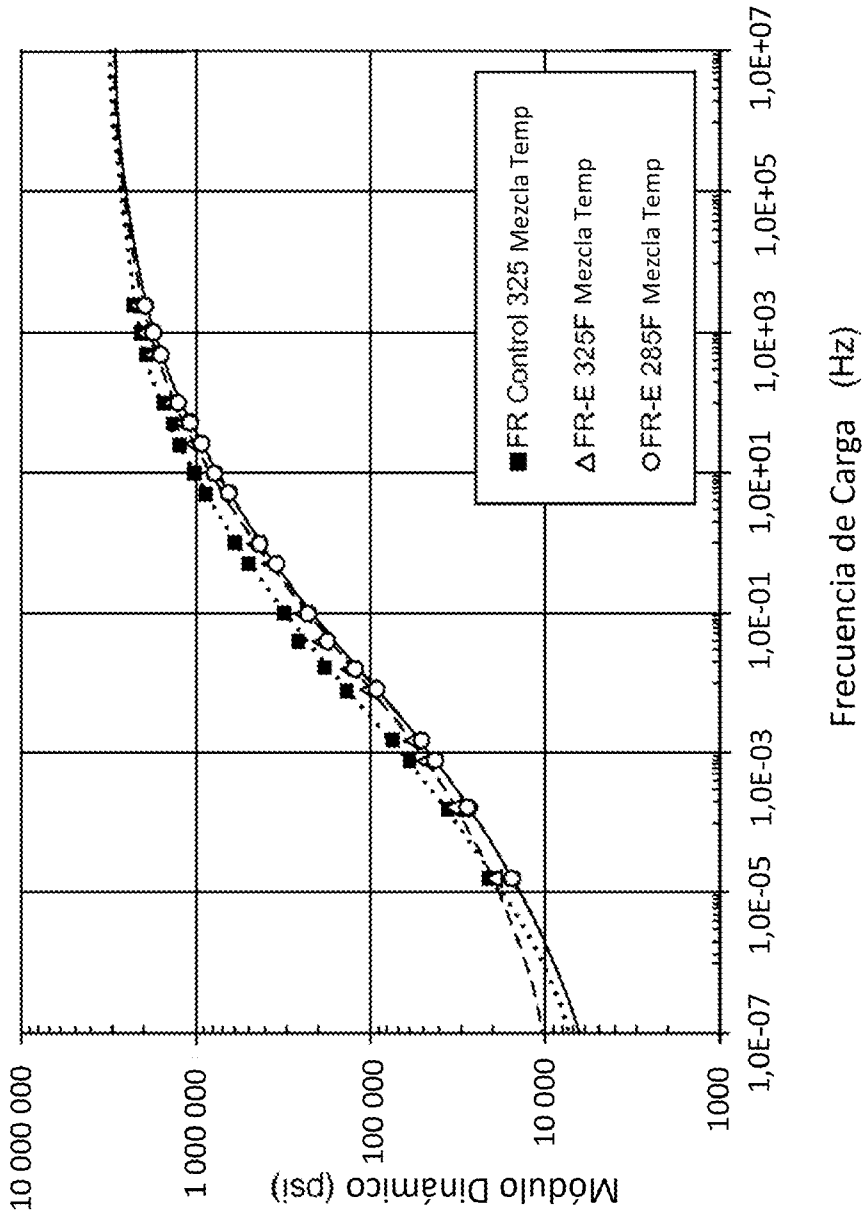


FIGURA 1

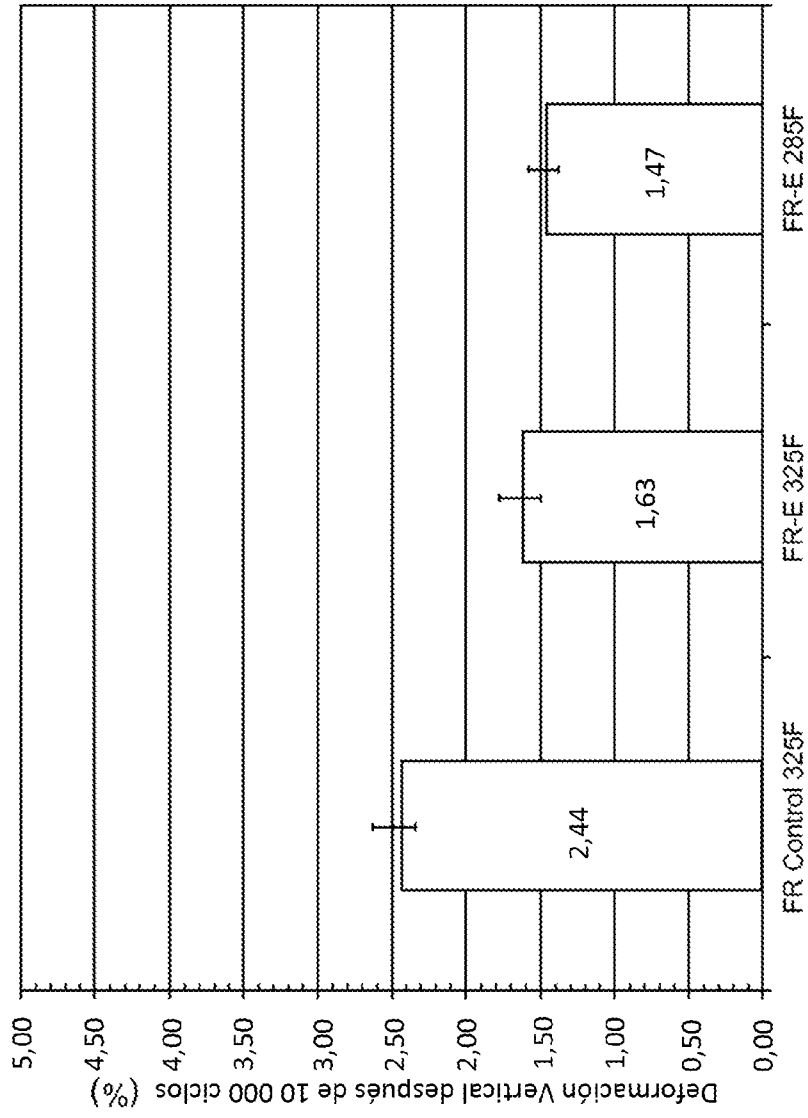


FIGURA 2

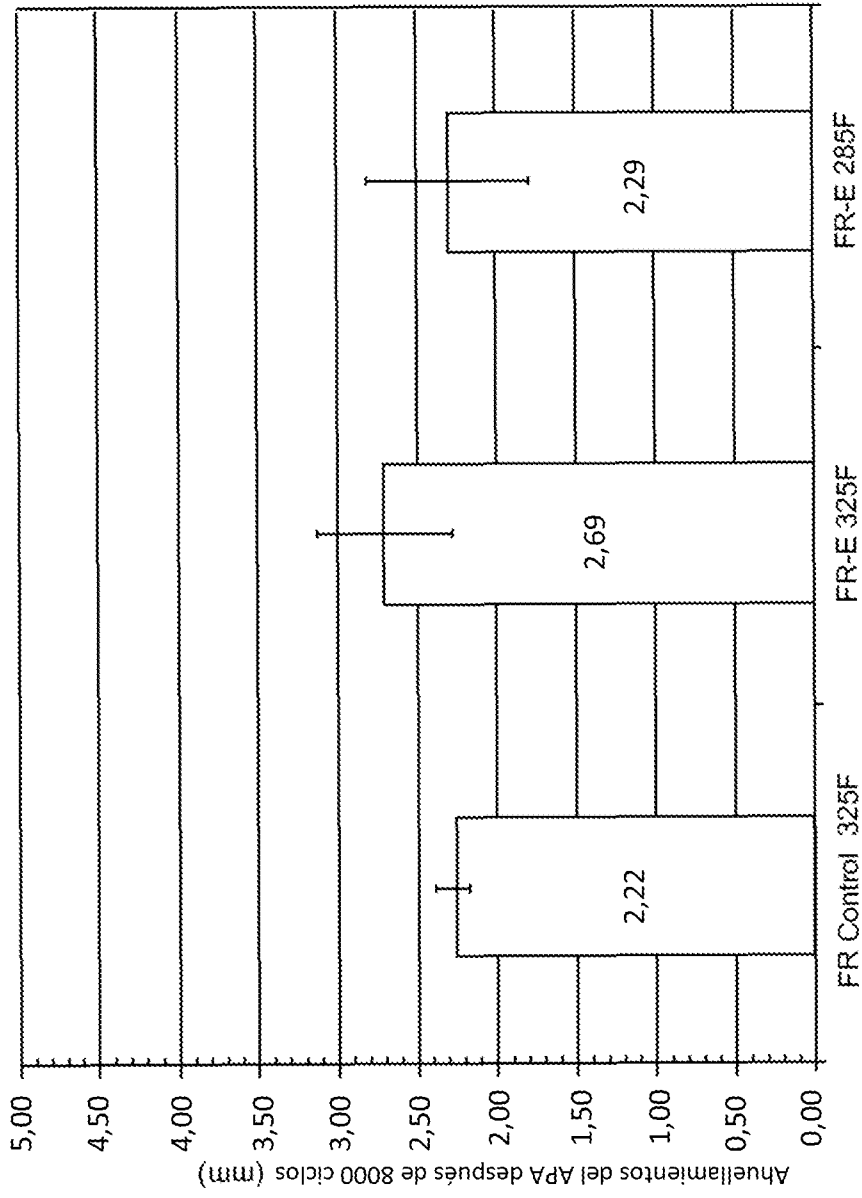


FIGURA 3

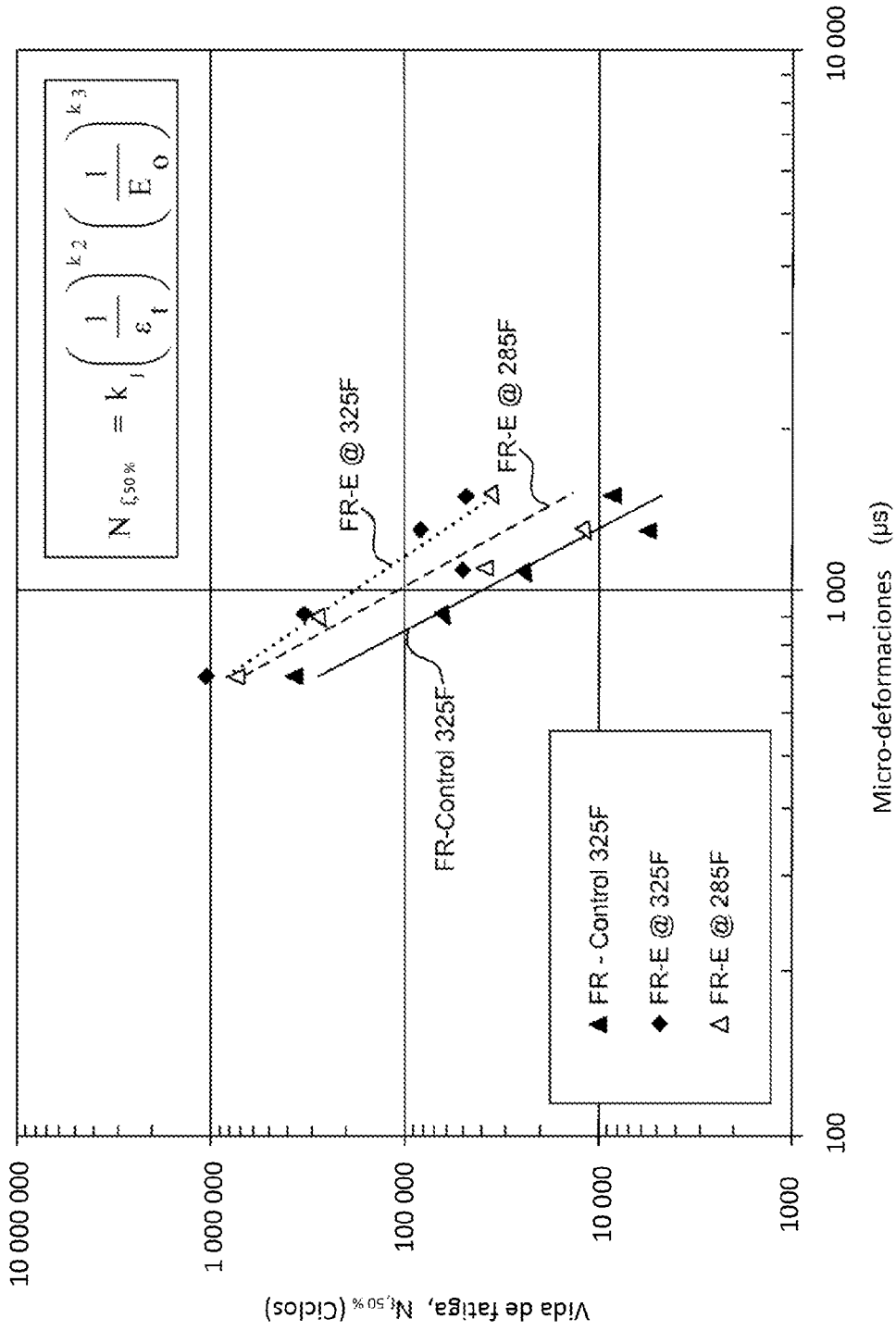


FIGURA 4

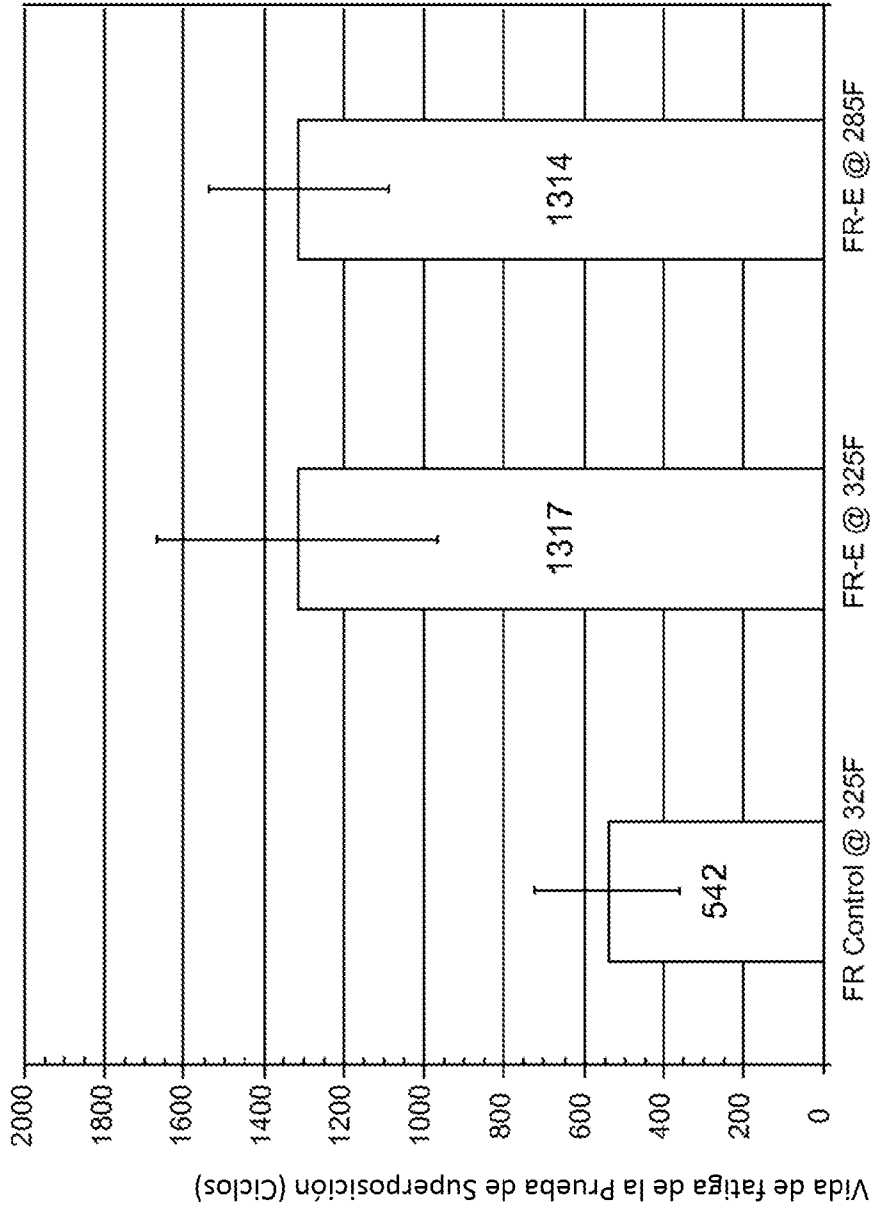


FIGURA 5