

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 702**

51 Int. Cl.:

F16N 15/00 (2006.01)

B61K 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06741451 .6**

96 Fecha de presentación: **04.05.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1880136**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.01.2008**

54 Título: **Barra sólida interconectable modificada**

30 Prioridad:

04.05.2005 US 121462

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

13.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

13.12.2012

73 Titular/es:

L.B. FOSTER RAIL TECHNOLOGIES, CORP.
(100.0%)
4041 Remy Place
Burnaby, BC V5A 4J8 , CA

72 Inventor/es:

HUI, RON

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 392 702 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

Barra sólida interconectable modificada

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una barra de composición sólida interconectable modificada para el uso con superficies de acero que están en contacto por deslizamiento o por rodadura-deslizamiento.

10 Antecedentes de la invención

El control de la fricción y desgaste de componentes mecánicos metálicos que están en contacto por deslizamiento o por rodadura-deslizamiento es de gran importancia en el diseño y operación de muchas máquinas y sistemas mecánicos. Por ejemplo muchos sistemas de transporte de raíl de acero y ruedas de acero, incluyendo sistemas de transporte de mercancías, pasajeros y masas, sufren por la emisión de altos niveles de ruido y un desgaste considerable de los componentes mecánicos, tales como las ruedas, raíles y otros componentes ferroviarios tales como las traviesas. El origen de dicha emisión de ruido y del desgaste de los componentes mecánicos se puede atribuir directamente a las fuerzas de fricción y al comportamiento que se produce entre la rueda y el raíl durante la operación del sistema.

Son conocidos sistemas para lubricar o modificar el coeficiente de fricción entre las superficies de acero en contactos por deslizamiento, por ejemplo, las llantas de las ruedas de los vagones y una vía, o quintas ruedas. Un tipo de sistema emplea un lubricante líquido, como por ejemplo aceite o grasa, para lubricar las llantas de las ruedas del vagón. Un problema asociado con estos sistemas de lubricación líquida, sin embargo, es la imposibilidad de medir la cantidad de líquido lubricante aplicada de una manera controlada. Para intentar superar los problemas anteriores experimentados con sistemas de lubricación líquida se han utilizado composiciones de lubricante sólido o composiciones modificadoras de fricción en forma de barras, por ejemplo en US 6,136,757, para aplicar las composiciones a las llantas de las ruedas del vagón o a la superficie de contacto entre la superficie del raíl y la banda de rodadura de la rueda.

Las barras de lubricante sólido o de modificadores de fricción conocidas en el estado de la técnica pueden estar interconectadas, en donde las barras encajan una encima de la otra. Un número de barras encajadas son normalmente cargadas en un aplicador (tal como un aplicador de resorte) y un conjunto de soporte fijado al bogie o eje del vagón para la aplicación de la barra de lubricante sólido o del modificador de fricción. Las barras generalmente se aplican, directamente a un tren de pasajeros o una rueda de locomotora por medio del aplicador de resorte. A medida que las ruedas giran, la barra sólida se pega sobre la rueda y deja una fina película seca. Esta fina película se transfiere a la superficie de la vía. El empleo de barras sólidas interconectables permite una transición sin interrupciones de una barra a la siguiente y asegura que ninguna parte de la barra se desperdicie. Además minimiza el riesgo de que pequeños fragmentos de material puedan caerse a través del espacio entre la boca del aplicador y la rueda.

Las barras de composición sólida interconectables conocidas generalmente comprenden un bloque rectangular que tiene una cavidad en un extremo y un adaptador fijado al otro extremo. La pared interna de la cavidad tiene aproximadamente las mismas dimensiones que la superficie externa del adaptador, de tal manera que un adaptador de una barra puede encajar ajustadamente dentro de la cavidad de una segunda barra. Las barras sólidas interconectables pueden emplearse en sistemas ferroviarios tanto de transporte como de mercancías, donde la barra está sujeta a una alta vibración y condiciones de choque, las cuales pueden causar el fallo de la barra. La cavidad, el adaptador o ambos pueden fallar sobre el terreno, sin embargo, el fallo, normalmente, ocurre en el extremo de la cavidad. El adaptador de la barra ejerce cargas sobre el extremo de la cavidad lo que resulta en altos esfuerzos en las dos esquinas de la cavidad y la parte superior de la barra. Este fallo provoca la pérdida de la barra de composición y puede reducir la vida afectiva de la aplicación de la composición sobre la superficie de acero, requiriendo un recambio frecuente. La barra dañada puede también trabar al sistema y causar daños. Las barras de composición sólida en el estado de la técnica pueden tener forma de arco y ser aplicadas a través de un aplicador con forma circular (Kelsan Technologies, North Vancouver, Canadá) o a través de un aplicador con forma de arco (Número de Publicación de Patente US 20040179887).

Se requiere una barra sólida interconectable con una mayor resistencia a los fallos por vibración y choques.

Resumen de la invención

La presente invención se refiere a una barra de composición sólida interconectable modificada para aplicar a una superficie, estando la superficie en contacto por deslizamiento o por rodadura-deslizamiento con otra superficie.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una barra de composición sólida interconectable modificada.

La barra sólida interconectable de la presente invención comprende un bloque con cuatro caras laterales, un primer extremo y un segundo extremo opuesto, y un adaptador unido al primer extremo del bloque, teniendo el adaptador cuatro caras laterales conectadas por bordes laterales sustancialmente curvados, en donde el segundo extremo del bloque contiene una cavidad con paredes laterales sustancialmente curvadas, dimensionadas para recibir ajustadamente a un adaptador de una correspondiente barra sólida interconectable y en donde una longitud (nl) de una cara lateral del adaptador y una longitud (L) de la cara lateral del bloque en el mismo plano tiene una ratio nl/L de entre 0.6 y 0.75. De forma preferente, la ratio nl/L de la barra sólida interconectable es de entre 0.67 y 0.73. Además, la forma de la sección transversal del miembro adaptador de la barra interconectable de la presente invención es, de forma preferente, sustancialmente oval.

La barra sólida interconectable de la presente invención, de forma preferente, comprende una composición que tiene un bajo coeficiente de fricción (LCF), adecuado para la aplicación a la cara de ancho de vía de la llanta rail-rueda

La presente invención también proporciona una barra sólida interconectable como se define más arriba, donde el miembro adaptador de la barra interconectable de la presente invención, de forma preferente, se estrecha desde el cuerpo principal según un ángulo de estrechamiento. El ángulo de estrechamiento es, de forma preferente, de entre 7.0 y 10.0 grados.

Al menos uno de los bordes laterales del cuerpo principal de la barra interconectable de la presente invención, de forma preferente, es sustancialmente curvado. De forma preferente, todos los bordes laterales son sustancialmente curvados. Además, al menos uno de los bordes del primer extremo del cuerpo principal es, de forma preferente, sustancialmente curvado. De forma preferente, todos los bordes del primer extremo del cuerpo principal son sustancialmente curvados.

El cuerpo adaptador de la barra sólida interconectable de la presente invención es, de forma preferente, un cono truncado sustancialmente aplanado.

Otro aspecto de la presente invención proporciona una barra sólida interconectable que comprende un bloque con cuatro caras, un primer extremo y un segundo extremo opuesto, y un adaptador unido al primer extremo del bloque, el adaptador teniendo cuatro caras laterales conectadas por bordes laterales sustancialmente rectos, en donde el segundo extremo del bloque contiene una cavidad con paredes laterales sustancialmente rectas, dimensionadas para recibir ajustadamente a un adaptador de la correspondiente barra sólida interconectable y en donde la longitud (nl) de una cara lateral del adaptador y la longitud (L) de la cara lateral del bloque en el mismo plano tiene una ratio nl/L de entre 0.75 y 0.95. De forma preferente, la ratio nl/L de la barra sólida interconectable es de entre 0.80 y 0.9; más preferentemente, la ratio nl/L es de entre 0.82 y 0.87. Además, la forma de la sección transversal del miembro adaptador de la barra interconectable de este aspecto de la presente invención es, de forma preferente, sustancialmente rectangular.

La barra sólida interconectable del segundo aspecto de la presente invención, de forma preferente, comprende una composición que tiene un bajo coeficiente de fricción (LCF) adecuado para la aplicación a la cara de ancho de vía de la llanta rail-rueda.

La presente invención también proporciona la barra sólida interconectable del segundo aspecto de la invención, tal y como se define más arriba, donde el miembro adaptador, de forma preferente, se estrecha desde el cuerpo principal según un ángulo de estrechamiento. El ángulo de estrechamiento es, de forma preferente, de entre 7.0 y 10.0 grados.

Al menos uno de los bordes laterales del cuerpo principal de la barra interconectable del segundo aspecto de la presente invención, de forma preferente, es sustancialmente curvado. De forma preferente, todos los bordes laterales son sustancialmente curvados. Además, al menos uno de los bordes del primer extremo del cuerpo principal es, de forma preferente, sustancialmente curvado. De forma preferente, todos los bordes del primer extremo del cuerpo principal son sustancialmente curvados.

Este resumen de la invención no describe necesariamente todas las características de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Esta y otras características de la invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción en la cual se hace referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

La FIGURA 1 muestra ejemplos de barras sólidas interconectables del estado de la técnica previo. La Figura 1A muestra una vista en perspectiva de una barra sólida interconectable del estado de la técnica previo con los bordes laterales del adaptador curvados y la Figura 1B muestra una vista en perspectiva de una barra sólida interconectable del estado de la técnica previo con los bordes laterales del adaptador rectos.

La FIGURA 2 muestra un ejemplo de la barra sólida interconectable de la presente invención. La Figura 2A muestra una vista lateral de la barra, la Figura 2B muestra una vista frontal de la barra y la Figura 2C muestra una vista en planta superior de la barra.

5 La FIGURA 3 muestra un ejemplo adicional de la barra sólida interconectable de la presente invención. La Figura 3A muestra una vista en perspectiva de la barra y la Figura 3B muestra una vista lateral de la barra.

La FIGURA 4 muestra una vista lateral de un ejemplo adicional de la barra sólida interconectable de la presente invención.

10 La FIGURA 5 muestra resultados de un análisis por elementos finitos (FEA) para la barra interconectable del estado de la técnica previo mostrado en la Figura 1B. La Figura 5A muestra resultados del FEA de la cavidad y la Figura 5B muestra resultados del FEA del adaptador.

15 La FIGURA 6 muestra resultados de un análisis por elementos finitos (FEA) para la barra interconectable de la presente invención mostrada en la figura 3. La Figura 6A muestra resultados del FEA de la cavidad y la Figura 6B muestra resultados del FEA del adaptador.

20 La FIGURA 7 muestra una vista esquemática de una hipótesis de carga de un momento de flexión aplicado a la barra sólida interconectable. La Figura 7A muestra el punto de hipótesis para un esfuerzo máximo en el adaptador (punto N) cuando se aplica un momento de flexión al adaptador y la Figura 7B muestra un punto de hipótesis para un esfuerzo máximo en la cavidad (punto C) cuando se aplica un momento de flexión a la cavidad.

25 La FIGURA 8 muestra una vista esquemática de una hipótesis de carga alternativa de las fuerzas aplicadas a la barra sólida interconectable. La Figura 8A muestra el punto de hipótesis para el esfuerzo máximo en el adaptador cuando se aplican fuerzas al adaptador y la Figura 8B muestra un punto de hipótesis para un esfuerzo máximo en la cavidad (punto C) cuando se aplican fuerzas a la cavidad.

30 La FIGURA 9 muestra modelos de barra sólida interconectable según se han ensayado en el ejemplo 2 aquí descrito para la optimización del diseño de una barra de composición sólida interconectable. La Figura 9A muestra una vista en planta superior del modelo A, en donde el adaptador y el bloque tienen bordes laterales rectos y $t_1=t_2$. La Figura 9B muestra una vista en planta superior del modelo B, en donde el adaptador y el bloque tienen bordes laterales rectos y la ratio $t_1/t_2=l/w$. La Figura 9C muestra una vista en planta superior del modelo C, en donde los bordes laterales opuestos del adaptador son semicirculares y la ratio de $t_1/t_2=1/w$.

35 La FIGURA 10 muestra gráficos del factor de esfuerzo a flexión para la cavidad y para el adaptador para los modelos de barra sólida interconectable mostrados en la figura 9. La Figura 10A muestra el factor de esfuerzo de la cavidad y del adaptador ($1/\text{mm}^3$) para diferentes longitudes de t_1 (mm) en el modelo A. La Figura 10B muestra el factor de esfuerzo de la cavidad y del adaptador ($1/\text{mm}^3$) para diferentes longitudes de t_1 (mm) en el modelo B. La Figura 10C muestra el factor de esfuerzo de la cavidad y del adaptador ($1/\text{mm}^3$) para diferentes longitudes de t_1 (mm) en el modelo C.

40 La FIGURA 11 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de un aplicador empleado para la aplicación de la barra sólida interconectable de la presente invención a la cara de ancho de vía de la llanta rail-rueda de un tren de pasajeros o una locomotora.

Descripción detallada de modos de realización preferidos

50 La presente invención se refiere a una barra de composición sólida interconectable modificada para aplicación a una superficie, estando la superficie en contacto por deslizamiento o por rodadura-deslizamiento con otra superficie.

La barra sólida interconectable de la presente invención comprende un cuerpo principal con cuatro caras laterales, un primer extremo y un segundo extremo opuesto, y un miembro adaptador unido al primer extremo del cuerpo principal, teniendo el miembro adaptador cuatro caras laterales conectadas por bordes laterales sustancialmente curvados, en donde el segundo extremo del cuerpo principal contiene una cavidad con paredes laterales sustancialmente curvadas dimensionadas para recibir ajustadamente al miembro adaptador de la correspondiente barra sólida interconectable y en donde una longitud de una de las caras laterales del miembro adaptador (nl) y una longitud de la cara lateral del cuerpo principal (1) en el mismo plano tiene una ratio nl/l de entre 0.6 y 0.75. De forma preferente, la ratio nl/l de la barra sólida interconectable es de entre 0.67 y 0.73. Además la forma de la sección transversal del miembro adaptador de la barra interconectable de la presente invención es, de forma preferente, sustancialmente oval.

60 Por el término "bordes laterales sustancialmente curvados" y "paredes laterales sustancialmente curvadas" se entiende que los bordes laterales del miembro adaptador y las paredes laterales de la cavidad son sustancialmente redondeadas y no comprenden bordes laterales angulosos definidos. Por bordes laterales se entiende los bordes entre las cuatro caras laterales del miembro adaptador, y no otros bordes, tales como un borde entre un lateral y un

extremo del miembro adaptador. Sin querer limitarnos por la teoría, la disposición de bordes redondeados o curvados para el adaptador y la cavidad pueden reducir el esfuerzo en la cavidad. Sin embargo, la utilización de sólo bordes redondeados no producirá una barra de composición sólida que muestre una resistencia mayor al fallo que se presenta por la vibración durante el uso.

Por el término "recibe ajustadamente", "encaja ajustadamente" se entiende que el miembro adaptador de una barra se recibe, con posibilidad de liberación, en la cavidad de la barra correspondiente, de tal manera que no hay huecos importantes entre las paredes del adaptador y de la cavidad.

Por el término "longitud de una cara lateral" o "longitud de la cara lateral" se entiende la distancia de un borde lateral al borde lateral opuesto de una cara lateral. Tal y como se describe aquí, por bordes laterales se entiende los bordes entre las cuatro caras laterales del miembro adaptador o del cuerpo principal.

De acuerdo con un segundo modo de realización de la invención, se proporciona una barra sólida interconectable que comprende un cuerpo principal con cuatro caras laterales, un primer extremo y un segundo extremo opuesto, y un miembro adaptador unido al primer extremo del cuerpo principal, teniendo el miembro adaptador cuatro caras laterales conectadas por bordes laterales sustancialmente rectos, en donde el segundo extremo del cuerpo principal contiene una cavidad con paredes laterales sustancialmente rectas, dimensionadas para recibir ajustadamente al miembro adaptador de la correspondiente barra sólida interconectable y en donde una longitud de una de las caras laterales del miembro adaptador (nl) y una longitud de la cara lateral del cuerpo principal (l) en el mismo plano tiene una ratio nl/l de entre 0.75 y 0.95. De forma preferente, la ratio nl/l de la barra sólida interconectable es de entre 0.8 y 0.9; más preferentemente, la ratio nl/l es de entre 0.82 y 0.87. Además, la forma de la sección transversal del miembro adaptador de la barra interconectable de la presente invención es, de forma preferente, sustancialmente rectangular.

Por el término "bordes laterales sustancialmente rectos" y "paredes laterales sustancialmente rectas" se entiende que los bordes laterales del miembro adaptador y las paredes laterales de la cavidad no son curvadas o redondeadas sino que son bordes generalmente angulosos definidos. Tal y como se ha descrito aquí anteriormente, por bordes laterales se entiende los bordes entre las cuatro caras laterales del miembro adaptador, y no otros bordes, tales como un borde entre un lateral y un extremo del miembro adaptador.

La ratio " nl/l " define la relación entre la longitud de una cara lateral del cuerpo principal y la longitud de la cara lateral del cuerpo adaptador en el mismo plano. La distancia de borde lateral a borde lateral de la cara lateral del cuerpo adaptador está dividida por la distancia de borde lateral a borde lateral del cuerpo principal en el mismo plano para dar la ratio nl/l . El cuerpo principal y el miembro adaptador pueden tener ambos dos caras laterales opuestas que son más largas que las otras dos caras laterales opuestas. En este caso, es la longitud de una de las caras laterales más largas para, tanto el miembro adaptador como el cuerpo principal, las que son comparadas para obtener la ratio nl/l .

Un número de barras de composición sólida interconectable de la presente invención pueden ser encajadas unas encima de las otras y cargadas dentro de un aplicador para la aplicación de la barra de composición a una superficie de acero. El aplicador puede estar provisto con un mecanismo de resorte contra el cual se carga la barra. El mecanismo de resorte proporciona una presión contra la barra durante la aplicación, de forma que la barra está disponible para la aplicación a superficie de acero, tal como un tren de pasajeros o una rueda de locomotora. Cuando el tren de pasajeros o las ruedas de locomotora giran, la barra sólida se pega sobre las ruedas como un lápiz de cera y deja una fina película seca. Esta fina película se transfiere a la superficie de la vía. Ejemplos no limitativos de aplicadores directos incluyen aquellos descritos en US 4,811,818, US 5,054,582, US 5,251,724, US 5,337,860, US 2003 0101897, y aquellos disponibles en Keslan Technologies (North Vancouver, Canadá). Los aplicadores circulares también se pueden emplear con la barra sólida de la presente invención. Un ejemplo de un aplicador circular incluye, pero no está limitado, a aquellos disponibles en Keslan Technologies (North Vancouver, Canadá). Las barras sólidas interconectables de la presente invención pueden estar curvadas para la aplicación por medio de un aplicador circular.

El chirrido de una rueda asociado a una vía curvada puede ser causado por varios factores incluyendo el contacto de la llanta de la rueda con la cara de ancho de vía y el pegue-despegue debido a la deformación lateral a lo largo de la cabeza del rail. Sin querer limitarnos por la teoría, la deformación lateral de la rueda lo largo de la cabeza del rail se piensa que es la causa más probable del chirrido de la rueda, mientras el contacto de la llanta de la rueda con el ancho de vía juega un importante, pero secundario, papel. Estudios, como los que escriben aquí, demuestran que se pueden aplicar diferentes composiciones de control de fricción a diferentes caras de la superficie de contacto rail-rueda para controlar de forma eficiente el chirrido de la rueda. Por ejemplo, se puede aplicar una composición con una característica de fricción positiva que presente un coeficiente de fricción intermedio, alto o muy alto, a la cabeza de la superficie de contacto rail-rueda para reducir el pegue- despegue lateral de la banda de rodadura de la rueda a lo largo de la cabeza de la vía y se puede aplicar una composición de control de baja fricción que presente un bajo coeficiente de fricción a la cara de ancho de vía de la llanta rail-rueda para reducir el efecto de reborde del eje principal del vagón.

El co-eficiente de fricción puede ser medido utilizando cualquier dispositivo adecuado por ejemplo, un tribómetro de empuje, o TriboRailer (H. Harrison, T. McCanney and J. Cotter (2000), Desarrollos Recientes en Mediciones COF en la Superficie de Contacto Vía/Rueda, Procedimientos, Quinta Conferencia Internacional en Contactos Mecánicos y Desgaste de Sistemas Vía/Rueda CM 2000 (Symposium SEIKEN No. 27), páginas 30 – 34).

Una composición que tenga un Bajo Coeficiente de Fricción (LFC) puede estar caracterizada por que tiene un coeficiente de fricción de menos de 0.2 cuando se mide con un tribómetro de empuje. De forma preferente, en condiciones reales, LFC presenta un coeficiente de fricción de 0.15 o menos. Una característica de fricción positiva es aquella en la que la fricción entre los sistemas de rueda y rail aumenta a medida que la deformación del sistema aumenta. Tal y como se describe aquí, una composición que tiene una Fricción Positiva Alta (HPF) puede estar caracterizada por que tiene un coeficiente de fricción de entre 0.28 y 0.4 cuando se mide con un tribómetro de empuje. De forma preferente, en condiciones reales, HPF muestra un coeficiente de fricción de 0.35. Una composición que tiene una Fricción Positiva Muy Alta (VHPF) puede estar caracterizada por que tiene un coeficiente de fricción de entre 0.45 y 0.55 cuando se mide con un tribómetro de empuje. De forma preferente, en condiciones reales, VHPF muestra un coeficiente de fricción de 0.5.

Cuando un lubricante se incluye en una barra sólida interconectable sin un modificador de fricción, la composición tendrá, normalmente, un coeficiente de fricción bajo. La inclusión de modificadores de fricción en una barra sólida interconectable, generalmente, proporciona composiciones con un coeficiente de fricción intermedio, alto o muy alto.

La barra sólida interconectable de la presente invención, de forma preferente, comprende una composición que tiene un bajo coeficiente de fricción (LCF) adecuado para la aplicación a la cara de ancho de vida de la llanta rail-rueda.

Un beneficio asociado con el uso de barras sólidas con LCF de la presente invención es la reducción en el consumo de energía tal y como se mide mediante, por ejemplo pero no limitado a, una fuerza de tracción, asociada con los sistemas acero-vía y acero-rueda de sistemas de transporte de mercancías y masas. La reducción en el consumo de energía tiene un descenso asociado en los costes de operación.

La Figura 1 muestra ejemplos de barras sólidas interconectables (10, 20) del estado de la técnica previo. Las barras (10, 20) generalmente comprenden un bloque (11, 21) de forma rectangular, con un adaptador (12, 22) troncocónico. El adaptador (12, 22) está situado en un extremo del bloque (11, 21), con el extremo opuesto del bloque (11, 21) disponiendo de una cavidad (13, 23) en el mismo. Las dimensiones de la cavidad (13, 23) se aproximan a las dimensiones del adaptador (12, 22), de tal manera que el adaptador (12, 22) de una barra (10, 20) puede encajar ajustadamente dentro de la cavidad (13, 23) de una correspondiente barra (10, 20). En la Figura 1A, el adaptador (12) tiene bordes laterales redondeados o curvados y la cavidad (13) tiene correspondientes paredes laterales curvas o redondeadas. En la Figura 1B los bordes laterales del adaptador (22) son rectos, bordes angulosos definidos como lo son las paredes de la cavidad (23).

Las barras sólidas interconectables del estado de la técnica previo mostradas en la Figura 1, se pueden aplicar tanto a sistemas ferroviarios de tránsito como de mercancías, donde la barra está sometida a una alta vibración y a condiciones de choque, las cuales pueden causar un fallo de la barra. La cavidad, el adaptador o ambos pueden fallar sobre el terreno, sin embargo, el fallo normalmente ocurre en el extremo de la cavidad. El adaptador de la barra ejerce cargas sobre el extremo de la cavidad, lo que resulta en altos esfuerzos en las dos esquinas de la cavidad y en la parte superior de la barra.

En referencia la Figura 2, en ella se muestra un ejemplo de una barra sólida interconectable (100) de la presente invención que comprende un bloque (110) de forma rectangular y un adaptador (120) con forma oval. El adaptador (120) está situado en un extremo del bloque (110), con el extremo opuesto del bloque (110) disponiendo de una cavidad (130) en el mismo. Tal y como se muestra en la Figura 2C, el adaptador (120) tiene una forma en su sección transversal generalmente oval, con una parte superior plana y una parte inferior plana y bordes laterales redondeados. La cavidad (130) tiene también forma oval con paredes redondeadas. La pared interior de la cavidad (130) tiene, aproximadamente, las mismas dimensiones que la superficie exterior del adaptador (120), de tal manera que, un adaptador (120) de una barra puede encajar ajustadamente dentro de la cavidad (130) de una segunda barra. La altura (h), anchura (w) y longitud (l) del bloque están indicadas en la Figura 2, así como la altura del adaptador (nh), la anchura del adaptador (nw), la altura del adaptador (nl) y el radio (r) de los extremos semicirculares del adaptador.

Tal y como se ha descrito anteriormente con más detalle, la longitud (1) del bloque (cuerpo principal) es la distancia de borde lateral a borde lateral de una de las caras laterales, y la longitud del adaptador (nl) es la distancia de borde lateral a borde lateral de la cara lateral del adaptador en el mismo plano. En la Figura 2, dos de las caras laterales opuestas del bloque son más anchas que las otras dos caras laterales opuestas. La longitud (1) del bloque es la longitud de una de las dos caras laterales más anchas. Además, dos de las caras laterales opuestas el adaptador son más anchas que las otras dos caras laterales opuestas. La longitud del adaptador (nl) es la longitud de una de las dos caras laterales más anchas, medidas en la base del adaptador cuando el adaptador se une al bloque.

La ratio n/l para la barra sólida interconectable de un primer modo de realización de la presente invención, en donde los bordes laterales del adaptador son curvados, es de entre 0.6 y 0.75, o cualquier ratio entre las mismas, por ejemplo, de entre 0.62 y 0.75, de entre 0.64 y 0.75, de entre 0.67 y 0.73, de entre 0.68 y 0.72, de entre 0.69 y 0.71, y cualquier ratio entre las mismas, como de entre 0.60, 0.61, 0.62, 0.63, 0.64, 0.65, 0.66, 0.67, 0.68, 0.69, 0.70, 0.71, 0.72, 0.73, 0.74, y 0.75 y cualquier cantidad entre las mismas.

La ratio n/l para la barra sólida interconectable en un segundo modo de realización de la invención, en donde los bordes laterales del adaptador son sustancialmente rectos, es de entre 0.75 y 0.95, o cualquier ratio entre las mismas, por ejemplo, de entre 0.79 y 0.91, de entre 0.80 y 0.90, de entre 0.81 y 0.89, de entre 0.82 y 0.88, de entre 0.82 y 0.87, entre 0.83 y 0.86, de entre 0.84 y 0.85, y cualquier ratio entre las mismas, como de entre 0.75, 0.76, 0.77, 0.78, 0.79, 0.80, 0.81, 0.82, 0.83, 0.84, 0.85, 0.86, 0.87, 0.88, 0.89, 0.90, 0.91, 0.92, 0.93, 0.94, y 0.95 y cualquier cantidad entre las mismas.

Como tanto la cavidad como el adaptador de las barras sólidas interconectables pueden fallar en el terreno; la cavidad, la adaptador, o tanto el adaptador como la cavidad pueden ser modificadas para asegurar y optimizar la composición de la barra, lo cual resulta en la reducción de la rotura de la cavidad, del adaptador, o de ambos. De forma preferente, tanto el adaptador como la cavidad están diseñados de una manera complementaria.

Sin querer ser limitativos de ninguna manera, se ha determinado que la ratio de n/l en el rango de entre 0.6 y 0.75 es una ratio óptima para las dimensiones del adaptador y la cavidad, cuando los bordes laterales del adaptador son curvados o redondeados, de forma que los esfuerzos máximos del adaptador y de la cavidad son aproximadamente iguales. Por ejemplo, la ratio n/l de la barra sólida interconectable de la presente invención, en donde los bordes laterales del adaptador son curvados, puede ser de entre 0.67 y 0.73.

Sin querer ser limitativos de ninguna manera, se ha determinado que la ratio n/l en el rango de entre 0.75 y 0.95 es una ratio óptima para las dimensiones del adaptador y la cavidad, cuando los bordes laterales del adaptador son rectos, de forma que los esfuerzos máximos del adaptador y la cavidad son aproximadamente iguales. Por ejemplo, la ratio n/l de la barra sólida interconectable de la presente invención, en donde los bordes laterales del adaptador son rectos, puede ser de entre 0.82 y 0.87.

La longitud del bloque (1) de la barra sólida interconectable de la presente invención es preferentemente de entre 10 y 70 mm, o cualquier longitud entre las mismas, por ejemplo de entre 15 y 70 mm, de entre 20 y 70 mm, de entre 25 y 70 mm, de entre 30 y 70 mm, de entre 32 y 68 mm, de entre 34 y 66 mm, de entre 36 y 64 mm, de entre 38 y 62 mm, de entre 40 y 60 mm, de entre 42 y 58 mm, de entre 44 y 56 mm, de entre 46 y 54 mm, de entre 48 y 52 mm, y cualquier longitud entre las mismas, o de entre 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, y 70 mm, o cualquier cantidad entre las mismas.

Tal y como se muestra en la figura 2B, la anchura del bloque (w) es la distancia de borde lateral aborde lateral de una de las dos caras laterales opuestas más estrechas del bloque. La anchura del bloque (w) de la barra sólida interconectable de la presente invención es preferentemente de entre 10 y 35 mm, o cualquier anchura entre las mismas, por ejemplo de entre 13 y 35 mm, de entre 15 y 35 mm, de entre 17 y 33 mm, de entre 19 y 31 mm, de entre 21 y 29 mm, de entre 23 y 27 mm, de entre 24 y 26 mm, y cualquier anchura entre las mismas, o de entre 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 mm, o cualquier cantidad entre las mismas.

Tal y como se muestra en la Figura 2A, la altura del bloque (h) es la distancia desde el primer extremo del bloque al segundo extremo del bloque; el primer extremo teniendo al adaptador en el mismo y el segundo extremo teniendo a la cavidad en el mismo. La altura del bloque (h) de la barra sólida interconectable de la presente invención es de forma preferente de entre 25 y 200 mm, o cualquier altura entre las mismas, por ejemplo de entre 25 y 175, de entre 25 y 150 mm, de entre 25 y 125 mm, de entre 25 y 100 mm, de entre 30 y 90 mm, de entre 35 y 80 mm, de entre 40 y 70 mm, de entre 45 y 65 mm, de entre 40 y 60 mm, o cualquier altura entre las mismas, o de entre 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 y 200 mm, o cualquier cantidad entre las mismas.

Tal y como se muestra la Figura 2A, la altura del adaptador (nh) es la altura del adaptador desde la base del adaptador, la cual está unida al bloque, a la parte superior del adaptador. La altura del adaptador (nh) de la barra sólida intercambiable de la presente invención es, de forma preferente, de entre 15 y 30 mm, o cualquier altura entre las mismas, por ejemplo de entre 16 y 29 mm, de entre 17 y 28 mm, de entre 18 y 27 mm, de entre 19 y 26 mm, de entre 20 y 25 mm, dentro de 20.5 y 24.5 mm, de entre 21.0 y 24.0 mm, de entre 21.5 y 23.5 mm, de entre 22.0 y 23.0 mm, y cualquier altura entre las mismas, o de entre 15, 16, 17, 18, 19, 20.0, 20.5, 21.0, 21.5, 22.0, 22.5, 23.0, 23.5, 24.0, 24.5, 25.0, 26, 27, 28, 29 y 30 mm, o cualquier cantidad entre las mismas.

Con referencia a la Figura 2A, t_1 indica la distancia entre la cara lateral del bloque (110) y la cara lateral del adaptador (120) medidas desde la base del adaptador (120), en donde el adaptador (120) se une al bloque (110). La longitud del adaptador (nl) está representada por la siguiente ecuación:

$$nl = l - (2 \times t1)$$

donde l es la longitud del bloque.

Tal y como se muestra la figura 2B, t2 indica la distancia entre la cara frontal del bloque (110) y la cara frontal del adaptador (120), medida desde la base del adaptador (120), en donde el adaptador (120) se une al bloque (110). La anchura del adaptador (nw) es la distancia de borde lateral a borde lateral de una de las dos caras laterales opuestas más estrechas, medida desde la base del adaptador, donde el adaptador se une al bloque. La anchura del adaptador (nw) está representada por la siguiente ecuación:

$$nw = w - (2 \times t2)$$

donde w es la anchura del bloque.

La ratio de t1/t2 de la barra sólida interconectable de la presente invención, de forma preferente, es aproximadamente igual a la ratio de la longitud del bloque/anchura de bloque (l/w). Sin embargo, también se podrán utilizar variaciones alrededor de esta ratio. La ratio de t1/t2 de la barra sólida interconectable de la presente invención es de forma preferente de entre 1.2 y 2.8, o cualquier ratio entre las mismas, por ejemplo de entre 1.3 y 2.7, de entre 1.4 y 2.6, de entre 1.5 y 2.5, de entre 1.6 y 2.4, de entre 1.7 y 2.3, de entre 1.8 y 2.2, de entre 1.9 y 2.1, y cualquier ratio entre las mismas, o de entre 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, y 2.8, y cualquier cantidad entre las mismas.

Para la barra sólida interconectable de la presente invención, t1 es, de forma preferente, de entre 2 y 13 mm, o cualquier longitud entre las mismas, por ejemplo de entre 3 y 13 mm, de entre 4 y 12 mm, de entre 5 y 11 mm, de entre 6 y 10 mm, de entre 7 y 9 mm, y cualquier longitud entre las mismas, o de entre 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, y 13 mm, o cualquier cantidad entre las mismas.

Para la barra sólida interconectable de la presente invención, t2 es, de forma preferente, de entre 1.5 y 5.0 mm, o cualquier longitud entre las mismas, por ejemplo de entre 1.75 y 4.8 mm, de entre 2.0 y 4.6 mm, de entre 2.0 y 2.5 mm, de entre 3.2 y 4.4 mm, de entre 3.4 y 4.2 mm, de entre 3.6 y 4.0 mm, y cualquier longitud entre las mismas o de entre 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, y 4.6 mm, o cualquier cantidad entre las mismas.

La forma de la sección transversal del miembro adaptador de la barra interconectable de la presente invención es, de forma preferente, sustancialmente oval. Un ejemplo de un adaptador con una sección transversal oval se muestra en la Figura 2, en donde dos laterales opuestos del miembro adaptador son arqueados. Tal y como se muestra en la Figura 2C, el radio (r) es el radio de los dos bordes semicirculares del adaptador (120). El radio (r) es adecuadamente de entre 5.0 y 12.0, o cualquier radio entre los mismos, por ejemplo de entre 5.5 y 11.5, de entre 6.0 y 11.0, de entre 6.5 y 10.5, de entre 7.0 y 10.0, de entre 7.5 y 9.5, de entre 8.0 y 9.0, y cualquier radio entre los mismos, o de entre 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, y 12.0, o cualquier cantidad entre las mismas.

El área en la sección transversal del adaptador (An) es la longitud del adaptador (nl) por la anchura del adaptador (nw) medidas desde la base del adaptador, en donde el adaptador se une al bloque. El área de la sección transversal del bloque (Ab) es la longitud del bloque (l) por la anchura del bloque (w).

La ratio del área de la sección transversal del adaptador/área de la sección transversal del bloque (An/Ab) para la barra interconectable del primer modo realización de la presente invención, en donde los bordes laterales del adaptador son curvados, es de forma preferente, de entre 0.35 y 0.50, o cualquier ratio entre las mismas, por ejemplo de entre 0.37 y 0.48, de entre 0.39 y 0.46, de entre 0.41 y 0.44, y cualquier ratio entre las mismas, o de entre 0.35, 0.36, 0.37, 0.38, 0.39, 0.40, 0.41, 0.42, 0.43, 0.44, 0.45, 0.46, 0.47, 0.48, 0.49, y 0.50, o cualquier cantidad entre las mismas.

La ratio del área de la región transversal del adaptador/área de la sección transversal del bloque (An/Ab) para la barra interconectable del segundo modo realización de la presente invención, en donde los bordes laterales del adaptador son rectos, es de forma preferente, de entre 0.55 y 0.75, o cualquier ratio entre las mismas, por ejemplo de entre 0.56 y 0.74, de entre 0.57 y 0.73, de entre 0.58 y 0.72, de entre 0.59 y 0.71, de entre 0.60 y 0.70, de entre 0.61 y 0.69, de entre 0.62 y 0.68, de entre 0.63 y 0.67 y cualquier ratio entre las mismas, o de entre 0.55, 0.56, 0.57, 0.58, 0.59, 0.60, 0.61, 0.62, 0.63, 0.64, 0.65, 0.66, 0.67, 0.68, 0.69, 0.70, 0.71, 0.72, 0.73, 0.74 y 0.75 o cualquier cantidad entre las mismas.

Las dimensiones de la cavidad (130) son aproximadamente iguales a la dimensión del adaptador (120), por ejemplo, la altura, longitud, anchura, radio, área de la sección transversal de la cavidad (130) son aproximadamente iguales a la correspondiente dimensión del adaptador (120).

La Figura 3 muestra otro ejemplo de una barra interconectable (200) de la presente invención. El adaptador (220) tiene extremos semicirculares, de tal manera que la forma de la sección transversal del adaptador (220) es sustancialmente oval, teniendo la adaptador una parte superior plana y una parte inferior plana. El adaptador (220) se estrecha desde el bloque (210). La cavidad (230) tiene una forma correspondiente para aproximarse a las dimensiones del adaptador (220) con las paredes de la cavidad estrechándose desde el borde inferior del bloque (210). El ángulo de estrechamiento de las paredes del adaptador y de la cavidad está indicado como ángulo adaptador en la figura 3B. La longitud del adaptador (nl) y la anchura del adaptador (nw) están medidas desde la base del adaptador, donde el adaptador se une al bloque y por lo tanto, representan el área de la sección transversal máxima del adaptador (An), en donde $An = nl \times nw$.

El miembro adaptador de la barra interconectable de la presente invención, de forma preferente, se estrecha desde el cuerpo principal (bloque) según un ángulo de estrechamiento. El ángulo de estrechamiento de la barra interconectable de la presente invención es, de forma preferente, de entre 7.0 y 10.0 grados, o cualquier ángulo entre los mismos, por ejemplo de entre 7.25 y 9.75 grados, de entre 7.5 y 9.5 grados, de entre 7.75 y 9.25 grados, de entre 8.0 y 9.0 grados, de entre 8.25 y 8.75 grados y cualquier ángulo entre los mismos, o de entre 7.0, 7.25, 7.5, 7.75, 8.0, 8.25, 8.5, 8.75, 9.0, 9.25, 9.25, 9.5, 9.75 o 10.0 grados, o cualquier cantidad entre las mismas.

En la Figura 3, los bordes laterales y superior del bloque (210) son curvados. Sin querer limitarnos por la teoría, los bordes y esquinas angulosas pueden resultar en un aumento en las áreas de concentración de esfuerzos de la cavidad (230). Por lo tanto, la disposición de bordes redondeados para el adaptador, la cavidad y el bloque pueden, de forma ventajosa, reducir el esfuerzo en la cavidad (230). Sin embargo, las barras de composición que no comprenden un borde lateral curvado y un borde superior curvado también se pueden preparar empleando las optimizaciones del adaptador y la cavidad tal y como se describe aquí, para producir una barra de composición con características mejoradas.

Al menos un borde lateral del cuerpo principal (bloque) de la barra interconectable de la presente invención puede ser sustancialmente curvado. De forma preferente, todos los bordes laterales son sustancialmente curvados. Además, al menos un borde del primer extremo del cuerpo principal puede ser sustancialmente curvado. De forma preferente, todos los bordes del primer extremo del cuerpo principal son sustancialmente curvados.

Mediante el término "bordes del primer extremo del cuerpo principal" se entienden los bordes entre el primer extremo del cuerpo principal y las cuatro caras laterales del cuerpo principal. Tal y como se describe aquí, por el término "curvado" se entiende que los bordes son sustancialmente redondeados y no angulosos.

La Figura 4 muestra un ejemplo adicional de una barra interconectable (300) de la presente invención. En este ejemplo, tanto el adaptador (320) como la cavidad (330) tienen una forma troncocónica sustancialmente plana. El miembro adaptador de la barra sólida interconectable de la presente invención es, de forma preferente, un cono truncado sustancialmente aplanado.

Mediante el término "cono truncado sustancialmente aplanado" se entiende que el cono está aplanado de tal manera que los bordes laterales opuestos del cono se aproximan uno a otro y se truncan de tal manera que la porción que apunta hacia arriba del cono no está presente y está reemplazada por un extremo superior plano.

La orientación de las barras sólidas interconectables mostradas en las Figuras 2 a 4 son únicamente para propósitos ilustrativos.

La Figura 11 muestra un ejemplo de un aplicador (1) para la aplicación de una barra sólida interconectable (100, 200, 300) de LCF de la presente invención a la cara de ancho de vía (3) de la llanta rail-rueda (2). Un número de barras interconectables (100, 200, 300) encajadas unas encima de las otras, están cargadas dentro del extremo del bloque del aplicador (1) primero, de tal manera que el segundo extremo del bloque, con la cavidad en el mismo, contacta con la cara de ancho de vía (3) de la llanta rail-rueda. El aplicador (1) está provisto de un mecanismo de resorte (no mostrado) contra el cual se cargan las barras. El mecanismo de resorte proporciona una presión contra las barras durante la aplicación. A medida que el tren de pasajeros o la rueda locomotora (2) gira, la composición LCF se pega sobre la cara del ancho de vía (3) como un lápiz de cera y deja una fina película seca.

El aplicador (1) está fijado al bogie o eje del vagón por medio de un conjunto de soporte (4). El conjunto de soporte (4) también sujeta un segundo aplicador de resorte (5), el cual está cargado con un número de barras sólidas interconectables (6) que tienen una composición HPF o VHPF. La barra (6) HPF o VHPF se aplica a la cara superior (7) de la rueda (2).

La presente invención será además ilustrada en los siguientes ejemplos. Sin embargo, se entiende que estos ejemplos son únicamente para propósitos ilustrativos.

Ejemplo 1: Optimización de las Dimensiones del Adaptador

Tal y como se describe aquí, tanto la cavidad como el adaptador pueden fallar en el terreno; por lo tanto, la cavidad no puede estar sobredimensionada causando la rotura del adaptador prematuramente o viceversa. El diseño del adaptador y de la cavidad necesita ser optimizado, de tal manera que los esfuerzos aplicados al adaptador sean aproximadamente igual a los esfuerzos aplicados a la cavidad, para que ninguno sea susceptible de fallar a causa de otro.

Hipótesis Básica de Carga

Como un análisis de primer orden, la hipótesis se hizo cuando las barras interconectables eran empleadas para la aplicación de una composición LCF a una superficie, se inducía un momento de flexión M en la cavidad a través del extremo del adaptador de la barra frontal en el sistema. Se aplica un momento M igual y opuesto al adaptador. Aunque las actuales condiciones dinámicas y límites de la barra no eran conocidas en el terreno, la hipótesis de que las barras están fijadas en el espacio, tal y como se muestra la Figura 7, fue hecha para reducir la complejidad del problema. Dado un momento aplicado M y calculando los momentos de inercia para, tanto el adaptador como la cavidad, se calcularon los esfuerzos de los puntos de esfuerzo más alto en el adaptador (punto N en la Figura 7A) y la cavidad (punto C en la Figura 7B).

Modelos de cálculo de esfuerzos

El factor de esfuerzo en los puntos C y N se calculó para diferentes modelos de barra sólida interconectable, como sigue:

El Modelo A se muestra la Figura 9A y comprendía un bloque rectangular y un adaptador rectangular con bordes angulosos definidos. La anchura (w) y la altura (h) del bloque se mantuvieron constantes. La altura del adaptador (nh) también permaneció constante. Tal y como se describe aquí, la longitud del adaptador (nl) está representada por la ecuación: $nl = 1 - (2 \times t1)$, en donde 1 es la longitud del bloque; y la anchura del adaptador (nw) está representada por la ecuación: $nw = w - (2 \times t2)$, en donde w es la anchura del bloque. En el Modelo A la longitud del adaptador (nl) y la anchura del adaptador (nw) fue variada incrementando $t1$ y $t2$ en incrementos de 0.25 mm, en donde $t1=t2$. Las dimensiones internas de la cavidad eran aproximadamente iguales a las dimensiones externas del adaptador. Los factores de esfuerzo en los puntos C y N fueron calculados para cada incremento de 0.25 mm incrementado y los resultados se incluyen en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados del factor de esfuerzo para el modelo A

w(mm)	l (mm)	t1 & t2(mm)	I1 (mm ⁴)	I2 (mm ⁴)	Factor de esfuerzo en C (1/mm ³)	Factor de esfuerzo en N (1/mm ³)	An/Ab	nl/l
24.5	49.54	1.00	248229	201455	0.000530	0.000118	0.88	0.96
24.5	49.54	1.25	248229	190829	0.000432	0.000123	0.85	0.95
24.5	49.54	1.50	248229	180608	0.000366	0.000129	0.82	0.94
24.5	49.54	1.75	248229	170783	0.000320	0.000135	0.80	0.93
24.5	49.54	2.00	248229	161344	0.000285	0.000141	0.77	0.92
24.5	49.54	2.25	248229	152280	0.000258	0.000148	0.74	0.91
24.5	49.54	2.50	248229	143583	0.000237	0.000155	0.72	0.90
24.5	49.54	2.75	248229	135243	0.000219	0.000163	0.69	0.89
24.5	49.54	3.00	248229	127249	0.000205	0.000171	0.66	0.88
24.5	49.54	3.25	248229	119594	0.000193	0.000180	0.64	0.87
24.5	49.54	3.50	248229	112266	0.000182	0.000189	0.61	0.86
24.5	49.54	3.75	248229	105258	0.000173	0.000200	0.59	0.85
24.5	49.54	4.00	248229	98560	0.000165	0.000211	0.56	0.84
24.5	49.54	4.25	248229	92164	0.000159	0.000223	0.54	0.83
24.5	49.54	4.50	248229	86060	0.000153	0.000236	0.52	0.82
24.5	49.54	4.75	248229	80240	0.000147	0.000250	0.49	0.81
24.5	49.54	5.00	248229	74696	0.000143	0.000265	0.47	0.80
24.5	49.54	5.25	248229	69419	0.000139	0.000281	0.45	0.79
24.5	49.54	5.50	248229	64400	0.000135	0.000299	0.43	0.78
24.5	49.54	5.75	248229	59633	0.000131	0.000319	0.41	0.77

donde:

I_1 = momento de inercia del área de la sección transversal del bloque (A_b)

I_2 = momento de inercia del área de la sección transversal del adaptador (A_n)

A_n/A_b = ratio del área de la sección transversal del adaptador / área de la sección transversal del bloque; y

n/l = ratio de la longitud del adaptador / longitud del bloque.

A medida que t_1 y t_2 aumentaban, la pared de la cavidad era más gruesa, por lo tanto, reduciéndose el esfuerzo en el punto C; mientras tanto, el tamaño del adaptador decrecía y aumentaba el esfuerzo en el punto N. Los valores de esfuerzos en el punto C y en el punto N fueron representados con relación a la longitud de t_1 y el gráfico se muestra en la Figura 10A. El gráfico indica que el punto de optimización, en el que el esfuerzo en el punto C es aproximadamente igual al esfuerzo en el punto N, se da cuando t_1 es aproximadamente 3.3 mm.

El Modelo B se muestra en la Figura 9B y comprendía un bloque rectangular y un adaptador rectangular con bordes angulosos definidos. La anchura (w) y la altura (h) del bloque se mantuvieron constantes. La altura del adaptador (nh) también permaneció constante. En el Modelo B la longitud del adaptador (nl) y la anchura del adaptador (nw) fueron variadas incrementando t_1 en incrementos de 0.25 mm, en donde las ratio de $t_1/t_2 = l/w$. Por lo tanto, t_2 fue siempre más pequeño que t_1 y se mantuvo proporcional a l/w . Las dimensiones internas de la cavidad eran aproximadamente iguales a las dimensiones externas del adaptador. Los factores de esfuerzo en los puntos C y N fueron calculados para cada incremento de 0.25 mm incrementado y los resultados se incluyen en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados del factor de esfuerzo para el modelo B

w (mm)	l (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	I_1 (mm ⁴)	I_2 (mm ⁴)	Factor de esfuerzo en C (1/mm ³)	Factor de esfuerzo en N (1/mm ³)	A_n/A_b	n/l
24.5	49.54	1.00	0.49	248229	210507	0.000657	0.000113	0.92	0.96
24.5	49.54	1.25	0.62	248229	201789	0.000533	0.000117	0.90	0.95
24.5	49.54	1.50	0.74	248229	193346	0.000451	0.000120	0.88	0.94
24.5	49.54	1.75	0.87	248229	185170	0.000393	0.000124	0.86	0.93
24.5	49.54	2.00	0.99	248229	177256	0.000349	0.000128	0.85	0.92
24.5	49.54	2.25	1.11	248229	169599	0.000315	0.000133	0.83	0.91
24.5	49.54	2.50	1.24	248229	162192	0.000288	0.000137	0.81	0.90
24.5	49.54	2.75	1.36	248229	155031	0.000266	0.000142	0.79	0.89
24.5	49.54	3.00	1.48	248229	148109	0.000247	0.000147	0.77	0.88
24.5	49.54	3.25	1.61	248229	141422	0.000232	0.000152	0.75	0.87
24.5	49.54	3.50	1.73	248229	134964	0.000219	0.000158	0.74	0.86
24.5	49.54	3.75	1.85	248229	128730	0.000207	0.000163	0.72	0.85
24.5	49.54	4.00	1.98	248229	122714	0.000197	0.000169	0.70	0.84
24.5	49.54	4.25	2.10	248229	116912	0.000189	0.000176	0.69	0.83
24.5	49.54	4.50	2.23	248229	111318	0.000181	0.000182	0.67	0.82
24.5	49.54	4.75	2.35	248229	105927	0.000174	0.000189	0.65	0.81
24.5	49.54	5.00	2.47	248229	100734	0.000168	0.000196	0.64	0.80
24.5	49.54	5.25	2.60	248229	95734	0.000162	0.000204	0.62	0.79
24.5	49.54	5.50	2.72	248229	90923	0.000157	0.000212	0.61	0.78
24.5	49.54	5.75	2.84	248229	86296	0.000153	0.000220	0.59	0.77

donde:

I_1 = momento de inercia del área de la sección transversal del bloque (A_b)

I_2 = momento de inercia del área de la sección transversal del adaptador (A_n)

A_n/A_b = ratio del área de la sección transversal del adaptador / área de la sección transversal del bloque; y

n/l = ratio de la longitud del adaptador / longitud del bloque.

Los valores de esfuerzos en el punto C y en el punto N dados en la Tabla 2 fueron representados con relación a la longitud de t_1 y el gráfico se muestra la Figura 10B. El gráfico indica que el punto de optimización, en el que el esfuerzo en el punto C es aproximadamente igual al esfuerzo en el punto N, se da cuando t_1 es aproximadamente 4.5 mm.

El Modelo C se muestra la Figura 9C y comprendía un bloque rectangular y un adaptador rectangular con bordes laterales curvados. Dos bordes laterales opuestos del adaptador eran semicirculares, de tal modo que la forma de la sección transversal del adaptador era sustancialmente oval. La anchura (w), la longitud (l) y la altura (h) del bloque se mantuvieron constantes. La altura del adaptador (nh) también permaneció constante. En el Modelo C la longitud del adaptador (nl) y la anchura del adaptador (nw) fueron variadas incrementando t1 en incrementos de 0.25 mm, en donde las ratio de $t1/t2 = l/w$. Por lo tanto, t2 fue siempre más pequeña que t1 y se mantuvo proporcional a l/w. El radio (r) de los bordes semicirculares del adaptador disminuía a medida que t1 aumentaba. Las dimensiones internas de la cavidad eran aproximadamente iguales a las dimensiones externas del adaptador. Los factores de esfuerzo en los puntos C y N fueron calculados para cada incremento de 0.25 mm incrementado y los resultados se incluyen en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados del factor de esfuerzo para el Modelo C

w (mm)	l (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	r	lcirc (mm ⁴)	l1 (mm ⁴)	l2 (mm ⁴)	Factor de esfuerzo en C (1/mm ³)	Factor de esfuerzo en N (1/mm ³)	An/Ab	nl/l
24.5	49.54	6.00	2.97	9.28	147970.33	248229	158539	0.000276	0.000118	0.51	0.76
24.5	49.54	6.25	3.09	9.16	140243.09	248229	150260	0.000253	0.000123	0.50	0.75
24.5	49.54	6.50	3.21	9.04	132822.52	248229	142310	0.000234	0.000128	0.49	0.74
24.5	49.54	6.75	3.34	8.91	125700.41	248229	134679	0.000218	0.000134	0.47	0.73
24.5	49.54	7.00	3.46	8.79	118868.63	248229	127359	0.000205	0.000140	0.46	0.72
24.5	49.54	7.25	3.59	8.66	112319.19	248229	120342	0.000194	0.000146	0.45	0.71
24.5	49.54	7.50	3.71	8.54	106044.19	248229	113619	0.000184	0.000152	0.43	0.70
24.5	49.54	7.75	3.83	8.42	100035.87	248229	107181	0.000176	0.000159	0.42	0.69
24.5	49.54	8.00	3.96	8.29	94286.56	248229	101021	0.000168	0.000166	0.41	0.68
24.5	49.54	8.25	4.08	8.17	88788.703	248229	95131	0.000162	0.000174	0.40	0.67
24.5	49.54	8.50	4.20	8.05	83534.861	248229	89502	0.000156	0.000182	0.39	0.66
24.5	49.54	8.75	4.33	7.92	78517.704	248229	84126	0.000151	0.000190	0.37	0.65
24.5	49.54	9.00	4.45	7.80	73730.014	248229	78996	0.000146	0.000200	0.36	0.64
24.5	49.54	9.25	4.57	7.68	69164.686	248229	74105	0.000142	0.000209	0.35	0.63
24.5	49.54	9.50	4.70	7.55	64814.726	248229	69444	0.000139	0.000220	0.34	0.62
24.5	49.54	9.75	4.82	7.43	60673.252	248229	65007	0.000135	0.000231	0.33	0.61

donde:

r = radio de los bordes semicirculares del adaptador;

lcirc = momento de inercia del área de la sección transversal de ambos extremos semicirculares del adaptador

l1 = momento de inercia del área de la sección transversal del bloque (Ab)

l2 = momento de inercia del área de la sección transversal del adaptador (An)

An/Ab = ratio del área de la sección transversal del adaptador / área de la sección transversal del bloque; y

nl/l = ratio de la longitud del adaptador / longitud del bloque.

Los valores de esfuerzo en el punto C y en el punto N incluidos en la Tabla 3 fueron representados en relación a la longitud de t1 y el gráfico se muestra la Figura 10C. El gráfico indica que el punto de optimización, en el que el esfuerzo en el punto C es aproximadamente igual al esfuerzo en el punto N, se da cuando t1 es aproximadamente 8.0 mm.

El Modelo C parecía ser el mejor modelo de optimización, dado que el punto de convergencia de los factores de esfuerzo del adaptador y de la cavidad eran considerablemente inferiores en el Modelo C que en los Modelos A y B. Para los Modelos A a C, los valores del factor de esfuerzo convergentes fueron 0.000186, 0.000182, y 0.000167 1/mm³ respectivamente.

El Modelo C fue utilizado por lo tanto, para calcular las dimensiones óptimas del adaptador para barras interconectables del estado de la técnica previo. En otras palabras, las dimensiones del bloque (es decir, anchura del bloque (w), longitud del bloque (l), y altura del bloque (h)) de las barras sólidas interconectables conocidas fueron medidas e introducidas en el Modelo C en el que los dos bordes laterales opuestos del adaptador eran semicirculares y la ratio de $t1/t2 = l/w$. Las longitudes de t1 y t2 que proporcionaban iguales valores de factores de esfuerzo en los puntos N y C fueron calculadas e incluidas en la Tabla 4. La Tabla 4 también muestra el radio (r) de

los bordes semicirculares, la ratio del área de la sección transversal del adaptador / área de la sección transversal del bloque (A_n/A_b) y la ratio de la longitud del adaptador / longitud del bloque (n/l).

Por comparación con los resultados obtenidos en las barras del estado de la técnica previo introducidos en el Modelo C, las dimensiones del adaptador y del bloque de la barra del estado de la técnica previo (Refoka™) mostrada en la figura 1A con bordes del adaptador curvados, fueron introducidas en la Tabla 4 y se calcularon los factores de esfuerzo del adaptador y la cavidad (N & C), la ratio de A_n/A_b y la ratio de n/l . Estos resultados se incluyen en cursiva en la Tabla 4.

Tabla 4: Resultados de barra del estado de la técnica previo

	w(mm)	l(mm)	t1 (mm)	t2(mm)	r	I1 (mm ⁴)	I2 (mm ⁴)	Factor de Esfuerzo en C (1/mm ³)	Factor de Esfuerzo en N N (1/mm ³)	A_n/A_b	n/l
ofa™	24.41	49.39	5.05	4.80	7.41	245078	152027	0.000265	0.000129	0.44	0.80
RW012™	24.50	49.54	8.05	3.98	8.27	248229	99822	0.000167	0.000167	0.41	0.68
RW010™	19.50	43.70	7.21	3.22	6.53	135612	54406	0.000269	0.000269	0.41	0.67
III™	28.00	39.00	5.35	3.84	10.16	138411	58228	0.000243	0.000243	0.45	0.73
TM	25.40	63.50	10.57	4.23	8.47	541968	217015	0.000098	0.000098	0.41	0.67

donde:

r = radio de los bordes semicirculares del adaptador;

I_1 = momento de inercia del área de la sección transversal del bloque (A_b)

I_2 = momento de inercia del área de la sección transversal del adaptador (A_n)

A_n/A_b = ratio del área de la sección transversal del adaptador / área de la sección transversal del bloque; y

n/l = ratio de la longitud del adaptador / longitud del bloque.

La Tabla 4 muestra que los valores de los factores de esfuerzo para el punto C y para el punto N, para la barra del estado de la técnica previo Refoka™ no son iguales, por lo tanto, la barra no está optimizada. El factor de esfuerzo para la cavidad (C) esta a más del doble del factor de esfuerzo para el adaptador (N), por consiguiente, el adaptador ha sido sobredimensionado y la cavidad es susceptible de ser el punto de fallo.

Para las barras del estado de la técnica previo que fueron optimizadas con arreglo al Modelo C (incluyendo la disposición de bordes laterales redondeados del adaptador) las ratios de n/l están en el rango de 0.67 a 0.73. La ratio de n/l para la barra del estado de la técnica previo Refoka™ es 0.8, lo cual cae fuera de este rango.

Ejemplo 2: Análisis por Elementos Finitos (FEA)

El análisis por elementos finitos (FEA) fue realizado en barras sólidas interconectables del estado de la técnica previo como se muestra en las Figuras 1A y 1B, y también en un ejemplo de una barra sólida interconectable optimizada de la presente invención con bordes laterales curvados del adaptador, como se muestra en la Figura 3. Se aplicó una carga, equivalente a 30G en una nueva barra, a la cavidad de cada modelo mientras se suponía que el adaptador estaba sujeto de forma fija. A medida que el esfuerzo en la cavidad aumenta, el adaptador tiende a ser más débil, debido a su reducción en tamaño. El análisis FEA también se realizó en cada adaptador para asegurar que el adaptador no fallará antes que la cavidad. Para el análisis FEA se hizo la hipótesis de que cuando las barras interconectables eran utilizadas para la aplicación de una composición de LFC a una superficie, era inducida una carga en la cavidad por el extremo del adaptador de la barra frontal en el sistema. Una carga igual y opuesta era aplicada al adaptador. Aunque las actuales condiciones dinámicas y límites de las barras no eran conocidas en el terreno, para el análisis FEA, se supuso una carga como la mostrada en la Figura 8.

La Figura 5 muestra los resultados del FEA para la barra sólida interconectable del estado de la técnica previo mostrada en la figura 1 B. La Figura 5A muestra los resultados del FEA para la cavidad y la Figura 5B muestra los resultados FEA para el adaptador.

La Figura 6 muestra los resultados del FEA para un ejemplo de la barra sólida interconectable de la presente invención como se muestra en la Figura 3. La Figura 6A muestra los resultados del FEA para la cavidad y la Figura 6B muestra los resultados del FEA para el adaptador.

Utilizando el FEA, se calcularon los esfuerzos máximos en la cavidad y los esfuerzos máximos en la superficie superior, tanto para las barras sólidas interconectable del estado de la técnica previo como para el ejemplo de una

barra sólida interconectable de la presente invención, como se muestra en la Figura 3. Los cálculos se han incluido en la Tabla 5.

Tabla 5: Cálculos del FEA

	Esfuerzo Máximo en Cavity (MPa)	Esfuerzo Máximo en Superficie Superior (MPa)
Barra estado de la técnica previo (FIGURA 1 B)	0.64	0.47
Barra estado de la técnica previo (FIGURA 1 A)	0.40	0.27
Barra optimizada (FIGURA 3)	0.33	0.13

5 La Tabla 5 indica que la disposición de bordes laterales curvados o redondeados del adaptador (Figura 1B) reduce los esfuerzos en la cavidad y la superficie superior de la barra sólida interconectable, comparada con una barra con bordes laterales rectos del adaptador (Figura 1A). Los esfuerzos son además reducidos optimizando el diseño del adaptador y de la cavidad.

10 Para confirmar las indicaciones del análisis FEA, se fabricaron un número de barras sólidas interconectables con el diseño mostrado en la Figura 3 y se probaron en el terreno. Las barras fueron cargadas dentro de un sistema de caja de grasa montado en un vehículo de locomotora. Las barras funcionaron bien en el sistema y no se observaron fallos en la barra.

15 La presente invención ha sido descrita con respecto a modos de realización preferidos. Sin embargo, será obvio para un experto medio en la materia que se puede hacer un número de variaciones y modificaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una barra sólida interconectable (100) que comprende un bloque (110) con cuatro caras laterales, un primer extremo y un segundo extremo opuesto, y un adaptador (120) unido al primer extremo del bloque (110), el adaptador (120) teniendo cuatro caras laterales conectadas por bordes laterales substancialmente curvados, en donde el segundo extremo del bloque (110) contiene una cavidad (130) con paredes laterales substancialmente curvadas, dimensionadas para recibir ajustadamente al adaptador (120) de una barra sólida interconectable (100) correspondiente, caracterizada porque una longitud (nl) de una cara lateral del adaptador (120) y una longitud (l) de la cara lateral del bloque (110) en el mismo plano tiene una ratio nl/l de entre 0.6 y 0.75.
2. La barra sólida interconectable de la reivindicación 1, en donde la ratio nl/l es de entre 0.7 y 0.73.
3. La barra sólida interconectable de la reivindicación 1, en donde la forma de la sección transversal del adaptador es substancialmente oval.
4. La barra sólida interconectable de la reivindicación 1, en donde la barra comprende una composición de un bajo coeficiente de fricción (LCF).
5. La barra sólida interconectable de la reivindicación 1, en donde el adaptador (120) se estrecha desde el bloque (110) según un ángulo de estrechamiento.
6. La barra sólida interconectable de la reivindicación 5, en donde el ángulo de estrechamiento es de entre 7.0 y 10.0 grados.
7. La barra sólida interconectable de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los bordes laterales del bloque (110) es substancialmente curvado.
8. La barra sólida interconectable de la reivindicación 7, en donde todos los bordes laterales del bloque (110) son substancialmente curvados.
9. La barra sólida interconectable de la reivindicación 8, en donde al menos uno de los bordes del primer extremo del bloque (110) es substancialmente curvado.
10. La barra sólida interconectable de la reivindicación 9, en donde todos los bordes del primer extremo del bloque (110) son substancialmente curvados.
11. La barra sólida interconectable de la reivindicación 1, en donde el adaptador (120) es un cono truncado aplanado.
12. Una barra sólida interconectable (100) que comprende un bloque (110) con cuatro caras laterales, un primer extremo y un segundo extremo opuesto, y un adaptador (120) unido al primer extremo del bloque (110), el adaptador (120) teniendo cuatro caras laterales conectadas por bordes laterales substancialmente rectos, en donde el segundo extremo del bloque (110) contiene una cavidad (130) con paredes laterales substancialmente rectas, dimensionadas para recibir ajustadamente al adaptador (120) de una barra sólida interconectable (100) correspondiente, caracterizada porque una longitud (nl) de una cara lateral del adaptador (120) y una longitud (l) de la cara lateral del bloque (110) en el mismo plano tiene una ratio nl/l de entre 0.75 y 0.95.
13. La barra sólida interconectable de la reivindicación 12, en donde la ratio nl/l es de entre 0.8 y 0.9.
14. La barra sólida interconectable de la reivindicación 12, en donde la ratio nl/l es de entre 0.82 y 0.87.
15. La barra sólida interconectable de la reivindicación 12, en donde la forma de la sección transversal del adaptador es substancialmente rectangular.
16. La barra sólida interconectable de la reivindicación 12, en donde la barra comprende una composición de un bajo coeficiente de fricción (LCF).
17. La barra sólida interconectable de la reivindicación 12, en donde el adaptador (120) se estrecha desde el bloque (110) según un ángulo de estrechamiento.
18. La barra sólida interconectable de la reivindicación 17, en donde el ángulo de estrechamiento es de entre 7.0 y 10.0 grados.
19. La barra sólida interconectable de la reivindicación 12, en donde al menos uno de los bordes laterales del bloque (110) es substancialmente curvado.

20. La barra sólida interconectable de la reivindicación 19, en donde todos los bordes laterales del bloque (110) son substancialmente curvados.

5 21. La barra sólida interconectable de la reivindicación 20, en donde al menos uno de los bordes del primer extremo del bloque (110) es substancialmente curvado.

22. La barra sólida interconectable de la reivindicación 21, en donde todos los bodes del primer extremo del bloque (110) son substancialmente curvados.

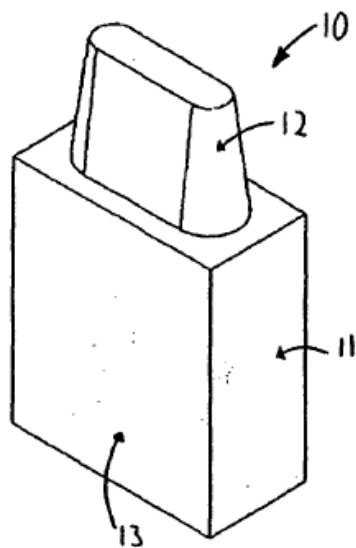


FIGURA 1A
(ESTADO DE LA TECNICA PREVIO)

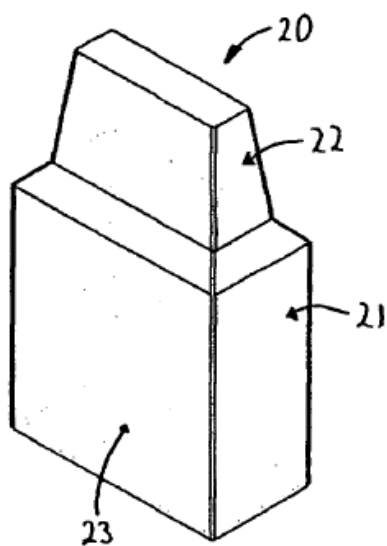


FIGURA 1B
(ESTADO DE LA TECNICA PREVIO)

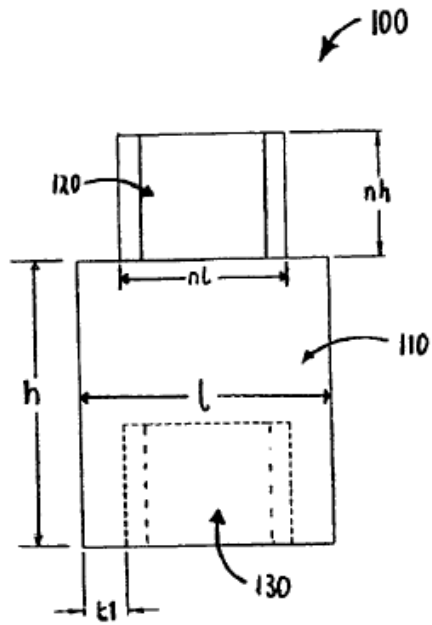


FIGURE 2A

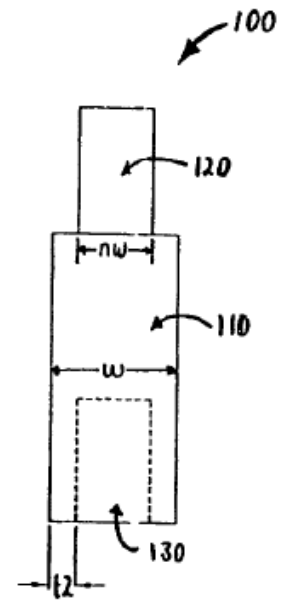


FIGURE 2B

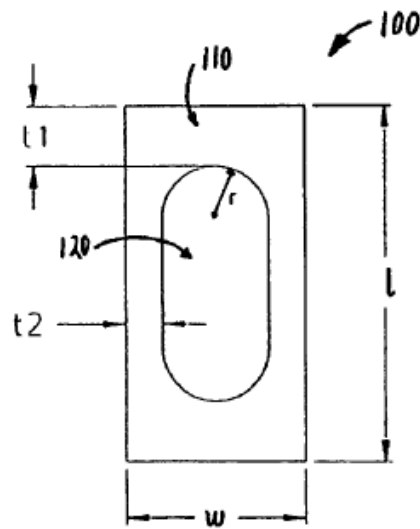


FIGURE 2C

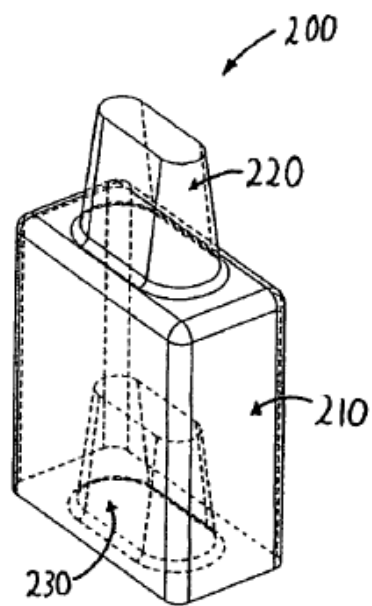


FIGURA 3A

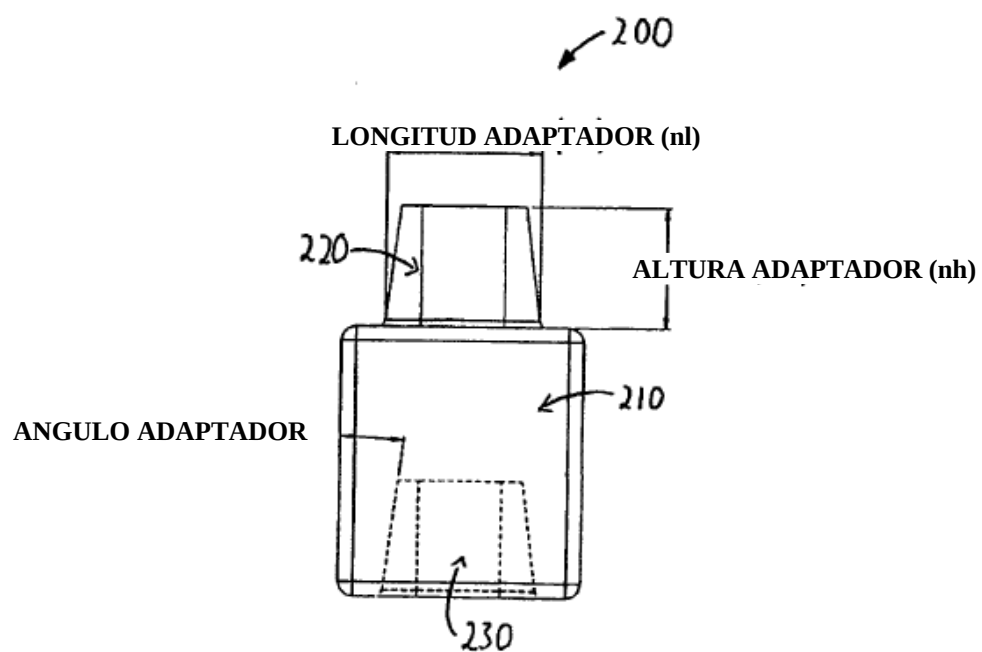


FIGURA 3B

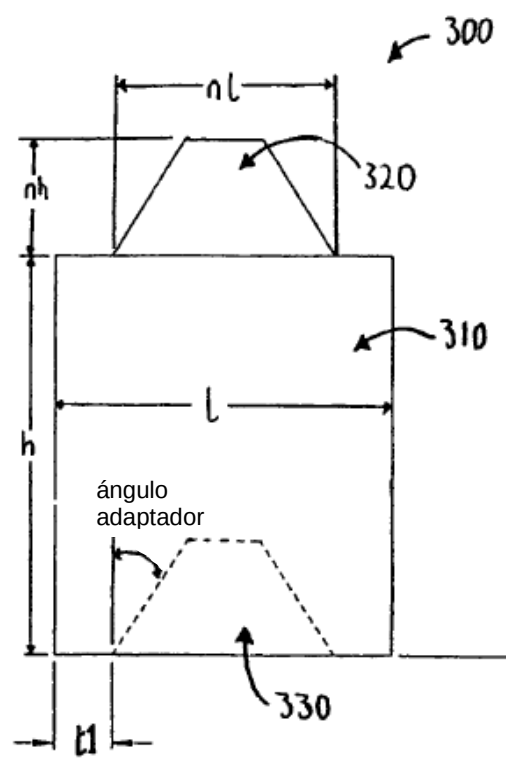


FIGURA 4

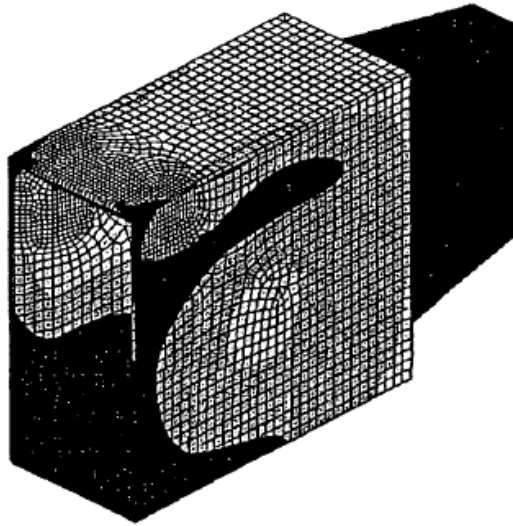


FIGURA 5A 5A

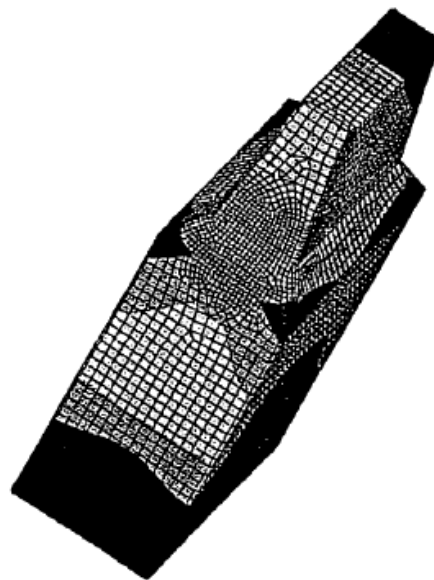


FIGURA 5B 5B

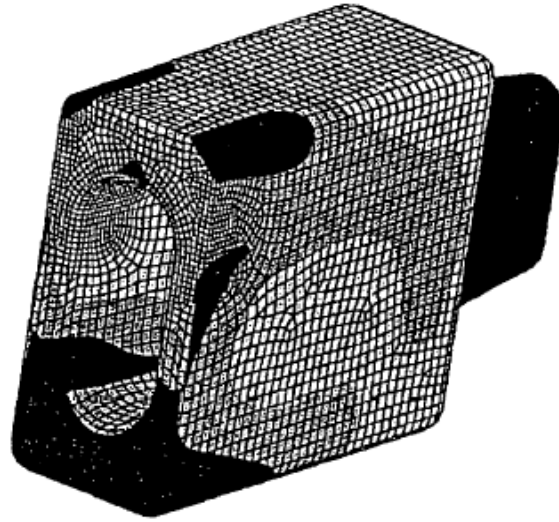


FIGURA 6A



FIGURA 6B

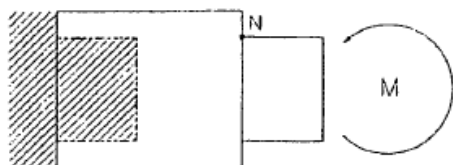


FIGURA 7A

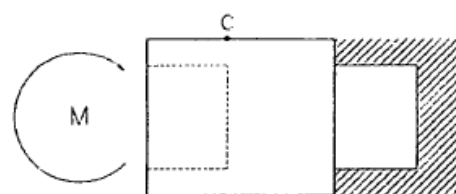


FIGURA 7B

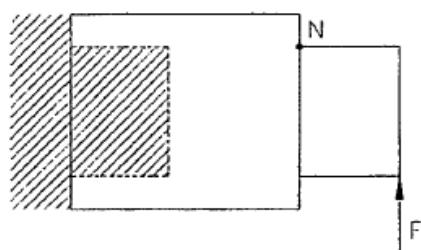


FIGURA 8A

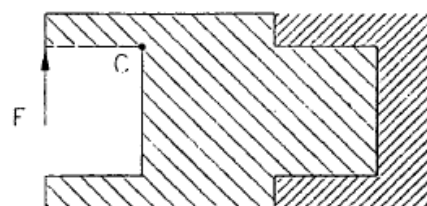
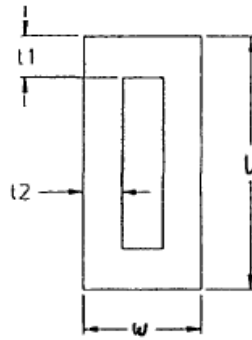


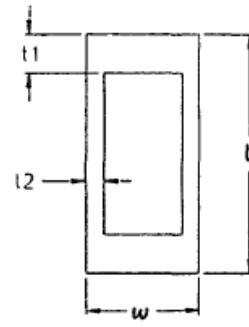
FIGURA 8B



$$t1 = t2$$

Modelo A

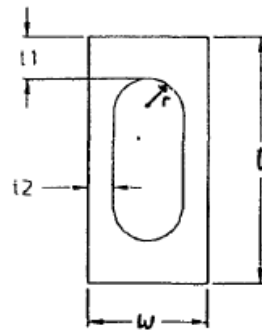
FIGURA 9A



$$t1/t2 = l/w$$

Modelo B

FIGURA 9B



$$t1/t2 = l/w$$

Modelo C

FIGURA 9C

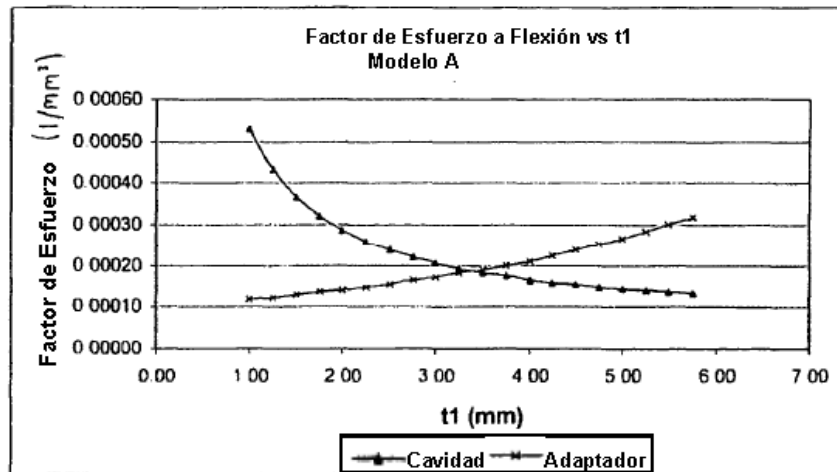


FIGURA 10A

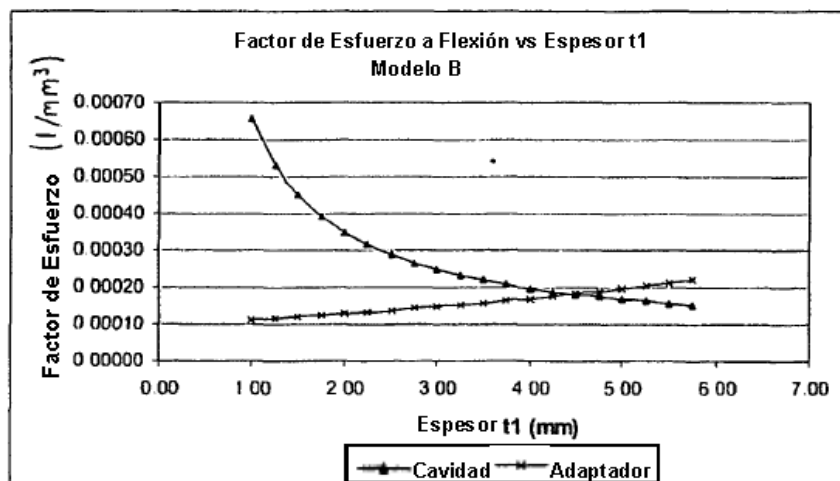


FIGURA 10B

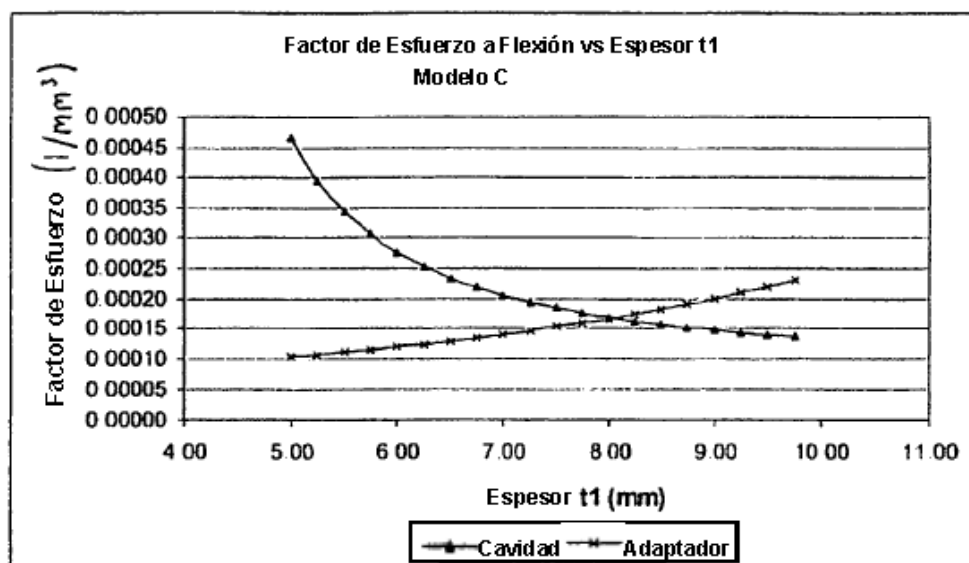


FIGURA 10C