

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 948**

51 Int. Cl.:  
**B61K 9/08** (2006.01)  
**B61L 23/04** (2006.01)  
**G01L 1/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07254205 .3**  
96 Fecha de presentación: **24.10.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1918172**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **SISTEMA DE MONITORIZACIÓN PARA RAÍLES DE FERROCARRIL.**

30 Prioridad:  
**24.10.2006 US 552386**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.02.2012**

73 Titular/es:  
**SALIENT SYSTEMS, INC.**  
**4393 K TULLER ROAD**  
**DUBLIN, OH 43017, US**

72 Inventor/es:  
**Harrison, Harold**

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 374 948 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**

Sistema de monitorización para raíles de ferrocarril

- 5 Los sistemas y los procedimientos descritos están generalmente relacionados con entornos de procesamiento de información para la monitorización de tensiones longitudinales en raíles de acero soldados en continuo ("CWR"). Más específicamente, los sistemas y los procedimientos descritos están relacionados con el procesamiento de niveles de tensión monitorizados para determinar los límites de seguridad de los raíles.
- 10 Durante los últimos cuarenta años, se han realizado esfuerzos para eliminar las uniones mecánicas en las vías de ferrocarril. Ese esfuerzo está implicado en gran medida con la construcción de vías que tienen raíles continuos mediante soldadura o la unión de otra manera de los extremos de las secciones de raíl separados de manera adyacente, formando una estructura a veces denominada como vía de raíl soldada en continuo. La tecnología asociada con la construcción de vías CWR es bien conocida en la técnica anterior.
- 15 Debido a que todas las secciones del raíl de la vía férrea continua están conectados, una vía férrea continua puede ser particularmente sensible a las fluctuaciones de la temperatura ambiente de la vía y su entorno, tales como variaciones estacionales en la temperatura ambiente, dando como resultado variaciones en la temperatura de los raíles. En climas tropicales, los rangos entre las temperaturas extremas son generalmente moderados, lo que no representa un problema importante para los sistemas ferroviarios. En climas templados, sin embargo, tal como los de los Estados Unidos, Asia, Australia y Europa, los rangos de temperaturas extremas son suficientes para causar fallos catastróficos inducidos por la temperatura en los sistemas ferroviarios, incluyendo la separación de los raíles y fallos de deformación de la vía, tal como se describe más adelante.
- 20 Por ejemplo, una longitud de 100 millas sin anclajes de raíles continuos en ciertas áreas de un clima templado podría experimentar un cambio en la longitud de más de 600 pies de una temperatura estacional extrema a otra. Mediante el anclaje del raíl a durmientes de ferrocarril, los cambios en la longitud total del raíl puede prevenirse en gran medida, pero, en cambio, se crean internamente en el raíl tensiones longitudinales localizadas resultantes.
- 25 Como los segmentos de raíles de la vía CWR se instalan inicialmente y son anclados a un lecho del camino, cada uno de los raíles tiene cero tensión longitudinal. La temperatura a la que se instala la vía férrea continua se refiere a veces como la temperatura neutra del raíl ("RNT").
- 30 A medida que la temperatura ambiente de los raíles cae por debajo de la RNT, se crean internamente tensiones longitudinales de tracción en cada segmento del raíl de la vía ferroviaria continua debido al mayor coeficiente térmico de expansión de los raíles de metal respecto al del lecho del camino subyacente. Si la diferencia entre la temperatura ambiente reducida del raíl y la RNT es extrema, las tensiones de tracción en las vías potencialmente puede alcanzar una magnitud suficiente para hacer realmente que segmentos de raíles en uno o los dos raíles continuos se separen. Afortunadamente, un fallo de separación puede ser fácilmente detectado por el establecimiento de un circuito eléctrico de vía usando los raíles como parte de la ruta de conducción, que se vuelve "abierto" si uno de los raíles de la vía férrea continua se separa.
- 35 Del mismo modo, cuando la temperatura ambiente del raíl sube por encima de la RNT, se crean tensiones de compresión internamente en cada uno de los raíles de la vía férrea continua. Si la diferencia entre la temperatura ambiente elevados de los raíles y la RNT es extrema, las tensiones de compresión en los raíles potencialmente pueden alcanzar una magnitud suficiente para causar realmente el panel de la vía se deformen. La tensión de compresión requerida para causar cualquier raíl particular se deforme depende de una serie de factores, incluyendo la temperatura absoluta, la diferencia entre la temperatura ambiente del raíl y la RNT, y la condición del balasto, por ejemplo.
- 40 Esta deformación, que antes se consideraba aleatoria e impredecible, es una fuente importante de descarrilamientos. La capacidad de un tren de negociar un desplazamiento del panel lateral de la vía, que es típico de la deformación de la vía, es mínima. Como resultado, la deformación de la vía representa un riesgo de descarrilamiento sustancialmente mayor que la separación, ya que el primero no puede ser detectado mediante un circuito de vía convencional.
- 45 A pesar de que han sido desarrollado varios procedimientos, sistemas y aparatos para medir y/o determinar las tensiones longitudinales en un raíl de una vía férrea continua, ninguno de los mismos se han utilizado para determinar con exactitud si una sección de una vía férrea continua está dentro de límites específicos de seguridad.
- 50 En consecuencia, son necesarios sistemas y procedimientos que corrijan las deficiencias de la identificación de tensiones en raíles de la técnica anterior y proporcionar una determinación más precisa del rendimiento del raíl dentro de los rangos de seguridad establecidos.
- 55

La anterior solicitud del presente inventor WO 2006/014893 describe un procedimiento para determinar los límites de seguridad de los raíles. El procedimiento de ejemplo incluye la determinación de una temperatura neutra objetivo de los raíles por una parte del carril continuo soldado. El procedimiento también incluye la monitorización de una tensión longitudinal para la porción del raíl continuo soldado y la monitorización de una temperatura ambiente del raíl para la parte del raíl continuo soldado. El procedimiento también incluye la determinación de una temperatura neutra presente del raíl, basada en la tensión longitudinal y la temperatura ambiente del raíl. De acuerdo con el procedimiento de ejemplo, la temperatura neutra presente del raíl se compara con la temperatura neutra objetivo del raíl para determinar si se ha producido un fallo de la porción del raíl continuo soldado, y se informa de una alerta si la diferencia entre la temperatura neutra presente del raíl y la temperatura neutra objetivo del raíl está dentro de un rango predeterminado. Un aparato de ejemplo también se describe para llevar a cabo el procedimiento.

La solicitud anterior también describe un procedimiento para determinar los límites de seguridad de los raíles, que incluye la monitorización de una temperatura ambiente del raíl para una parte del raíl continuo soldado, y la monitorización de una tensión longitudinal para la porción del raíl continuo soldado. El procedimiento también incluye la determinación de una temperatura neutra del raíl para la porción de raíl continua soldada y la determinación de una resistencia elástica de un balasto que soporta la porción del raíl. El procedimiento también incluye la determinación de un umbral de deformación de alta temperatura asociado con la porción del raíl. El umbral de deformación de alta temperatura es una función de la resistencia elástica, la temperatura neutra del raíl y la tensión longitudinal de la porción del raíl. De acuerdo con el procedimiento de ejemplo, la temperatura ambiente del raíl se compara con el umbral de deformación de alta temperatura para determinar una diferencia de temperatura, y una alerta es informada si la diferencia de temperatura se encuentra dentro de un intervalo predeterminado. Un aparato de ejemplo también se describe para llevar a cabo el procedimiento.

La solicitud anterior también describe un sistema para la monitorización de porciones de raíl. El sistema incluye una pluralidad de dispositivos de monitorización de la tensión de la porción del raíl, y al menos un receptor en comunicación con la pluralidad de dispositivos de monitorización de la tensión del raíl. Los receptores están también operativos para recibir los datos de la tensión del raíl desde los dispositivos de monitorización de la tensión del raíl. Los receptores también son operativos para transmitir los datos de la tensión del raíl a un aparato de procesamiento de la tensión del raíl. El aparato de procesamiento de la tensión del raíl está en comunicación con los receptores, y es operativo para evaluar los datos de la tensión del raíl. El aparato de control de la tensión del raíl también es operativo para reportar alertas en base a los datos de la tensión del raíl. El documento JP 2002-236065 describe un procedimiento para la detección de una fuerza horizontal en el sentido transversal de un raíl usando 8 pares cruzados de medidores de deformación montados sobre la superficie del raíl.

De acuerdo con la presente invención, se describe un aparato para la monitorización de la tensión de un raíl. Este sistema incluye por lo menos un dispositivo de detección que está adaptado para montarse directamente en una longitud del raíl. El dispositivo de detección incluye una cuña generalmente plana, usualmente de metal, y al menos dos sensores de tensión montados en un lado de la cuña. Los sensores son típicamente indicadores de presión, y están montados en la cuña en una configuración específica, predeterminada llamada "espina de pescado". Al menos un módulo de adquisición de datos está en comunicación eléctrica con el dispositivo de detección y un módulo de procesamiento de datos recibe y procesa la información obtenida por el módulo de adquisición de datos.

Características adicionales y aspectos de la presente invención se harán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la lectura y la comprensión de la siguiente descripción detallada de los ejemplos de realización. Los dibujos y las descripciones asociadas deben ser considerados como ilustrativos y no restrictivos en naturaleza.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de la memoria, ilustran esquemáticamente uno o más ejemplos de realización de la invención y, junto con la descripción general anterior y la descripción detallada a continuación, sirven para explicar los principios de la invención, y en el que:

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de red de vía férrea continua, que puede emplear los sistemas y los procedimientos descritos en la presente solicitud;

La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una comunicación de ejemplo entre ciertos componentes de la figura 1;

La figura 3 es un gráfico que ilustra la relación de la tensión longitudinal del raíl con la diferencia de temperatura entre la temperatura neutra del raíl y temperatura ambiente del raíl;

La figura 4 es un gráfico de la tensión longitudinal y RNT para un panel de vía CWR;

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un primer ejemplo de metodología para determinar los límites de

seguridad del raíl;

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un segundo ejemplo de metodología para determinar los límites de seguridad del raíl;

La figura 7 es un esquema generalizado de un ejemplo de realización del sistema de monitorización de la tensión del raíl de la presente invención y una vista superior generalizada de los componentes internos del dispositivo de detección de la presente invención;

La figura 8 es una vista en perspectiva de una realización de ejemplo de una versión montada del dispositivo de detección de la presente invención;

La figura 9 es una vista en perspectiva de una longitud de raíl sobre el que se ha montado un ejemplo de realización del módulo detector de la presente invención; y

La figura 10 es una ilustración estilizada de un técnico de toma de lecturas a partir de un ejemplo de realización del módulo sensor de la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Ejemplos de realización de la presente invención se describen con referencia a las figuras. Los números de referencia se utilizan en la descripción detallada para referirse a los diversos elementos y estructuras. Para propósitos de explicación, numerosos detalles específicos se indican en la descripción detallada para facilitar un conocimiento profundo de esta invención. Debe entenderse, sin embargo, que la presente invención se puede realizar sin estos detalles específicos. En otras instancias, se muestran estructuras y aparatos bien conocidos en forma de diagramas de bloques para simplificar la descripción.

Refiriéndose a la figura 1, un diagrama esquemático ilustra un ejemplo de red 100 de vía del raíl continuo. La red de vía férrea de raíl soldado continuo 100 mostrada incluye una pluralidad de porciones de vía CWR, tales como las porciones de raíl 105, 110 y 115, por ejemplo. Las porciones de vía CWR crean rutas entre ciertos nodos, tal como la ruta entre los nodos 120 y 125. Ciertas porciones de vía CWR, tal como la porción de raíl 115, por ejemplo, incluyen un dispositivo de monitorización de la tensión del raíl, tal como el dispositivo de monitorización de la tensión del raíl 140. Cada dispositivo de monitorización de la tensión del raíl está diseñado para medir o determinar de otra manera una cantidad de tensiones internas dentro de una porción de raíl e informar de esta tensión interna a un procesador de tensión del raíl 130.

Refiriéndose ahora a la figura 2, se ilustra una vista más detallada de ciertos componentes de la red vía de raíl continuo 100. Tal como se ve, el monitor de tensión del raíl 140 que corresponde a la porción de raíl 115 determina la tensión interna de la porción del raíl 115 y transmite los datos de tensión del raíl al procesador de la tensión del raíl 130 a través de la torre de señalización 210.

Por supuesto, los medios de comunicación que se ilustran no son más que un ejemplo de una variedad de maneras para monitorizar la tensión del raíl, tal como el monitor 140 para comunicarse con el procesador de tensión del raíl 130. Ejemplos de otros medios de comunicación incluyen comunicación directa por cable, satélite, microondas, celular, cualquier otra forma de comunicación inalámbrica, y la comunicación a través de Internet, por ejemplo. Ejemplos de todavía otros medios de comunicación de los datos monitorizados desde el monitor 140 al procesador de tensión del raíl 130 incluyen la transmisión a través de vehículos ferroviarios y la recogida manual de los datos desde el monitor 140 por parte de personal ferroviario junto con la entrada posterior manual de estos datos al procesador de tensión del raíl 130.

Los datos recogidos e informados por el monitor 140 incluyen la tensión longitudinal medida de una porción de vía CWR o panel de vía CWR. Otros datos que se pueden recoger e informar mediante el monitor 140 incluyen la temperatura ambiente de los raíles, la temperatura del raíl, la fecha, la hora, la vibración y la RNT, por ejemplo.

Refiriéndose ahora a la figura 3, hay un gráfico de ejemplo que ilustra la relación de la tensión longitudinal del raíl con la diferencia de temperatura entre la RNT y la temperatura ambiente del raíl. Tal como se ilustra, el gráfico muestra la temperatura del raíl en grados centígrados a lo largo del eje horizontal, y una representación de la tensión del raíl correspondiente en grados centígrados a lo largo del eje vertical. Aunque la tensión del raíl se representa típicamente en unidades tales como libras por pulgada cuadrada, por ejemplo, la presente solicitud reconoce que representar la tensión del raíl en términos de grados simplifica enormemente la comprensión de las relaciones entre la tensión del raíl, la temperatura ambiente del raíl y la RNT. De acuerdo con la gráfica de la figura 3, la tensión del raíl en grados centígrados puede determinarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

Sea:

RS = Tensión del raíl (en grados centígrados)

RNT = Temperatura neutra del raíl (en grados centígrados)

AT = Temperatura ambiente del raíl (en grados centígrados)

$$RS = RNT - AT$$

En otras palabras, la tensión del raíl trazada en el gráfico de la figura 3 que es la tensión del raíl (RT) es el número de grados que la temperatura ambiente de los raíles (RT) que está lejos de la temperatura neutra de los raíles (RNT). Esta relación lineal se representa con el número de referencia 350. La función horizontal representada con el número de referencia 360 representa la tensión de una porción no restringida del raíl. Debido a las restricciones del estado de la porción del raíl, independientemente de la temperatura ambiente del raíl, la tensión del raíl es igual a cero. En otras palabras, la RNT de un ferrocarril sin restricciones siempre es igual a la temperatura ambiente del raíl.

En la región 305 del ejemplo ilustrado, donde la temperatura del raíl está por debajo de su RNT, el raíl está por debajo de la tensión de tracción que tiende a resultar en fallas de separación de los raíl. La tensión del raíl en la región 310, por encima de la RNT, representa una tensión de compresión del raíl que tiende a resultar en fallos de deformación de la vía. Por definición, la RNT 315 se puede determinar usando la gráfica mediante la identificación del punto en que hay una tensión del raíl cero. En el gráfico ilustrado, la RNT 315 para la vía CWR de ejemplo es igual a 30 grados centígrados.

Refiriéndose ahora a la figura 4, se ilustra un trazado gráfico de RNT y la tensión longitudinal, en grados Fahrenheit de un panel de vía CWR lo largo del tiempo. La primera porción de la gráfica, según lo indicado por los números de referencia 405 y 410, representa las lecturas tomadas antes de fijar el raíl CWR al resto de la vía. Como se ilustra, la RNT varía con la temperatura ambiente de los raíles a lo largo de cada día. Del mismo modo al ilustrado, la tensión monitorizada en grados Fahrenheit, que también se expresa como la diferencia entre la temperatura ambiente de los raíles y la RNT, es cero. Estas lecturas indican que no hay tensión longitudinal en el panel de vía CWR, lo cual es consistente con la condición sin restricciones de los raíles CWR antes de la instalación.

En el número de referencia 415, el punto en que el raíl CWR está limitado, se ilustra una lectura más constante de la RNT a unos 100 grados. Del mismo modo, en el número de referencia 420, el gráfico muestra un fuerte incremento del pico de la cantidad de tensión del raíl longitudinal durante la noche, que se mantiene constante en aproximadamente 30 a 40 grados durante algún tiempo. Este aumento repentino y el valor positivo (tracción) de la tensión del raíl es consistente con la soldadura dos extremos de los raíles juntos y vueltos a anclar el raíl a los durmientes. Las cargas resultantes se transfieren al balasto, dejando el raíl en una condición totalmente restringida.

En el número de referencia 430, se muestra un fuerte aumento en la tensión longitudinal del raíl, y una disminución correspondiente en la RNT en el número de referencia 425. En teoría, una vez que el panel de vía CWR se limita, la RNT debe permanecer constante durante la vida útil del panel de vía CWR. En la práctica, sin embargo, una serie de factores pueden afectar a la RNT. Algunos cambios en la RNT pueden ser temporales, mientras que otros pueden ser permanentes. Por ejemplo, el balasto que soporta un panel de vía CWR puede ajustarse con el tiempo, haciendo que el tramo de vía CWR varíe o cambie de otra manera su posición. Este ajuste, típicamente debido a la entropía y/o a otras fuerzas naturales, puede aliviar la tensión del panel de vía CWR. La reducción del nivel de tensión afecta a la RNT durante el tiempo en el que el tramo de vía CWR permanece en la posición cambiada.

En el número de referencia 425, el gráfico muestra una caída en la RNT en aproximadamente 80 grados Fahrenheit, y no rebota de vuelta a 100 grados Fahrenheit durante el resto de la duración monitorizada. Estas fluctuaciones en la RNT a lo largo del tiempo pueden representar cambios plásticos o elásticos en la porción de raíl. En general, el cambio de carril y los durmientes en el balasto es la principal fuente de pérdida de la RNT. Realignar el panel de vía o eliminar los segmentos del raíl a nivel local son necesarios para recuperar la RNT adecuada.

En el número de referencia 435, parece como si algún factor afectó a la RNT monitorizada del panel de vía CWR. A partir de los datos proporcionados, no está claro si el cambio en la RNT en 435 fue un cambio plástico o elástico. A partir de los datos proporcionados (una curva con un grado del uno por ciento), el cambio en la RNT en 435 fue la reducción del radio de curvatura mediante durmientes que cambian en el balasto. El consiguiente aumento de la RNT en 440 parece ser la migración del raíl cuesta abajo y algunas cargas de compresión cuando aumenta la temperatura ambiente. Por supuesto, los cambios en 435 y 440 podrían no estar relacionados con cambios elásticos que simplemente suceden en orientaciones opuestas.

La monitorización de los niveles de tensión longitudinal por sí sola no proporciona la misma amplitud de información sobre el estado de cualquier panel de vía CWR particular. Las ventajas predictivas y/o preventivas de la presente invención son derivadas a través de la recogida y/o el análisis de la tensión longitudinal, la temperatura ambiente del

raíl, la RNT, y en algunos casos las condiciones del balasto. El análisis de estos datos permite la predicción de las condiciones de mantenimiento, o los llamados fallos "poco importantes", y las condiciones de seguridad o los llamados fallos "catastróficos".

5 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra una primera metodología de ejemplo 500 para un aparato de procesamiento de la tensión del raíl para determinar los límites de seguridad del raíl para cada porción de raíl de una vía férrea soldada continua, tal como la vía CWR 105 del sistema de raíles 100. De acuerdo con la metodología de ejemplo, en el bloque 505 una RNT objetivo se identifica para una parte determinada de un raíl continuo. La tensión longitudinal de la porción de raíl se monitoriza en el bloque 510, y la temperatura ambiente del raíl de la porción de raíl se monitoriza en el bloque 515. En la red de raíles de ejemplo 100 ilustrada en la figura 1, esta tensión longitudinal y la temperatura ambiente del raíl son monitorizadas mediante un dispositivo de monitorización del raíl 140 y se transmite al procesador de la tensión del raíl 130. Usando de la temperatura ambiente del raíl y la tensión longitudinal de la porción del raíl, una RNT presente se determina en el bloque 520, dada la relación que se ilustra en la figura 3.

15 La metodología proporciona en el bloque 525 que el RNT presente se compara con la RNT objetivo para obtener una diferencia de temperatura, que puede ser indicativa de una deformación de la vía u otros fallos. Si la diferencia de temperatura se encuentra dentro de un rango predeterminado (bloque 530), se informa de una alerta (bloque 535) que indica un posible problema de seguridad asociado con el rango predeterminado. Por supuesto, un rango predeterminado podría ser definido como un rango de composición abierta, de tal manera que cuando la diferencia de temperatura excede o cruza de otra manera un umbral predeterminado, la diferencia de temperatura se dice que está dentro del intervalo predeterminado. Este valor umbral predeterminado también se puede cruzar, ya sea en dirección positiva o negativa.

25 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra una segunda metodología de ejemplo 600 para un aparato de procesamiento de la tensión del raíl para determinar los límites de seguridad del raíl para cada porción de raíl de una vía férrea soldada continua, tal como la vía CWR 105 del sistema de raíles 100. De acuerdo con la metodología de ejemplo, en el bloque 605 una tensión longitudinal y una temperatura ambiente del raíl se monitorizan o se determinan de otra manera para una porción determinada de un raíl continuo. En la red de raíles de ejemplo 100 que se ilustra en la figura 1, esta tensión longitudinal se monitoriza mediante un dispositivo de monitorización de raíles 140 y se transmite al procesador de tensión del raíl 130. La temperatura neutra del raíl de la porción raíl se determina en el bloque 610 usando la temperatura ambiente del raíl y la tensión longitudinal de la porción del raíl, dada la relación que se ilustra en la figura 3.

35 En el bloque 615, se determina una resistencia elástica para un balasto que soporta la porción de raíl continua, y en el bloque 620, un umbral de alta temperatura de deformación se determina en base a los datos recogidos en los bloques 605, 610 y 615. El umbral de alta temperatura de deformación puede determinarse de acuerdo a una función matemática de dichos datos o sobre la base de una tabla de búsqueda usando los datos recogidos en los bloques 605, 610 y 615 como un índice en la tabla. Las tablas de búsqueda se pueden rellenar sobre la base de datos históricos de fallos de los raíles recogidos en las condiciones específicas asociadas a los índices. La metodología prevé en el bloque 625 de que la RNT se compare con el umbral de temperatura de deformación para obtener una diferencia de temperatura. Si la diferencia de temperatura se encuentra dentro de un rango predeterminado (bloque 630), se informa de una alerta (bloque 635) que indica un potencial problema de seguridad asociado con el rango predeterminado.

45 Por consiguiente, la presente solicitud describe procedimientos, aparatos y sistemas para determinar el límite de seguridad de la vía CWR basado en la temperatura y la tensión del raíl. Al observar la temperatura neutra de los raíles actuales, la temperatura ambiente del raíl y la tensión longitudinal en el raíl, se puede determinar una resistencia elástica del balasto que soporta el panel de la vía, sobre todo en las curvas. Mediante la observación de esta resistencia elástica en diversas condiciones y con la ayuda de modelos analíticos, la tensión elástico o una proporción ajustada de la misma se puede agregar a la RNT para establecer un umbral de alta temperatura de deformación para los propósitos de señalización de trabajos de mantenimiento o cambios en la circulación de trenes hasta que dichas condiciones se alivian. Ejemplos de modelos analíticos que pueden ser empleados incluyen modelos proporcionados por un manual de operación de vías, modelos creados a partir de mediciones reales de la vía en el tiempo, y modelos matemáticos, tales como los modelos creados por el Departamento de Transporte de EE.UU.

60 Los factores que pueden influir potencialmente en la resistencia elástica del panel de vía en el balasto incluyen: la curvatura, el peralte, el tipo y la condición del balasto, la anchura del resalte del balasto, la excentricidad de la alineación del raíl, el tamaño del durmiente, el peso y el espacio. Mediante este procedimiento, casi todos estos factores se adaptan al comportamiento observado de una manera económicamente no duplicada por otros medios. Tal como se ha descrito, una tabla de búsqueda con la curvatura de la vía y otros factores conocidos fácilmente pueden ser empleados para ajustar el margen de seguridad a un nivel aceptable para las prácticas estándar de un ferrocarril.

Refiriéndose ahora a las figuras 7-10, se ilustran los diversos componentes y subcomponentes del sistema de monitorización de la tensión del raíl de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 7, un ejemplo de realización del sistema de monitorización de la tensión del raíl 710 incluye, en comunicación eléctrica y/o digital entre sí, un módulo detector 720, un dispositivo de detección 730, un módulo de adquisición de datos 740, y un módulo de procesamiento de datos 750. Tal como se muestra en la figura 9, el módulo detector 720 está típicamente montado directamente sobre una longitud de raíl 760, e incluye una cubierta protectora 721 y una sujeción del raíl 722 para fijar el módulo detector 720 al raíl. Una cubierta 723 puede retirarse con el fin de acceder a una fuente de alimentación interna 724, que es típicamente una batería. El acceso a la fuente de alimentación interna facilita de esta manera la retirada de todo el módulo detector 720 del raíl de manera innecesaria.

En el ejemplo de realización, el dispositivo de detección 730, que se conoce como un "circuito de película delgada flexible", se utiliza para detectar, medir, y monitorizar la tensión, es decir, la tensión biaxial, que es experimentada por el raíl 760 bajo ciertas condiciones ambientales. Esta tensión se detecta y se mide mediante dos sensores 734, que se montan, usando epoxi u otros medios, en una cuña metálica delgada generalmente plana 731, definiendo así una región de detección 733 en la cuña 731. En una realización de ejemplo, la cuña 731 es de aproximadamente una pulgada (2,54 cm) de largo y aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm) de ancho e incluye una lámina de metal relativamente pesada (por ejemplo, de estaño). Además de los sensores 734, que son típicamente indicadores de tensión, algunas realizaciones de esta invención incluyen dispositivos de detección adicionales diferentes tales como sensores de temperatura. Un perímetro 732 se puede definir en la cuña 731, y un material de caucho se puede incluir para proporcionar una cubierta protectora sobre toda la región de detección 733. La figura 8 proporciona una ilustración de un dispositivo de detección montado 730 que incluye una cubierta protectora 738.

En el ejemplo de realización, los sensores 734 son medidores de presión comercialmente disponibles (Hitec Products, Inc., Ayer, MA), cada uno de los cuales incluye dos elementos activos de detección en ángulo recto entre sí (ver la figura 7) para formar un patrón lateral simétrico en "V" llamada configuración de "espina de pescado". Tal como se muestra en la figura 7, los extremos abiertos de los dos sensores en forma de V están uno frente al otro en la cuña 731 y están orientadas ortogonalmente a las tensiones de interés, es decir, las tensiones experimentadas en el campo por el raíl 760. Como se puede apreciar por parte de los expertos en la materia, a menudo existen dificultades con la transferencia de la tensión a través de un material de cuña delgado. En particular, las tensiones de compresión pueden causar deformaciones locales de la cuña haciendo que la tensión sea algo diferente a la estructura principal. Esto generalmente no es un problema con un medidor uniaxial, por el que el eje longitudinal de la probeta se encuentra en la misma dirección que el elemento de detección. Mediante el uso de una configuración de espina de pescado y orientando los elementos sensores ortogonalmente a las tensiones de interés, la cuña se coloca generalmente en la cizalladura y, presumiblemente, tiene una respuesta más correcta a las tensiones biaxiales.

Unas almohadillas de soldadura 735 y unas almohadillas de fijación del cable principal delantero 736 están montadas en la cuña 731 en un espacio situado entre los dos sensores. Una serie de cables detectores 737 conectan las almohadillas de soldadura 735 con las almohadillas de fijación del cable principal delantero 736, cuya colocación permite que los cables 739 se fija a la porción central del dispositivo de detección. La configuración del cableado de la realización de ejemplo de "cadena de margarita" coloca los cuatro elementos sensores en un lazo, y el lazo que se convierte en un puente de Wheatstone. Tal como se puede apreciar por el experto, un puente de Wheatstone es un circuito eléctrico utilizado para medir la resistencia. Un puente de Wheatstone consiste típicamente en una fuente común de la corriente eléctrica (tal como una batería) y un galvanómetro que conecta dos ramas en paralelo que contienen cuatro resistencias, tres de los cuales son conocidas. Una rama paralela contiene una resistencia de resistencia conocida y una resistencia de resistencia desconocida, la otra rama paralela contiene resistencias de resistencia conocida. Para determinar el valor de la resistencia desconocida, se ajusta la resistencia de las otras tres resistencias y se equilibra hasta que la corriente que pasa por el galvanómetro se reduce a cero. El puente de Wheatstone es también muy adecuado para la medición de pequeños cambios en la resistencia, y lo por tanto es adecuado para medir el cambio de resistencia en un medidor de tensión, que transforma la tensión que se le aplica en un cambio proporcional de la resistencia. En la terminología convencional, los terminales del puente en el ejemplo de realización se designan como Rojo (+ entrada de energía), Negro (-entrada de energía), Verde (+salida de la señal) y Blanco (-salida de la señal).

El módulo sensor 720 se puede montar en el raíl 760 de acuerdo con el procedimiento de ejemplo siguiente: se selecciona un punto general sobre el raíl en el que se evitan marcas de fábrica y otros elementos o estructuras preexistentes, se monta un taladro de raíl u otro dispositivo de perforación en el raíl 760 y se crea un orificio de perno a una altura predeterminada, se muele/pule un punto en el raíl 760, donde se colocará el dispositivo de detección 730, se suelda por puntos o se fija de alguna otra manera el dispositivo de detección 730 al raíl 760 usando una plantilla que localiza con precisión el dispositivo de detección 30 en relación con el orificio del perno y que proporciona una orientación adecuada en relación al eje neutro del raíl, y ortogonalidad de los elementos de detección, se aplica un material impermeable (por ejemplo, un material de silicona RTV) sobre la región de detección 733, y se evita cuidadosamente cualquier tensión de los cables delanteros de conexión del dispositivo de detección

730 al módulo de adquisición de datos 740, se monta la cubierta protectora 721 de tal manera que un conjunto de sujeción puede ser encajado y apretado. Tal como se puede apreciar por parte del experto, otros medios de montaje son posibles para su uso con el módulo de detección 720 y sus componentes. Por ejemplo, en otras realizaciones, una cuña compuesto se une al raíl 760 con un adhesivo de fraguado rápido o cualquier otro medio adhesivo.

5 Cuando el módulo de detección 720 está montado, el dispositivo de detección 730 está conectado a un módulo de adquisición de datos 740, que recoge los datos generados por el dispositivo de detección 730 cuando el sistema 710 está en funcionamiento. Tal como se puede apreciar por el experto, el módulo de adquisición de datos 740 típicamente incluye una placa de circuito o un dispositivo similar normalmente construido a partir de componentes disponibles en el mercado, aunque para algunas aplicaciones se pueden utilizar dispositivos a medida. Unos medios de transmisión, es decir, la antena 741, están conectados, o en comunicación de otra manera, con la placa de circuito, y envía señales de radiofrecuencia a un módulo de procesamiento de datos 750, que normalmente se encuentra alejado del módulo de detección 720. Tal como se muestra en la figura 10, el módulo de procesamiento de datos 750 puede incluir un dispositivo lector/interrogador de diseño personalizado 751 que utiliza varias tecnologías conocidas en la técnica. En la realización de ejemplo, el dispositivo lector/interrogador 751 interactúa con los módulos de detección 720, transmite los datos a una o más bases de datos, y se comunica con un dispositivo opcional de procesamiento adicional 752, cuando un técnico u otro usuario del sistema 710 está monitorizando la tensión u de otras condiciones experimentadas por el raíl 760. El dispositivo de procesamiento opcional 752 típicamente utiliza medios inalámbricos para comunicarse con el dispositivo lector/interrogador 751 y puede incluir una pantalla de imágenes integrada para mejorar la funcionalidad.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Aparato para monitorizar la tensión de un raíl, que comprende al menos un dispositivo de detección (730), en el que el por lo menos un dispositivo de detección (730) se puede montar directamente en un tramo de raíl (760) e incluye una cuña sustancialmente plana (731) y al menos dos sensores de tensión (734) montados en un lado de la cuña (731) en una configuración de espina de pescado; y un módulo de adquisición de datos (740), en el que el por lo menos un dispositivo de detección (730) está adaptado para comunicarse con dicho módulo de adquisición de datos (740), y en el que el módulo de adquisición de datos (740) está adaptado para comunicarse con un módulo de procesamiento de datos (750).
- 10 2. Aparato según la reivindicación 1, que también comprende medios de transmisión en comunicación con el módulo de adquisición de datos (740) para la transmisión de información al módulo de procesamiento de datos.
- 15 3. Aparato según cualquier reivindicación anterior, que incluye una carcasa de protección (721) para encerrar el al menos un dispositivo de detección (730) y el por lo menos un módulo de adquisición de datos (740).
- 20 4. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de detección (730) también comprende una fuente de alimentación autónoma.
- 25 5. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que el por lo menos un dispositivo de detección (730) también comprende una cubierta protectora (738), y en el que la cubierta protectora (730) se deposita sobre una superficie que rodea a los detectores de tensión (734).
6. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que la cuña es de aproximadamente 1 pulgada (2,54 cm) de largo y aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm) de ancho, y comprende una lámina de metal.
7. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los detectores de tensión son medidores de tensión (734).
- 30 8. Procedimiento para monitorizar la tensión de un raíl, que comprende:
- (a) proporcionar un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que incluye al menos uno de dicho módulo de adquisición de datos (740) en comunicación con el por lo menos un dispositivo de detección (730);
- 35 (b) montar dicho dispositivo de detección (730) en un tramo del raíl (760);
- (c) proporcionar un módulo de procesamiento de datos (750), en el que el módulo de procesamiento de datos (750) recibe y procesa información obtenida por el al menos un módulo de adquisición de datos (740) para determinar la tensión del raíl; y
- 40 (c) registrar y revisar la información procesada por el módulo de procesamiento de datos (750).
- 45 9. Procedimiento según la reivindicación 8, que también comprende proporcionar medios de antena, en el que los medios de antena están en comunicación con el al menos un módulo de adquisición de datos (740) para la transmisión de información al módulo de procesamiento de datos (750).

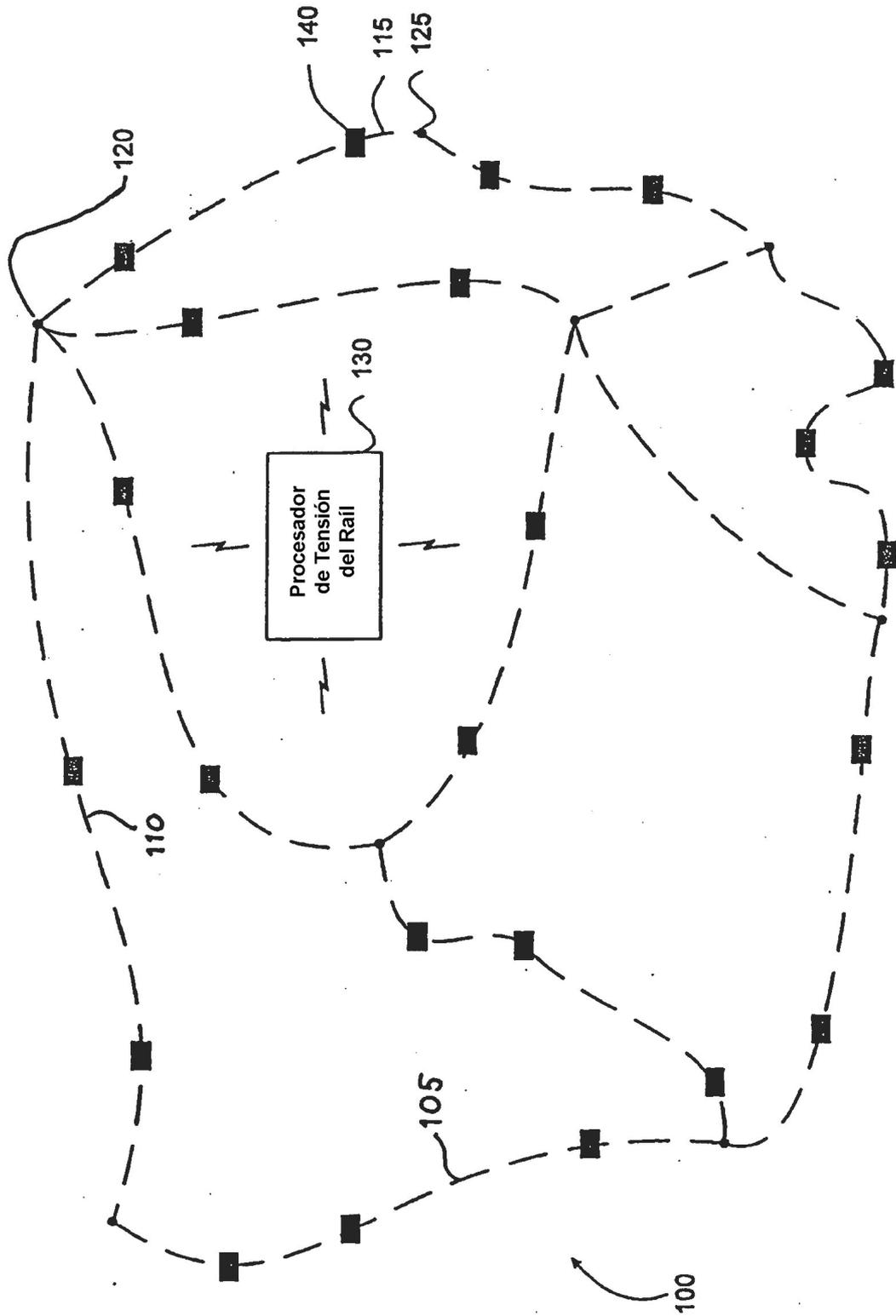


Figura 1

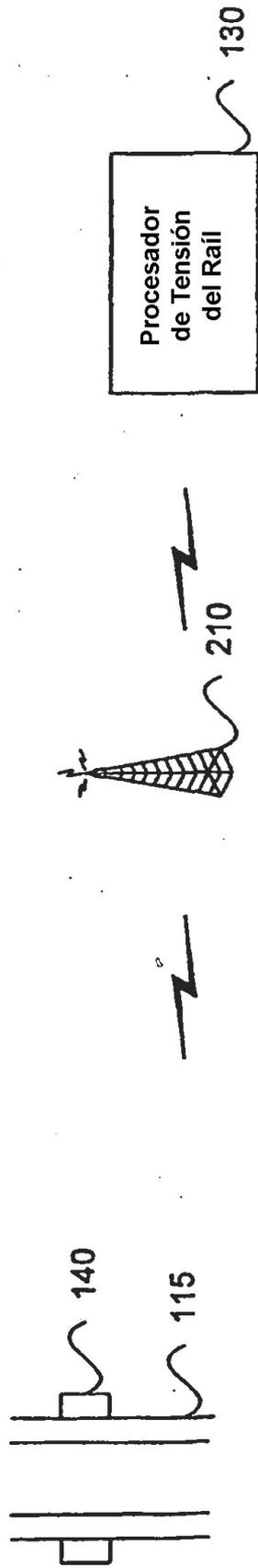


Figura 2

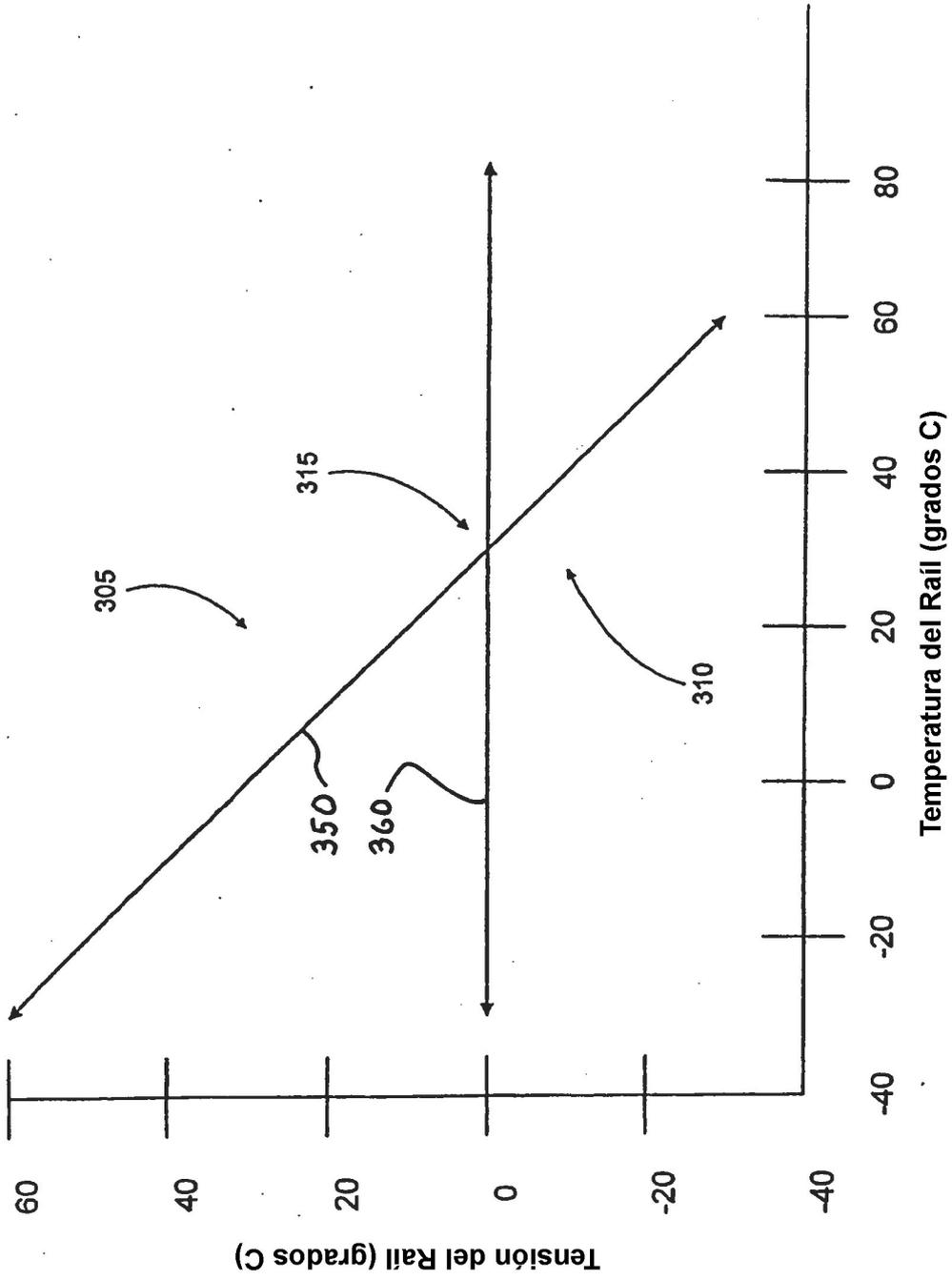


Figura 3

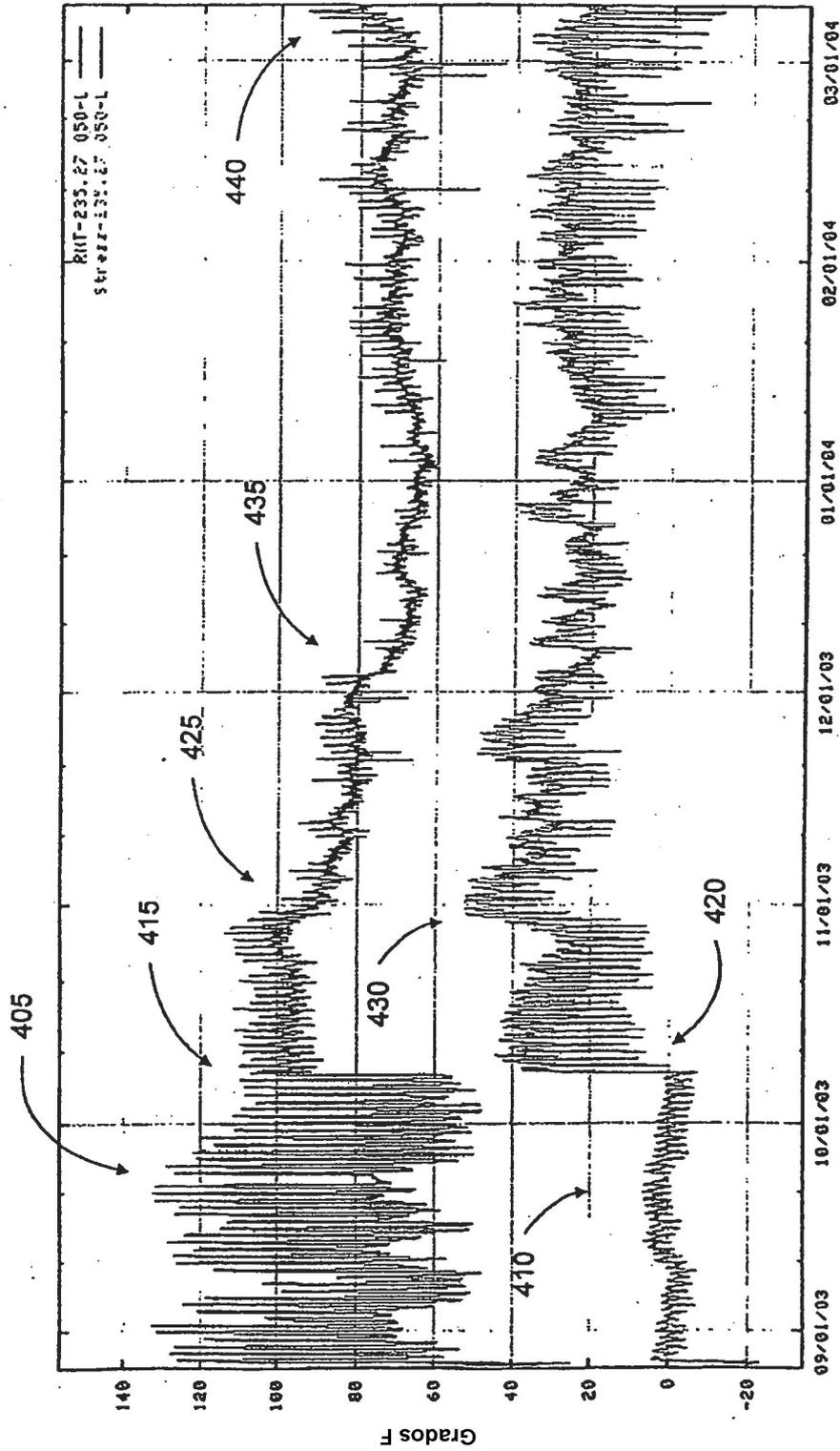


Figura 4

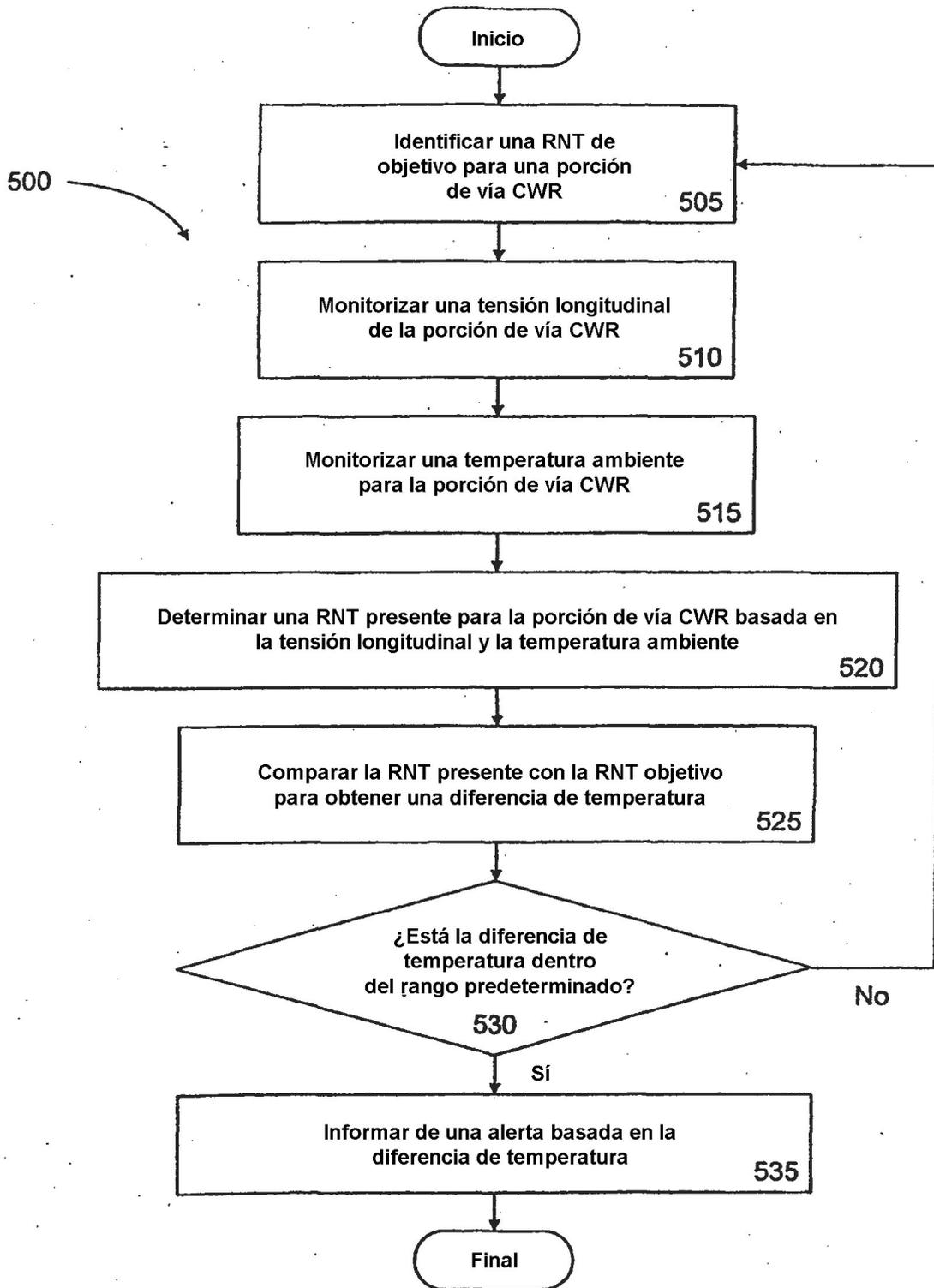


Figura 5

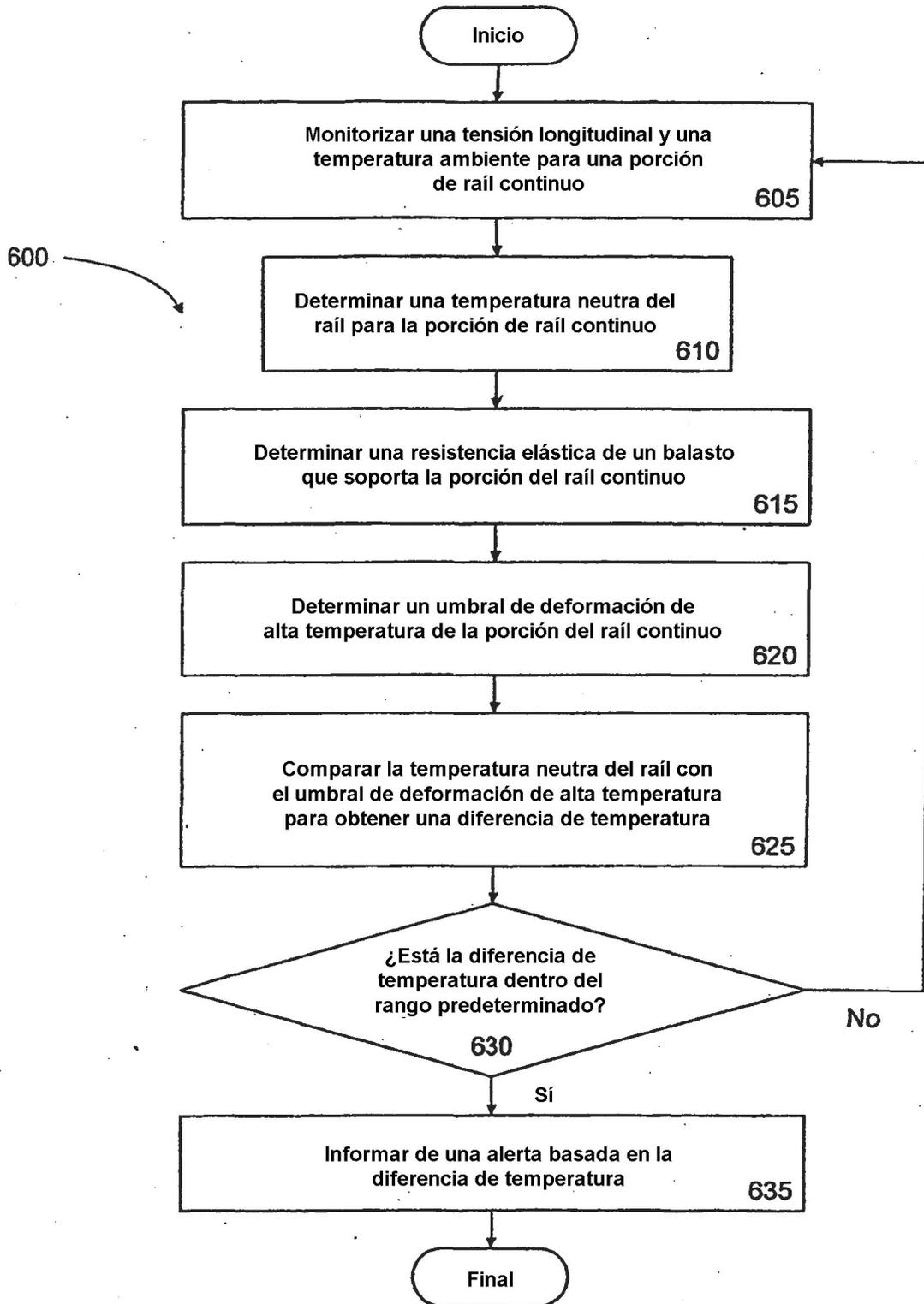
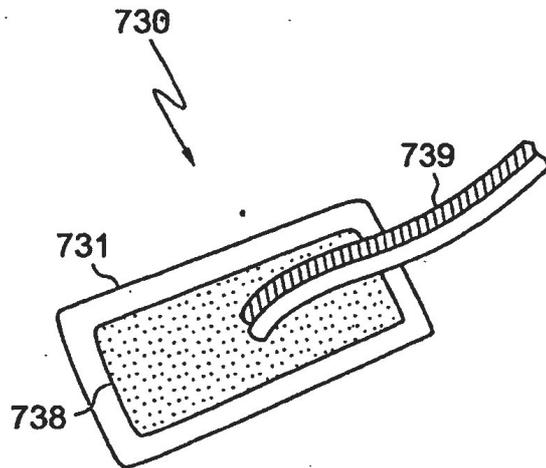
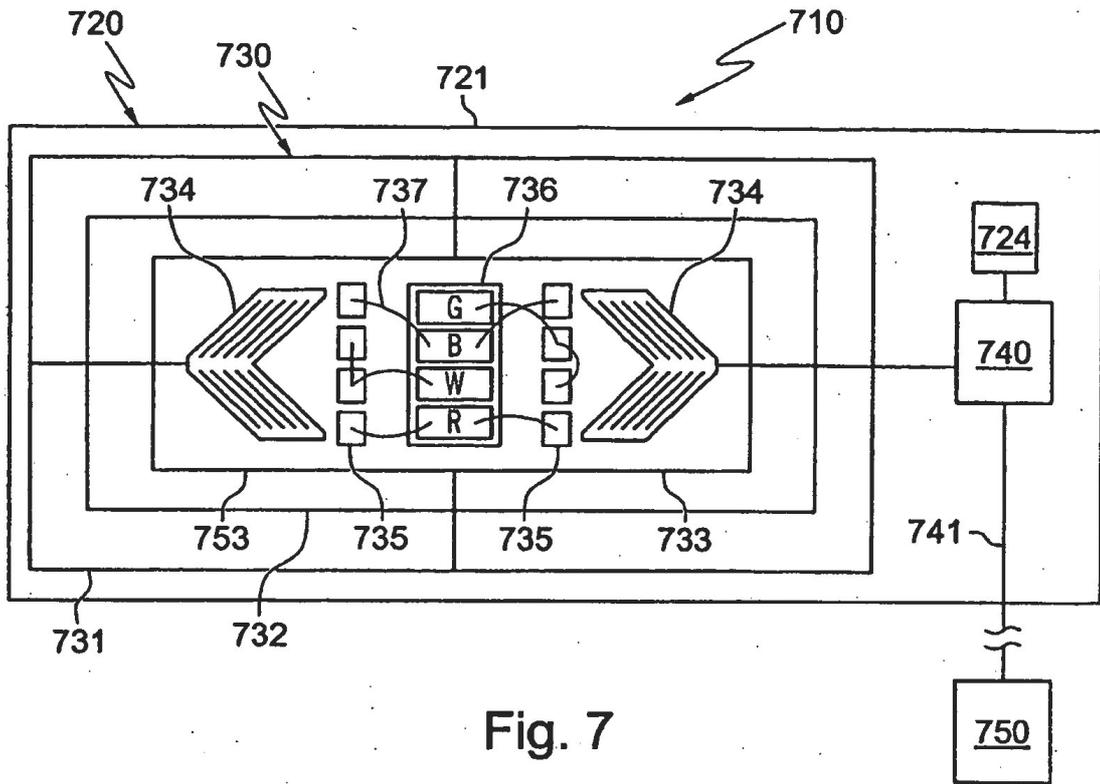


Figura 6



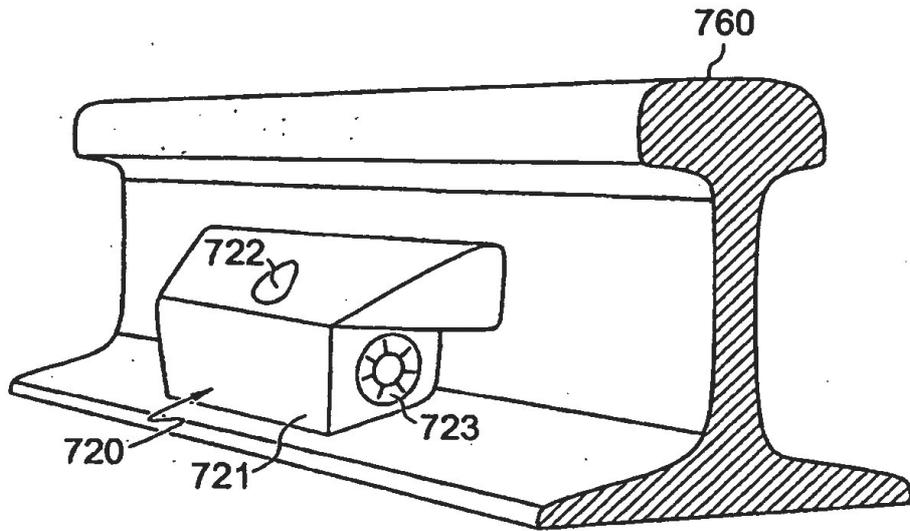


Fig. 9

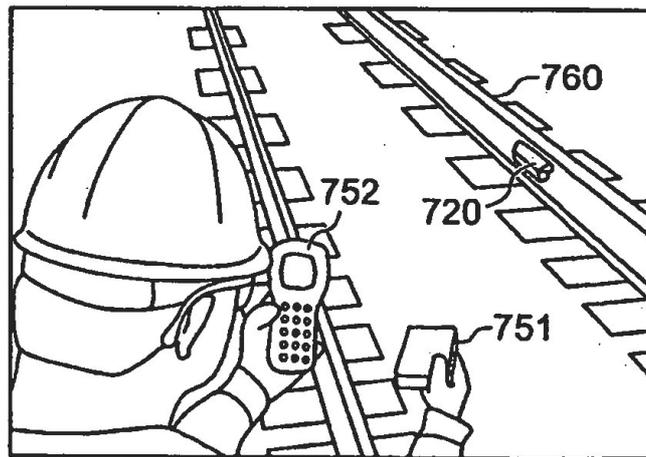


Fig. 10