

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 451**

51 Int. Cl.:

**G01M 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2011 PCT/US2011/037055**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2011 WO11162892**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2011 E 11728092 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2585807**

54 Título: **Evaluación de integridad de reparación estructural**

30 Prioridad:

**24.06.2010 US 823108**

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

**04.02.2019**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**MCIVER, KEITH L.;  
SIDIROPOULOS, ARISTIDIS;  
KELLER, RUSSELL L. y  
DUONG, CONG N.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 698 451 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

Evaluación de integridad de reparación estructural

## Antecedentes

5 La materia objeto que se describe en el presente documento se refiere a la reparación estructural de vehículos y, más en concreto, a un indicador de carga de parche que se puede usar para evaluar la integridad de una reparación sobre una superficie de un vehículo.

10 Los recubrimientos superficiales de los vehículos, por ejemplo, aeronaves, embarcaciones y automóviles, pueden requerir una reparación periódica de los daños en servicio. Por ejemplo, las aeronaves pueden experimentar pequeñas fisuras por esfuerzo cerca de los orificios de remache o a lo largo de las líneas de unión de los paneles de conexión. De forma similar, los paneles se pueden fisurar mediante un daño por impacto causado por aves u otros elementos en el aire. Las fisuras pequeñas se pueden reparar con parches temporales que se sitúan por encima de la fisura. Por consiguiente, se puede encontrar utilidad para sistemas y métodos para evaluar la integridad de una reparación sobre una superficie de un vehículo.

15 El documento WO9514917 (A1) divulga un aparato para evitar, detectar y predecir la formación y la propagación de fisuras en miembros estructurales incluye una pluralidad de sensores de deformación que están formados en una sola pieza con un parche que se va a fijar a un área sobre la superficie del miembro estructural.

20 El documento US2008223152 (A1) divulga un sistema para una evaluación estructural que comprende una pluralidad de sensores y un revestimiento superficial para al menos una porción de una estructura. Los sensores están dispuestos en un patrón y están acoplados al revestimiento superficial. El revestimiento superficial está acoplado a una superficie de una estructura, y los sensores están configurados para proporcionar unas señales en relación con la integridad de la estructura a un dispositivo externo.

25 El documento de TAKEDA S y col., "*Debonding monitoring of composite repair patches using embedded small-diameter FBG sensors*", *SMART MATERIALS AND STRUCTURES*, IOP PUBLISHING LTD., BRISTOL, GB, (20070601), vol. 16, n.º 3, doi:DOI:10.1088/0964-1726/16/3/025, ISSN 0964-1726, páginas 763 - 770, divulga unos sensores de rejilla de Bragg de fibra (FBG, *fiber Bragg grating*) de pequeño diámetro que se usan para la supervisión de despegado de parches de reparación de material compuesto.

30 El documento de LI H C H y col., "*Strain-based health assessment of bonded composite repairs*", *COMPOSITE STRUCTURES*, ELSEVIER SCIENCE LTD, GB, vol. 76, n.º 3, doi:DOI:10. 1016/J.COMPSTRUCT.2006.06.032, ISSN 0263-8223, (20061101), páginas 234 - 242, divulga una técnica de SHM para la detección de despegado en parches unidos de material compuesto basándose en mediciones de deformación relativa.

35 El documento de BAKER A y col., "*Towards a practical structural health monitoring technology for patched cracks in aircraft structure*", *COMPOSITES PART A: APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING*, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B. V., ÁMSTERDAM, NL, vol. 40, n.º 9, doi:DOI:10.1016/J.COMPOSITESA.2008.09.015, ISSN 1359-835X, (20090901), páginas 1340 - 1352, divulga la aplicación de un enfoque de SHM basado en la deformación sencillo para supervisar la reparación con parche de boro / resina epoxídica de una fisura por fatiga crítica en el ala de un F-111C.

40 El documento US2008223152 (A1) divulga un sistema para una evaluación estructural que comprende una pluralidad de sensores y un revestimiento superficial para al menos una porción de una estructura. Los sensores están dispuestos en un patrón y están acoplados al revestimiento superficial. El revestimiento superficial está acoplado a una superficie de una estructura, y los sensores están configurados para proporcionar unas señales en relación con la integridad de la estructura a un dispositivo externo.

45 El documento US2006173638 (A1) divulga una galga extensométrica lineal óptica que incluye un objetivo, un sensor y un ordenador, en donde el objetivo contiene una longitud de galga que se define mediante unos puntos de extremo. El objetivo, incluyendo una longitud de galga, está asociado con un objeto de tal modo que la deformación de la longitud de galga y la deformación del objeto son la misma. El ordenador analiza la salida de datos y calcula la deformación directamente sobre el cuerpo basándose en los datos preprocesados y analizados.

## Sumario

50 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para evaluar la integridad de una reparación estructural tal como se expone en la reivindicación 1 y un dispositivo de medición de deformación tal como se expone en la reivindicación 9.

5 En el presente documento se describen algunas formas de realización de sistemas, dispositivos y métodos para evaluar la integridad de una reparación estructural en una superficie. En algunas formas de realización, un método para evaluar la integridad de una reparación estructural en una superficie estructural comprende afianzar un parche por encima de un defecto en una superficie estructural subyacente, verificar una unión entre el parche y la superficie  
10 estructural subyacente y aplicar un indicador de deformación al parche, obtener, en un dispositivo de medición de deformación, una primera medición de deformación a partir del indicador de deformación cuando la superficie estructural subyacente no se somete a un esfuerzo externo, aplicar al menos una prueba de esfuerzo a la reparación estructural, obtener, en el dispositivo de medición de deformación, una segunda medición de deformación a partir del indicador de deformación después de que haya terminado la al menos una prueba de esfuerzo cuando la superficie  
15 estructural subyacente no se somete a un esfuerzo externo, y generar, en el dispositivo de medición de deformación, una señal cuando una diferencia entre la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación supera un umbral. La señal se puede usar para generar una alerta, que se puede presentar en una interfaz de usuario.

15 En otra forma de realización, un dispositivo de medición de deformación para evaluar la integridad de una reparación estructural en una superficie comprende un detector, un procesador y un módulo de memoria que está acoplado con el procesador. El módulo de memoria comprende unas instrucciones lógicas que están almacenadas en un medio legible por ordenador que, cuando son ejecutadas por el procesador, configuran el procesador para usar el detector para obtener una primera medición de deformación a partir de un indicador de deformación externo que está conectado a un parche por encima de un defecto en una superficie estructural subyacente, usar el detector para  
20 obtener una segunda medición de deformación a partir del sensor de medición después de que se haya aplicado al menos una prueba de esfuerzo a la reparación estructural cuando la superficie estructural subyacente no se somete a un esfuerzo externo, y generar una señal cuando una diferencia entre la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación supera un umbral.

#### Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1A es una ilustración esquemática en sección transversal de un defecto superficial, de acuerdo con algunas formas de realización.

La figura 1B es una ilustración esquemática en sección transversal de un defecto superficial y un parche, de acuerdo con algunas formas de realización.

30 La figura 1C es una ilustración esquemática en sección transversal de un defecto superficial que está cubierto por un parche y un indicador de deformación, de acuerdo con algunas formas de realización.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra unas operaciones en un método para evaluar la integridad de reparación estructural, de acuerdo con algunas formas de realización.

La figura 3 es una ilustración esquemática de un dispositivo de medición de deformación, de acuerdo con algunas formas de realización.

35 La figura 4 es una ilustración esquemática de un entorno informático para evaluar la integridad de reparación estructural, de acuerdo con algunas formas de realización.

La figura 5 es una ilustración esquemática de un dispositivo informático, de acuerdo con algunas formas de realización.

40 La figura 6 es una ilustración esquemática de un indicador de deformación, de acuerdo con algunas formas de realización.

La figura 7 es una ilustración esquemática de un indicador de deformación, de acuerdo con algunas formas de realización.

La figura 8 es una ilustración esquemática de un indicador de deformación, de acuerdo con algunas formas de realización.

45 La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra unas operaciones en un método para evaluar la integridad de reparación estructural, de acuerdo con algunas formas de realización.

#### Descripción detallada

En el presente documento se describen diversas formas de realización de sistemas, dispositivos y métodos para evaluar la integridad de una reparación estructural en una superficie. En algunas formas de realización, un indicador de deformación se sitúa en las proximidades de la reparación estructural. A modo de ejemplo, el indicador de deformación se puede materializar como un material plano deformable que incluye una o más características observables en el espectro visible o fuera del espectro visible. El indicador de deformación se puede adherir a la reparación estructural sobre la superficie.

Un dispositivo de medición de deformación toma una o más mediciones a partir del indicador de deformación cuando el mismo se sitúa inicialmente sobre la superficie. Las mediciones pueden indicar las ubicaciones relativas de las una o más características observables en el indicador de deformación. Estas mediciones se pueden registrar en un módulo de memoria. La superficie se somete a continuación a unas condiciones de esfuerzos. Posteriormente, el dispositivo de medición de deformación se usa para tomar una o más mediciones adicionales a partir del indicador de deformación, mediciones que también se pueden almacenar en el módulo de memoria.

Un módulo de análisis compara las mediciones de deformación que son recogidas después de que la superficie se sometiera a un esfuerzo con las mediciones de deformación que se han tomado antes de que la superficie se sometiera a un esfuerzo. Si la diferencia entre las mediciones de deformación supera un umbral, a continuación el módulo de análisis genera una señal, que se puede usar para presentar una advertencia en una interfaz. En algunas formas de realización, el módulo de análisis reside como instrucciones lógicas en un módulo de memoria del dispositivo de medición de deformación. En otras formas de realización, el módulo de análisis puede residir en un dispositivo informático remoto que se puede acoplar de forma comunicativa con el dispositivo de medición de deformación.

Los datos de medición de deformación que son recogidos por el dispositivo de medición de deformación se pueden almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador que. El módulo de análisis puede analizar los datos de medición de deformación para desarrollar una deformación refinada para la reparación superficial. El modelo refinado puede ser útil para el diseño y el análisis de reparaciones posteriores.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 1A - 1C, una superficie estructural 110 puede desarrollar un defecto 112. A modo de ejemplo, tal como se ilustra en la figura 1A, una superficie estructural 110 puede ser un recubrimiento superficial de una aeronave, un barco o un vehículo terrestre. El defecto 112 puede ser una fisura superficial en el recubrimiento que puede ser causada por un impacto con un objeto extraño, por ejemplo, un ave u otro objeto en el aire. Como alternativa, el defecto 112 puede ser una fisura que es causada por un esfuerzo en una unión entre los paneles de superficie estructural. Ni la naturaleza particular del defecto 112 ni la causa del defecto 112 son particularmente críticas.

Haciendo referencia a la figura 1B y la figura 2, en algunas circunstancias un defecto 112 en una superficie estructural 110 se repara, al menos de forma temporal, mediante la aplicación de un parche de reparación 120 por encima del defecto 112 (la operación 210). El parche de reparación 120 se puede formar a partir de un material estructural adecuado, por ejemplo, aluminio o un material compuesto tal como un material compuesto de grafito - resina epoxídica. La forma y el tamaño particulares del parche 120 no son críticos. El parche 120 puede ser circular, rectangular u oblongo, dependiendo de la forma y la ubicación del defecto 112. El parche de reparación 120 se puede afianzar a la superficie estructural 110 por medio de una diversidad de métodos de sujeción, por ejemplo, por medio de tornillos, remaches, un adhesivo, o incluso por medio de una soldadura. Algunos ejemplos de parches de reparación adecuados para aeronaves se divulgan en la patente de EE. UU. de cesión común con n.º 7.398.698 a nombre de Griess y col. De acuerdo con la invención, se verifica la integridad de la unión entre el parche de reparación 120 y la superficie estructural 110 (la operación 215). A modo de ejemplo, se puede usar cualquier técnica de realización de pruebas no destructiva adecuada para verificar la integridad de la unión entre el parche de reparación y la superficie estructural 110.

En la operación 220, un indicador de deformación 130 se aplica al parche 120. En algunas formas de realización, un indicador de deformación 130 se puede formar a partir de un material deformable, por ejemplo, un polímero adecuado o similares, que se puede adherir al parche 120 usando un adhesivo. Además, en algunas formas de realización, el indicador de deformación 130 puede incluir un patrón geométrico observable. En algunas formas de realización, el indicador de deformación puede ser una estructura física separada tal como se describe con referencia a las figuras 6 - 8. En otras formas de realización, el indicador de deformación puede ser una parte integrante de la superficie del parche de reparación 120. A modo de ejemplo, un patrón del tipo que se describe con referencia a las figuras 6 - 8 se puede formar sobre la superficie del parche de reparación 120. El patrón puede ser observable bajo inspección en el espectro visible. Como alternativa, el patrón puede ser observable bajo inspección por medio de radiación fuera del espectro visible.

Las figuras 6 - 8 son unas ilustraciones esquemáticas de algunas formas de realización de indicadores de deformación. Haciendo referencia a la figura 6, en una forma de realización, un indicador de deformación 600. En la forma de realización que se muestra en la figura 6 el indicador de deformación 600 comprende un patrón de tablero de damas de unos cuadrados claros 610 y unos cuadrados sombreados 612 que se alternan. Un patrón

bidimensional tal como un patrón de tablero de damas tal como se ilustra en la figura 6 prevé la detección de la deformación en dos dimensiones.

Haciendo referencia a la figura 7, en una forma de realización, un indicador de deformación 700 comprende un patrón regular de líneas 710. Un patrón unidimensional tal como un patrón de línea tal como se ilustra en la figura 7 prevé la detección de la deformación en una dimensión, es decir, a lo largo de su extensión longitudinal.

Haciendo referencia a la figura 8, en una forma de realización, un indicador de deformación 800 se puede empaquetar y vender como una película polimérica con un patrón impreso en una superficie y un adhesivo sobre la superficie opuesta, es decir, una cinta polimérica. El indicador de deformación 800 se puede fabricar y distribuir en forma de rollo, de tal modo que el mismo se puede aplicar por encima de un parche 120 usando herramientas y técnicas convencionales.

Haciendo referencia una vez más a la figura 2, una vez que el indicador de deformación 130 se ha aplicado (la operación 220) al parche 120, se obtiene una primera medición de deformación (la operación 225) a partir del indicador de deformación 130. Haciendo referencia brevemente a la figura 1C, en algunas formas de realización, se puede obtener una medición de deformación mediante la generación de una imagen de la galga extensométrica 130 usando un dispositivo de medición de deformación 150.

La figura 3 es una ilustración esquemática de un dispositivo de medición de deformación 150 de acuerdo con algunas formas de realización. Haciendo referencia a la figura 3, el dispositivo de medición de deformación 150 se materializa como un dispositivo electrónico de mano y de propósito especial tal como un teléfono móvil, un asistente personal digital (PDA, *personal digital assistant*) o similares en el que una funcionalidad específica puede ser proporcionada por uno o más módulos lógicos que están programados en el dispositivo.

El dispositivo de medición de deformación 150 puede incluir un transceptor de RF 152 para emitir / recibir señales de RF y un módulo de procesamiento de señales 154 para procesar las señales que se reciben por medio del transceptor de RF 150. El transceptor de RF puede poner en práctica una conexión inalámbrica local por medio de un protocolo tal como, por ejemplo, Bluetooth u 802.11X. Una interfaz compatible con la norma 802.11a, b o g de IEEE (véase, por ejemplo, *IEEE Standard for IT-Telecommunications and information exchange between systems LAN/MAN--Part II: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band* (Norma de IEEE para TI - Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas LAN / MAN--Parte II: Especificaciones de Control de Acceso a Medios (MAC) y de Capa Física (PHY) de LAN inalámbrica Modificación 4: Ampliación de Tasa de Datos Superior Adicional en la Banda de 2,4 GHz), 802.11G-2003). Otro ejemplo de una interfaz inalámbrica sería una interfaz de servicio de radio general por paquetes (GPRS, *general packet radio service*) (véase, por ejemplo, Líneas Directrices de Requisitos de Microteléfonos de GPRS (*Guidelines on GPRS Handset Requirements*), Asociación del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles / GSM (*Global System for Mobile Communications*), Ver. 3.0.1, diciembre de 2002).

El dispositivo de medición de deformación 150 incluye adicionalmente un procesador 156 y un módulo de memoria 158. Tal como se usa en el presente documento, el término "procesador" quiere decir cualquier tipo de elemento computacional, tal como pero sin limitarse a, un microprocesador, un microcontrolador, un microprocesador de cómputo de conjunto de instrucciones complejas (CISC, *complex instruction set computing*), un microprocesador de conjunto de instrucciones reducidas (RISC, *reduced instruction set*), un microprocesador de palabra de instrucción muy larga (VLIW, *very long instruction word*) o cualquier otro tipo de procesador o circuito de procesamiento. Los procesadores pueden tener un diseño de núcleo único o uno de múltiples núcleos. En algunas formas de realización, el módulo de memoria 158 incluye una memoria de acceso aleatorio (RAM, *random access memory*); no obstante, el módulo de memoria 158 se puede poner en práctica usando otros tipos de memoria tales como RAM dinámica (DRAM, *dynamic RAM*), DRAM síncrona (SDRAM, *synchronous DRAM*), y similares.

El dispositivo de medición de deformación 150 puede incluir adicionalmente una o más interfaces de entrada / salida tales como, por ejemplo, una cámara 160 y un visualizador 162. Haciendo referencia una vez más a la figura 1C, se puede obtener una imagen del indicador de deformación 130 usando la cámara 160 del dispositivo de medición de deformación 150. La imagen del indicador de deformación se puede almacenar en el módulo de memoria 158.

En la operación 230, el área dañada de la superficie estructural 110 se somete a un esfuerzo. El esfuerzo se puede aplicar en un entorno controlado, por ejemplo, mediante la aplicación de una presión previamente determinada al área de la superficie estructural 110 en las proximidades del parche 120. Como alternativa, se puede aplicar un esfuerzo de una forma no controlada al poner el vehículo una vez más en uso, por ejemplo, en la realización de una prueba.

Después de que el área dañada de la superficie estructural 110 se haya sometido a un esfuerzo, se obtiene otra medición de deformación usando el dispositivo de medición de deformación 150 (la operación 235). A continuación,

las dos (o más) mediciones de deformación se analizan para determinar si las mediciones indican que el parche de reparación 120 ha experimentado un cambio excesivo en la deformación. A modo de ejemplo, un aumento excesivo en la deformación en el indicador de deformación podría indicar que el defecto subyacente 120 está creciendo. A la inversa, una disminución excesiva en la deformación podría indicar que el adhesivo entre el parche de reparación 120 y la superficie 110 se ha despegado.

Por lo tanto, en la operación 240, las mediciones de deformación se comparan y, si, en la operación 245, la diferencia entre las mediciones de deformación no supera un umbral, a continuación el control pasa de vuelta a la operación 230 y el área de reparación se puede someter otra vez a un esfuerzo. A modo de ejemplo, el vehículo se puede poner en uso durante un periodo de tiempo particular, después del cual se recoge otra medición de deformación, por ejemplo, como parte de una rutina de mantenimiento. En contraposición, si, en la operación 245, la diferencia supera un umbral, a continuación el control se pasa a la operación 250 y se genera una señal. La señal se puede usar para desencadenar la presentación de una advertencia en una interfaz de usuario tal como el visualizador 162 del dispositivo de medición de deformación 150. La advertencia puede ser visual y / o auditiva.

En algunas formas de realización, el dispositivo de medición de deformación 150 puede comprender un módulo de evaluación 159 que se materializa como unas instrucciones lógicas que están almacenadas en el módulo de memoria 158 que pone en práctica las operaciones de recogida y de análisis de imágenes que se muestran en la figura 2. Por ejemplo, en algunas formas de realización que usan un indicador de deformación bidimensional tal como se describe con referencia a la figura 6, el módulo de evaluación se puede superponer a un sistema de coordenadas cartesianas sobre las imágenes del indicador de deformación. Una característica geométrica tal como el centro de cada cuadrado o la esquina de intersección de cuadrados adyacentes se puede ubicar en el sistema de coordenadas cartesianas. Cualquier desviación en la ubicación para la misma característica o características geométricas se puede registrar y compararse con un valor umbral. En algunas formas de realización que usan un indicador de deformación unidimensional tal como se describe con referencia a la figura 7, el módulo de evaluación puede determinar una distancia entre líneas adyacentes en el indicador de deformación. Una vez más, las desviaciones en la distancia para las mismas líneas se pueden registrar y compararse con un valor umbral.

El valor o valores umbral frente a los cuales se pueden comparar las desviaciones en la operación 245 pueden ser unos umbrales estáticos o unos umbrales dinámicos. A modo de ejemplo, los valores umbral estáticos se pueden establecer como un valor previamente determinado o como un porcentaje previamente determinado de la distancia entre las características geométricas. En contraposición, los umbrales dinámicos se pueden ajustar con el tiempo basándose en mediciones acumulativas de las distancias con el tiempo.

En algunas formas de realización, el dispositivo de medición de deformación 150 puede ser un dispositivo autónomo. En otras formas de realización, el dispositivo de medición de deformación 150 puede operar dentro del contexto de un sistema en red basado en ordenador más grande. La figura 4 es una ilustración esquemática de un entorno informático para evaluar la integridad de reparación estructural, de acuerdo con algunas formas de realización. Haciendo referencia a la figura 4, un dispositivo de medición de deformación 150 se puede acoplar con uno o más recursos informáticos tales como un ordenador 420 y uno o más servidores 430, 432 por medio de una red 440. En algunas formas de realización, el dispositivo de medición de deformación 150 se puede materializar como un teléfono móvil, un PDA u otro dispositivo informático móvil tal como se describe con referencia al dispositivo de medición de deformación 150, en lo que antecede. La red 440 se puede materializar como una red de comunicación pública tal como, por ejemplo, Internet, o como una red de comunicación privada, por ejemplo, una red de área local (LAN, *local area network*) o similares. Los servidores 430, 432 se pueden materializar como sistemas informáticos. El ordenador 420 se puede materializar como un ordenador móvil, un ordenador de sobremesa, u otro dispositivo informático similar.

En un sistema en red basado en ordenador, uno o más de los sistemas informáticos incluyen un módulo de evaluación que está adaptado para poner en práctica las operaciones de análisis que se describen con referencia a la figura 2. La figura 5 es una ilustración esquemática de un sistema informático 500 que se puede usar para evaluar la integridad de reparación estructural en el ordenador 420 o los servidores 430, 432. En algunas formas de realización, el sistema 500 incluye un dispositivo informático 508 y uno o más dispositivos de entrada / salida adjuntos, incluyendo un visualizador 502 que tiene una pantalla 504, uno o más altavoces 506, un teclado 510, otros uno o más dispositivos o dispositivos de E / S 512 y un ratón 514. Los otros dispositivo o dispositivos de E / S 512 pueden incluir una pantalla táctil, un dispositivo de entrada activado por voz, una bola de seguimiento, y cualquier otro dispositivo que permita que el sistema 500 reciba una entrada procedente de un usuario.

El dispositivo informático 508 incluye el soporte físico de sistema 520 y la memoria 530, que se puede poner en práctica como memoria de acceso aleatorio y / o memoria de solo lectura. Un almacén de archivos 580 se puede acoplar de forma comunicativa con el dispositivo informático 508. El almacén de archivos 580 puede ser interno con respecto al dispositivo informático 508 tal como, por ejemplo, una o más unidades de disco duro, unidades de CD-ROM, unidades de DVD-ROM, u otros tipos de dispositivos de almacenamiento. El almacén de archivos 580 también puede ser externo con respecto al ordenador 508 tal como, por ejemplo, una o más unidades de disco duro externas, un almacenamiento acoplado a una red o una red de almacenamiento separada.

El soporte físico de sistema 520 puede incluir uno o más procesadores 522, unos controladores de vídeo 524, unas interfaces de red 526 y unas estructuras de bus 528. En una forma de realización, el procesador 522 se puede materializar como un procesador Pentium IV® de Intel® facilitado por Intel Corporation, Santa Clara, California, Estados Unidos de América. Tal como se usa en el presente documento, el término "procesador" quiere decir cualquier tipo de elemento computacional, tal como pero sin limitarse a, un microprocesador, un microcontrolador, un microprocesador de cómputo de conjunto de instrucciones complejas (CISC, *complex instruction set computing*), un microprocesador de conjunto de instrucciones reducidas (RISC, *reduced instruction set*), un microprocesador de palabra de instrucción muy larga (VLIW, *very long instruction word*) o cualquier otro tipo de procesador o circuito de procesamiento.

El controlador de gráficos 524 puede funcionar como un procesador de adición que gestiona los gráficos y / o las operaciones de vídeo. El controlador de gráficos 524 se puede integrar sobre la placa madre del sistema informático 500 o se puede acoplar por medio de una ranura de ampliación en la placa madre.

En una forma de realización, la interfaz de red 526 podría ser una interfaz cableada tal como una interfaz de Ethernet (véase, por ejemplo, la norma 802.3-2002 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos / IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)) o una interfaz inalámbrica tal como una interfaz compatible con la norma 802.11a, b o g de IEEE (véase, por ejemplo, *IEEE Standard for IT-Telecommunications and information exchange between systems LAN/MAN--Part II: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band* (Norma de IEEE para TI - Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas LAN / MAN--Parte II: Especificaciones de Control de Acceso a Medios (MAC) y de Capa Física (PHY) de LAN inalámbrica Modificación 4: Ampliación de Tasa de Datos Superior Adicional en la Banda de 2,4 GHz), 802.11G-2003). Otro ejemplo de una interfaz inalámbrica sería una interfaz de servicio de radio general por paquetes (GPRS, *general packet radio service*) (véase, por ejemplo, *Líneas Directrices de Requisitos de Microteléfonos de GPRS (Guidelines on GPRS Handset Requirements)*, Asociación del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles / GSM (*Global System for Mobile Communications*), Ver. 3.0.1, diciembre de 2002).

Las estructuras de bus 528 conectan diversos componentes del soporte físico de sistema 528. En una forma de realización, las estructuras de bus 528 pueden ser una o más de varios tipos de estructura o estructuras de bus, incluyendo un bus de memoria, un bus de periféricos o un bus externo y / o un bus local usando cualquier variedad de arquitecturas de bus disponibles incluyendo, pero sin limitarse a, bus de 11 bits, Arquitectura Convencional Industrial (ISA, *Industrial Standard Architecture*), Arquitectura de Micro-Canal (MSA, *Micro-Channel Architecture*), ISA Ampliada (EISA, *Extended ISA*), Electrónica de Unidades Inteligentes (IDE, *Intelligent Drive Electronics*), Bus Local VESA (VLB, *VESA Local Bus*), Interconexión de Componentes Periféricos (PCI, *Peripheral Component Interconnect*), Bus Serie Universal (USB, *Universal Serial Bus*), Puerto de Gráficos Avanzados (AGP, *Advanced Graphics Port*), bus de la Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria para Ordenadores Personales (PCMCIA, *Personal Computer Memory Card International Association*) e Interfaz de Sistema para Ordenadores Pequeños (SCSI, *Small Computer Systems Interface*).

La memoria 530 puede incluir un sistema operativo 540 para gestionar las operaciones del dispositivo informático 508. En una forma de realización, el sistema operativo 540 incluye un módulo de interfaz de soporte físico 554 que proporciona una interfaz al soporte físico de sistema 520. Además, el sistema operativo 540 puede incluir un sistema de archivos 550 que gestiona los archivos que se usan en la operación del dispositivo informático 508 y un subsistema de control de proceso 552 que gestiona procesos que se ejecutan en el dispositivo informático 508. Además, el módulo de memoria 530 puede comprender un módulo de evaluación 560 para poner en práctica las operaciones de análisis que se describen con referencia a la figura 2.

El sistema operativo 540 puede incluir (o gestionar) una o más interfaces de comunicación que pueden operar en conjunción con el soporte físico de sistema 520 para emitir / recibir paquetes de datos y / o flujos de datos a partir de un origen remoto. El sistema operativo 540 puede incluir adicionalmente un módulo de interfaz de llamadas de sistema 542 que proporciona una interfaz entre el sistema operativo 540 y uno o más módulos de aplicación que residen en la memoria 530. El sistema operativo 540 se puede materializar como un sistema operativo UNIX o cualquier derivado del mismo (por ejemplo, Linux, Solaris, etc.) o como un sistema operativo de marca Windows®, u otros sistemas operativos.

Un dispositivo de medición de deformación 150 que se usa en el contexto de un entorno informático en red tal como se describe con referencia a la figura 4 y la figura 5 permite que un dispositivo de gestión de deformación 150 se integre en sistemas de vehículo más globales. A modo de ejemplo, uno o más de los servidores 430, 432 pueden alojar un sistema de mantenimiento de vehículo. Las lecturas a partir del dispositivo de medición de deformación 150 se pueden registrar en el sistema de mantenimiento de vehículo y se pueden usar para programar un mantenimiento de rutina en el vehículo. De forma similar, uno o más de los servidores 430, 432 pueden alojar un sistema de diseño de vehículos. Las lecturas a partir del dispositivo de medición de deformación 150 se pueden registrar en el sistema de diseño de vehículos y usarse en revisiones de diseño posteriores para el vehículo.

En el método que se describe con referencia a la figura 2, el indicador de deformación 130 se aplicó al parche de reparación 120 después de que el parche de reparación 120 se hubiera curado y la unión se hubiera verificado. En una forma de realización alternativa, que se describe con referencia a la figura 9, el indicador de deformación 130 se puede aplicar al parche de reparación 120 cuando el parche se aplica a la superficie 110 en las proximidades de la reparación estructural. Por lo tanto, haciendo referencia a la figura 9, en la operación 910, un parche de reparación 120 y un indicador de deformación 130 se aplican a un área de reparación sobre la superficie 110.

En la operación 915, el parche de reparación 120 se fija y se cura. Tal como se describe con referencia a la figura 2, el parche de reparación 120 se puede afianzar a la superficie estructural 110 por medio de una diversidad de métodos de sujeción, por ejemplo, por medio de tornillos, remaches, un adhesivo, o incluso por medio de una soldadura. En las formas de realización en las que el parche 120 se afianza por medio de un adhesivo, la unión adhesiva entre el parche y la superficie subyacente 110 se puede curar mediante el calentamiento del parche usando, por ejemplo, una manta térmica o similares. Una vez más, la integridad de la unión entre el parche de reparación 120 y la superficie estructural 110 se puede verificar (la operación 920), por ejemplo, el uso, se puede usar cualquier técnica de realización de pruebas no destructiva adecuada para verificar la integridad de la unión entre el parche de reparación y la superficie estructural 110.

En la operación 925, se obtiene una primera medición de deformación a partir del indicador de deformación 130. Tal como se ha descrito en lo que antecede, en algunas formas de realización, se puede obtener una medición de deformación mediante la generación de una imagen de la galga extensométrica 130 usando un dispositivo de medición de deformación 150. En el método que se muestra en la figura 9, el parche de reparación está soportando una carga y, por lo tanto, está sometido a una deformación cuando se obtiene la primera medición en la operación 925. Por lo tanto, se puede considerar que la primera medición del indicador de deformación está calibrada para un entorno en el que la galga extensométrica está soportando una carga según lo previsto, y el indicador de deformación se calibra de tal modo que la lectura de base refleja la deformación en el parche de reparación 120 que está sometido a una carga según lo previsto.

Las operaciones restantes en la figura 9 son sustancialmente similares a las que se describen con referencia a la figura 2. Por lo tanto, en la operación 930, el área dañada de la superficie estructural 110 se somete a un esfuerzo. Tal como se ha descrito en lo que antecede, el esfuerzo se puede aplicar en un entorno controlado, por ejemplo, mediante la aplicación de una presión previamente determinada al área de la superficie estructural 110 en las proximidades del parche 120. Como alternativa, se puede aplicar un esfuerzo de una forma no controlada al poner el vehículo una vez más en uso, por ejemplo, en la realización de una prueba.

Después de que el área dañada de la superficie estructural 110 se haya sometido a un esfuerzo, se puede obtener otra medición de deformación usando el dispositivo de medición de deformación 150 (la operación 935). A continuación, las dos (o más) mediciones de deformación se analizan para determinar si las mediciones indican que el parche de reparación 120 ha experimentado un cambio en la deformación. Una vez más, un aumento excesivo en la deformación en el indicador de deformación podría indicar que el defecto subyacente 120 está creciendo. A la inversa, una disminución excesiva en la deformación podría indicar que el adhesivo entre el parche de reparación 120 y la superficie 110 se ha despegado, al menos en parte.

Por lo tanto, en la operación 940, las mediciones de deformación se comparan y, si, en la operación 945, la diferencia entre las mediciones de deformación no supera un umbral, a continuación el control pasa de vuelta a la operación 230 y el área de reparación se puede someter otra vez a un esfuerzo. A modo de ejemplo, el vehículo se puede poner en uso durante un periodo de tiempo particular, después del cual se recoge otra medición de deformación, por ejemplo, como parte de una rutina de mantenimiento. En contraposición, si, en la operación 245, la diferencia supera un umbral, a continuación el control se pasa a la operación 950 y se genera una señal. La señal se puede usar para desencadenar la presentación de una advertencia en una interfaz de usuario tal como el visualizador 162 del dispositivo de medición de deformación 150. La advertencia puede ser visual y / o auditiva.

Tal como se describe con referencia a la figura 2, el valor o valores umbral frente a los cuales se pueden comparar las desviaciones en la operación 245 pueden ser unos umbrales estáticos o unos umbrales dinámicos. A modo de ejemplo, los valores umbral estáticos se pueden establecer como un valor previamente determinado o como un porcentaje previamente determinado de la distancia entre las características geométricas. En contraposición, los umbrales dinámicos se pueden ajustar con el tiempo basándose en mediciones acumulativas de las distancias con el tiempo.

En otras formas de realización, un segundo indicador de medición de deformación 130 se puede afianzar a la superficie 110 en una región en las proximidades del parche de reparación 120 para detectar una carga primaria sobre la superficie 110. Las mediciones de deformación a partir de los indicadores de medición de deformación 130 se pueden combinar para dar una relación de deformación y, por lo tanto, indican una relación de esfuerzo del parche con respecto al recubrimiento. Esta información, junto con las mediciones de deformación posteriores desde el tiempo de referencia a un cierto instante posterior, puede dar indicaciones de un cambio en el desempeño de reparación, por ejemplo, un daño tal como despegado o deterioro de material.

Por lo tanto, en el presente documento se describen algunas formas de realización de indicadores de deformación que se pueden usar con los parches que se usan para reparar las superficies estructurales de los vehículos. También se describen algunas formas de realización de un dispositivo de medición de deformación y sistemas informáticos en los que se puede integrar un dispositivo de medición de deformación, y métodos para evaluar la integridad de las reparaciones estructurales. En algunas formas de realización, el indicador de deformación se puede situar sobre el parche de reparación antes de que el parche se haya sometido a una carga, de tal modo que la lectura de deformación de base en el parche se calibra para incluir la deformación en el parche que es causada por la carga que es soportada por el parche. En otras formas de realización, el indicador de deformación se puede situar sobre el parche de reparación después de que el parche se haya sometido a una carga, de tal modo que la lectura de deformación de base no se calibra para incluir la deformación en el parche que es causada por la carga que es soportada por el parche.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para evaluar la integridad de una reparación estructural en una superficie estructural (110), que comprende las siguientes etapas, tomadas en orden:

5           afianzar un parche (120) por encima de un defecto (112) en una superficie estructural subyacente para formar la reparación;  
 verificar la integridad de una unión entre el parche y la superficie estructural subyacente;  
 aplicar un indicador de deformación (130) al parche;  
 10          obtener, en un dispositivo de medición de deformación (150), una primera medición de deformación a partir del indicador de deformación (130), siendo dicho dispositivo de medición de deformación un dispositivo de mano, tal como un dispositivo electrónico de mano, un teléfono móvil o un asistente personal digital;  
 aplicar al menos una prueba de esfuerzo a la reparación estructural (120);  
 15          obtener, en el dispositivo de medición de deformación (150), una segunda medición de deformación a partir del indicador de deformación (130) después de que haya terminado la al menos una prueba de esfuerzo cuando la superficie estructural subyacente no se somete a un esfuerzo externo; y  
 generar, en el dispositivo de medición de deformación (150), una señal cuando una diferencia entre la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación supera un umbral.

20          2. El método de la reivindicación 1, en donde el indicador de deformación (130) comprende al menos un patrón sobre una superficie, y en donde obtener, en un dispositivo de medición de deformación (150), una primera medición de deformación a partir del indicador de deformación (130) comprende determinar al menos una característica del patrón.

3. El método de la reivindicación 2, en donde el patrón comprende un patrón de tablero de damas de bloques de color que se alternan.

4. El método de la reivindicación 3, en donde el patrón comprende un patrón repetitivo de líneas (710) que están separadas a intervalos regulares.

25          5. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde aplicar al menos una prueba de esfuerzo a la reparación estructural (120) comprende aplicar una carga a la superficie (110).

6. El método de la reivindicación 5, en donde aplicar una carga a la superficie (110) comprende someter la superficie (110) a un esfuerzo en un entorno operativo.

30          7. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente almacenar la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación en un módulo de memoria (158) que está acoplado con el dispositivo de medición de deformación (150).

8. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente presentar una alerta en una interfaz de usuario que está acoplada con el dispositivo de medición de deformación (150) cuando una diferencia entre la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación supera un umbral.

35          9. Un dispositivo de medición de deformación (150) para evaluar la integridad de una reparación estructural (120) en una superficie estructural (110), siendo dicho dispositivo de medición de deformación un dispositivo de mano, tal como un dispositivo electrónico de mano, un teléfono móvil o un asistente personal digital y comprendiendo:

40           un detector;  
 un procesador (156); y  
 un módulo de memoria (158) que está acoplado con el procesador (156) y que comprende unas instrucciones lógicas que están almacenadas en un medio legible por ordenador que, cuando son ejecutadas por el procesador (156), configuran el procesador (156) para:

45           usar el detector para obtener una primera medición de deformación a partir de un indicador de deformación externo (130) que está conectado a un parche por encima de un defecto en una superficie estructural subyacente formando la reparación;  
 usar a continuación el detector para obtener una segunda medición de deformación a partir del sensor de medición después de que se haya aplicado al menos una prueba de esfuerzo a la reparación estructural (120) cuando la superficie estructural subyacente no se somete a un esfuerzo externo; y  
 50           generar a continuación una señal cuando una diferencia entre la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación supera un umbral.

10. El dispositivo de medición de deformación (150) de la reivindicación 9, en donde el indicador de deformación (130) comprende al menos un patrón sobre una superficie, y que comprende adicionalmente unas instrucciones lógicas que están almacenadas en un medio legible por ordenador que, cuando son ejecutadas por el procesador (156), configuran el procesador (156) para determinar al menos una característica del patrón.
- 5 11. El dispositivo de medición de deformación (150) de la reivindicación 10, en donde:
- el patrón comprende al menos uno de un patrón de tablero de damas de bloques de color que se alternan o un patrón repetitivo de líneas que están separadas a intervalos regulares; y el detector comprende una cámara (160) para adquirir una imagen del patrón.
- 10 12. El dispositivo de medición de deformación de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende adicionalmente unas instrucciones lógicas que están almacenadas en un medio legible por ordenador que, cuando son ejecutadas por el procesador (156), configuran el procesador (156) para almacenar la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación en un módulo de memoria (158) que está acoplado con el dispositivo de medición de deformación (150).
- 15 13. El dispositivo de medición de deformación (150) de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende adicionalmente unas instrucciones lógicas que están almacenadas en un medio legible por ordenador que, cuando son ejecutadas por el procesador (156), configuran el procesador (156) para presentar una alerta en una interfaz de usuario que está acoplada con el dispositivo de medición de deformación (150) cuando una diferencia entre la primera medición de deformación y la segunda medición de deformación supera un umbral.

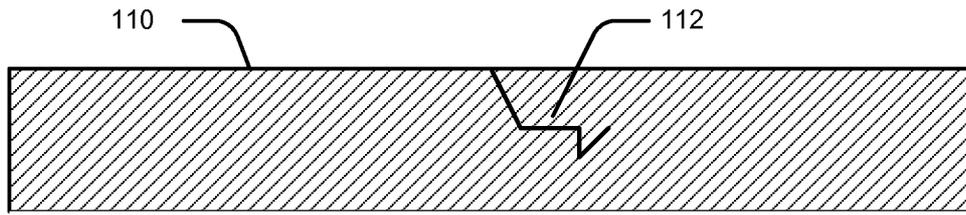


FIG. 1A

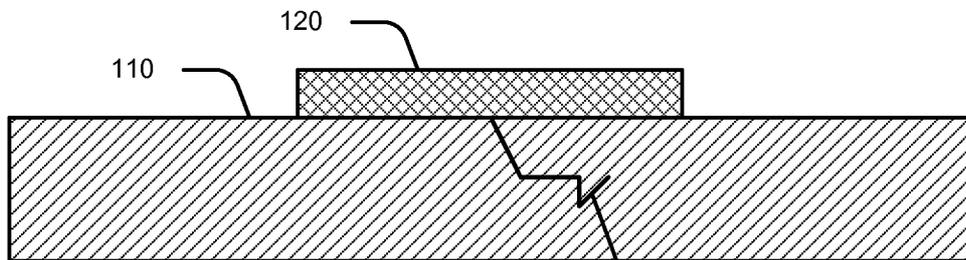


FIG. 1B

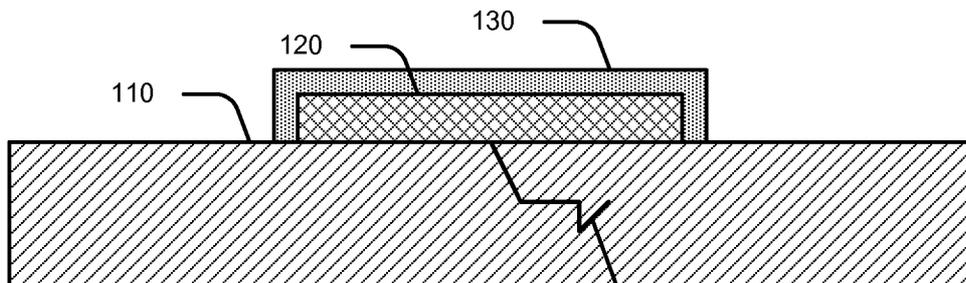
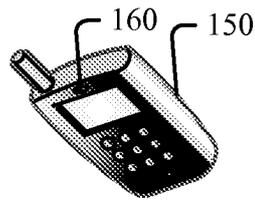


FIG. 1C

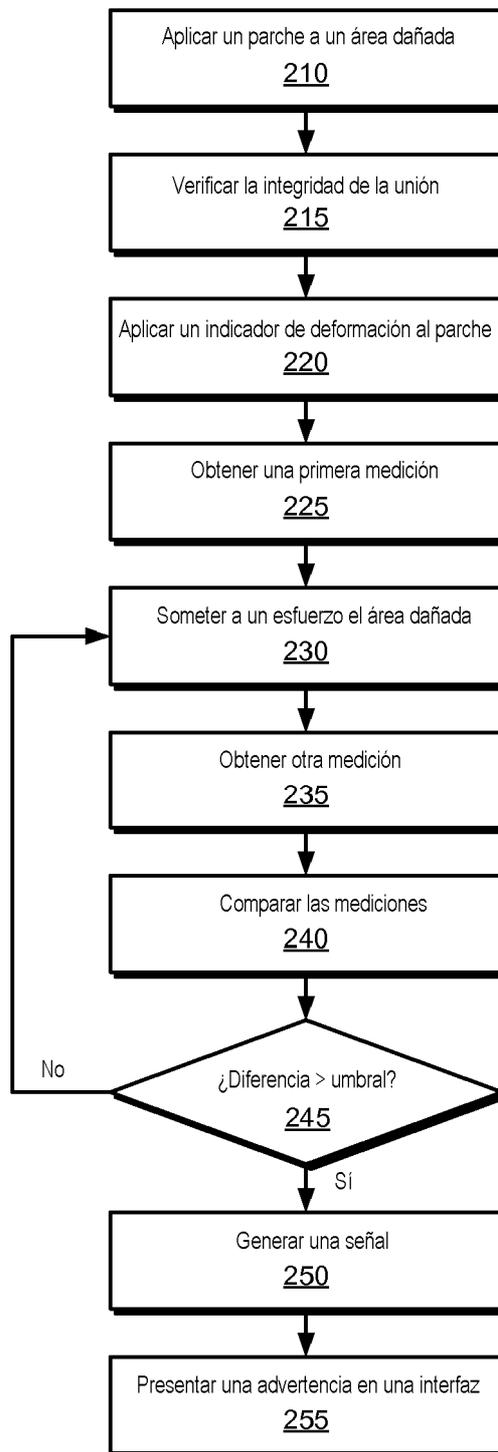
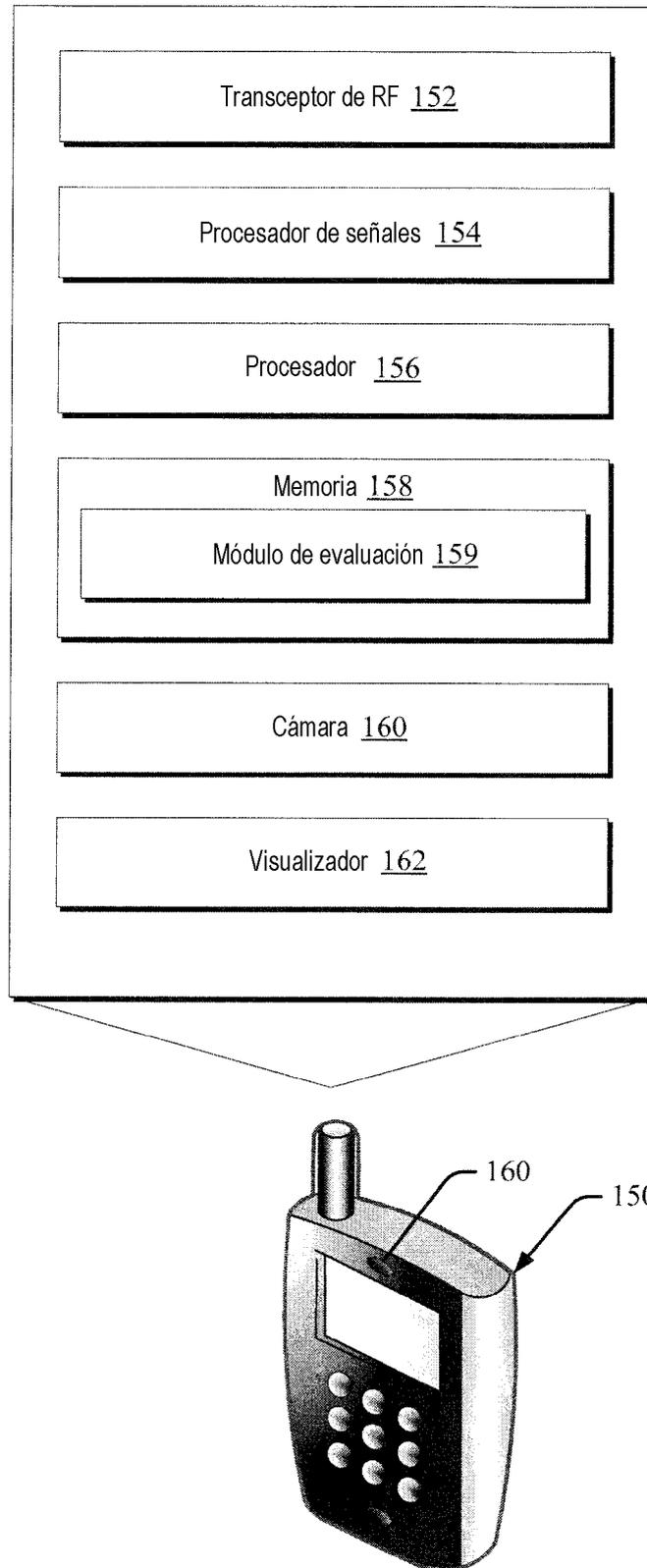
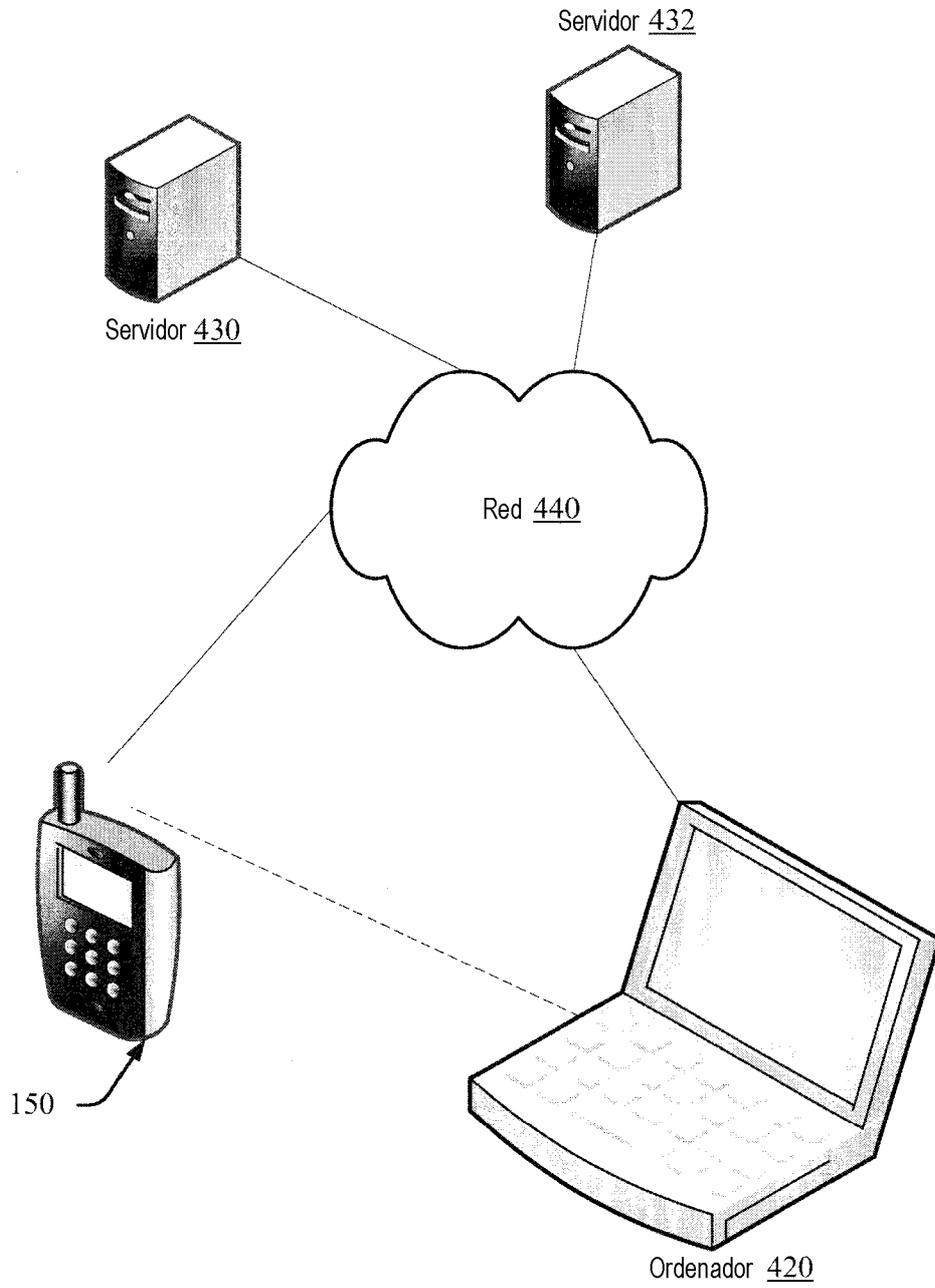


FIG. 2



*FIG. 3*



*FIG. 4*

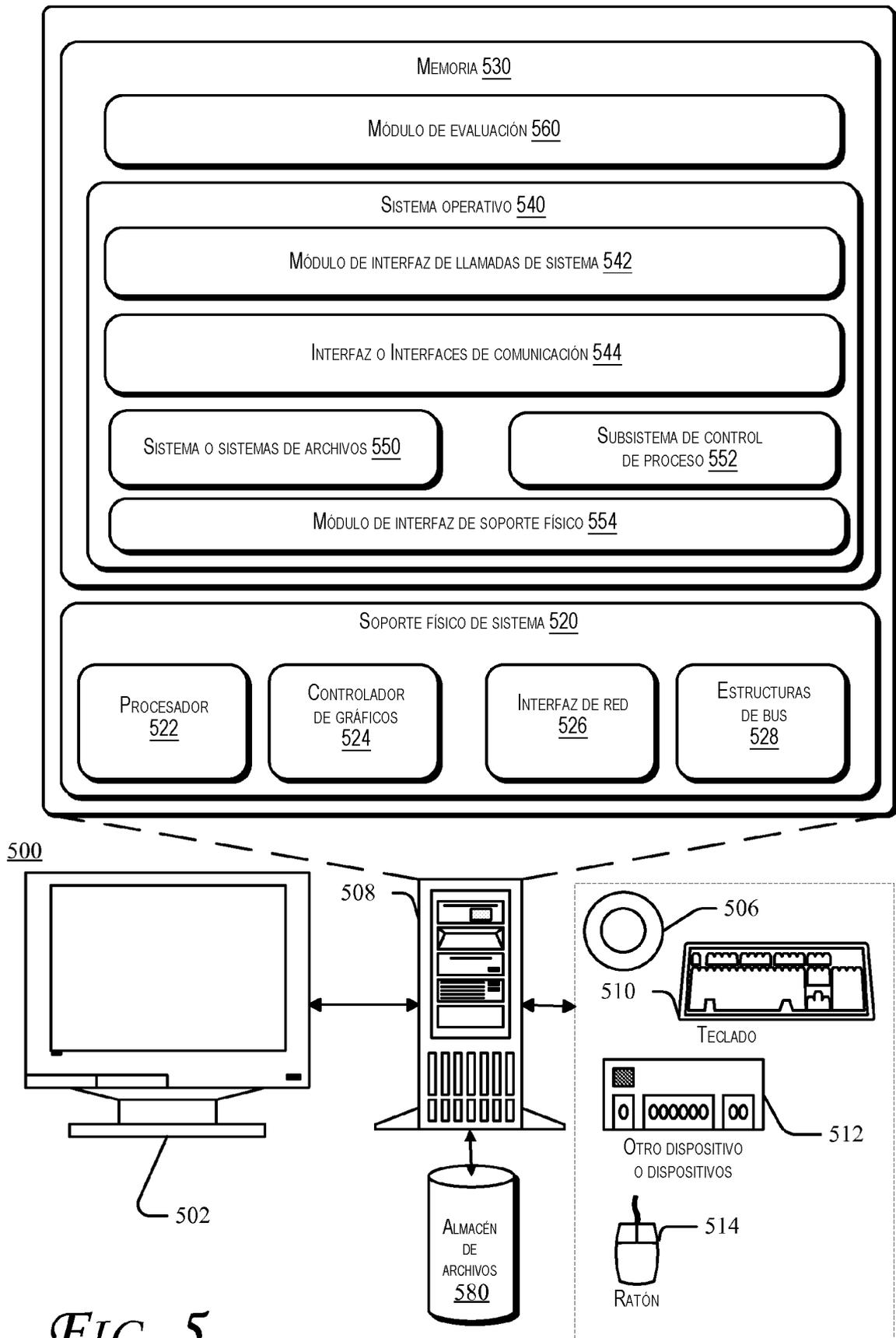


FIG. 5

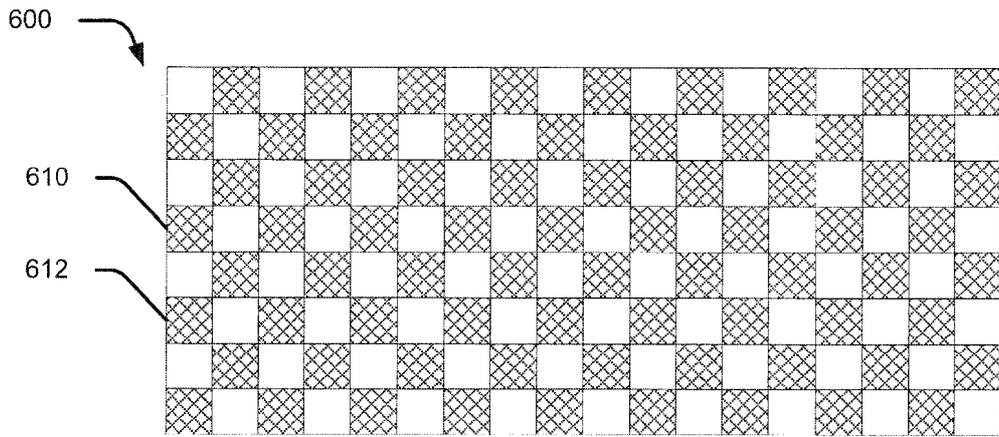


FIG. 6

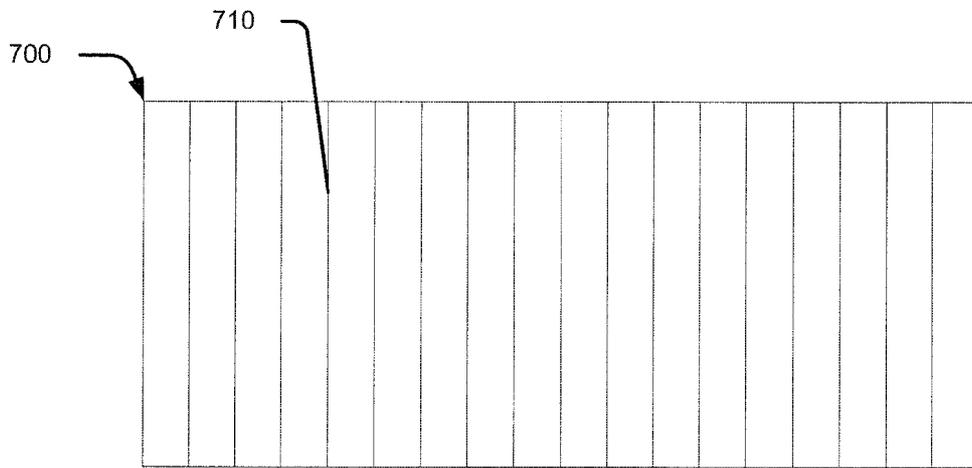


FIG. 7

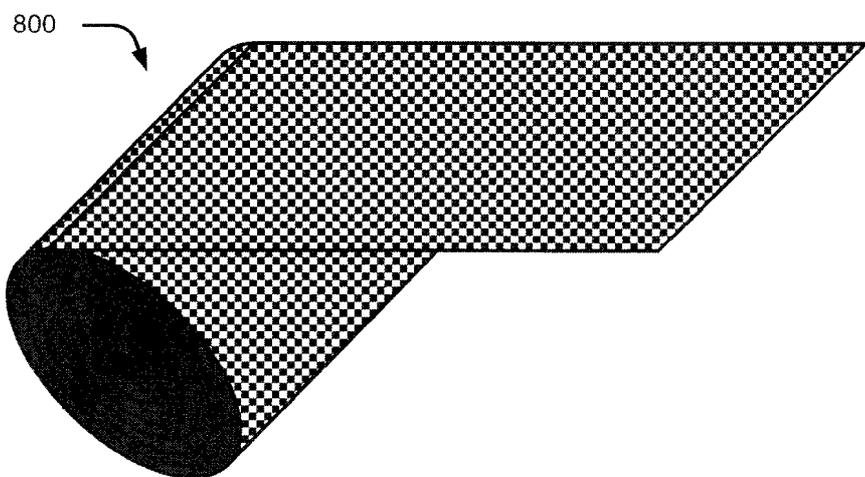


FIG. 8

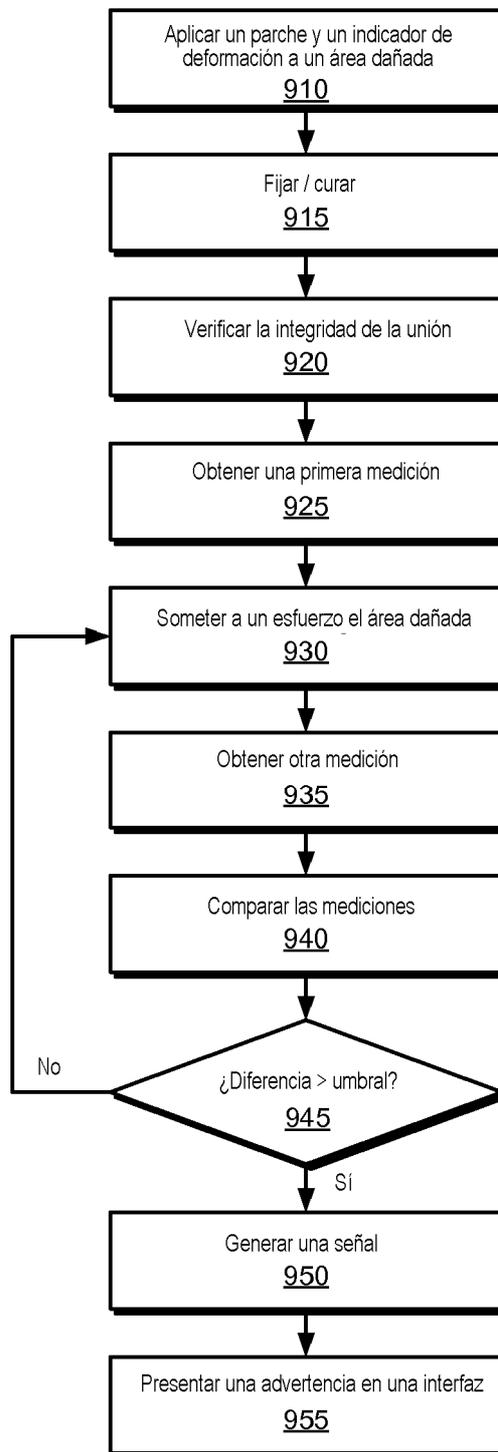


FIG. 9