

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 598**

51 Int. Cl.:

E21B 17/00 (2006.01)

G06F 17/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2010 E 10793187 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2510482**

54 Título: **Procedimiento de diseño para equipos submarinos sometidos a agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno**

30 Prioridad:

07.12.2009 US 267234 P

03.05.2010 US 772289

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

14.09.2015

73 Titular/es:

NUOVO PIGNONE S.P.A. (100.0%)

Via Felice Matteucci 2

50127 Florence, IT

72 Inventor/es:

TOGNARELLI, LEONARDO;

DI SISTO, PAOLO;

FABBRIZZI, MICHELANGELO y

MERLO, ROBERTO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 545 598 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

Procedimiento de diseño para equipos submarinos sometidos a agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a diseños de tuberías de equipos submarinos y, más específicamente, al diseño de sistemas de tuberías submarinas sometidos al agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno (HISC).

Antecedentes

10 El uso mundial de los combustibles fósiles ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. Con este crecimiento, la industria del petróleo y el gas ha ampliado la búsqueda de nuevas reservas de petróleo y gas para satisfacer la creciente demanda de los consumidores. La búsqueda de nuevas reservas de petróleo y gas incluye ahora áreas previamente inimaginables para la exploración. La necesidad de producir petróleo y gas a partir de estas nuevas regiones ha presentado una nueva serie de problemas relacionados con el diseño y la validación de los equipos utilizados en la producción de las reservas de petróleo y gas recién descubiertas.

El documento EP-A2-0 661 538 desvela un sistema para supervisar la operación de una planta que incluye la facilidad de simular el potencial de corrosión de un material.

15 Algunas de las nuevas áreas que están produciendo reservas de petróleo y gas sustanciales se encuentran bajo del océano. En el entorno submarino, nuevos problemas asociados con la línea de flujo y el equipo de producción han producido una nueva clase de problemas de diseño en los equipos que a veces son referidos como "Arietamiento por Tensión Inducido por Hidrógeno" (HISC). En general, los problemas de HISC son creados por dos factores ambientales, específicamente la disponibilidad de hidrógeno iónico en la superficie del equipo submarino construido de acero aleado con cromo debido a la inmersión de tales equipos en una solución acuosa.

20 El resultado de este tipo de problemas relacionados con el HISC se manifiesta mediante un debilitamiento de los componentes y estructuras de acero aleado. Se puede producir un fallo del componente y/o estructural posterior lo que conduce a problemas de seguridad, a daños en el medio ambiente por la contaminación de la ubicación submarina circundante y a altos costes de reparación en base a la ubicación de los equipos. El análisis de sistemas submarinos fallidos ha indicado que la consideración de los factores de HISC se debe incluir en el procedimiento de diseño general asociado a sistemas submarinos que están fabricados de ciertos materiales (por ejemplo, Acero inoxidable Duplex y Super Duplex) utilizados en la adquisición y recuperación de reservas submarinas de petróleo y gas.

25 Los procedimientos actuales para el análisis y diseño de sistemas de producción de petróleo y gas submarinos, si bien son capaces de permitir las consideraciones del HISC, requieren de muchas horas de tiempo de cálculo informático para completar un análisis de un conjunto de condiciones. Por ejemplo, en una primera etapa de diseño/evaluación, un modelo de marco unidimensional se desarrolla con líneas centrales que representan el eje del sistema de tuberías. Después de que el modelo de marco se completa, las líneas axiales son reemplazadas por elementos de tuberías finitos. Los elementos de tuberías son capaces de simular todos los diversos tipos de condiciones operativas y no operativas y permitir la evaluación de los requisitos de la normativa ASME (es decir, la normativa ASME B31.8).

30 En una segunda etapa, los elementos de tuberías se reemplazan parcial o totalmente por elementos de envolvente. El número de elementos reemplazados depende de las secciones del diseño que se examinan. Al igual que los elementos de tuberías, los elementos de envolvente son capaces de simular las dos condiciones operativa y no operativa. Sin embargo, una característica importante de los elementos de envolvente en el procedimiento de diseño es que los elementos de envolvente permiten la predicción de tensiones locales y, por lo tanto, la evaluación del HISC lineal (es decir, DNV RP-F112). Sin embargo, los muchos conjuntos de condiciones de carga y los conjuntos asociados de ejecuciones informáticas asociadas con el procesamiento de los elementos de envolvente en esta segunda etapa pueden ser prohibitivamente costosos tanto en términos de requisitos de tiempo como informáticos.

35 En una tercera etapa, los elementos identificados como no conformes con las condiciones requeridas en base al análisis lineal de la etapa dos se sustituyen con sub-modelos tridimensionales. Se realiza un análisis con las propiedades del material elasto-plástico que permiten la evaluación de las condiciones de HISC no lineales. El resultado del análisis del sub-modelo tridimensional permite la predicción de deformaciones locales sobre los elementos analizados.

40 Por consiguiente, la presión del mercado está exigiendo un procedimiento para el diseño de equipos de petróleo y gas submarinos capaces de soportar los rigores del entorno submarino sin costes prohibitivamente costosos, en términos de análisis de tiempo y requisitos informáticos, de las técnicas existentes.

Sumario

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones ejemplares se refieren a sistemas y procedimientos para el análisis y el diseño de componentes y sistemas submarinos para la recuperación de petróleo y gas capaces de resistir el entorno submarino y los problemas asociados con el HISC. La metodología incluye el desarrollo de Funciones de Transferencia (TF) para cada tipo de elemento de tubería. Por ejemplo, las funciones de transferencia se pueden desarrollar para codos, uniones en T, acoplamientos, soldaduras y similares, que se asocian con la tubería submarina.

De acuerdo con una realización ejemplar, los datos recogidos de la primera etapa de la metodología actual se proporcionan a la TF apropiada. La función de transferencia apropiada se basa en el elemento de tubería bajo investigación. La TF transforma los datos recopilados en las tuberías en tensiones locales asociadas con el elemento de tubería para las condiciones especificadas por el usuario de los análisis. Sin embargo, se apreciará por los expertos en la materia que tales ventajas no se deben interpretar como limitaciones de la presente invención, excepto en la medida en que se mencionan explícitamente en una o más de las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con otra realización ejemplar, se puede realizar una serie de simulaciones en el elemento de tubería sujeto utilizando diferentes condiciones sin el desarrollo de una nueva función de transferencia para cada conjunto de condiciones. Los resultados de la serie de simulaciones crean un perfil de tensiones locales, en base a las diferentes condiciones, lo que permite un diseño más preciso y fiable del elemento de tubería asociado. Cualquier elemento de tubería determinado como no conforme con el análisis del HISC lineal proporcionado por la TF se puede analizar después en la tercera etapa del análisis de HISC existente descrito anteriormente. La eliminación de la segunda etapa intensiva en tiempo y recursos del análisis de HISC existente se proporciona para el diseño de un sistema de petróleo y gas submarino capaz de soportar las condiciones del entorno submarino mientras que proporciona una fase de análisis y diseño económica y oportuna como lo demandan los requisitos actuales de la industria y del mercado.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran realizaciones ejemplares, en las que:

La Figura 1 muestra los modelos de sistemas que representan las tres simulaciones diferentes asociadas a la técnica anterior;

La Figura 2 representa una tubería con un codo de noventa grados para ilustrar la cantidad de elementos FEM requeridos en los tres tipos diferentes de simulaciones;

La Figura 3 representa un procedimiento de hacer una evaluación del HISC en base a un modelo de tuberías, funciones de transferencia y un sub-modelo tridimensional de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 4 representa un procedimiento de generar funciones de transferencia y hacer una evaluación del HISC en base a una serie de condiciones definidas por el usuario de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 5 representa un entorno informático general para realizar los cálculos asociados con la generación de funciones de transferencia y hacer una evaluación del HISC de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 6 representa un componente de función de transferencia que comprende un generador de funciones de transferencia, un motor de función de transferencia y un almacenamiento de funciones de transferencia de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 7 representa un elemento de tubería acodado que ilustra variables independientes representativas asociadas con la derivación de una función de transferencia de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 8 representa un elemento de tubería acodado que ilustra las fuerzas y los momentos que actúan sobre el elemento de tubería acodado de acuerdo con una realización ejemplar; y

La Figura 9 representa un elemento de tubería acodado que ilustra las localizaciones predichas de la tensión máxima en el elemento de tubería acodado de acuerdo con una realización ejemplar.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada de las realizaciones ejemplares se refiere a los dibujos adjuntos. Los mismos números de referencia en los diferentes dibujos identifican los mismos o similares elementos. Además, la siguiente descripción detallada no limita la invención. En su lugar, el alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

Para proporcionar un contexto para la posterior descripción relativa con la generación de funciones de transferencia y el uso de las funciones de transferencia generadas en los sistemas de evaluación del HISC de acuerdo con estas realizaciones ejemplares, la Figura 1 ilustra esquemáticamente modelos de tuberías asociados con el procedimiento actual de diseño del sistema. Como se ha descrito anteriormente, el procedimiento utiliza tres sistemas de modelado ilustrados por el sistema 100 y se compone de tres etapas. En una primera etapa, un modelo de marco del sistema de tuberías se construye con líneas 108 de tuberías que coinciden con el eje de las tuberías tridimensionales.

Después de construir el modelo de marco, las líneas son reemplazadas con elementos 104 de tuberías que representan el sistema de tuberías y proporcionan datos (área, inercia, etc.) asociados con el sistema de tuberías deseado. El resultado de la primera etapa es la producción de un modelo 102 de tuberías.

5 A continuación, en una segunda etapa, el modelo de tuberías producido en la primera etapa se sustituye total o parcialmente por elementos 110 de envolvente. El modelo 106 de envolvente resultante puede simular las condiciones operativas, incidentales y de carrera que permitan la evaluación de las condiciones de HISC lineal. La fuerza motriz de este modelo es la predicción de las tensiones locales de los elementos de tuberías.

10 Procediendo a la tercera etapa, se realiza una determinación para cada elemento de tubería para determinar si la evaluación del HISC lineal es conforme. Si se determina que un elemento de tubería particular, no conforme con la evaluación del HISC lineal entonces un sub-modelo 112 tridimensional se genera para el elemento 114 de tubería. El sub-modelo 112 tridimensional se ejecuta después con las propiedades del material elasto-plástico, desarrollando una evaluación del HISC no regular. Después de probar el sub-modelo 112 tridimensional, se hace una determinación en cuanto a la aceptabilidad del elemento de tubería en función de su diseño actual.

15 Observando a continuación la Figura 2 y otra realización 200 ejemplar del procedimiento actual del diseño de sistemas de tuberías, las representaciones de un elemento de tubería acodado para los tres modelos diferentes representa la complejidad relativa de los modelos diferentes. El codo con un elemento 202 uniaxial es el modelo utilizado para la primera etapa 102 descrita anteriormente. Este modelo requiere la menor cantidad de datos de entrada y la menor cantidad de tiempo de cálculo. Por ejemplo, el elemento 202 uniaxial acodado representativo tiene doce grados de libertad, seis por cada extremo del elemento.

20 El elemento 204 de tubería acodado con elementos 206 de envolvente es un modelo más complejo con cada elemento 206 de envolvente teniendo veinticuatro grados de libertad. Los elementos 206 de envolvente se montan para representar la superficie del elemento 204 de tubería acodado y requieren muchos más cálculos por cada elemento 206 de envolvente, además de los muchos elementos 206 de envolvente requeridos para representar la superficie del elemento 204 de tubería acodado. El sub-modelo 208 tridimensional con elementos 210 sólidos es el modelo más complejo, ya que modela toda la estructura del codo. Los elementos 210 sólidos y los elementos 206 de envolvente tienen grados de libertad y, por tanto, complejidad informática similares, pero el sub-modelo 208 tridimensional requiere de muchos más elementos sólidos para definir la estructura. Por consiguiente, los tiempos de cálculo requeridos para un codo modelado de elemento sólido son mucho mayores que el tiempo de cálculo requerido para un codo modelado del elemento de envolvente. Sin embargo, en el procedimiento de diseño actual, el modelado de la envolvente en la segunda etapa 106 se realiza sobre todo el sistema de tuberías, mientras que el sub-modelado tridimensional de la tercera etapa 112 se aplica únicamente a los elementos de tuberías vistos como no conformes con el HISC lineal en base al análisis del modelo de envolvente.

35 Con referencia ahora a la Figura 3, se ilustra un procedimiento 300 de hacer una evaluación del HISC en base a un modelo de tuberías, funciones de transferencia y sub-modelo tridimensional de acuerdo con una realización ejemplar. Comenzando en la etapa 302, se genera un modelo de tuberías que representa el sistema de tuberías. Un modelo de marco se construye primero con líneas que representan el eje de las tuberías en el sistema. A continuación, las líneas del marco son reemplazadas por sus elementos de tuberías correspondientes. Cada elemento de tubería proporciona datos reales asociados, tales como el área, la inercia y similares que representan la configuración real del sistema de tuberías.

40 A continuación, en la etapa 304, los resultados del modelo de tuberías para cada elemento de tubería se recogen y se presentan a la función de transferencia asociada con el elemento de tubería. La función de transferencia calcula predicciones para las tensiones locales de los elementos mediante las fuerzas y momentos posteriores al procesamiento del modelo de la tubería. La manera en que dichas funciones de transferencia se pueden determinar de acuerdo con las realizaciones ejemplares se describe a continuación. A continuación en la etapa 306, los valores de tensión locales calculados son evaluados para la conformidad del HISC lineal. La conformidad se determina comparando los valores de tensión locales calculados con las tolerancias de ingeniería estándar. En particular, la conformidad lineal es evaluado listando, para cada componente: 1) la tensión de membrana máxima en las direcciones principales, 2) la membrana máxima más las tensiones por flexión en las direcciones principales y 3) [eqv.] Von Mises con solo la membrana más las tensiones por flexión.

50 Siguiendo con la etapa 308, se realiza una determinación de si el elemento de tubería es conforme con la tensión lineal. Si el elemento de tubería no es conforme con la tensión lineal entonces el procedimiento 300 pasa a la etapa 310. En la etapa 310, el procedimiento simula el elemento de tubería con un sub-modelo tridimensional. El sub-modelo tridimensional realiza una evaluación del HISC no lineal mediante la predicción de las deformaciones locales en el elemento de tubería. Si el elemento de tubería no es conforme con la evaluación del HISC no lineal entonces se requiere un rediseño del elemento de tubería. Si el elemento de tubería es conforme con la evaluación del HISC no lineal entonces el procedimiento 300 continúa a la etapa 312 y se realiza una determinación en cuanto a si cualesquiera otros elementos de tuberías requieren evaluación. Si los elementos de tuberías adicionales requieren evaluación entonces el procedimiento 300 vuelve a la etapa 306 y se repite con el siguiente elemento de tubería. Por ejemplo, la conformidad del HISC no lineal se evalúa en un curso y, si es necesario, se evalúa muy bien. De acuerdo con una realización ejemplar, la evaluación descrita anteriormente se realiza solo para aquellos elementos de

tuberías para los que las deformaciones predichas se encuentran suficientemente bajo los límites del HISC. El procedimiento de acuerdo con esta realización ejemplar proporciona resultados dentro y fuera del cinco por ciento de espesor de pared y genera gráficos de deformación frente al espesor de pared, sin embargo los expertos en la materia apreciarán que otros límites se pueden utilizar. Los gráficos se generan automáticamente para cualquiera de las secciones donde se concentra la tensión. En otro aspecto de esta realización ejemplar, los gráficos se generan también en secciones regularmente separadas desde la sección de extremo acodada.

Observando a continuación la Figura 4, se ilustra un procedimiento 400 de generar funciones de transferencia y usar las funciones de transferencia para los cálculos repetitivos utilizando diferentes condiciones definidas por el usuario sin la generación de nuevas funciones de transferencia de acuerdo con una realización ejemplar. Comenzando en la etapa 402, el procedimiento genera funciones de transferencia mediante la ejecución de un conjunto de combinaciones de las dimensiones del elemento de tubería para cada tipo de carga aplicable al elemento de tubería. A continuación, en la etapa 404, las condiciones definidas por el usuario se proporcionan a la función de transferencia como entradas. Continuando con la etapa 406, las funciones de transferencia se ejercen y las tensiones de elementos de tuberías locales calculadas por las funciones de transferencia se recogen.

A continuación, en la etapa 408, se realiza una determinación con respecto a los cálculos adicionales con un conjunto diferente de condiciones definidas por el usuario. Si se requieren transformaciones adicionales utilizando otro conjunto de condiciones definidas por el usuario entonces, el procedimiento vuelve al etapa 404 y repite la transformación sin la generación de nuevas funciones de transferencia en base a las condiciones definidas por el usuario actualizadas. Cabe señalar que un punto de optimización del procedimiento de acuerdo con esta realización ejemplar es la capacidad para calcular las tensiones de los elementos de tuberías locales para diferentes condiciones definidas por el usuario sin la necesidad de generar nuevas funciones de transferencia en base a las nuevas condiciones definidas por el usuario.

Con referencia ahora a la Figura 5, aquí, se ilustra un ejemplo de un entorno de sistema 500 informático adecuado en el que se puede implementar la materia reivindicada. Cabe señalar que el entorno de sistema 500 informático es solo un ejemplo de un entorno informático adecuado para un dispositivo móvil y no se pretende sugerir ninguna limitación en cuanto al alcance de uso o funcionalidad de la materia reivindicada. Además, el entorno 500 informático no pretende sugerir ninguna dependencia o requisito en relación con la materia reivindicada con respecto a cualquiera, o cualquier combinación, de los componentes ilustrados en el entorno 500 operativo ejemplar.

Con referencia a la Figura 5, un ejemplo de un dispositivo remoto para la aplicación de los distintos aspectos descritos en la presente memoria incluye un dispositivo informático de propósito general en la forma de un ordenador 510. Los componentes del ordenador 510 pueden incluir, pero no limitarse a, una unidad 520 de procesamiento, una memoria 530 del sistema, y un bus 521 del sistema que acopla diversos componentes del sistema incluyendo la memoria 530 del sistema a la unidad 520 de procesamiento. El bus 521 del sistema puede ser cualquiera de diversos tipos de estructuras de bus incluyendo un bus de memoria o controlador de memoria, un bus periférico, y una bus local utilizando cualquiera de una variedad de arquitecturas de bus.

El ordenador 510 puede incluir una variedad de medios legibles por ordenador. Los medios legibles por ordenador pueden ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder por ordenador 510. A modo de ejemplo, y no como limitación, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios de almacenamiento informático y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento informático incluyen medios volátiles y no volátiles, así como medios extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier procedimiento o tecnología para el almacenamiento de información, tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de almacenamiento en ordenador incluyen, pero no se limita a, RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria, CDROM, discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento en disco óptico, cassetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda utilizar para almacenar la información deseada y al que se pueda acceder por ordenador 510. Los medios de comunicación pueden incorporar instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos modulada tal como una onda vehículo u otro mecanismo de transporte y puede incluir cualquier medio de suministro de información adecuado.

La memoria 530 del sistema puede incluir medios de almacenamiento en ordenador en forma de memoria volátil y/o no volátil, tal como memoria de solo lectura (ROM) y/o memoria de acceso aleatorio (RAM). Un sistema básico de entrada/salida (BIOS), que contiene las rutinas básicas que ayudan a transferir información entre los elementos dentro del ordenador 510, como durante el arranque, se puede almacenar en la memoria 530. La memoria 530 puede contener también datos y/o módulos de programa que son inmediatamente accesibles a y/o están actualmente siendo operados por la unidad 520 de procesamiento. A modo de ejemplo no limitativo, la memoria 530 puede incluir también un sistema operativo, programas de aplicación, otros módulos de programa, y datos del programa.

El ordenador 510 puede incluir también otros medios de almacenamiento en ordenador extraíbles/no extraíbles, volátiles/no volátiles. Por ejemplo, el ordenador 510 puede incluir una unidad de disco duro que lee de o escribe en medios magnéticos no extraíbles, no volátiles, una unidad de disco magnético que lee de o escribe en un disco

5 magnético extraíble, no volátil, y/o una unidad de disco óptico que lee de o escribe en un disco óptico extraíble, no volátil, tal como un CD-ROM u otro medio óptico. Otros medios de almacenamiento en ordenador extraíbles/no extraíbles, volátiles/no volátiles que se pueden utilizar en el entorno operativo ejemplar incluyen, pero no se limitan a, cassetes de cinta magnética, tarjetas de memoria flash, discos versátiles digitales, cinta de vídeo digital, RAM en estado sólido, ROM en estado sólido y similares. Una unidad de disco duro se puede conectar al bus 521 del sistema a través de una interfaz de memoria no extraíble tal como una interfaz, y una unidad de disco magnético o una unidad de disco óptico se puede conectar al bus 521 del sistema por una interfaz de memoria extraíble, como una interfaz.

10 Un usuario puede introducir órdenes e información en el ordenador 510 a través de dispositivos de entrada, tales como un teclado o un dispositivo señalador tal como un ratón, trackball, pantalla táctil, y/u otro dispositivo señalador. Otros dispositivos de entrada pueden incluir un micrófono, joystick, game pad, antena parabólica, un escáner o similares. Estos y/u otros dispositivos de entrada se pueden conectar a la unidad 520 de procesamiento a través de la entrada 540 del usuario y la interfaz o interfaces acopladas al bus 521 del sistema asociado, pero pueden conectarse por otra interfaz y estructuras de bus, tales como un puerto paralelo, puerto de juegos o un bus serie universal (USB). Un subsistema de gráficos se puede conectar también al bus 521 del sistema. Además, un monitor u otro tipo de dispositivo de visualización se puede conectar al bus 521 del sistema a través de una interfaz, tal como la interfaz 550 de emisión, que puede a su vez comunicarse con la memoria de vídeo. Además de un monitor, los ordenadores pueden incluir también otros dispositivos de emisión periféricos, tales como altavoces y/o una impresora, que se puede conectar también a través de la interfaz 550 de emisión.

20 El ordenador 510 puede operar en un entorno de red o distribuido utilizando conexiones lógicas con uno o más ordenadores remotos, tal como el servidor 570 remoto, que a su vez puede tener capacidades de medios diferentes del dispositivo 510. El servidor 570 remoto puede ser un ordenador personal, un servidor, un router, un PC de red, un dispositivo par u otro nodo de red común, y/o cualquier otro dispositivo de consumo o transmisión de medios remoto, y puede incluir cualquiera o todos los elementos descritos anteriormente con respecto al ordenador 510 .
25 Las conexiones lógicas representadas en la Figura 5 incluyen una red 571, tal como la red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), pero pueden incluir también otras redes/autobuses. Tales entornos de red son comunes en los hogares, oficinas, redes informáticas de toda la empresa, intranets e Internet.

30 Cuando se utiliza en un entorno de red LAN, el ordenador 510 se conecta a la LAN 571 a través de una interfaz de red o adaptador. Cuando se utiliza en un entorno de red WAN, el ordenador 510 puede incluir un componente de comunicaciones, tal como un módem, u otros medios para establecer comunicaciones a través de la WAN, tales como Internet. Un componente de comunicaciones, tal como un módem, que puede ser interno o externo, se puede conectar al bus 521 del sistema a través de la interfaz de entrada de usuario en la entrada 540 y/u otro mecanismo apropiado. En un entorno de red, los módulos de programa representados con respecto al ordenador 510, o porciones de los mismos, se pueden almacenar en un dispositivo de almacenamiento de memoria remoto. Se debe apreciar que las conexiones de red mostradas y descritas son ejemplares y que otros medios que establezcan un enlace de comunicaciones entre los ordenadores se pueden utilizar.

35 Observando a continuación la Figura 6, un componente 602 de función de transferencia de acuerdo con una realización ejemplar comprende un generador 604 de funciones de transferencia, un motor 606 de funciones de transferencia y un almacenamiento 608 de funciones de transferencia. Cabe señalar que el componente de función de transferencia se almacena, en esta realización ejemplar, en la memoria 530 del sistema del entorno 510 informático y se ejecuta por la unidad 520 de procesamiento del entorno 510 informático. El generador de funciones de transferencia proporciona la creación de funciones de transferencia asociadas con los elementos de tuberías que correlacionan las tensiones locales en un elemento de tubería con las cargas aplicadas al elemento de tubería. Una ecuación de la función de transferencia de segundo orden para una carga unitaria en una ubicación específica (nodo), sería como:

$$S_{Fi} = c + (a_1 * Ro) + (a_2 * Ri) + (a_3 * Rb) + (a_4 * Ab) +$$

$$(a_5 * Ro * Ri) + (a_7 * Ro * Rb) + (a_8 * Ro * Ab) + (a_9 * Ri * Rb) + \dots +$$

$$(a_{n+1} * Ro^2) + (a_{n+2} * Rb^2) + \dots + (a_{n+5} * Ab^2) \quad \text{eq.1}$$

donde S_{Fi} = Tensión (S) generada por una fuerza o momento específico (F, M) en una dirección (i);
c = constante; $a_1 \dots a_n$ = coeficientes, Ro = radio exterior; Ri = radio interior; Ab = ángulo del codo; y
 Rb = radio del codo, véase también las variables 700, como se ilustra en la Figura 7.

50 En base al hecho de que la distribución de tensiones es linealmente dependiente de la carga, las funciones de transferencia se generan para cargas no unitarias como el producto de la carga no unitaria en el nodo y la tensión en

el nodo ($S_{Fi@nodo} = L_i * S_{Fi@nodo}$), como se evalúa por la eq. 1. Por ejemplo, las funciones de transferencia se crean para cada componente de tensión (por ejemplo, tensión radial, tensión axial, tensión circunferencial, etc.) y para cada tipo de carga con la tensión total componente evaluada como

$$S_{radial@nodo} = L1 * S_{F1_radial@nodo} + L2 * S_{F2_radial@nodo} + L4 * S_{M1_radial@nodo} \dots + L6 * S_{M3_radial@nodo}$$

5 donde S = tensión; L = carga; F = fuerza y M = momento, véase fuerzas/momentos 800 como se ilustra en la Figura 8. Cabe señalar que las ecuaciones similares se derivan para la tensión axial/tensión circunferencial etc. También hay que señalar que de acuerdo con las realizaciones ejemplares, una función de transferencia se genera para cada tipo de carga y, por lo tanto, la tensión local total se calcula sumando los valores de tensión para cada tipo de carga. La suma es válida porque las tensiones son tensiones componentes tales como la tensión circunferencial, tensión radial, etc.

De acuerdo con una realización ejemplar, las funciones de transferencia se generan solamente para los nodos donde se concentra la tensión. Por ejemplo, en un codo, la tensión se concentra en uno de los tres lugares 900 de tensión en un sistema en fase de diseño, como se indica en la Figura 9. En la Figura 9, las secciones ilustradas indican los lugares típicos donde se concentran las tensiones. En base a la combinación de carga, una sección 15 desarrollará más tensión que las demás. Por ejemplo, la presión tensiona 1/2 de la sección ANG mientras que el movimiento fuera del plano tensiona 1/3 de la sección ANG. Además, la posición angular puede variar en función de la combinación de carga. Por las razones elaboradas, las funciones de transferencia se generan en veinticuatro ubicaciones angulares diferentes. La máxima puede estar entre dos posiciones consecutivas, por lo tanto se realiza una evaluación final mediante interpolación. En total, el análisis del codo en esta realización ejemplar emplea 20 cuatrocientos treinta y dos funciones de transferencia en base a localizaciones, componentes de fuerza y tipos de fuerza.

El motor 606 proporciona la función de transferencia para la ejecución de la función de transferencia apropiada con los datos necesarios a partir del modelo de tuberías previamente construido para transformar los datos de entrada 25 estructurales en valores de tensión de elementos de tuberías locales. En otra realización ejemplar, el motor 606 de funciones de transferencia puede ser un bucle a través de una serie de datos de entrada recogidos y transformar los datos de entrada a una serie correspondiente de valores de tensión de elementos de tuberías locales. Como alternativa, el motor 606 de funciones de transferencia local puede transmitir los datos recogidos procedentes del modelo de tuberías a un motor 606 de funciones de transferencia remoto, situado en otro equipo conectado comunicativamente al motor 606 de funciones de transferencia local, para el procesamiento de los datos de entrada 30 en valores de tensión local de los elementos de tuberías. De esta manera, el procesamiento de datos se puede realizar en uno (o ambos) del equipo local y de un equipo remoto.

El componente 608 almacenamiento de funciones de transferencia se proporciona para almacenar las funciones de transferencia generadas de manera que las funciones de transferencia se pueden reutilizar para ejecutar otra simulación en un momento posterior. En un ejemplo no limitante, las nuevas condiciones definidas por el usuario 35 pueden aparecer como resultado de un cambio en la configuración de la tubería y las funciones de transferencia aplicables se pueden recuperar sin la necesidad de generar un nuevo conjunto de funciones de transferencia. En otro ejemplo no limitativo, las funciones de transferencia almacenadas se pueden transmitir a otro sistema informático y almacenarse o ejecutarse en la ubicación remota.

Tal como se utiliza en la presente solicitud, los términos tales como "componente", "pantalla", "interfaz" y similares pretenden hacer referencia a una entidad relacionada con ordenadores, ya sea hardware, una combinación de hardware y software, software, o software en ejecución tal como se aplica a un sistema para la verificación de equipos submarinos sometidos al HISC. Por ejemplo, un componente puede ser, pero no se limita a, un procedimiento que se ejecuta en un procesador, un procesador, un objeto, un ejecutable, un hilo de ejecución, un programa y un ordenador. A modo de ilustración, tanto una aplicación que se ejecuta en un servidor como el servidor 40 pueden ser componentes. Uno o más componentes pueden residir dentro de un procedimiento y/o hilo de ejecución y un componente se puede ubicar en un ordenador y/o distribuido entre dos o más ordenadores, controladores industriales, y/o módulos en comunicación con los mismos. Además, cabe señalar que, como se utiliza en la presente solicitud, las expresiones tales como "usuario del sistema", "usuario", "operario" y similares tienen la intención de referirse a la persona que opera la entidad relacionada con el ordenador a la que se ha hecho 45 referencia anteriormente.

Las realizaciones ejemplares descritas anteriormente pretenden ser ilustrativas en todos los aspectos, en lugar de restrictivas, de la presente invención. Por lo tanto, la presente invención es capaz de muchas variaciones en la aplicación detallada que se pueden derivar de la descripción contenida en la presente memoria por una persona experta en la materia. Todas estas variaciones y modificaciones se consideran dentro del alcance de la presente invención como se define por las siguientes reivindicaciones. Ningún elemento, acto, o instrucción utilizado en la descripción de la presente solicitud debe ser interpretado como crítica o esencial para la invención a menos que se describa explícitamente como tal. También, como se utiliza en la presente memoria, el artículo "un/una" pretende 50

incluir uno o más artículos.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para evaluar el agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno asociado con un sistema de tuberías submarinas, comprendiendo el procedimiento:
- (a) determinar un modelo unidimensional para un elemento de dicho sistema de tuberías submarinas;
- 5 (b) realizar un análisis unidimensional para dicho elemento utilizando dicho modelo unidimensional y una pluralidad de condiciones operativas para identificar al menos un punto asociado con el agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno para dicho elemento;
- (c) aplicar al menos una función de transferencia a dicho al menos un punto para transformar dicho al menos un punto de una representación unidimensional a una evaluación de tensión local;
- 10 (d) emitir dicha evaluación tensión local;
- (e) analizar dicha evaluación tensión local para una primera conformidad predeterminada; y
 - (f) si dicha evaluación tensión local no es conforme determinar y ejecutar después un sub-modelo tridimensional de dicho elemento y analizar la salida de dicho sub-modelo tridimensional para una segunda conformidad predeterminada.
- 15 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha primera conformidad predeterminada es una conformidad lineal del agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicha salida de dicho sub-modelo tridimensional es una evaluación de la deformación local.
4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que dicha segunda conformidad predeterminada es una conformidad del agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno.
- 20 5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento comprende codos, uniones en T, colectores, acoplamientos, soldaduras y cubos.
6. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que dicha pluralidad de condiciones operativas comprende dicha área e inercia del elemento.
- 25 7. Un procedimiento para generar una función de transferencia para la predicción de tensiones locales en un elemento del sistema de tuberías submarinas, comprendiendo el procedimiento:
- (a) determinar un modelo tridimensional para dicho elemento del sistema de tuberías submarinas;
 - (b) ejecutar iterativamente dicho modelo tridimensional con una pluralidad de dimensiones y cargas geométricas de la tubería y generar una serie de funciones de transferencia componente que describan la tensión local asociada con dicho elemento del sistema de tuberías submarinas; y
- 30 (c) sumar dicha serie de funciones de transferencia componentes para generar dicha función de transferencia.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que dichas cargas de la tubería comprenden momentos y fuerzas.
9. El procedimiento de la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que dichas dimensiones geométricas comprenden dicho radio interior y radio exterior del elemento del sistema de tuberías submarinas.
- 35 10. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicha tensión local comprende la tensión circunferencial y la tensión radial.
11. Un sistema ejecutable por ordenador almacenado en una memoria y que se ejecuta en un procesador para verificar si los sistemas de tuberías submarinas son conformes con las evaluaciones del agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno, comprendiendo el sistema:
- (a) un componente de generación de funciones de transferencia para la creación de funciones de transferencia;
 - (b) un componente de motor de funciones de transferencia para la ejecución de dichas funciones de transferencia;
 - (c) un componente de almacenamiento de funciones de transferencia para archivar dichas funciones de transferencia;
- 45 (d) determinar un modelo unidimensional para un elemento de dicho sistema de tuberías submarinas;

(e) realizar un análisis unidimensional para dicho elemento utilizando dicho modelo unidimensional y una pluralidad de condiciones operativas para identificar al menos un punto asociado con el agrietamiento por tensión inducido por hidrógeno para dicho elemento;

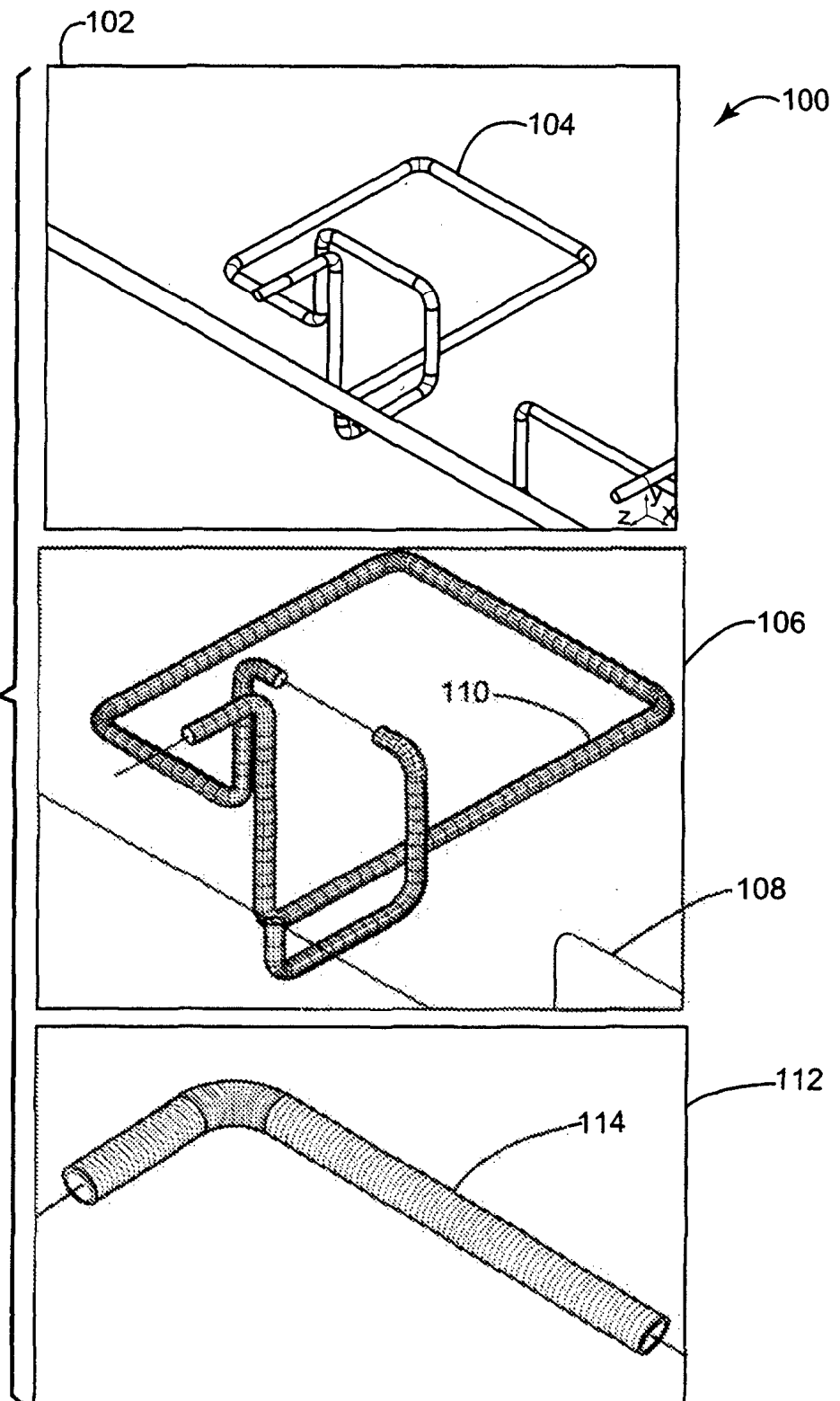
5 (f) aplicar al menos una función de transferencia a dicho al menos un punto para transformar dicho al menos un punto de una representación unidimensional a una evaluación de tensión local; y

(g) emitir dicha evaluación tensión local.

12. El sistema de la reivindicación 11, en el que dicho componente de motor de funciones de transferencia y dicho componente de almacenamiento de funciones de transferencia se encuentran en ordenadores diferentes.

10 13. El sistema de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que dicho componente de motor de funciones de transferencia transmite datos de entrada a una segundo componente de motor de funciones de transferencia, que se encuentra en un sistema informático separado, para la transformación de dichos datos de entrada en valores de tensión locales del elemento de tubería.

Figura 1
(Técnica
Anterior)



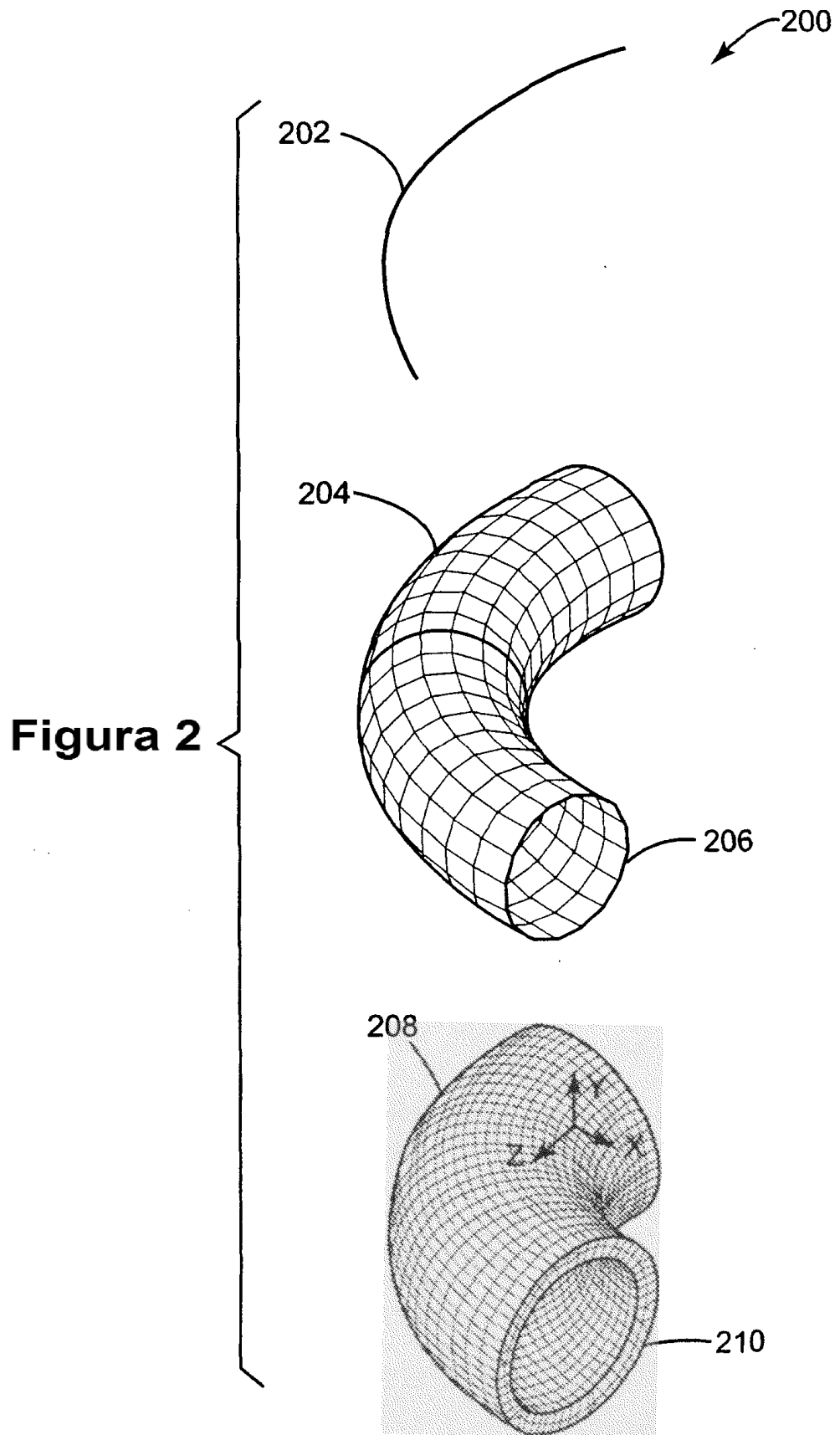


FIGURA 3

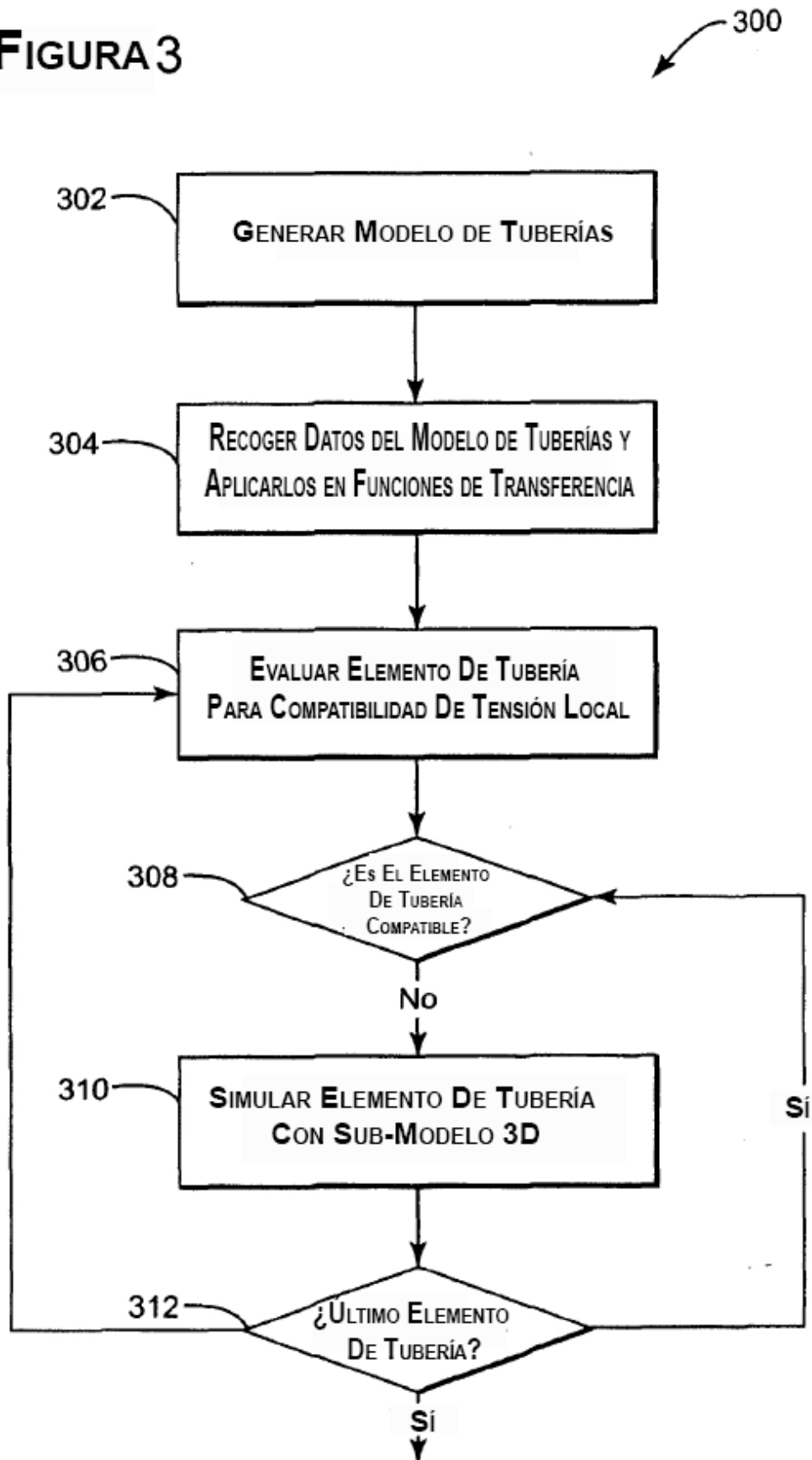


FIGURA 4

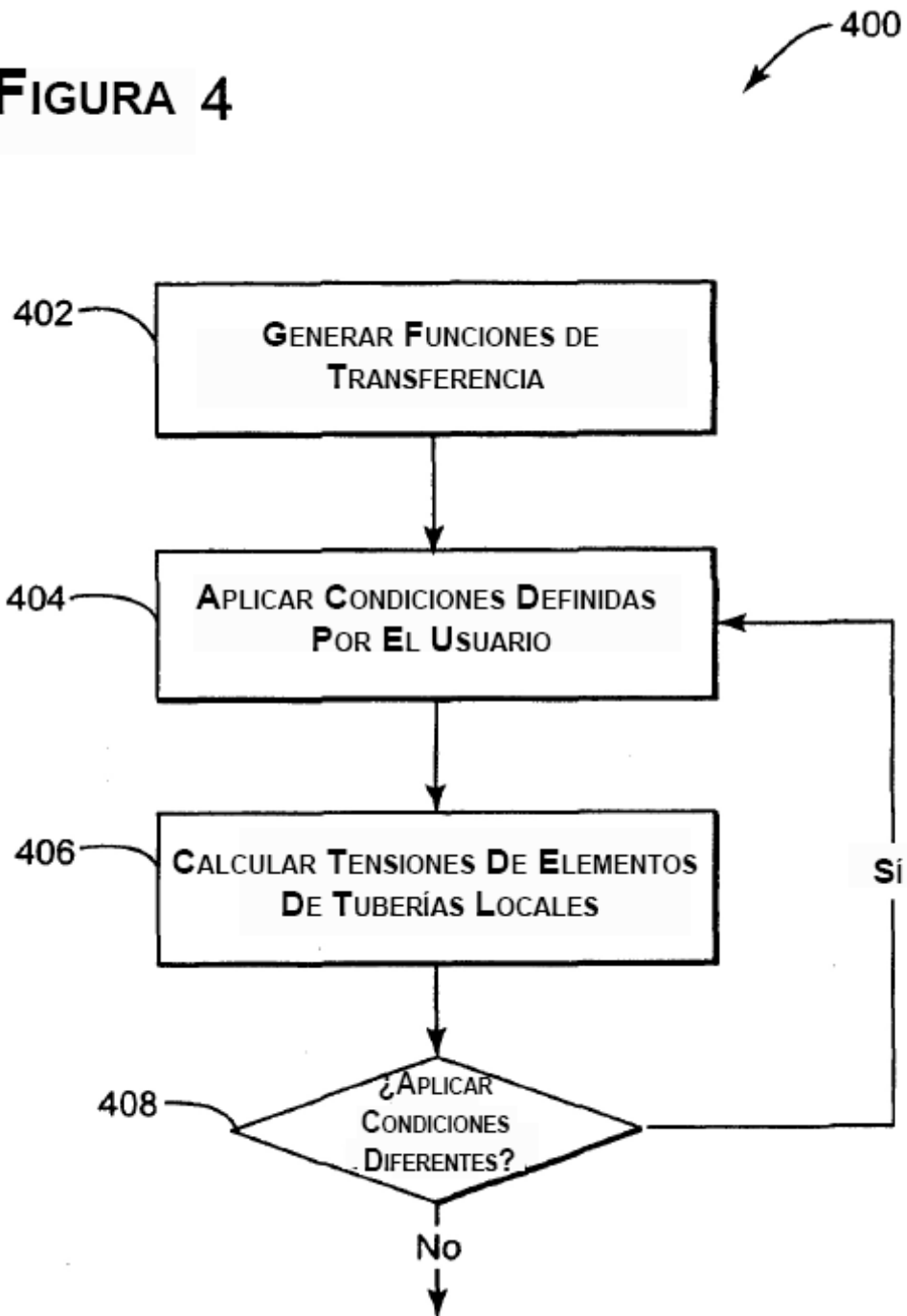


FIGURA 5

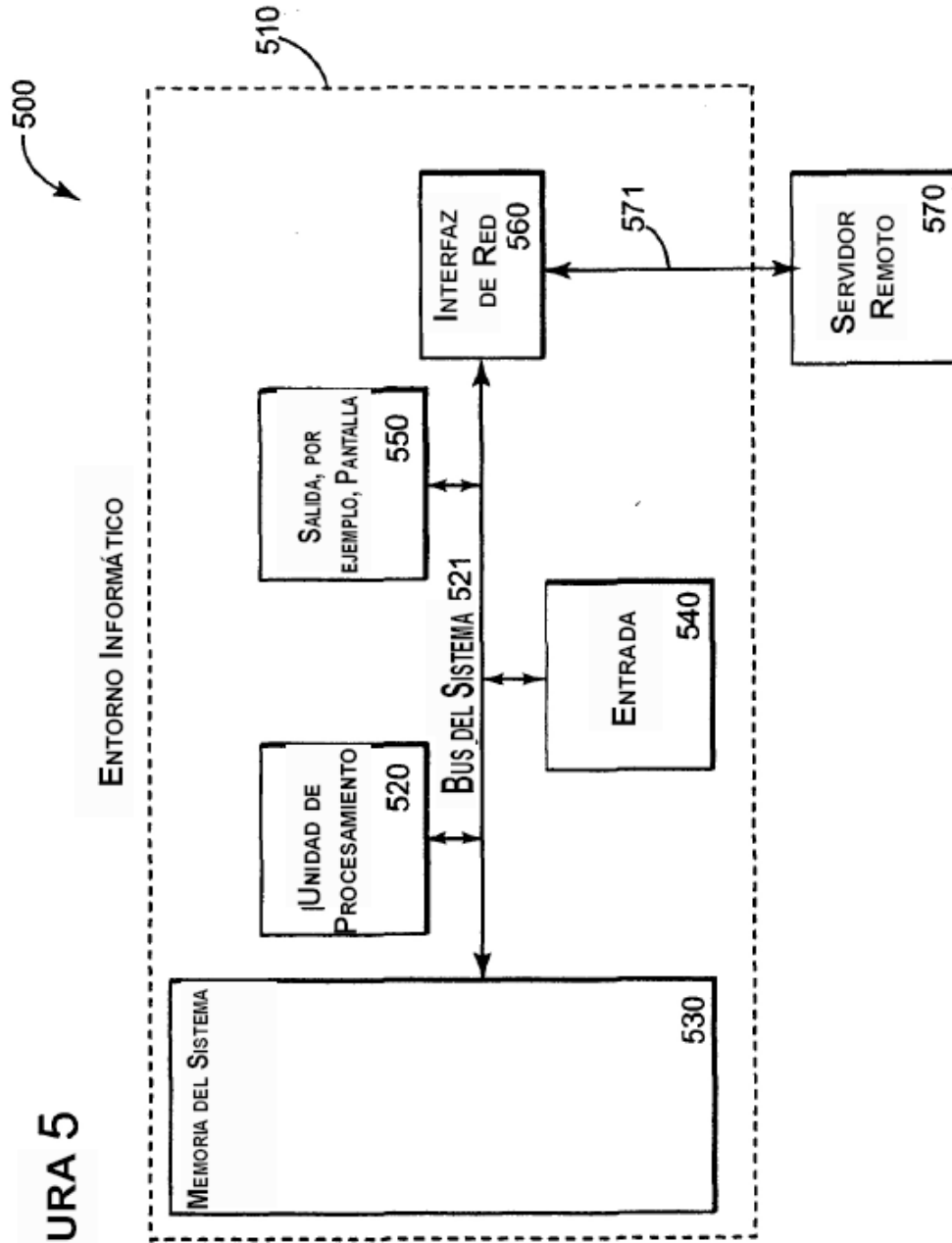
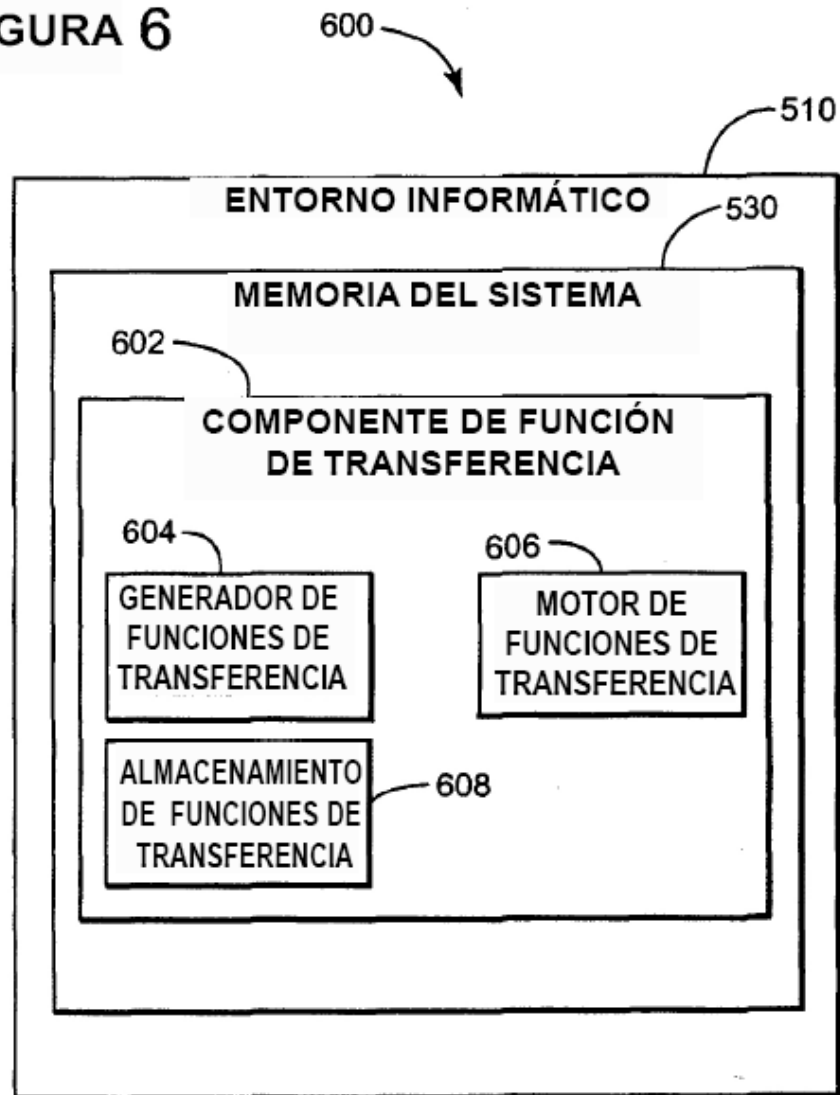


FIGURA 6



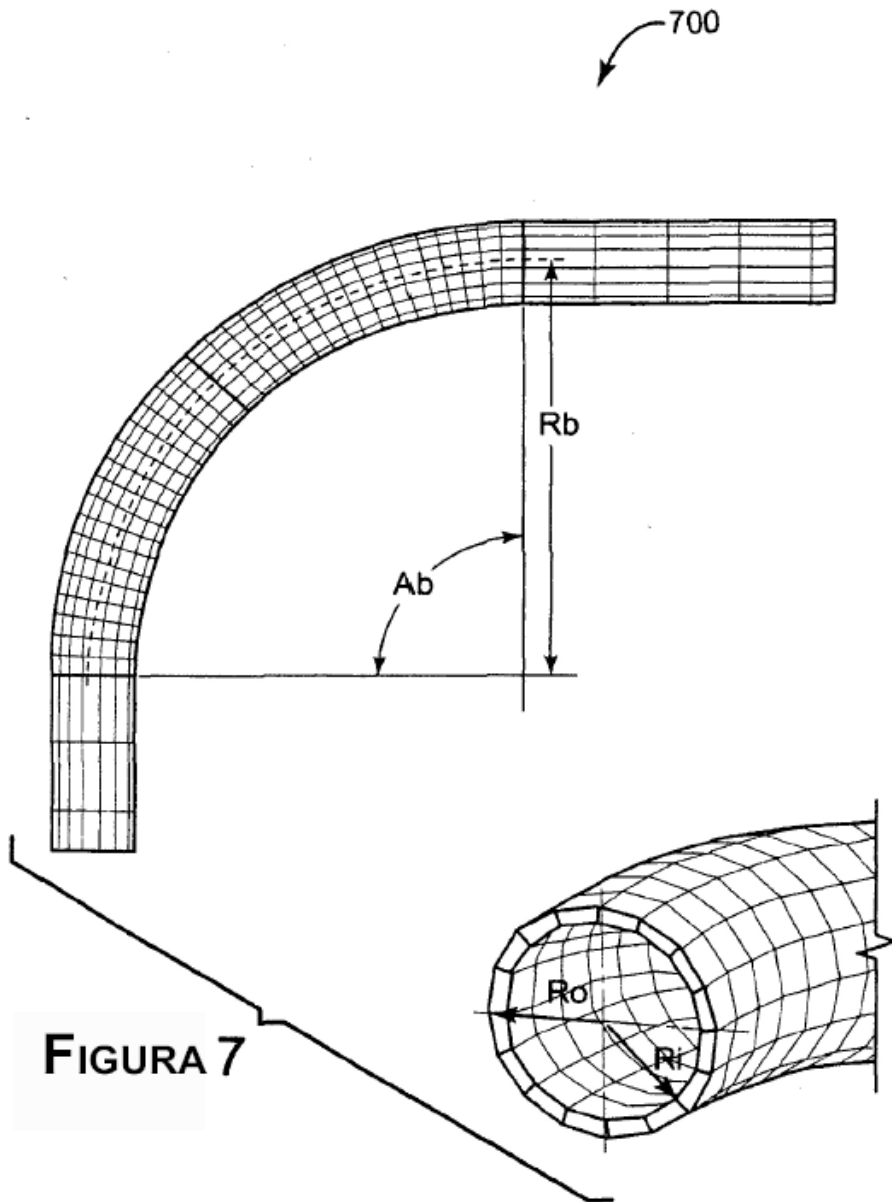


FIGURA 8

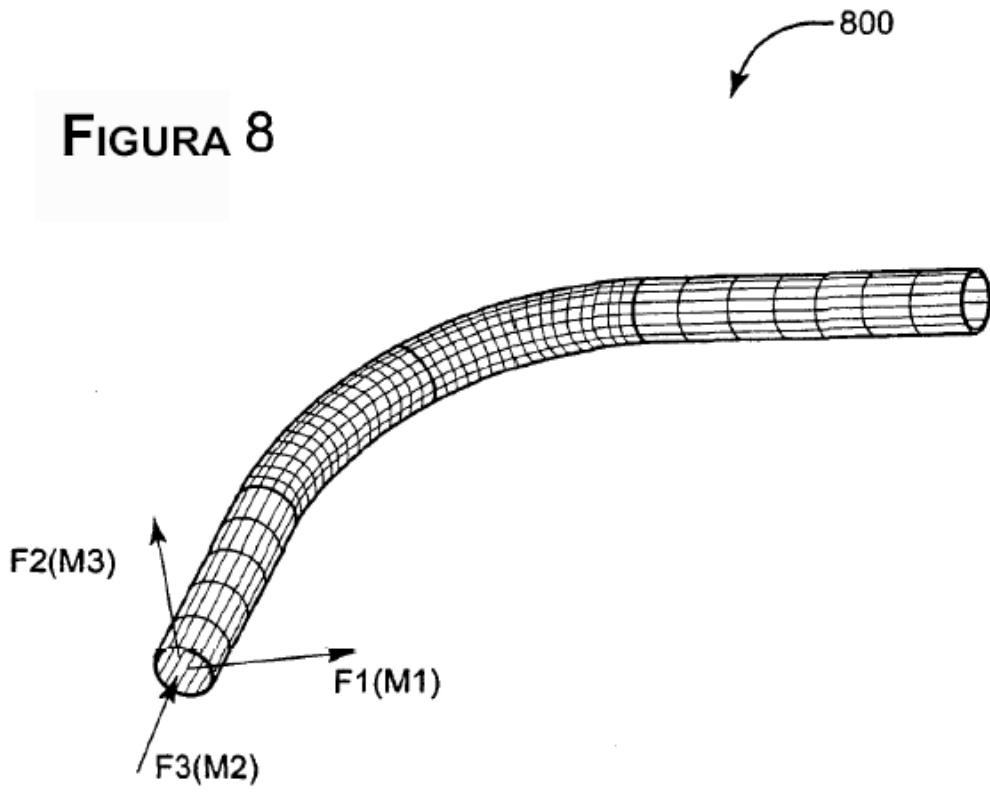


FIGURA 9

