

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 448**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)

F16L 1/23 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.05.2016** **PCT/GB2016/051266**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2016** **WO16178012**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2016** **E 16721217 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019** **EP 3292389**

54 Título: **Aparato y método de ensayo de tuberías**

30 Prioridad:

04.05.2015 GB 201507619

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

18.12.2019

73 Titular/es:

DOOSAN BABCOCK LIMITED (100.0%)
Doosan House, Crawley Business Quarter, Manor
Royal
Crawley, Sussex RH10 9AD, GB

72 Inventor/es:

MURRAY, GRAHAM

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 735 448 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

Aparato y método de ensayo de tuberías

5 La invención se refiere a un banco de ensayos y a una metodología de ensayo para la cualificación de las tuberías submarinas con requisitos para alta mar. La invención, en particular, se refiere a una plataforma de ensayo y a un método de ensayo para la simulación de las tensiones mecánicas experimentadas por una tubería tendida por medio de un proceso de enrollamiento.

10 Los conductos submarinos rígidos se tienden sobre el lecho marino, por ejemplo, formando parte de un sistema para la recuperación y posterior transporte de hidrocarburos. Dichas conducciones deben ofrecer un rendimiento fiable en condiciones extremadamente duras y mecánicamente exigentes, transportando hidrocarburos durante 25 años o más hasta 1000 Barg, a temperaturas de hasta 200°C y en un ambiente exterior corrosivo y a presión. Además, incluso antes de experimentar estas duras condiciones de servicio, la instalación de una conducción sobre el fondo marino es un proceso muy exigente desde el punto de vista mecánico. El ensayo efectivo de las conducciones submarinas para garantizar que puedan resistir estas condiciones de instalación mecánicamente exigentes y proporcionar un rendimiento efectivo en el servicio es crítica.

15 Un método común para tender una conducción submarina es el sistema de tendido del carrete (reel-lay). Un tramo de la conducción es enrollamiento sobre un tambor de gran diámetro montado a bordo de un barco especialmente diseñado, que transporta la tubería enrollada al lugar donde va a ser tendida y donde es desenrollada, enderezada y hundida hasta el fondo submarino.

20 Las instalaciones de la conducciones submarinas rígidas comunes comprenden tuberías alargadas, por ejemplo, de un diámetro de 200 a 1270 milímetros, y típicamente fabricadas con acero estructural o material estructural similar que tiene dispuestos revestimientos exteriores e interiores para hacer frente al duro entorno operativo. Las secciones individuales relativamente cortas, por ejemplo de 12 metros de largo, son soldadas entre sí en tierra, por ejemplo, mediante soldadura por inducción de alta frecuencia y se aplica un revestimiento protector adicional a la junta del campo exterior sobre cada junta soldada. Este método crea mayores longitudes de las conducciones prefabricadas.

25 El ensayo de las secciones de la tubería submarina para saber si cumplen con los requisitos para altamar y, en particular, que pueden producir el rendimiento requerido durante el servicio, incluso después del difícil régimen mecánico impuesto por el proceso del tendido del carrete o bobina, requiere un ensayo por simulación de una serie de etapas críticas de los materiales de este proceso.

30 En particular, es necesario probar el efecto de la deformación de la tubería, ya que la tubería es enrollada sobre el carrete y es enderezada al desplegar el carrete en el lugar en que se ha de tender la tubería. Además, es necesario probar otras etapas que pueden ser mecánicamente dañinas durante el proceso de tendido, por ejemplo, simulando la fricción entre el revestimiento exterior y las sujeciones de los rodillos de una torre de tensión que sirve para bajar un tramo de la tubería desde el barco de tendido hasta la superficie, y para simular la flexión de la inclinación y otros efectos conforme la tubería entra en contacto con el fondo. De manera similar, es necesario simular las condiciones mecánicamente críticas in situ, incluyendo, por ejemplo, ensayos de operación en condiciones de recuperación de hidrocarburos, ensayos de flexión lateral y de turbulencia, por ejemplo, cuando la tubería se calienta y se expande, y se vuelve vulnerable a la fatiga por flexión.

35 Sin embargo, la simulación efectiva del proceso de enrollamiento, y en particular de las tensiones y deformaciones inducidas en la tubería cuando es enrollada sobre el carrete y se deforma para adaptarse al diámetro del carrete, y las tensiones y deformaciones subsiguientes conforme es tendida desde el carrete y es enderezada, es particularmente crítica, no menos importante, ya que cualquier daño en esta etapa puede comprometer de manera crítica el rendimiento mecánico durante las etapas posteriores del proceso de tendido o durante el uso. Aunque los carretes tienen un diámetro relativamente grande, por ejemplo, de 20 metros, la tubería necesariamente sigue deformándose para adaptarse al diámetro del carrete, y este hecho causa una tensión que tiende a producir una deformación longitudinal y una ovalización de la tubería. Se producen tensiones adicionales cuando la tubería es enderezada mediante un sistema de enderezamiento antes del tendido. Las consideraciones clave para determinar el régimen de tensión/deformación experimentado por una sección de la tubería en la práctica incluyen el diámetro del carrete, el radio del arco del conformador de enderezamiento y la tensión de recuperación de la tubería. La simulación efectiva y precisa de todas estas consideraciones es un requisito clave para que un ensayo sea representativa de las condiciones prácticas del enrollamiento.

40 Un sistema de ensayo conocido es un sistema en voladizo en el que una sección de la tubería es mantenida fijada por un extremo y se aplica una fuerza de flexión por el otro, por ejemplo, tirando del otro extremo con un cabrestante o similar para impulsar la tubería hacia un conformador adecuado que simula el conformador de enrollamiento o de enderezamiento de un sistema en el campo. Aunque dicho ensayo está incluido en el estándar de la industria, un sistema de flexión en voladizo no proporciona una muy buena simulación de las tensiones y deformaciones que se producen cuando la flexión de la tubería ocurre en contacto con el carrete o el conformador de enderezamiento en una situación real. No existe una simulación efectiva de la tensión de recuperación que ocurre en un sistema real.

Se ha propuesto un refinamiento basado en líneas generales en los principios de flexión de cuatro puntos, en los que

la sección está fijada por ambos extremos y se hace que se mueva lateralmente respecto a y hacia un conformador de enrollamiento para introducir un pliegue que simula que una tubería es enrollada y a continuación se hace que se mueva lateralmente respecto a y hacia un conformador de enderezamiento para simular el proceso de enderezamiento.

5 Como una simulación de la situación real en el campo, este enfoque ofrece varias ventajas.

Primero, existe una mejor simulación inherente del régimen de flexión por contacto que ocurre en la práctica cuando una tubería es enrollada sobre un carrete o es retirada y enderezada contra un conformador de enderezamiento que en el caso del método del voladizo.

10 Segundo, el uso de conectores de extremo en cada extremo permite que el sistema se adapte para la aplicación de una carga axial sobre la tubería y así generar una tensión de recuperación controlada por medio de un bucle cerrado adecuado, simulando de nuevo de mejor manera la tensión de recuperación que se produce en la práctica.

Tercero, y de manera similar, las velocidades de bobinado controladas en bucle cerrado pueden ser simuladas de manera más efectiva.

15 Sin embargo, debido a que los extremos son esencialmente estáticos, existe un brazo de torsión reductor poco realista durante la flexión que puede dar lugar a una ovalización excesiva y desigual que no se produciría en un sistema real.

La patente europea EP 0507572 describe un sistema similar de enrollamiento de la tuberías.

20 Por tanto, ninguno de los equipos de ensayo de enrollamiento y desenrollamiento de la técnica anterior proporciona una simulación totalmente efectiva de los esfuerzos y tensiones mecánicos impuestos a una sección de la tubería durante un proceso real de tendido del carrete en el campo. Como resultado, una sección de la tubería bajo ensayo que ha sido sometida a uno de los sistemas de la técnica anterior no ha sido sometida a un régimen de deformación mecánica que se corresponda exactamente con el régimen de campo. Este hecho limita la capacidad de realizar una simulación más general a lo largo de la vida mediante ensayos posteriores en la misma sección de la tubería para simular aspectos subsiguientes del régimen de instalación o durante el servicio para imitar más las esfuerzos y tensiones mecánicas impuestos a una sección de la tubería, el proceso de tendido completo y los efectos consiguientes de esto sobre el rendimiento durante el servicio.

25 La invención pretende conseguir algunas de las ventajas de los sistemas inmediatamente precedentes con un equipo de ensayo que mitiga algunas de sus desventajas, en particular en relación con el brazo de torsión reductor y la característica de ovalización aumentada del método de la técnica anterior. Por tanto, la invención pretende en particular en el caso preferido proporcionar una sección de ensayo de la tubería después de la simulación de enrollamiento y desenrollamiento que ha experimentado un régimen de deformación más realista que se corresponde con mayor precisión al régimen en el campo, y es, por ejemplo, una muestra de partida más útil para la simulación posterior de otros aspectos de las condiciones de tendido o durante el servicio.

Por tanto, en un primer aspecto según la invención, se proporciona un aparato de ensayo de la tubería que comprende:

35 dos soportes de extremo de la tubería, respectivamente, para sostener un primer y un segundo extremos de una sección de la tubería sometida a ensayo;

un conformador de enrollamiento;

un conformador de enderezamiento;

40 un dispositivo de traslación para realizar el movimiento de traslación relativo de la sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enrollamiento y de la tubería y del conformador de enderezamiento para causar que la sección de la tubería sometida a ensayo es llevada selectivamente a y fuera de contacto y para aplicar una fuerza de contacto contra uno u otro del conformador de enrollamiento y del conformador de enderezamiento; en donde cada soporte de extremo de la tubería comprende un conector de extremo de la tubería y un brazo extendido más allá del conector de extremo de la tubería en la dirección longitudinal de la tubería; y en donde se proporciona un actuador lateral en asociación con cada brazo extendido para aplicar una carga transversal al brazo en un punto distal del conector del extremo de la tubería.

45 Los principios de uso de un movimiento de traslación respecto a un conformador de enrollamiento para poner en contacto una sección de la tubería con y para aplicar una fuerza de deformación progresiva contra un conformador de enrollamiento para simular el ciclo de enrollamiento, y posteriormente al movimiento de traslación, trasladar la sección de la tubería hacia fuera del conformador de enrollamiento y a continuación trasladar la sección de la tubería para que entre en contacto con un conformador de enderezamiento y para aplicar una fuerza de deformación progresiva para simular el ciclo de enderezamiento, son conservados por el aparato según la invención.

Los extremos son fijados de una manera para proporcionar una carga axial controlada y, por tanto, un control de bucle cerrado de la tensión de recuperación.

Sin embargo, la simulación de los ciclos de enrollamiento y enderezamiento en situaciones reales mejora aún más porque un actuador lateral asociado al brazo extendido hacia afuera de cada soporte de extremo es operable dinámicamente para aplicar una carga transversal variable al brazo extendido. Esto introduce un momento de flexión variable y configurable por el usuario en el sistema que puede ser ajustable dinámicamente para contrarrestar el efecto de brazo de torsión reductor inherente cuando la tubería se deforma contra el conformador en el aparato sostenido estáticamente de la técnica anterior.

Es posible mantener, mediante la aplicación dinámica adecuada de una carga transversal usando cada actuador lateral, un brazo de torsión casi constante durante todo el ciclo de enrollamiento o enderezamiento. Es posible mantener una condición que simule mejor el enrollamiento o el enderezamiento en el campo, y por tanto produce una mejor simulación de la ovalización experimentada por las secciones de la tubería en el campo. Es posible producir una ovalización más uniforme a lo largo de la longitud de la tubería

Se hace posible ensayar una sección de tubería con dos revestimientos de juntas de campo o cuatro soldaduras en un solo ensayo con una ovalización controlada y casi uniforme a lo largo de la longitud.

Esto se puede hacer porque los actuadores laterales de la invención, sometidos a un control dinámico adecuado, permiten obtener un brazo de torsión variable controlado y programable conseguido durante el ciclo de enrollamiento o de enderezamiento.

Para simular el enrollamiento, el dispositivo de traslación efectúa un movimiento relativo entre una sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enrollamiento para mover la sección de la tubería sometida a ensayo en contacto con el conformador y además impulsa la sección de la tubería contra el conformador de enrollamiento para aplicar una fuerza progresiva para que cause que la sección de la tubería sometida a ensayo se deforme contra el conformador de enrollamiento de una manera que simula el ciclo de deformación cuando una sección de la tubería es enrollada sobre un carrete en una situación práctica antes de su despliegue desde un barco de tendido. Como se indicó anteriormente, la simulación es mejorada mediante el uso del actuador lateral para contrarrestar la reducción del brazo de torsión que de otra manera ocurriría de manera impracticable en un equipo de ensayos de técnica anterior.

Para realizar esta simulación, cada actuador lateral está adaptado durante el uso para aplicar una carga transversal variable a su brazo respectivo en un punto distal del conector del extremo de la tubería, ya que la sección de la tubería sometida a ensayo se deforma contra el conformador de enrollamiento, la carga transversal variable es seleccionada de manera que tiende a contrarrestar la reducción del brazo de torsión que, de lo contrario, ocurre cuando la tubería se deforma contra el conformador de enrollamiento.

Posteriormente, para simular un enderezamiento como el que se produce contra un conformador de enderezamiento a medida que una tubería es tendida desde un barco en el mar, el dispositivo de traslación efectúa un movimiento relativo entre una sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enderezamiento para llevar la sección de la tubería sometida a ensayo a contacto con el conformador de enderezamiento e impulsa aún más la sección de la tubería contra el conformador para aplicar una fuerza progresiva que tiende a deformar la sección de la tubería nuevamente a una configuración enderezada. De nuevo, la simulación mejora mediante el uso de los actuadores laterales para contrarrestar el acortamiento del brazo de torsión que ocurre en un aparato de técnica anterior mantenido más estáticamente. Para hacer esto, cada actuador lateral está adaptado durante el uso para aplicar una carga transversal variable a su brazo respectivo en un punto distal del conector del extremo de la tubería según la tubería se deforma contra el conformador de enderezamiento, la carga transversal variable es seleccionada para que tienda a contrarrestar la reducción del brazo de torsión, que de lo contrario ocurre cuando la tubería se deforma contra el conformador de enderezamiento.

Es decir, el funcionamiento difiere meramente de la técnica anterior en que, en lugar de limitarse a sostener los extremos durante las simulaciones de deformación de enrollamiento y de enderezamiento por los soportes de los extremos de las tuberías que aplican una tensión de recuperación, un par de actuadores laterales actúan sobre un punto distal de cada extremo de la sección de la tubería sometida a ensayo mediante acoplamiento con un punto en el brazo extendido distal del punto donde el extremo está conectado para aplicar una carga transversal controlada que equilibra la carga aplicada por el conformador, para tender a producir un brazo de torsión dinámicamente variable que simule mejor el enrollamiento o el enderezamiento en el campo y produzca una mejor simulación de los efectos de ovalización que experimenta una tubería durante el enrollamiento o el enderezamiento en el campo.

De preferencia, cada soporte de extremo de la tubería está dispuesto para que pivote alrededor de un eje de giro perpendicular a un plano en el que el dispositivo de traslación actúa para realizar un movimiento de traslación relativo de la sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enrollamiento o de la sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enderezamiento. De preferencia, cada soporte de extremo de la tubería pivota alrededor de un eje situado más cerca del conector de extremo de la tubería que el punto en el que el actuador lateral aplica una carga transversal al brazo extendido. Por ejemplo, cada soporte de extremo de la tubería pivota alrededor de un eje situado en o cerca del conector de extremo de la tubería. De esta manera, el brazo extendido puede pivotar, ya que siempre se extiende en una dirección que es en general una continuación de la dirección axial del extremo de la sección de la tubería sometida a ensayo, lo que permite un mejor control de la carga transversal y una mejor direccionalidad de cualquier tensión de recuperación aplicada.

- Como resultará familiar en los equipos de ensayo de enrollamiento comparables de la técnica anterior sin el refinamiento de la invención, cada uno de los conformadores de enrollamiento y de enderezamiento se extiende a lo largo de una parte de una longitud de un lugar de ensayo de la tubería definida por el par de soportes finales entre los que una sección de la tubería sometida a ensayo es mantenida durante el uso. Es decir, durante el uso con una
- 5 sección de la tubería sometida a ensayo in situ, cada uno del conformador de enrollamiento y del conformador de enderezamiento se extienden a lo largo de la sección de la tubería sometida a ensayo durante el uso a lo largo de una parte de su longitud y la sección de la tubería sometida a ensayo se extiende más allá del conformador por cualquiera de los extremos a ser fijado por cada soporte de extremo respectivo.
- Cada conformador presenta una superficie de contacto con forma contra la que es deformada la sección de la tubería sometida a ensayo. Las formas adecuadas de superficie de contacto resultarán familiares. Por ejemplo, una superficie de contacto definida por un conformador de enrollamiento puede comprender una superficie de contacto de arco circular para simular la superficie de contacto de un tambor sobre el que es enrollada una tubería en el campo. Un conformador de enderezamiento puede tener una superficie de contacto de arco elíptico para simular el proceso de enderezamiento experimentado en el campo.
- 10 Durante el uso, una sección de ensayo de la tubería es llevada a y fuera de contacto con el conformador de enrollamiento y luego es llevada a y fuera de contacto con el conformador de enderezamiento, siendo aplicada una fuerza progresiva adecuada en cada caso.
- En una realización conveniente, el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento pueden estar dispuestos a ambos lados de un lugar de ensayo de la tubería, tal como ha sido definido por un par de soportes extremos entre los que se mantiene durante el uso una sección de la tubería sometida a ensayo. El dispositivo de traslación está configurado para ser llevado alternativamente a contacto y fuera de contacto con uno u otro del conformador de enrollamiento o del conformador de enderezamiento de tal manera que se aplica una fuerza de deformación progresiva, cuando el conformador respectivo y la sección de la tubería sometida a ensayo son forzados progresivamente a entrar en contacto.
- 20 En una realización posible, un conformador de enrollamiento y un conformador de enderezamiento pueden ser mantenidos en una relación rígida fija entre sí, por ejemplo, en un primer bastidor. Los soportes de extremo pueden ser fijados de tal manera que sean trasladables respecto al conformador de enrollamiento y al conformador de enderezamiento, por ejemplo, ser trasladables lateralmente respecto a dicho primer bastidor, por ejemplo, de manera alternativa, y por ejemplo, llevados a una relación espacial fija en un segundo bastidor trasladable lateralmente, por
- 25 ejemplo, de manera alternativa con respecto al primer bastidor.
- De preferencia, cada soporte de extremo de la tubería está conectado de manera pivotante al segundo bastidor para que pueda pivotar alrededor de un eje de pivotamiento perpendicular al plano de traslación entre el segundo y el primer bastidor. De preferencia, cada soporte de extremo de la tubería está dispuesto para pivotar alrededor de un eje situado en o cerca del conector de extremo de la tubería.
- 30 De preferencia, cada actuador lateral está dispuesto en el primer bastidor y está dispuesto para soportar y aplicar una fuerza transversal a un brazo extendido respectivo de un soporte de extremo respectivo de la tubería. Por ejemplo, cada actuador lateral puede comprender un mecanismo de extensión y retracción, y, por ejemplo, un mecanismo telescópico, que se extiende desde una posición montada en el primer bastidor para soportar y aplicar una fuerza transversal a un brazo extendido respectivo de una tubería y de un soporte de respectivos.
- 35 De preferencia, el aparato de ensayo de tuberías está dispuesto para realizar una traslación horizontal en la que la tubería se encuentra entre el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento en una disposición generalmente horizontal. Por ejemplo, el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están dispuestos en un primer bastidor horizontal, los soportes primero y segundo están dispuestos en un segundo bastidor horizontal, y los dos bastidores son relativamente trasladables horizontalmente. En una realización de este tipo, los
- 40 soportes primero y segundo están de preferencia conectados de manera pivotante al segundo bastidor horizontal para que pueda pivotar alrededor de un eje de pivotamiento vertical.
- Una disposición horizontal tal como ésta confiere ventajas de seguridad particulares. La sección de la tubería sometida a ensayo está situada completamente dentro del equipo de ensayos y, en caso de fallo, está mucho más contenida, que en el caso, por ejemplo, de los sistemas en voladizo conocidos.
- 50 Pueden estar dispuestos medios de accionamiento adecuados para realizar un movimiento lateral relativo y, por ejemplo, alternativo entre los soportes del extremo de la tubería (y, en consecuencia, en la sección de la tubería sometida a ensayo durante el uso) y el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento. En el caso preferido, en donde el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están dispuestos en un primer bastidor y los soportes de extremo de la tubería (y, en consecuencia, la sección de la tubería sometida a ensayo
- 55 durante el uso) están dispuestos en un segundo bastidor, un medio de accionamiento y, por ejemplo, unos medios de accionamiento alternativos están dispuestos para realizar el movimiento de uno, de otro o de ambos de dichos bastidores y, por tanto, realizar el movimiento lateral relativo de los bastidores durante el uso.
- El actuador lateral comprende medios para aplicar una fuerza transversal a un punto distal del extremo de la tubería

en una extensión del brazo del soporte del extremo de la tubería, por ejemplo, para que tienda a mover el actuador transversalmente a la dirección axial de la tubería.

De preferencia, el actuador lateral comprende un mecanismo de extensión y de retracción, y por ejemplo un mecanismo telescópico.

- 5 De preferencia, el actuador lateral comprende un martinete que se extiende y retrae, y por ejemplo, un martinete telescópico.

En una realización conveniente, un actuador lateral comprende un martinete hidráulico o neumático.

- 10 Sujeto a un control dinámico adecuado de la carga transversal variable aplicada por los actuadores laterales para contrarrestar el efecto del brazo de torsión acortado que de lo contrario se produciría, es posible simular mejor las condiciones en el campo, y en particular si se desea conseguir un brazo de torsión casi constante a lo largo de la simulación de enrollamiento o enderezamiento. De preferencia, hay dispuestos medios de control para realizar un control dinámico durante el uso de la carga transversal variable aplicada impuesta a un brazo respectivo que se extiende hacia fuera de cada soporte de extremo para conseguir una condición deseada del brazo de torsión a lo largo del ciclo de simulación de enrollamiento o de enderezamiento.

- 15 Cada soporte de extremo de la tubería incluye un conector de extremo configurado para acoplar y retener un extremo de una sección de la tubería sometida a ensayo durante el proceso de ensayo. En consecuencia, cada conector de extremo de la tubería comprende medios para acoplar de manera liberable un extremo de la tubería, y, por ejemplo, una disposición de perno y zócalo.

- 20 Cada soporte de extremo de preferencia incluye además un generador de fuerza axial para aplicar una carga axial selectiva a una sección de la tubería sometida a ensayo para simular mejor la tensión de recuperación experimentada por la tubería en una situación real. Por ejemplo, cada soporte de extremo incluye un generador de fuerza axial alternativa, que es, por ejemplo, un generador de fuerza hidráulica alternativa, que actúa sobre el brazo extendido en una dirección axial de la tubería para aplicar una tensión de recuperación durante el uso.

- 25 En un segundo aspecto según la invención, un método para probar una sección de tubería, por ejemplo para la cualificación de la tuberías submarinas con requisitos para alta mar, comprende los pasos de:

fijar una sección de la tubería a ser probada entre dos soportes de extremo de la tubería, fijando respectivamente un primer y un segundo extremo de la sección de la tubería a ensayo, y cada uno de ellos provisto de un brazo extendido más allá del conector de extremo de la tubería en la dirección longitudinal de la tubería;

disponer un conformador de enrollamiento a lo largo de la sección de la tubería sometida a ensayo;

- 30 disponer un conformador de enderezamiento a lo largo de la sección de la tubería sometida a ensayo, por ejemplo en un lado opuesto al conformador de enrollamiento;

aplicar una carga axial a la sección de la tubería sometida a ensayo para simular la tensión de recuperación;

- 35 realizar un movimiento de traslación relativo de la tubería y del conformador de enrollamiento o de la tubería y del conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada selectivamente a y fuera de contacto con y para aplicar una fuerza de contacto contra uno u otro del conformador de enrollamiento y del conformador de enderezamiento para deformar la tubería según el conformador;

simultáneamente, una carga transversal es aplicada a cada brazo en un punto distal del conector del extremo de la tubería para que tienda a contrarrestar la reducción del brazo de torsión efectivo que tiende a ocurrir a lo largo de la tubería según se deforma para adaptarse al conformador.

- 40 De una manera familiar, el método comprende de preferencia primero simular el enrollamiento y luego simular el enderezamiento, y comprende los pasos de:

en primer lugar, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y del conformador de enrollamiento para causar que la tubería sea llevada a contacto con el conformador de enrollamiento para deformar la tubería para que se adapte al conformador de enrollamiento ;

- 45 en segundo lugar, realizar un movimiento de traslación relativo de la tubería y del conformador de enrollamiento para causar que la tubería sea llevada fuera de contacto con la bobina;

en tercer lugar, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y del conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada a contacto con el conformador de enderezamiento para deformar la tubería para que se adapte al conformador de enderezamiento;

- 50 en cuarto lugar, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada fuera de contacto con el conformador de enderezamiento.

Los principios del método hacen uso de un movimiento de traslación relativo a un conformador de enrollamiento para llevar una sección de la tubería a contacto con y aplicar una fuerza de deformación progresiva contra un conformador de enrollamiento para simular el enrollamiento, y posteriormente para trasladar la sección de la tubería fuera del conformador de enrollamiento y a continuación para trasladar la sección de la tubería a contacto con un conformador de enderezamiento y aplicar una fuerza de deformación progresiva que simule el enderezamiento. Los extremos son fijados de una manera para aplicar una tensión de recuperación y en particular para proporcionar un control de bucle cerrado de tensión de recuperación.

El método se caracteriza por que la simulación de los ciclos de enrollamiento y enderezamiento en situaciones reales mejora aún más al aplicar dinámicamente una carga transversal variable al brazo extendido de cada soporte de extremo de la tubería. Esto introduce un momento de flexión variable y configurable por el usuario en el sistema que puede ser ajustado dinámicamente para contrarrestar el efecto de brazo reductor de momento inherente al sistema fijado estáticamente de la técnica anterior.

De preferencia, la carga transversal es dinámicamente ajustada durante el ciclo de deformación, ya que la sección de la tubería que se está probando se deforma para adaptarse al conformador de enrollamiento o al conformador de enderezamiento, según sea el caso, para mantener una simulación de la variación del brazo de torsión a lo largo del ciclo de enrollamiento o de enderezamiento que mejor simula el enrollamiento o el enderezamiento en el campo. De preferencia, la carga transversal es ajustada dinámicamente durante el ciclo de deformación, ya que la sección de la tubería sometida a ensayo se deforma según el conformador de enrollamiento o el conformador de enderezamiento, según sea el caso, para mantener un brazo de torsión casi constante durante todo el ciclo de enrollamiento o enderezamiento.

Esto se consigue porque los actuadores laterales de la invención, bajo un control dinámico adecuado, permiten conseguir un brazo de torsión variable controlado y programable durante el ciclo de enrollamiento o de enderezamiento.

El método es en particular un método aplicado a la operación del aparato del primer aspecto de la invención y una persona experta en la materia deducirá otra característica preferida del método por analogía con la exposición anterior de la operación del aparato del primer aspecto de la invención.

Por ejemplo, el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento pueden estar dispuestos a ambos lados de una sección de la tubería sometida a ensayo. La sección de la tubería sometida a ensayo puede ser movida a continuación alternativamente a y fuera de contacto con uno u otro del conformador de enrollamiento o del conformador de enderezamiento de manera para aplicar una fuerza de deformación progresiva a medida que el conformador respectivo y la sección de la tubería sometida a ensayo son progresivamente forzados a contacto.

En una realización posible, un conformador de enrollamiento y un conformador de enderezamiento pueden estar dispuestos en una relación rígida fija entre sí, por ejemplo, en un primer bastidor. Los soportes finales pueden estar dispuestos de una manera trasladable al conformador de enrollamiento y al conformador de enderezamiento, por ejemplo, siendo lateralmente trasladables respecto a dicho primer bastidor y, por ejemplo, pueden estar dispuestos en una relación fija en un segundo bastidor trasladable respecto al primer bastidor.

De preferencia, el método efectúa una traslación horizontal en el sentido de que la sección de la tubería sometida a ensayo es mantenida entre el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento en una disposición generalmente horizontal.

De preferencia, cada soporte de extremo de la tubería es hecho pivotar alrededor de un eje de pivotamiento perpendicular al plano del movimiento de traslación de la tubería y del conformador de enrollamiento o de la tubería y del conformador de enderezamiento. Más preferiblemente, cada soporte de extremo de la tubería es hecho pivotar alrededor de un eje situado en o cerca del conector de extremo de la tubería. De manera deseable, cada soporte de extremo de la tubería es hecho pivotar de tal manera que el brazo extendido en todo momento se extiende en una dirección que es en general una continuación de la dirección axial del extremo de la sección de la tubería sometida a ensayo.

De preferencia, la fuerza transversal aplicada a un punto distal del extremo de la tubería sobre una extensión del brazo del soporte del extremo de la tubería es aplicada para tender a moverla transversalmente a la dirección axial de la tubería.

De preferencia la fuerza transversal es aplicada por un actuador lateral.

De preferencia, el actuador lateral comprende un mecanismo de extensión y retracción, y por ejemplo un mecanismo telescópico.

De preferencia, el actuador lateral comprende un martinete que se extiende y retrae, y, por ejemplo, un martinete telescópico.

En una realización conveniente, un actuador lateral comprende un martinete hidráulico o neumático.

De preferencia, se mantiene un control dinámico de la carga transversal variable aplicada impuesta sobre un brazo extendido hacia fuera respectivo de cada soporte de extremo para conseguir una condición deseada del brazo de torsión a lo largo del ciclo de simulación de enrollamiento o de enderezamiento.

- 5 Por conveniencia en esta memoria, y en particular con referencia a ciertas realizaciones preferidas en las que la tubería, el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento son mantenidos horizontalmente y son movidos transversalmente por un dispositivo de traslación adecuado en una dirección horizontal, se puede hacer referencia ocasionalmente a dicha traslación horizontal a modo de ejemplo. Resultará fácilmente evidente que esto es solo una orientación ejemplar. De manera similar, cuando se hace referencia a una dirección axial de la tubería, se ha de entender que se refiere a la dirección real de una tubería in situ durante el uso, como un medio para orientar los componentes del aparato incluso cuando la tubería no está presente. De manera similar, se ha de entender que las referencias a una dirección transversal se refieren a una dirección transversal a la dirección axial con la tubería en el sitio durante el uso.

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo únicamente haciendo referencia a las Figuras 1 a 5 de los dibujos adjuntos, en los que:

- 15 La Figura 1 es una representación esquemática de un método y de un aparato de ensayos de enrollamiento estándar de la técnica anterior;

La Figura 2 es una representación esquemática de un método y de un aparato de ensayos de enrollamiento alternativos de la técnica anterior;

- 20 La Figura 3 es una representación gráfica de la ovalidad residual en función de la posición de la sección transversal de una tubería probada según el aparato y el método de la Figura 2;

La Figura 4 es una vista en perspectiva de un aparato de ensayos de enrollamiento modificado según una realización de la invención;

La Figura 5 compara la ovalidad residual de la sección transversal de la tubería cuando es probada en equipos tal como se ilustra respectivamente en las Figuras 2 y 4.

- 25 La función de un banco de ensayos de enrollamiento es simular los esfuerzos y las deformaciones experimentados en una tubería durante un proceso típico de instalación de tendido de tuberías, a fin de conseguir una cualificación más efectiva de la conducción submarina con requisitos para altamar.

- 30 En un sistema práctico, las secciones sucesivas de la tubería de acero son típicamente soldadas mediante un proceso de inducción de alta frecuencia, un revestimiento de campo es aplicado a la soldadura y la longitud de la tubería así producida es alimentada a un carrete para su transporte a un sitio para ser tendida por medio de un barco de tendido, donde es desenrollada, enderezada y tendida.

Las principales consideraciones mecánicas que deben ser probadas en cualquier simulación de un proceso típico de instalación de la tubería enrollada pueden ser resumidas a continuación.

- 35 Primero, la tubería es aplicada al carrete. A medida que se obliga a la tubería a que se adapte a la curvatura del carrete, se produce una carga que produce un ciclo de deformación elástico-plástica hasta que la curvatura de la tubería se ajusta a la del radio del carrete.

- 40 Segundo, la tubería es desenrollada. Se produce cierta carga conforme la tubería comienza a ser enderezada simplemente cuando es retirada del carrete, pero para completar el proceso de enderezamiento, la tubería se deforma en sentido inverso contra un conformador de enderezamiento, lo que produce una segunda carga de deformación que conduce a un segundo ciclo de deformación elástico-plástica. El conformador de enderezamiento está típicamente diseñado para producir una contracurvatura de una importancia suficiente para que, una vez que se retira la carga de enderezamiento, se produzca la descarga elástica de la tubería para que cause que la tubería vuelva a una condición esencialmente descargada y recta.

- 45 Entre las principales consideraciones que afectan al comportamiento de la tubería durante el proceso de enrollamiento y tendido se encuentran el radio efectivo del carrete, el radio efectivo del conformador de enderezamiento, la tensión de recuperación a la que está fijada la tubería y el brazo de torsión experimentado durante la flexión contra el carrete y contra el conformador de enderezamiento.

- 50 Resultará fácilmente evidente que cualquier simulación de la respuesta mecánica general de la tubería durante la instalación (y las consecuencias de esta respuesta mecánica a su fiabilidad y servicio), requiere una simulación efectiva de las deformaciones elástico-plásticas cíclicas que ocurren en el campo, y una simulación efectiva de los factores de campo anteriores en particular.

Un simple ensayo de enrollamiento de la técnica anterior según un estándar industrial actual se ilustra esquemáticamente con referencia a la Figura 1.

Según la Figura 1, una sección de la tubería sometida a el ensayo 1 es impulsada selectivamente hacia un conformador de enrollamiento 2 y, posteriormente, hacia un conformador de enderezamiento 3 con una curvatura destinada a simular las fases de enrollamiento y enderezamiento del ciclo en el campo. El ensayo es esencialmente un ensayo en voladizo libre, ya que un extremo de la tubería está fijado mediante una junta con pasadores 4 mientras que el otro extremo es impulsado hacia los conformadores respectivos por medio de un cabrestante en la dirección del impulso D.

El aparato y el método de la Figura 1 permiten la selección cuidadosa y adecuada de un conformador de enrollamiento adecuado y de un conformador de enderezamiento adecuado para obtener con precisión una simulación representativa del radio de enrollamiento y de enderezamiento.

Sin embargo, el uso de un cabrestante para tirar del extremo libre no proporciona una simulación efectiva de la tensión de recuperación que experimenta una tubería en el campo. El cabrestante tira del extremo libre de la sección de la tubería sometida a ensayo en una dirección inicialmente perpendicular a la dirección axial de la sección de ensayo de la tubería, pero a medida que la tubería se inclina hacia el conformador, la dirección de tracción del cabrestante deja de ser transversal a la dirección axial de la tubería, produciendo un aumento en la tensión de recuperación no controlada generalmente en la dirección B a medida que la tubería se dobla hacia el conformador de enrollamiento, y un aumento diferente de la tensión de recuperación no controlada cuando la tubería es posteriormente impulsada hacia y se deforma contra el conformador de enderezamiento. El aparato y el método de la Figura 1 no producen un medio efectivo para simular la tensión de recuperación experimentada por una tubería en una situación real.

Además, conforme la tubería se dobla hacia cada uno de los conformadores respectivos, experimenta un brazo de torsión reductor (a una escala típica, por ejemplo, desde aproximadamente nueve metros hasta aproximadamente cuatro metros), lo que da lugar a un aumento de la ovalización de la tubería. Nuevamente, esto no simula de manera realista las condiciones en el campo.

Tampoco es fácil con un equipo de ensayos de enrollamiento en voladizo convencional simular diferentes velocidades de enrollamiento controlado.

El sistema de la polea del cabrestante genera una gran energía almacenada durante la operación, lo que puede presentar un riesgo significativo para la seguridad en caso de fallo de la sección de la tubería.

Se ha propuesto un diseño modificado alternativo según se muestra esquemáticamente en la Figura 2. Una sección de la tubería sometida a el ensayo 11 está asentada entre un conformador de enrollamiento 12 y un conformador de enderezamiento 13. En una realización ejemplar, la disposición está situada horizontalmente sobre un bastidor de soporte adecuado (no mostrado). Las condiciones de enrollamiento y enderezamiento de la tubería son simuladas impulsando alternativamente la sección de la tubería sometida a ensayo por medio de unos medios de traslación adecuados en las direcciones T, primero contra el conformador de enrollamiento 12 y a continuación contra el conformador de enderezamiento 13. Los medios de carga axial que actúan en la dirección A son usados para aplicar una carga controlada de tracción en una dirección axial, para simular mejor la tensión de recuperación experimentada por una tubería en el campo.

Dicho sistema tipo permite una selección precisa del enrollamiento y del enderezamiento del radio del conformador de enrollamiento y de enderezamiento y, por ejemplo, la provisión de conformadores de enrollamiento y de enderezamiento intercambiables. Los generadores de carga axial permiten que se aplique una tensión de recuperación controlada por bucle cerrado, por ejemplo, bajo la acción de medios de control adecuados con realimentación de una celda de carga a la tubería. Los montajes de bastidor adecuados pueden permitir que la carga transversal en la dirección T sea aplicada de manera controlada y repetible para simular velocidades de enrollamiento variables controladas y repetibles. La muestra de ensayo puede estar completamente encerrada dentro del sistema, lo que mejora la seguridad en caso de fallo de la muestra de ensayo. Al encerrar el sistema también se puede prever una posible simulación in situ de condiciones ambientales no estándar.

Sin embargo, un sistema según se ilustra en la Figura 2 todavía sufre debido a un brazo de torsión de flexión que reduce de forma irreal conforme la sección de la tubería se deforma para ajustarse a cada conformador respectivo, por ejemplo, típicamente desde unos cinco metros a unos 2,5 metros a lo largo de la tubería. El resultado de esto es una ovalidad residual inaceptable e irreal que varía dependiendo de la posición de la sección transversal, por ejemplo, de la manera ilustrada gráficamente en la Figura 3.

Una solución según una realización de la invención está ilustrada en la Figura 4. Se aplican algunos de los principios generales de la Figura 2, ya que una sección de la tubería sometida a ensayo 21 está dispuesta entre un conformador de enrollamiento 22 y un conformador de enderezamiento en disposición similar a la ilustrada en la Figura 2. En la Figura, la sección de la tubería sometida a ensayo 21 es mostrada impulsada y deformada contra el conformador de enrollamiento 22 en la simulación del proceso de enrollamiento.

Los extremos de las tuberías están fijados mediante los soportes de los extremos de las tuberías 26, que están dispuestos de manera pivotante alrededor de los pivotes 27 en un bastidor rígido 25 y están configurados para aplicar una carga axial controlada a la sección de la tubería sometida a ensayo para simular la tensión de recuperación de un sistema real. El conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están montados en una relación

espacial fija a ambos lados del lugar de la sección de la tubería sometida a ensayo en un módulo de bastidor deslizante que es móvil alternativamente bajo la acción de los martinets hidráulicos 24 para causar que la sección de la tubería sometida a ensayo sea impulsada selectivamente a contacto con y se deforme primero contra el conformador de enrollamiento y después contra el conformador de enderezamiento para simular las deformaciones de enrollamiento y enderezamiento experimentadas en el campo.

La adaptación particular con la que se consigue la reducción incontrolada sobre el efecto del brazo de torsión experimentada en los equipos de ensayo configurados como el ilustrado en la Figura 2 es la combinación del soporte del extremo de la tubería del brazo extendido 28 y del martinete hidráulico 29. A medida que la tubería se deforma contra el conformador de enrollamiento 22, cada martinete hidráulico 29 se extiende para aplicar una carga transversal en un punto del brazo 28 distal de la conexión del extremo de la tubería 27, que coopera con la conexión pivotante 26 para aplicar un momento de flexión a los extremos de la tubería que puede ser controlado según sea requerido para contrarrestar el efecto de brazo de torsión reductor y replicar mejor la situación mecánica experimentada en el campo durante el enrollamiento.

Los mismos principios se aplican cuando la sección de la tubería se deforma posteriormente contra un conformador de enderezamiento, con los martinets hidráulicos 29 configurables nuevamente para aplicar un momento de flexión configurable y controlado, lo mejor posible para replicar las condiciones en el barco de instalación, cuando la tubería es desenrollada y enderezada.

La realización ilustrada en la Figura 4 combina todas las ventajas del aparato de la Figura 2 con una solución simple y efectiva al problema de la ovalidad residual generada por el brazo de torsión reductor experimentado cuando la tubería se deforma contra los dos conformadores de la Figura 2. Esto está ilustrado gráficamente en la Figura 5. La ovalidad residual de la sección transversal de la tubería producida por el equipo de ensayo de la realización ilustrada en la Figura 4 es una simulación más realista de las condiciones en el campo. El aparato y el método ejemplificados en la Figura 4 permite una simulación precisa de los conformadores de los radios de enrollamiento y enderezamiento, permite una tensión de recuperación controlada en bucle cerrado, permite velocidades de enrollamiento controladas en bucle cerrado, permite una mayor seguridad al contener la sección de la tubería sometida a ensayo y mediante el uso de carga hidráulica, y permite un brazo de torsión más constante durante la flexión, lo que produce una ovalización más constante de la tubería. Es posible probar más de una sección de la tubería soldada en una sola ensayo y, por ejemplo, probar dos revestimientos de juntas de campo o cuatro soldaduras en una sola ensayo con la confianza de conseguir una ovalidad uniforme.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de ensayo de tuberías comprendiendo:

dos soportes de extremo de la tubería, para fijar respectivamente un primer y un segundo extremo de una sección de la tubería sometida a ensayo;

5 un conformador de enrollamiento;

un conformador de enderezamiento;

un dispositivo de traslación para realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enrollamiento y de la tubería y el conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada selectivamente a y fuera de contacto con y para aplicar una fuerza de contacto contra uno u otro del anterior conformador de enrollamiento y del conformador de enderezamiento;

10 en donde cada soporte de extremo de la tubería comprende un conector de extremo de la tubería y un brazo extendido más allá del conector de extremo de la tubería en la dirección longitudinal de la tubería;

y en donde está dispuesto un actuador lateral asociado a cada brazo extendido para aplicar una carga transversal al brazo en un punto distal del conector del extremo de la tubería.

15 2. Un aparato de ensayo de tuberías según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de traslación está adaptado para simular el enrollamiento realizando un movimiento relativo entre una sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enrollamiento para llevar la sección de la tubería sometida a ensayo a contacto con el conformador e impulsar aún más la sección de la tubería contra el conformador de enrollamiento para aplicar una fuerza progresiva para causar que la tubería se deforme contra el conformador de enrollamiento .

20 3. Un aparato de ensayo de tuberías según la reivindicación 2, en donde cada actuador lateral está adaptado para aplicar una carga transversal variable a su brazo respectivo en un punto distal del conector del extremo de la tubería cuando la tubería se deforma contra el conformador de enrollamiento.

4. Un aparato de ensayo de tuberías según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de traslación está adaptado para simular el enderezamiento realizando un movimiento relativo entre una sección de la tubería sometida a ensayo y el conformador de enderezamiento para llevar la sección de la tubería sometida a ensayo a contacto con el conformador e impulsar adicionalmente la sección de la tubería contra el conformador de enderezamiento para aplicar una fuerza progresiva para causar que la tubería se deforme contra el conformador de enderezamiento y en donde cada actuador lateral está adaptado para aplicar una carga transversal variable a su brazo respectivo en un punto distal del conector del extremo de la tubería cuando la tubería se deforma contra el conformador de enderezamiento.

30 de enderezamiento.

5. Un aparato de ensayo de tuberías según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada soporte de extremo de la tubería está montado para que gire alrededor de un eje de pivotamiento perpendicular a un plano en donde el dispositivo de traslación actúa pivotando alrededor de un eje situado más cerca del conector de extremo de la tubería que el punto en donde el actuador lateral aplica una carga transversal al brazo extendido.

35 6. Un aparato de ensayo de tuberías según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están dispuestos a ambos lados de un sitio de ensayo de tuberías definido por un par de soportes extremos entre los que está fijada durante el uso una sección de la tubería sometida a ensayo, y en donde el dispositivo de traslación está configurado para ser llevado alternativamente a y fuera de contacto con uno u otro del conformador de enrollamiento o del conformador de enderezamiento de una manera para aplicar una fuerza de deformación progresiva, cuando el conformador respectivo y la sección de la tubería sometida a ensayo son forzados progresivamente a entrar en contacto.

40

7. Un aparato de ensayo de tuberías según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están dispuestos en una relación rígida fija entre sí en un primer bastidor, y en donde los soportes de extremo de la tubería están dispuestos sobre un segundo bastidor trasladable lateralmente con respecto al primer bastidor de manera que sean trasladables respecto al conformador de enrollamiento y al conformador de enderezamiento, y en donde cada soporte de extremo de la tubería está conectado de manera pivotante al segundo bastidor para que pueda pivotar alrededor de un eje de pivotamiento perpendicular al plano de traslación entre el segundo y el primer bastidor.

45

8. Un aparato de ensayo de tuberías según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están dispuestos en una disposición generalmente horizontal a ambos lados de un sitio de ensayo de la tubería, definido por un par de soportes de extremo entre los que una sección de la tubería sometida a ensayo está fijada durante el uso, el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están montados en un primer bastidor horizontal, los soportes primero y segundo están montados en un segundo bastidor horizontal, y los dos bastidores son relativamente trasladables

50

horizontalmente.

9. Un aparato de ensayo de tuberías según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada actuador lateral comprende un mecanismo de extensión y retracción del martinete hidráulico o neumático.

10. Un método para probar una sección de tubería comprendiendo los pasos de:

- 5 fijar una sección de la tubería a ensayo entre dos soportes de extremo de la tubería, fijando respectivamente un primer y un segundo extremo de la sección de la tubería sometida a ensayo, y cada uno provisto de un brazo extendido más allá del conector de extremo de la tubería en la dirección longitudinal de la tubería;
disponer un conformador de enrollamiento a lo largo de la sección de la tubería sometida a ensayo;
disponer un conformador de enderezamiento a lo largo de la sección de la tubería sometida a ensayo;
- 10 aplicar una carga axial a la sección de la tubería sometida a ensayo para simular la tensión de recuperación;
realizar un movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enrollamiento o de la tubería y el conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada selectivamente a y fuera de contacto y para aplicar una fuerza de contacto contra uno u otro del conformador de enrollamiento y del conformador de enderezamiento para deformar la tubería en conformidad con el conformador;
- 15 aplicar simultáneamente una carga transversal a cada brazo en un punto distal del conector del extremo de la tubería de tal manera que tiende a contrarrestar la reducción en el brazo de torsión efectivo que tiende a ocurrir a lo largo de la tubería conforme se deforma para adaptarse al conformador.
11. Un método según la reivindicación 10 comprendiendo los pasos de:
primero, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enrollamiento para causar que la tubería sea llevada a contacto con el conformador de enrollamiento para deformar la tubería para que esté en conformidad con el conformador de enrollamiento ;
segundo, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enrollamiento para causar que la tubería sea llevada fuera de contacto con el conformador de enrollamiento;
tercero, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada a contacto con el conformador de enderezamiento para deformar la tubería para que esté en conformidad con el conformador de enderezamiento;
cuarto, realizar el movimiento de traslación relativo de la tubería y el conformador de enderezamiento para causar que la tubería sea llevada fuera de contacto con el conformador de enderezamiento.
- 30 12. Un método según la reivindicación 10 u 11, en donde la carga transversal es ajustada dinámicamente durante el ciclo de deformación a medida que la sección de la tubería sometida a ensayo se deforma para estar en conformidad con el conformador de enrollamiento o con el conformador de enderezamiento, según sea el caso, para mantener un brazo de torsión casi constante durante todo el ciclo de enrollamiento o de enderezamiento.
- 35 13. Un método según una de las reivindicaciones 10 a 12, en donde el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento están dispuestos a ambos lados de una sección de la tubería sometida a ensayo y la sección de la tubería sometida a ensayo es llevada alternativamente a contacto y fuera de contacto con uno u otro del conformador de enrollamiento o del conformador de enderezamiento de manera para aplicar una fuerza de deformación progresiva a medida que el conformador respectivo y la sección de la tubería sometida a ensayo son forzados progresivamente a entrar en contacto, en donde el método efectúa una traslación horizontal, ya que la sección de la tubería sometida a ensayo está fijada entre el conformador de enrollamiento y el conformador de enderezamiento en una disposición generalmente horizontal.
- 40 14. Un método según una de las reivindicaciones 10 a 13, en donde la fuerza transversal aplicada a un punto distal del extremo de la tubería en una extensión del brazo de soporte del extremo de la tubería es aplicada para que tienda a moverse transversalmente a la dirección axial de la tubería y en donde cada soporte de extremo de la tubería es hecho pivotar alrededor de un eje de pivotamiento perpendicular al plano del movimiento de traslación de la tubería y del conformador de enrollamiento o de la tubería y del conformador de enderezamiento.
- 45 15. Un método según una de las reivindicaciones 10 a 14, en donde la fuerza transversal es aplicada por un actuador lateral y el actuador lateral comprende un mecanismo de extensión y retracción.

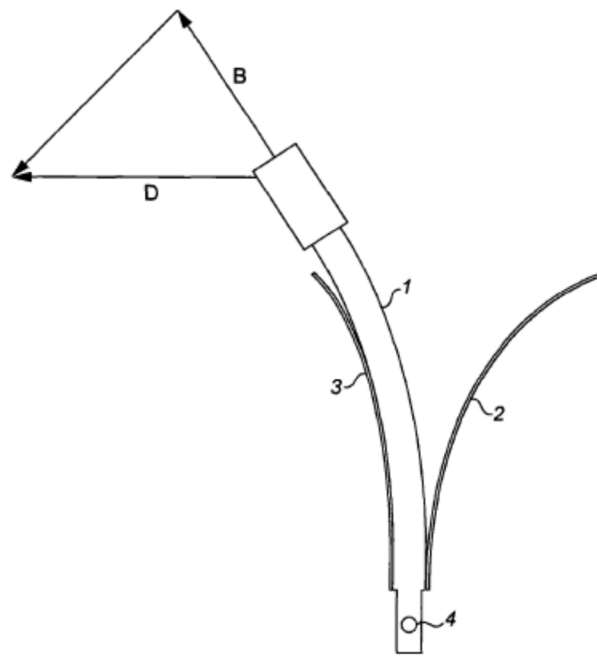


FIG. 1

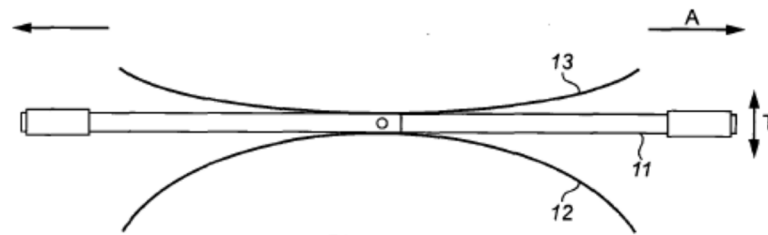


FIG. 2

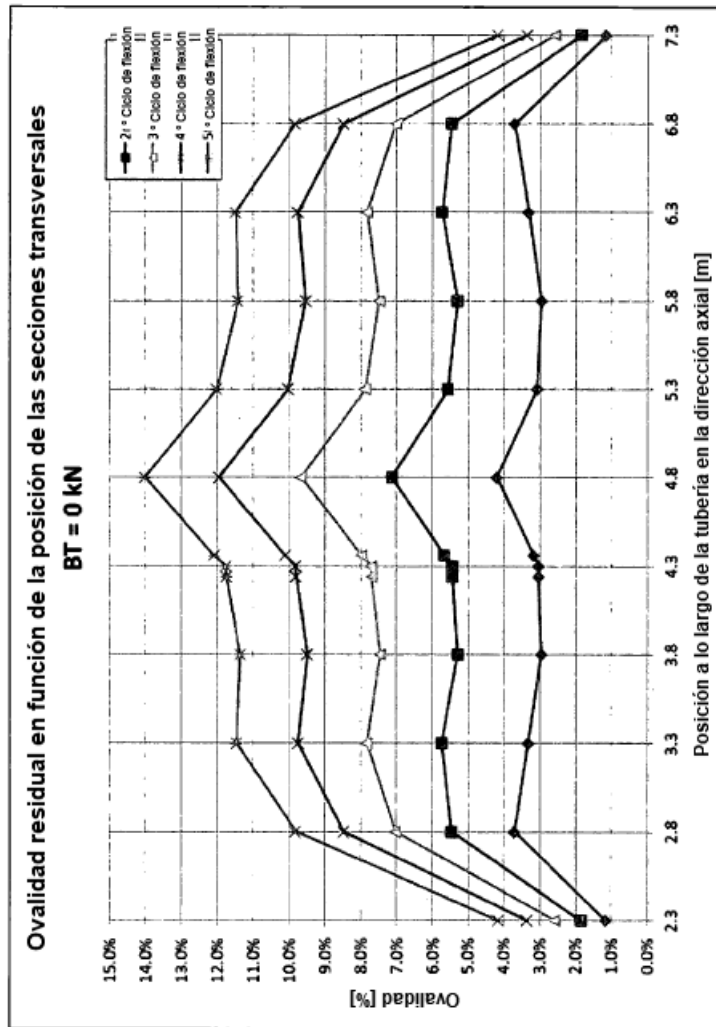


FIG. 3

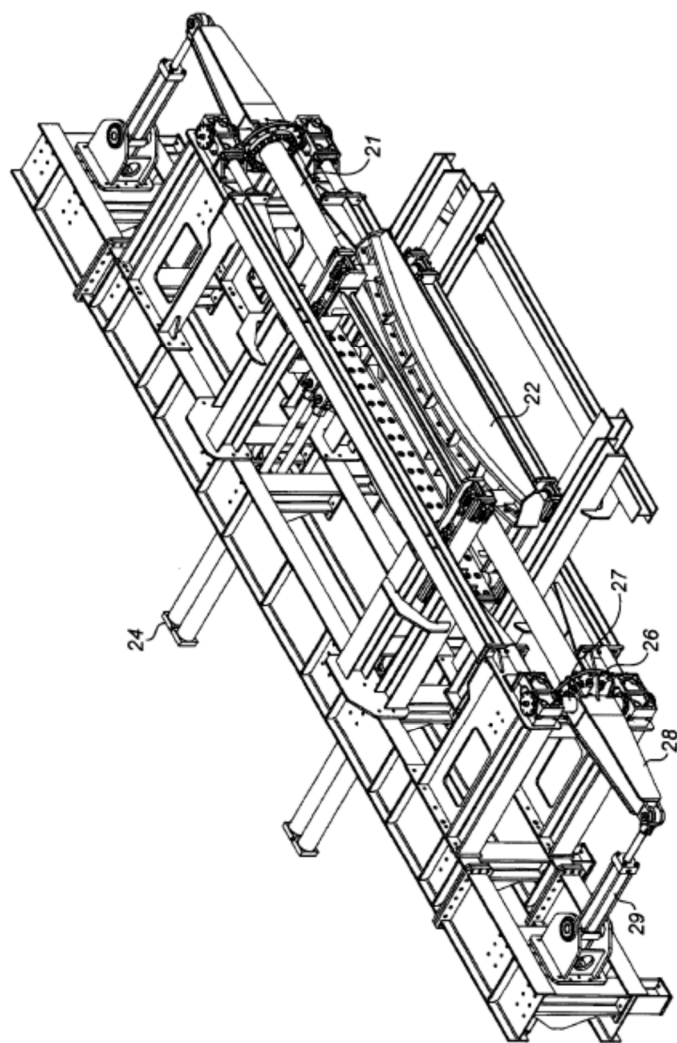


FIG. 4

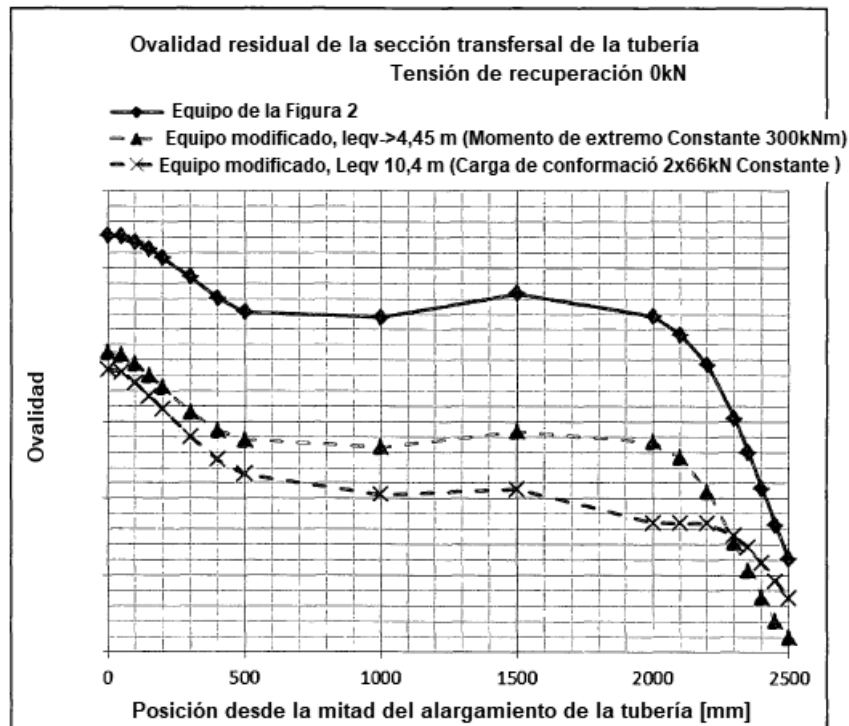


FIG. 5