

DISPOSITIVO PARA EXPLORACIÓN Y REPARACIÓN DE TUBERÍAS

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

[0001] La presente invención se relaciona con dispositivos para la exploración y reparación de tuberías.

2. Descripción del arte previo

[0002] El mantenimiento de redes de tuberías requiere que se lleve a cabo una evaluación detallada de las superficies internas y externas de los ductos para determinar la existencia de grietas, fracturas o cualquier evidencia de daño estructural. Una vez se identifica una falla, es necesario reemplazar la tubería o efectuar tareas de sellado, impermeabilización y reparación para que la tubería vuelva a estar en condiciones de operación.

[0003] Cuando las tuberías se encuentran enterradas o en lugares de difícil acceso, suelen emplearse dispositivos robóticos que ingresan en la tubería e inspeccionan su integridad estructural. Existen distintos tipos de dispositivos robóticos para identificar la presencia de fallas en las tuberías, pero éstos no tienen la capacidad de efectuar tareas de reparación. Gran número de estos dispositivos incluyen cámaras y luces que permiten a un operario visualizar el estado de la tubería. Al identificar un elemento a reparar, se debe movilizar una cuadrilla que debe desenterrar la tubería y reemplaza la sección deteriorada, lo cual tiene asociados altos costos tanto económicos como en el tiempo invertido.

[0004] Por otro lado, la comunicación entre el dispositivo de identificación y el operario suele ser cableada, implicando limitaciones de distancia, conectividad y desplazamiento, pues se hace necesario que exista una conexión física entre el robot y el operario la cual puede actuar como obstáculo.

[0005] Así mismo, existen dispositivos comerciales de inspección de tuberías cuya operación está limitada por el diámetro interno de la tubería, y el tamaño del robot restringe el tipo y calibre de la tubería apta para la inspección. En estos casos se hace necesario contar con dispositivos de distintos tamaños para poder operar en un rango amplio de tuberías.

[0006] Existe entonces en la técnica la necesidad de un dispositivo que permita evaluar la integridad estructural de las tuberías, que comunique de manera inalámbrica y en tiempo real a un operario remoto la información relevante para ejecutar acciones de reparación, y que pueda llevar acabo dichas acciones. Así mismo, el dispositivo debe ser suficientemente versátil como para adecuarse a tuberías de distintos diámetros y para operar en distintos tipos de tuberías, bien sean hídricas, hidrosanitarias, oleoductos, tuberías de gas, etc.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0010] La presente invención se relaciona con dispositivos que efectúan la exploración y reparación de tuberías, particularmente tuberías hidrosanitarias. El dispositivo aquí revelado inicialmente efectúa una etapa de exploración en la que hace una evaluación de las características estructurales del interior de la tubería para determinar si existen fallas y la localización de éstas. Posteriormente, se ejecuta una etapa de reparación en la que el dispositivo, con base en la información recolectada durante la etapa de exploración, procede a reparar las fallas efectuando labores de fijación, desbaste y reparación de la tubería. Dentro del contexto de esta invención, se definirá como falla toda fisura, grieta o, en general, cualquier daño estructural presente en la tubería.

[0011] La invención aquí descrita facilita la inspección de las características estructurales de tuberías descubiertas y enterradas, y, en caso de ser necesario, permite su reparación inmediata, sin necesidad de extraerlas. De esta manera, se reducen significativamente los

costos y los tiempos asociados a la evaluación del estado de la tubería, aun cuando el flujo al interior de la tubería no es cero, y su posterior reparación.

[0012] La presente invención también tiene la ventaja de que permite conocer en tiempo real las características operacionales del dispositivo al interior de la tubería (presión, temperatura, humedad) para garantizar el correcto funcionamiento del dispositivo.

[0013] El dispositivo (100) cuenta con un mecanismo de tracción (210) que le permite desplazarse al interior de la tubería, un mecanismo de apertura (220) con el que puede modificar su tamaño efectivo para ajustarse a tuberías de diferente diámetro, un sensor de distancia que le permite determinar su ubicación al interior de la tubería, una serie de dispositivos de detección de imágenes (240), mecanismos de elevación y posicionamiento (250) para controlar la posición de los dispositivos de detección de imágenes (240), un mecanismo de fijación (320) con el que el dispositivo (100) se adhiere a la superficie interna de la tubería durante la etapa de reparación para evitar movimientos relativos indeseados entre el dispositivo (100) y la tubería, un mecanismo de desbaste (330) con el que se prepara la superficie interna de la tubería, y un mecanismo de reparación (340) que fija un material de reparación sobre la falla.

[0014] El dispositivo (100) aquí revelado es controlado en su totalidad por un operario de manera remota desde una estación base, desde la que el operario puede enviar instrucciones al dispositivo y visualizar las imágenes capturadas por los dispositivos de detección de imágenes (240). Desde la estación base, el operario realiza la evaluación de las condiciones de la tubería y toma las decisiones acerca de cómo proceder con la reparación.

[0015] Otro aspecto de la invención se relaciona con un dispositivo (200) que efectúa únicamente la etapa de exploración. Este dispositivo (200) comprende un mecanismo de tracción (210) que le permite desplazarse al interior de la tubería, un mecanismo de apertura (220) con el que puede modificar su tamaño efectivo para ajustarse a tuberías de

diferente diámetro, un sensor de distancia que le permite determinar su ubicación al interior de la tubería, una serie de dispositivos de detección de imágenes (240), y mecanismos de elevación y posicionamiento (250) para controlar la posición de los dispositivos de detección de imágenes (240).

[0016] Un aspecto adicional de la invención revela un dispositivo (300) que efectúa únicamente la etapa de reparación. Este dispositivo (300) comprende un mecanismo de tracción (210) que le permite desplazarse al interior de la tubería, un mecanismo de apertura (220) con el que puede modificar su tamaño efectivo para ajustarse a tuberías de diferente diámetro, un sensor de distancia que le permite determinar su ubicación al interior de la tubería, un mecanismo de fijación (320) con el que el dispositivo se adhiere a la superficie interna de la tubería durante la etapa de reparación para evitar movimientos relativos indeseados entre el dispositivo y la tubería, un mecanismo de desbaste (330) con el que se prepara la superficie interna de la tubería, y un mecanismo de reparación (340) que fija un material de reparación sobre la falla. El dispositivo (300) que únicamente efectúa la etapa de reparación depende del conocimiento previo de las características y localización de las fallas a reparar.

[0017] Los dispositivos aquí revelados pueden incluir además una serie de sensores (130) con los que se puede realizar telemetría inalámbrica de las condiciones internas de operación del dispositivo. Se incluyen sensores de humedad, temperatura, inclinación y presión para garantizar que las condiciones de la tubería no afecten la integridad estructural y funcional de la electrónica del dispositivo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0018] La Figura 1 muestra una vista general del dispositivo (100) de acuerdo con la presente invención.

[0019] La Figura 2 muestra una vista general del dispositivo explorador (200) de acuerdo con la presente invención.

[0020] La Figura 3 muestra una vista general del dispositivo reparador (300) de acuerdo con la presente invención.

[0021] La Figura 4 muestra una realización del chasis (140) de acuerdo con la presente invención.

[0022] La Figura 5 muestra una realización del mecanismo de tracción (210) de acuerdo con la presente invención.

[0023] La Figura 6 muestra una realización del mecanismo de apertura (220) de acuerdo con la presente invención.

[0024] La Figura 7a muestra el mecanismo de tracción (210) del dispositivo de acuerdo con la presente invención con un primer tamaño efectivo debido a la inclinación del mecanismo de tracción (210) correspondiente a un primer estado del mecanismo de apertura (220).

[0025] La Figura 7b muestra el mecanismo de tracción (210) del dispositivo de acuerdo con la presente invención con un segundo tamaño efectivo debido a la inclinación del mecanismo de tracción (210) correspondiente a un segundo estado del mecanismo de apertura (220).

[0026] La Figura 8 muestra una realización del mecanismo tijera que hace parte del mecanismo de elevación y posicionamiento (250).

[0027] La Figura 9a muestra el mecanismo de elevación y posicionamiento (250) en una primera posición.

[0028] La Figura 9b muestra el mecanismo de elevación y posicionamiento (250) en una segunda posición.

[0029] La Figura 9c muestra una realización del mecanismo de elevación y posicionamiento (250) de acuerdo con la presente invención.

[0030] La Figura 10 muestra una realización del mecanismo de fijación (320).

[0031] La Figura 11 muestra una realización de la herramienta de pulido que hace parte del mecanismo de desbaste (330).

[0032] La Figura 12 muestra una realización del mecanismo de reparación (340).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

[0033] La presente invención se relaciona con dispositivos para la exploración y reparación de tuberías, más específicamente con dispositivos que ejecutan tareas de exploración y reparación de tuberías hidrosanitarias. En una primera etapa de exploración, el dispositivo ingresa al interior de la tubería y se desplaza a lo largo de ésta, evaluando su estado operativo y estructural e identificando posibles fallas. Concluida la etapa de exploración, es decir, luego de haber identificado la posición y características de las posibles fallas, se ejecuta una segunda etapa de reparación en la cual, con base en la información recolectada durante la etapa de exploración, el dispositivo se desplaza por el interior de la tubería hasta llegar a las posiciones en donde se identificó la presencia de fallas y las repara, efectuando labores de fijación, desbaste y parchado de la tubería.

[0034] Dentro del contexto de esta invención, se definirá como falla toda fisura, grieta o, en general, cualquier daño estructural presente en la tubería.

[0035] El dispositivo (100) aquí revelado comprende un mecanismo de tracción (210) que le permite desplazarse en el interior de la tubería, un mecanismo de apertura (220) que le permite adaptarse a tuberías de distintos diámetros, un sensor de distancia que permite determinar la ubicación del dispositivo (100) en la tubería, uno o más dispositivos de detección de imágenes (240), uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) que permiten mover los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240), un mecanismo de fijación (320) que permite anclar el dispositivo (100) a la tubería durante las operaciones de reparación, un mecanismo de desbaste (330) que prepara la superficie a reparar cambiando la rugosidad de ésta mediante un proceso de pulido o desbaste, y un mecanismo de reparación (340) que fija un material de reparación sobre la superficie a reparar. La Figura 1 muestra un diagrama general del dispositivo descrito.

[0036] De acuerdo con una realización preferida de la invención, se revela un dispositivo (200) que ejecuta únicamente la etapa de exploración, y, consecuentemente, comprende únicamente los componentes necesarios para ejecutar dicha etapa de manera autónoma. A lo largo de este documento, se denominará al dispositivo que únicamente ejecuta la etapa de exploración como dispositivo explorador (200). La Figura 2 muestra un diagrama general del dispositivo explorador (200) de acuerdo con la presente invención.

[0037] De acuerdo con una realización preferida de la invención, el dispositivo ejecuta únicamente la etapa de reparación, y, consecuentemente, comprende únicamente los componentes necesarios para ejecutar dicha etapa de manera autónoma. A lo largo de este documento, denominará al dispositivo que únicamente ejecuta la etapa de reparación como dispositivo reparador (300). La Figura 3 muestra un diagrama general del dispositivo reparador (300) de acuerdo con la presente invención.

[0038] El dispositivo (100) aquí revelado permite reparar tuberías desde su interior evitando la necesidad de hacer una evaluación exterior que requiere en general desenterrar

la tubería por medio de maquinaria pesada. Así mismo, el dispositivo (100) de acuerdo con la invención permite efectuar la exploración y reparación de las tuberías sin necesidad de realizar un corte total del flujo de la tubería. De esta manera, el dispositivo (100) aquí revelado reduce los costos y los tiempos de inspección del estado de las tuberías y la reparación de las mismas.

[0039] El dispositivo (100) aquí revelado es controlado remotamente por un operario mediante una estación base conectada inalámbricamente al dispositivo. Desde la estación base, el operario efectúa de manera remota el control del dispositivo (100) y el monitoreo en tiempo real de las características estructurales de la tubería. Dado que el control es enteramente remoto, el dispositivo (100) aquí revelado comprende un sistema de baterías para su alimentación lo que asegura su autonomía una vez es introducido en la tubería.

[0040] Dado que operará en condiciones húmedas y posiblemente en presencia de agentes químicos corrosivos, el dispositivo (100) aquí descrito se caracteriza por tener un chasis (140) sustancialmente hermético que reduce la filtración de líquidos y polvo hacia su interior con el fin de proteger los componentes electrónicos. Adicionalmente, el chasis (140) actúa como elemento estructural de soporte para otros componentes del dispositivo y protege al dispositivo ante caídas y golpes. El chasis (140) comprende además un empaque con el que se obtiene un cierre hermético y que permite trabajar en condiciones químico-agresivas.

[0041] De acuerdo con una modalidad preferida, el empaque del chasis (140) está hecho de materiales poliméricos termoestables, tales como polímeros entrecruzados. En una realización, el empaque del chasis (140) comprende cauchos sintéticos, tales como cauchos nitrílicos. En una realización más preferida, el empaque del chasis (140) está hecho de Nitrilo-Butadieno (NBR).

[0042] Según la invención, el chasis (140) está compuesto de un contenedor inferior y una tapa superior. Con el propósito de reducir aún más las filtraciones, el contenedor inferior del chasis (140) puede incluir pestañas que actúan como barrera mecánica para limitar el ingreso de líquidos al interior del dispositivo. Adicionalmente, el chasis (140) puede incluir un marco bordeando la tapa superior el cual se acopla con las pestañas del contenedor inferior.

[0043] De acuerdo con la invención, el chasis (140) puede además incluir una tapa lateral que brinda acceso al sistema de baterías y que permite instalar y desinstalar baterías con facilidad.

[0044] La Figura 4 muestra una realización preferida del chasis (140), el cual incluye la tapa lateral que brinda acceso al sistema de baterías.

[0045] El dispositivo (100) aquí revelado comprende un mecanismo de tracción (210) con el que puede desplazarse al interior de la tubería. La fricción entre el mecanismo de tracción (210) y la superficie interior de la tubería es suficientemente elevada como para que el dispositivo (100) se desplace sin deslizarse. El mecanismo de tracción (210) permite al dispositivo (100) desplazarse en dos dimensiones, es decir, adelante, atrás, izquierda y derecha, o en dirección axial y angular sobre la superficie de la tubería. El mecanismo de tracción (210) actúa además como sistema de suspensión el cual le permite al dispositivo (100) sobrepasar obstáculos que pueden provocar su inestabilidad. La Figura 5 muestra una realización preferida del mecanismo de tracción (210) de acuerdo con la invención el cual consiste en un sistema de orugas.

[0046] Adicionalmente, la invención incluye un mecanismo de apertura (220) que brinda versatilidad al dispositivo (100) aquí revelado para operar en tuberías de diversos diámetros. Mediante este mecanismo de apertura (220), el dispositivo (100) cambia su tamaño efectivo pues el mecanismo de tracción (210) se reorienta de tal manera que el

centro de masa del dispositivo se desplaza verticalmente. De esta manera, se puede controlar la distancia entre el centro de masa del dispositivo (100) y el eje central de la tubería.

[0047] El mecanismo de apertura (220) permite dar un ángulo de inclinación al mecanismo de tracción (210) de forma simétrica, de manera que el tamaño efectivo del dispositivo cambia en función de la inclinación del mecanismo de tracción (210). La Figura 6 muestra una realización preferida y no limitativa del mecanismo de apertura (220) de acuerdo con la presente invención. Las Figuras 7a y 7b muestran cómo el tamaño del dispositivo (100) aumenta de acuerdo con la inclinación del mecanismo de tracción (210) como consecuencia del estado del mecanismo de apertura (220). En la Figura 7a, el mecanismo de apertura (220) está en un primer estado y provoca que el mecanismo de tracción (210) tenga una primera inclinación haciendo que, como consecuencia, el dispositivo (100) tenga un primer tamaño efectivo. Por otro lado, en la Figura 7b el mecanismo de apertura (220) está en un segundo estado y provoca que el mecanismo de tracción (210) tenga una segunda inclinación haciendo que, como consecuencia, el dispositivo (100) tenga un segundo tamaño efectivo.

[0048] En una realización, el mecanismo de apertura (220) está constituido por sistemas que permiten transmitir un movimiento rotacional hacia el mecanismo de tracción (210) para cambiar la inclinación de este último y alterar el tamaño efectivo del dispositivo (100). El movimiento rotacional puede ser ejercido directamente por el operario antes de que el dispositivo (100) ingrese en la tubería, o puede ser ejercido de manera remota una vez el dispositivo (100) se encuentra al interior de la tubería.

[0049] Por otro lado, el dispositivo (100) de acuerdo con la invención comprende también un sensor de distancia que permite medir la ubicación del dispositivo (100) al interior de la tubería. Consecuentemente, el sensor de distancia permite conocer la posición axial (eje

longitudinal) de fallas en la tubería, de manera que durante las etapas de exploración y reparación el dispositivo (100) puede localizar correctamente dichas fallas.

[0050] De acuerdo con modalidades preferidas, el sensor de distancia se selecciona del grupo que comprende: sensores de desplazamiento lineal, sensores ópticos, sensores por radio frecuencia, sensores acústicos, GPS, sensores de velocidad mediante centrales inerciales y sensores de velocidad por efecto Doppler.

[0051] El dispositivo (100) aquí revelado comprende además uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) que capturan en tiempo real imágenes del entorno del dispositivo (100) al interior de la tubería. Las imágenes son transmitidas al operador y le permiten observar la superficie interior de la tubería y decidir si ésta presenta una falla. De manera preferente, los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) son cámaras de video fijas, de manera más preferente son cámaras de video que pueden girar, y, de manera aún más preferente, cámaras de video de giro de hasta 360°.

[0052] Otras realizaciones preferidas de la invención consideran que los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) tienen la capacidad de ampliar la imagen (hacer zoom) y que las imágenes capturadas pueden además ser almacenadas en memorias digitales ubicadas en el dispositivo o en la estación base.

[0053] La presente invención también puede incluir uno o más dispositivos de iluminación que permiten alumbrar el interior de la tubería con el fin de facilitar la identificación de las fallas y mejorar la nitidez y calidad de las imágenes capturadas por los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). La intensidad total máxima de los uno o más dispositivos de iluminación debe ser suficientemente alta como para que las imágenes adquiridas permitan identificar las características estructurales la superficie interior de la tubería. No obstante, la intensidad total máxima de los uno o más dispositivos de

iluminación no debe saturar el lente de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240).

[0054] De acuerdo con modalidades preferidas, los uno o más dispositivos de iluminación se seleccionan del grupo que comprende: LEDs, bombillas incandescentes, bombillas halógenas y bombillas fluorescentes.

[0055] Según realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo (100) implementa un control PWM para controlar la intensidad de los uno o más dispositivos de iluminación. Otras realizaciones revelan que el operario puede seleccionar desde la estación base la cantidad de dispositivos de iluminación que se encuentran encendidos.

[0056] La presente invención comprende además uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) con los que el operario puede controlar la posición y orientación de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). Los uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) permiten orientar los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) hacia secciones específicas de la superficie interna de la tubería, de manera que regiones que pueden resultar de interés para el operario estén centradas en el área de detección de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). Los uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) además permiten acercar o alejar los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) a dichas regiones de interés, disminuyendo o aumentando la distancia entre los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) y la superficie interna de la tubería. Consecuentemente, el operario tiene control sobre los seis grados de libertad de cada uno de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) al interior de la tubería, lo que incrementa el nivel de detalle que puede obtener acerca del estado estructural de la tubería.

[0057] En una realización de la invención, el mecanismo de elevación y posicionamiento (250) de acuerdo con la presente invención consiste en un mecanismo tipo tijera como el que se muestra en la Figura 8 que comprende un primer brazo unido mediante un eje (A) al chasis (140) del dispositivo (100) de manera que pueda girar en torno a dicho eje, y un segundo brazo más largo que el primer brazo y unido al primer brazo, en cuyo extremo inferior se encuentra un elemento deslizable que se desplaza sobre una guía de deslizamiento paralela al eje longitudinal del dispositivo (100). La unión entre el primer brazo y el segundo brazo es tal que les permite rotar con respecto al otro. A medida que el elemento deslizable se desplaza sobre la guía de deslizamiento, el ángulo entre el primer brazo y el segundo brazo cambia, haciendo que la altura del extremo superior del segundo brazo también cambie. Las Figuras 9a y 9b muestran cómo la altura del extremo superior del segundo brazo cambia a medida que el elemento deslizable se desplaza sobre la guía de deslizamiento.

[0058] De acuerdo con una realización preferida, el elemento deslizable es un cilindro hueco deslizable y la guía de deslizamiento es un eje cilíndrico cuyo radio es menor al radio interno del cilindro hueco deslizable.

[0059] Otras realizaciones preferidas revelan que el segundo brazo consiste en un brazo compuesto, con al menos dos brazos paralelos como se muestra en las Figuras 9a y 9b.

[0060] El extremo superior del segundo brazo incluye un soporte en el que se ajustan los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). De esta manera, el movimiento del segundo brazo hace que los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) también se muevan, permitiendo así su elevación y posicionamiento (250).

[0061] De manera preferente, el dispositivo comprende dos mecanismos de elevación y posicionamiento (250) dispuestos en paralelo y unidos a través de un único soporte para los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) como se muestra en la Figura 9c.

Esta disposición brinda mayor rigidez y estabilidad al mecanismo de elevación y posicionamiento (250).

[0062] Para ejecutar la etapa de reparación, el dispositivo (100) según la presente invención comprende además un mecanismo de fijación (320), un mecanismo de desbaste (330), y un mecanismo de reparación (340).

[0063] El mecanismo de fijación (320) permite anclar el dispositivo a la tubería durante las operaciones de reparación, de manera que la posición relativa entre el dispositivo (100) y la tubería se mantenga constante. De esta manera, se evita que el dispositivo (100) se mueva con respecto a la tubería y se reduce el riesgo de que la reparación tome lugar en una región de la tubería distinta a donde se presenta la falla.

[0064] El mecanismo de fijación (320) de acuerdo con una realización de la presente invención consiste en dos o más cabezales de fijación ubicados alrededor del mecanismo de fijación (320) los cuales ejercen una fuerza sobre la superficie interna de la tubería. La fuerza ejercida por los cabezales de fijación sobre la superficie interna de la tubería no tiene que ser normal a la superficie, pero sí es lo suficientemente elevada como para que la componente normal a la superficie permita obtener una fuerza de fricción entre los cabezales de fijación y la superficie interna de la tubería tal que el dispositivo (100) no se desplace. El mecanismo de fijación (320) incluye además un mecanismo con el que los cabezales de fijación se extienden hacia afuera, permitiendo así la apertura de los elementos de fricción para poder fijar el dispositivo (100) a tuberías de diversos diámetros.

[0065] De manera preferente, el mecanismo de fijación (320) comprende cabezales de fijación ubicados de manera simétrica alrededor del dispositivo (100). Por ejemplo, cuando se cuenta con 3 cabezales de fijación, estos se distribuyen con una separación angular de 120° entre sí. De manera aún más preferente, los cabezales de fijación son almohadillas o zapatas.

[0066] Adicionalmente, el mecanismo de fijación (320) comprende elementos de transporte con los que el mecanismo de fijación (320) se sostiene y desplaza. De manera preferente, los elementos de transporte son ruedas que giran libremente sin ningún tipo de tracción o freno y facilitan el desplazamiento del mecanismo de fijación (320) al interior de la tubería.

[0067] La Figura 10 muestra una realización preferida del mecanismo de fijación (320) el cual contiene 3 zapatas como cabezales de fijación y dos ruedas como elementos de transporte.

[0068] De acuerdo con una realización preferida, el mecanismo de fijación (320) se ubica en la parte trasera del dispositivo (100). De acuerdo con otra realización preferida, un segundo mecanismo de fijación (320) se ubica en la parte central del dispositivo (100), entre los componentes que ejecutan la etapa de exploración y los componentes que ejecutan la etapa de reparación, como se muestra en la Figura 1.

[0069] Adicionalmente, el dispositivo comprende un mecanismo de desbaste (330) que prepara la superficie a reparar cambiando la rugosidad de ésta mediante un proceso de pulido o desbaste. En una realización, el mecanismo de desbaste (330) cuenta con un motor conectado a una herramienta de pulido la cual, al girar en contacto con la superficie interna de la tubería, genera el desbaste sobre ésta. La Figura 11 muestra el mecanismo de desbaste (330).

[0070] De acuerdo con una realización preferida, el motor del mecanismo de desbaste (330) es un motor tipo spindle (331).

[0071] El mecanismo de desbaste (330) está configurado para girar 360° alrededor del eje longitudinal del dispositivo (100), de manera que puede reparar fallas a lo largo de toda la circunferencia de la tubería. Así mismo, en una realización la herramienta de pulido está soportada sobre una plataforma que puede moverse vertical y longitudinalmente con

respecto al mecanismo de desbaste (330). Consecuentemente, el mecanismo de desbaste (330) tiene acceso a la totalidad de la superficie interna de la tubería.

[0072] El dispositivo (100) aquí revelado comprende además un mecanismo de reparación (340) que fija un material de reparación sobre la superficie a reparar luego de que la superficie a reparar ha sido preparada por el mecanismo de desbaste (330). El proceso de reparación consiste en instalar un material de reparación sobre la zona que presenta la falla.

[0073] En una realización de la invención el material de reparación es un polietileno de alta densidad.

[0074] De acuerdo con una realización, el material de reparación es un parche de material polimérico termoestable. De acuerdo con dicha realización, una primera superficie del parche está recubierta con una sustancia adherente con el cual se adhiere a la superficie interna de la tubería. La segunda superficie del parche está dispuesta sobre una almohadilla flexible (341) que adopta la forma de la tubería y que se encuentra soportada sobre una plataforma basculante que permite inclinar la almohadilla de tal manera que el parche se ajuste a la curvatura de la tubería. Una vez la primera superficie del parche entra en contacto con la superficie interna de la tubería, la plataforma basculante se mueve y ejerce presión sobre todo el parche para que éste se adhiera correctamente a la superficie interna de la tubería.

[0075] En modalidades preferidas, el dispositivo (100) aquí revelado incluye uno o más motores para realizar los procesos de fijación desbaste y reparación. Los uno o más motores se seleccionan del grupo que comprende: motores DC, servo motores y motores paso a paso.

[0076] Según estas realizaciones, la almohadilla tiene una curvatura con radio inferior al radio interno de la tubería, de manera que, a medida que la superficie basculante se mueve,

el contacto con la superficie interna de la tubería inicia desde el centro del parche y progresivamente sigue hacia los extremos, evitando así que queden burbujas de aire entre el parche y la tubería.

[0077] El mecanismo de reparación (340) se instala sobre la misma estructura que soporta el mecanismo de desbaste (330). De acuerdo con una realización, luego de efectuar el desbaste, el operario retira el dispositivo de la tubería, reemplaza la herramienta de pulido por la almohadilla con el material de reparación y vuelve a introducir el dispositivo (100) en la tubería para efectuar el parchado. Otra realización revela que la herramienta de pulido y la almohadilla con el parche están instaladas en el dispositivo (100) de manera simultánea.

[0078] El hecho de que el mecanismo de reparación (340) se instale sobre la misma estructura que soporta el mecanismo de desbaste (330) dota al mecanismo de reparación (340) de las mismas características del mecanismo de desbaste (330), a saber, que puede girar 360° alrededor del eje longitudinal del dispositivo, de manera que puede reparar fallas a lo largo de toda la circunferencia de la tubería. Así mismo, al estar soportado sobre una plataforma que puede moverse vertical y longitudinalmente con respecto al mecanismo de desbaste (330), el mecanismo de reparación (340) tiene acceso a la totalidad de la superficie interna de la tubería.

[0079] La Figura 12 muestra una realización de la invención en donde la herramienta de pulido ha sido reemplazada por la almohadilla con el parche para efectuar las labores de reparación.

[0080] Adicionalmente, el dispositivo (100) puede incluir sensores para hacer telemetría de las condiciones de operación del dispositivo al interior de la tubería. Los sensores actúan como elementos de autodiagnóstico (130) que permiten monitorear el estado de la electrónica al interior del dispositivo (100) y así preservar su integridad funcional y

estructural. Estos sensores se seleccionan del grupo que comprende: sensores de inclinación, sensores de presión, sensores de humedad y sensores de temperatura.

[0081] Por otro lado, el dispositivo (100) aquí revelado comprende un módulo de comunicaciones (110) a través del cual el dispositivo se conecta de manera remota con la estación base. A través del módulo de comunicaciones (110) se envían a la estación base las imágenes detectadas por los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) y la información recolectada por los sensores. Adicionalmente, el módulo de comunicaciones (110) permite que el operario envíe instrucciones al dispositivo de manera remota mediante la estación base. De acuerdo con una realización de la invención, el módulo de comunicaciones (110) es un módulo de comunicaciones (110) inalámbrico.

[0082] En realizaciones de la invención, la estación base comprende un dispositivo de visualización en el que se muestran las imágenes detectadas por los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240), y un panel de ingreso de instrucciones con el que el operario envía señales de control al dispositivo. Mediante estas señales de control, el operario puede controlar la posición del dispositivo, la posición y orientación de los uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250), el estado del mecanismo de apertura (220), y el estado de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). Además, la estación base permite al operario conocer el estado de los uno o más sensores para que pueda tomar medidas correctivas en caso de que las condiciones de operación lo requieran.

[0083] Otro aspecto de la invención se relaciona con un dispositivo (200) que efectúa únicamente la etapa de exploración. Este dispositivo, aquí denominado dispositivo explorador (200), comprende un mecanismo de tracción (210) que le permite desplazarse en el interior de la tubería, un mecanismo de apertura (220) que le permite adaptarse a tuberías de distintos diámetros, un sensor de distancia que permite determinar la ubicación del dispositivo explorador en la tubería, uno o más dispositivos de detección de imágenes

(240), y uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) que permiten mover los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). La Figura 2 muestra un diagrama general del dispositivo (200) explorador.

[0084] El dispositivo explorador (200) aquí revelado permite inspeccionar tuberías desde su interior evitando la necesidad de hacer una evaluación exterior que requiere en general desenterrar la tubería por medio de maquinaria pesada. Así mismo, el dispositivo explorador (200) de acuerdo con la invención permite efectuar la exploración de las tuberías sin necesidad de realizar un corte total del flujo de la tubería. De esta manera, el dispositivo explorador (200) aquí revelado reduce los costos y los tiempos de inspección del estado de las tuberías.

[0085] El dispositivo explorador (200) aquí revelado es controlado remotamente por un operario mediante una estación base conectada inalámbricamente al dispositivo explorador (200). Desde la estación base, el operario efectúa de manera remota el control del dispositivo explorador (200) y el monitoreo en tiempo real de las características estructurales de la tubería. Dado que el control es enteramente remoto, el dispositivo explorador (200) aquí revelado comprende un sistema de baterías para su alimentación lo que asegura su autonomía una vez es introducido en la tubería.

[0086] Dado que operará en condiciones húmedas y posiblemente en presencia de agentes químicos corrosivos, el dispositivo explorador (200) aquí descrito se caracteriza por tener un chasis (140) sustancialmente hermético que reduce la filtración de líquidos y polvo hacia su interior con el fin de proteger los componentes electrónicos. Adicionalmente, el chasis (140) actúa como elemento estructural de soporte para otros componentes del dispositivo explorador (200) y protege al dispositivo explorador (200) ante caídas y golpes. El chasis (140) comprende además un empaque con el que se obtiene un cierre hermético y que permite trabajar en condiciones químico-agresivas.

[0087] De acuerdo con una modalidad preferida, el empaque del chasis (140) está hecho de materiales poliméricos termoestables, tales como polímeros entrecruzados. En una realización, el empaque del chasis (140) comprende cauchos sintéticos, tales como cauchos nitrílicos. En una realización más preferida, el empaque del chasis (140) está hecho de Nitrilo-Butadieno (NBR).

[0088] Según la invención, el chasis (140) está compuesto de un contenedor inferior y una tapa superior. Con el propósito de reducir aún más las filtraciones, el contenedor inferior del chasis (140) puede incluir pestañas que actúan como barrera mecánica para limitar el ingreso de líquidos al interior del dispositivo. Adicionalmente, el chasis (140) puede incluir un marco bordeando la tapa superior el cual se acopla con las pestañas del contenedor inferior.

[0089] De acuerdo con la invención, el chasis (140) puede además incluir una tapa lateral que brinda acceso al sistema de baterías y que permite instalar y desinstalar baterías con facilidad.

[0090] La Figura 4 muestra una realización preferida del chasis (140), el cual incluye la tapa lateral que brinda acceso al sistema de baterías.

[0091] El dispositivo explorador (200) aquí revelado comprende un mecanismo de tracción (210) con el que puede desplazarse al interior de la tubería. La fricción entre el mecanismo de tracción (210) y la superficie interior de la tubería es suficientemente elevada como para que el dispositivo explorador (200) se desplace sin deslizarse. El mecanismo de tracción (210) permite al dispositivo explorador (200) desplazarse en dos dimensiones, es decir, adelante, atrás, izquierda y derecha, o en dirección axial y angular sobre la superficie de la tubería. El mecanismo de tracción (210) actúa además como sistema de suspensión el cual le permite al dispositivo explorador (200) sobrepasar obstáculos que pueden provocar la inestabilidad del dispositivo explorador (200). La Figura 5 muestra una realización

preferida del mecanismo de tracción (210) de acuerdo con la invención el cual consiste en un sistema de orugas.

[0092] Adicionalmente, la invención incluye un mecanismo de apertura (220) que brinda versatilidad al dispositivo explorador (200) aquí revelado para operar en tuberías de diversos diámetros. Mediante este mecanismo de apertura (220), el dispositivo explorador (200) cambia su tamaño efectivo pues el mecanismo de tracción (210) se reorienta de tal manera que el centro de masa del dispositivo explorador (200) se desplaza verticalmente. De esta manera, se puede controlar la distancia entre el centro de masa del dispositivo explorador (200) y el eje central de la tubería.

[0093] El mecanismo de apertura (220) permite dar un ángulo de inclinación al mecanismo de tracción (210) de forma simétrica, de manera que el tamaño efectivo del dispositivo explorador (200) cambia en función de la inclinación del mecanismo de tracción (210). La Figura 6 muestra una realización preferida y no limitativa del mecanismo de apertura (220) de acuerdo con la presente invención. Las Figuras 7a y 7b muestran cómo el tamaño del dispositivo explorador (200) aumenta de acuerdo con la inclinación del mecanismo de tracción (210) como consecuencia del estado del mecanismo de apertura (220). En la Figura 7a, el mecanismo de apertura (220) está en un primer estado y provoca que el mecanismo de tracción (210) tenga una primera inclinación haciendo que, como consecuencia, el dispositivo explorador (200) tenga un primer tamaño efectivo. Por otro lado, en la Figura 7b el mecanismo de apertura (220) está en un segundo estado y provoca que el mecanismo de tracción (210) tenga una segunda inclinación haciendo que, como consecuencia, el dispositivo explorador (200) tenga un segundo tamaño efectivo.

[0094] En una realización, el mecanismo de apertura (220) está constituido por sistemas que permiten transmitir un movimiento rotacional hacia el mecanismo de tracción (210) para cambiar la inclinación de este último y alterar el tamaño efectivo del dispositivo explorador (200). El movimiento rotacional puede ser ejercido directamente por el operario

antes de que el dispositivo explorador (200) ingrese en la tubería, o puede ser ejercido de manera remota una vez el dispositivo explorador (200) se encuentra al interior de la tubería.

[0095] Por otro lado, el dispositivo explorador (200) de acuerdo con la invención comprende también un sensor de distancia que permite medir la ubicación del dispositivo explorador (200) al interior de la tubería. Consecuentemente, el sensor de distancia permite conocer la posición axial (eje longitudinal) de fallas en la tubería, de manera que durante la etapa de exploración el dispositivo explorador (200) puede localizar correctamente dichas fallas.

[0096] De acuerdo con modalidades preferidas, el sensor de distancia se selecciona del grupo que comprende: sensores de desplazamiento lineal, sensores ópticos, sensores por radio frecuencia, sensores acústicos, GPS, acelerómetros, sensores de velocidad mediante centrales inerciales y sensores de velocidad por efecto Doppler.

[0097] El dispositivo explorador (200) aquí revelado comprende además uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) que capturan en tiempo real imágenes del entorno del dispositivo explorador (200) al interior de la tubería. Las imágenes son transmitidas al operador y le permiten observar la superficie interior de la tubería y decidir si ésta presenta una falla. De manera preferente, los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) son cámaras de video fijas, de manera más preferente son cámaras de video que pueden girar, y, de manera aún más preferente, cámaras de video de giro de hasta 360°.

[0098] Otras realizaciones preferidas de la invención consideran que los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) tienen la capacidad de ampliar la imagen (hacer zoom) y que las imágenes capturadas pueden además ser almacenadas en memorias digitales ubicadas en el dispositivo explorador (200) o en la estación base.

[0099] La presente invención también puede incluir uno o más dispositivos de iluminación que permiten alumbrar el interior de la tubería con el fin de facilitar la identificación de las

fallas y mejorar la nitidez y calidad de las imágenes capturadas por los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). La intensidad total máxima de los uno o más dispositivos de iluminación debe ser suficientemente alta como para que las imágenes adquiridas permitan identificar las características estructurales la superficie interior de la tubería. No obstante, la intensidad total máxima de los uno o más dispositivos de iluminación no debe saturar el lente de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240).

[0100] De acuerdo con modalidades preferidas, los uno o más dispositivos de iluminación se seleccionan del grupo que comprende: LEDs, bombillas incandescentes, bombillas halógenas y bombillas fluorescentes.

[0101] Según realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo explorador (200) implementa un control PWM para controlar la intensidad de los uno o más dispositivos de iluminación. Otras realizaciones revelan que el operario puede seleccionar desde la estación base la cantidad de dispositivos de iluminación que se encuentran encendidos.

[0102] La presente invención comprende además uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) con los que el operario puede controlar la posición y orientación de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). Los uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) permiten orientar los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) hacia secciones específicas de la superficie interna de la tubería, de manera que regiones que pueden resultar de interés para el operario estén centradas en el área de detección de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). Los uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250) además permiten acercar o alejar los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) a dichas regiones de interés, disminuyendo o aumentando la distancia entre los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) y la superficie interna de la tubería. Consecuentemente, el operario tiene control sobre los seis grados de libertad de cada uno

de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) al interior de la tubería, lo que incrementa el nivel de detalle que puede obtener acerca del estado estructural de la tubería.

[0103] En una realización de la invención, el mecanismo de elevación y posicionamiento (250) de acuerdo con la presente invención consiste en un mecanismo tipo tijera como el que se muestra en la Figura 8 que comprende un primer brazo unido mediante un eje (A) al chasis (140) del dispositivo explorador (200) de manera que pueda girar en torno a dicho eje, y un segundo brazo más largo que el primer brazo y unido al primer brazo, en cuyo extremo inferior se encuentra un elemento deslizable que se desplaza sobre una guía de deslizamiento paralela al eje longitudinal del dispositivo explorador (200). La unión entre el primer brazo y el segundo brazo es tal que les permite rotar con respecto al otro. A medida que el elemento deslizable se desplaza sobre la guía de deslizamiento, el ángulo entre el primer brazo y el segundo brazo cambia, haciendo que la altura del extremo superior del segundo brazo también cambie. Las Figuras 9a y 9b muestran cómo la altura del extremo superior del segundo brazo cambia a medida que el elemento deslizable se desplaza sobre la guía de deslizamiento.

[0104] De acuerdo con una realización preferida, el elemento deslizable es un cilindro hueco deslizable y la guía de deslizamiento es un eje cilíndrico cuyo radio es menor al radio interno del cilindro hueco deslizable.

[0105] Otras realizaciones preferidas revelan que el segundo brazo consiste en un brazo compuesto, con al menos dos brazos paralelos como se muestra en las Figuras 9a y 9b.

[0106] El extremo superior del segundo brazo incluye un soporte en el que se ajustan los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). De esta manera, el movimiento del segundo brazo hace que los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) también se muevan, permitiendo así su elevación y posicionamiento (250).

[0107] De manera preferente, el dispositivo explorador (200) comprende dos mecanismos de elevación y posicionamiento (250) dispuestos en paralelo y unidos a través de un único soporte para los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) como se muestra en la Figura 9c. Esta disposición brinda mayor rigidez y estabilidad al mecanismo de elevación y posicionamiento (250).

[0108] Adicionalmente, el dispositivo explorador (200) puede incluir sensores para hacer telemetría de las condiciones de operación del dispositivo explorador (200) al interior de la tubería. Los sensores actúan como elementos de autodiagnóstico (130) que permiten monitorear el estado de la electrónica al interior del dispositivo explorador (200) y así preservar su integridad funcional y estructural. Estos sensores se seleccionan del grupo que comprende: sensores de inclinación, sensores de presión, sensores de humedad y sensores de temperatura.

[0109] Por otro lado, el dispositivo explorador (200) aquí revelado comprende un módulo de comunicaciones (110) a través del cual el dispositivo se conecta de manera remota con la estación base. A través del módulo de comunicaciones (110) se envían a la estación base las imágenes detectadas por los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240) y la información recolectada por los sensores. Adicionalmente, el módulo de comunicaciones (110) permite que el operario envíe instrucciones al dispositivo explorador (200) de manera remota mediante la estación base. De acuerdo con una realización de la invención, el módulo de comunicaciones (110) es un módulo de comunicaciones (110) inalámbrico.

[0110] En realizaciones de la invención, la estación base comprende un dispositivo de visualización en el que se muestran las imágenes detectadas por los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240), y un panel de ingreso de instrucciones con el que el operario envía señales de control al dispositivo explorador (200). Mediante estas señales de control, el operario puede controlar la posición del dispositivo, la posición y orientación de los uno o más mecanismos de elevación y posicionamiento (250), el estado del mecanismo

de apertura (220), y el estado de los uno o más dispositivos de detección de imágenes (240). Además, la estación base permite al operario conocer el estado de los uno o más sensores para que pueda tomar medidas correctivas en caso de que las condiciones de operación lo requieran.

[0111] Un aspecto adicional de la invención revela un dispositivo (300) que efectúa únicamente la etapa de reparación. Este dispositivo, aquí denominado como dispositivo reparador (300), comprende un mecanismo de tracción (210) que le permite desplazarse en el interior de la tubería, un mecanismo de apertura (220) que le permite adaptarse a tuberías de distintos diámetros, un sensor de distancia que permite determinar la ubicación del dispositivo reparador (300) en la tubería, un mecanismo de fijación (320) que permite anclar el dispositivo reparador (300) a la tubería durante las operaciones de reparación, un mecanismo de desbaste (330) que prepara la superficie a reparar cambiando la rugosidad de ésta mediante un proceso de pulido o desbaste, y un mecanismo de reparación (340) que fija un material de reparación sobre la superficie a reparar. La Figura 3 muestra un diagrama general del dispositivo reparador (300) descrito.

[0112] El dispositivo aquí revelado permite reparar tuberías desde su interior evitando la necesidad de hacer una reparación exterior que requiere en general desenterrar la tubería por medio de maquinaria pesada. Así mismo, el dispositivo reparador (300) de acuerdo con la invención permite efectuar la reparación de las tuberías sin necesidad de realizar un corte total del flujo de la tubería. De esta manera, el dispositivo reparador (300) aquí revelado reduce los costos y los tiempos de reparación de las tuberías.

[0113] El dispositivo reparador (300) aquí revelado es controlado remotamente por un operario mediante una estación base conectada inalámbricamente al dispositivo reparador (300). Desde la estación base, el operario efectúa de manera remota el control del dispositivo reparador (300) y el monitoreo en tiempo real de las características estructurales de la tubería. Dado que el control es enteramente remoto, el dispositivo reparador (300)

aquí revelado comprende un sistema de baterías para su alimentación lo que asegura su autonomía una vez es introducido en la tubería.

[0114] Dado que operará en condiciones húmedas y posiblemente en presencia de agentes químicos corrosivos, el dispositivo reparador (300) aquí descrito se caracteriza por tener un chasis (140) sustancialmente hermético que reduce la filtración de líquidos y polvo hacia su interior con el fin de proteger los componentes electrónicos. Adicionalmente, el chasis (140) actúa como elemento estructural de soporte para otros componentes del dispositivo reparador (300) y protege al dispositivo reparador (300) ante caídas y golpes. El chasis (140) comprende además un empaque con el que se obtiene un cierre hermético y que permite trabajar en condiciones químico-agresivas.

[0115] De acuerdo con una modalidad preferida, el empaque del chasis (140) está hecho de materiales poliméricos termoestables, tales como polímeros entrecruzados. En una realización, el empaque del chasis (140) comprende cauchos sintéticos, tales como cauchos nitrílicos. En una realización más preferida, el empaque del chasis (140) está hecho de Nitrilo-Butadieno (NBR).

[0116] Según la invención, el chasis (140) está compuesto de un contenedor inferior y una tapa superior. Con el propósito de reducir aún más las filtraciones, el contenedor inferior del chasis (140) puede incluir pestañas que actúan como barrera mecánica para limitar el ingreso de líquidos al interior del dispositivo reparador (300). Adicionalmente, el chasis (140) puede incluir un marco bordeando la tapa superior el cual se acopla con las pestañas del contenedor inferior.

[0117] De acuerdo con la invención, el chasis (140) puede además incluir una tapa lateral que brinda acceso al sistema de baterías y que permite instalar y desinstalar baterías con facilidad.

[0118] La Figura 4 muestra una realización preferida del chasis (140), el cual incluye la tapa lateral que brinda acceso al sistema de baterías.

[0119] El dispositivo reparador (300) aquí revelado comprende un mecanismo de tracción (210) con el que puede desplazarse al interior de la tubería. La fricción entre el mecanismo de tracción (210) y la superficie interior de la tubería es suficientemente elevada como para que el dispositivo reparador (300) se desplace sin deslizarse. El mecanismo de tracción (210) permite al dispositivo reparador (300) desplazarse en dos dimensiones, es decir, adelante, atrás, izquierda y derecha, o en dirección axial y angular sobre la superficie de la tubería. El mecanismo de tracción (210) actúa además como sistema de suspensión el cual le permite al dispositivo reparador (300) sobrepasar obstáculos que pueden provocar la inestabilidad del dispositivo. La Figura 5 muestra una realización preferida del mecanismo de tracción (210) de acuerdo con la invención el cual consiste en un sistema de orugas.

[0120] Adicionalmente, la invención incluye un mecanismo de apertura (220) que brinda versatilidad al dispositivo reparador (300) aquí revelado para operar en tuberías de diversos diámetros. Mediante este mecanismo de apertura (220), el dispositivo reparador (300) cambia su tamaño efectivo pues el mecanismo de tracción (210) se reorienta de tal manera que el centro de masa del dispositivo reparador (300) se desplaza verticalmente. De esta manera, se puede controlar la distancia entre el centro de masa del dispositivo reparador (300) y el eje central de la tubería.

[0121] El mecanismo de apertura (220) permite dar un ángulo de inclinación al mecanismo de tracción (210) de forma simétrica, de manera que el tamaño efectivo del dispositivo reparador (300) cambia en función de la inclinación del mecanismo de tracción (210). La Figura 6 muestra una realización preferida y no limitativa del mecanismo de apertura (220) de acuerdo con la presente invención. Las Figuras 7a y 7b muestran cómo el tamaño del dispositivo reparador (300) aumenta de acuerdo con la inclinación del mecanismo de tracción (210) como consecuencia del estado del mecanismo de apertura (220). En la Figura

7a, el mecanismo de apertura (220) está en un primer estado y provoca que el mecanismo de tracción (210) tenga una primera inclinación haciendo que, como consecuencia, el dispositivo reparador (300) tenga un primer tamaño efectivo. Por otro lado, en la Figura 7b el mecanismo de apertura (220) está en un segundo estado y provoca que el mecanismo de tracción (210) tenga una segunda inclinación haciendo que, como consecuencia, el dispositivo reparador (300) tenga un segundo tamaño efectivo.

[0122] En una realización, el mecanismo de apertura (220) está constituido por sistemas que permiten transmitir un movimiento rotacional hacia el mecanismo de tracción (210) para cambiar la inclinación de este último y alterar el tamaño efectivo del dispositivo. El movimiento rotacional puede ser ejercido directamente por el operario antes de que el dispositivo reparador (300) ingrese en la tubería, o puede ser ejercido de manera remota una vez el dispositivo reparador (300) se encuentra al interior de la tubería.

[0123] Por otro lado, el dispositivo reparador (300) de acuerdo con la invención comprende también un sensor de distancia que permite medir la ubicación del dispositivo al interior de la tubería. Consecuentemente, el sensor de distancia permite conocer la posición axial (eje longitudinal) de fallas en la tubería, de manera que durante la etapa de reparación el dispositivo reparador (300) puede localizar correctamente dichas fallas.

[0124] De acuerdo con modalidades preferidas, el sensor de distancia se selecciona del grupo que comprende: sensores de desplazamiento lineal, sensores ópticos, sensores por radio frecuencia, sensores acústicos, GPS, acelerómetros, sensores de velocidad mediante centrales inerciales y sensores de velocidad por efecto Doppler.

[0125] Para ejecutar la etapa de reparación, el dispositivo reparador (300) según la presente invención comprende además un mecanismo de fijación (320), un mecanismo de desbaste (330), y un mecanismo de reparación (340).

[0126] El mecanismo de fijación (320) permite anclar el dispositivo a la tubería durante las operaciones de reparación, de manera que la posición relativa entre el dispositivo reparador (300) y la tubería se mantenga constante. De esta manera, se evita que el dispositivo reparador (300) se mueva con respecto a la tubería y se reduce el riesgo de que la reparación tome lugar en una región de la tubería distinta a donde se presenta la falla.

[0127] El mecanismo de fijación (320) de acuerdo con una realización de la presente invención consiste en dos o más cabezales de fijación ubicados alrededor del mecanismo de fijación (320) los cuales ejercen una fuerza sobre la superficie interna de la tubería. La fuerza ejercida por los cabezales de fijación sobre la superficie interna de la tubería no tiene que ser normal a la superficie, pero sí es lo suficientemente elevada como para que la componente normal a la superficie permita obtener una fuerza de fricción entre los cabezales de fijación y la superficie interna de la tubería tal que el dispositivo reparador (300) no se desplace. El mecanismo de fijación (320) incluye además un mecanismo con el que los cabezales de fijación se extienden hacia afuera, permitiendo así la apertura de los elementos de fricción para poder fijar el dispositivo reparador (300) a tuberías de diversos diámetros.

[0128] De manera preferente, el mecanismo de fijación (320) comprende cabezales de fijación ubicados de manera simétrica alrededor del dispositivo reparador (300). Por ejemplo, cuando se cuenta con 3 cabezales de fijación, estos se distribuyen con una separación angular de 120° entre sí. De manera aún más preferente, los cabezales de fijación son almohadillas o zapatas.

[0129] Adicionalmente, el mecanismo de fijación (320) comprende elementos de transporte con los que el mecanismo de fijación (320) se sostiene y desplaza. De manera preferente, los elementos de transporte son ruedas que giran libremente sin ningún tipo de tracción o freno y facilitan el desplazamiento del mecanismo de fijación (320) al interior de la tubería.

[0130] La Figura 10 muestra una realización preferida del mecanismo de fijación (320) el cual contiene 3 zapatas como cabezales de fijación y dos ruedas como elementos de transporte.

[0131] De acuerdo con una realización preferida, el mecanismo de fijación (320) se ubica en la parte trasera del dispositivo reparador (300). De acuerdo con otra realización preferida, un segundo mecanismo de fijación (320) se ubica en la parte central del dispositivo reparador (300), entre los componentes que ejecutan la etapa de exploración y los componentes que ejecutan la etapa de reparación, como se muestra en la Figura 1.

[0132] Adicionalmente, el dispositivo reparador (300) comprende un mecanismo de desbaste (330) que prepara la superficie a reparar cambiando la rugosidad de ésta mediante un proceso de pulido o desbaste. En una realización, el mecanismo de desbaste (330) cuenta con un motor conectado a una herramienta de pulido la cual, al girar en contacto con la superficie interna de la tubería, genera el desbaste sobre ésta. La Figura 11 muestra el mecanismo de desbaste (330).

[0133] De acuerdo con una realización preferida, el motor del mecanismo de desbaste (330) es un motor tipo spindle (331).

[0134] El mecanismo de desbaste (330) está configurado para girar 360° alrededor del eje longitudinal del dispositivo reparador (300), de manera que puede reparar fallas a lo largo de toda la circunferencia de la tubería. Así mismo, en una realización la herramienta de pulido está soportada sobre una plataforma que puede moverse vertical y longitudinalmente con respecto al mecanismo de desbaste (330). Consecuentemente, el mecanismo de desbaste (330) tiene acceso a la totalidad de la superficie interna de la tubería.

[0135] El dispositivo reparador (300) aquí revelado comprende además un mecanismo de reparación (340) que fija un material de reparación sobre la superficie a reparar luego de

que la superficie a reparar ha sido preparada por el mecanismo de desbaste (330). El proceso de reparación consiste en instalar un material de reparación sobre la zona que presenta la falla.

[0136] En una realización de la invención el material de reparación es un polietileno de alta densidad.

[0137] De acuerdo con una realización, el material de reparación es un parche de material polimérico termoestable. De acuerdo con dicha realización, una primera superficie del parche está recubierta con una sustancia adherente con el cual se adhiere a la superficie interna de la tubería. La segunda superficie del parche está dispuesta sobre una almohadilla flexible (341) que adopta la forma de la tubería y que se encuentra soportada sobre una plataforma basculante que permite inclinar la almohadilla de tal manera que el parche se ajuste a la curvatura de la tubería. Una vez la primera superficie del parche entra en contacto con la superficie interna de la tubería, la plataforma basculante se mueve y ejerce presión sobre todo el parche para que éste se adhiera correctamente a la superficie interna de la tubería.

[0138] En modalidades preferidas, el dispositivo reparador (300) aquí revelado incluye uno o más motores para realizar los procesos de fijación desbaste y reparación. Los uno o más motores se seleccionan del grupo que comprende: motores DC, servo motores y motores paso a paso.

[0139] Según estas realizaciones, la almohadilla tiene una curvatura con radio inferior al radio interno de la tubería, de manera que, a medida que la superficie basculante se mueve, el contacto con la superficie interna de la tubería inicia desde el centro del parche y progresivamente sigue hacia los extremos, evitando así que queden burbujas de aire entre el parche y la tubería.

[0140] El mecanismo de reparación (340) se instala sobre la misma estructura que soporta el mecanismo de desbaste (330). De acuerdo con una realización, luego de efectuar el desbaste, el operario retira el dispositivo reparador (300) de la tubería, reemplaza la herramienta de pulido por la almohadilla con el material de reparación y vuelve a introducir el dispositivo reparador (300) en la tubería para efectuar el parchado. Otra realización revela que la herramienta de pulido y la almohadilla con el parche están instaladas en el dispositivo reparador (300) de manera simultánea.

[0141] El hecho de que el mecanismo de reparación (340) se instale sobre la misma estructura que soporta el mecanismo de desbaste (330) dota al mecanismo de reparación (340) de las mismas características del mecanismo de desbaste (330), a saber, que puede girar 360° alrededor del eje longitudinal del dispositivo reparador (300), de manera que puede reparar fallas a lo largo de toda la circunferencia de la tubería. Así mismo, al estar soportado sobre una plataforma que puede moverse vertical y longitudinalmente con respecto al mecanismo de desbaste (330), el mecanismo de reparación (340) tiene acceso a la totalidad de la superficie interna de la tubería.

[0142] La Figura 12 muestra una realización de la invención en donde la herramienta de pulido ha sido reemplazada por la almohadilla con el parche para efectuar las labores de reparación.

[0143] Adicionalmente, el dispositivo reparador (300) puede incluir sensores para hacer telemetría de las condiciones de operación del dispositivo reparador (300) al interior de la tubería. Los sensores actúan como elementos de autodiagnóstico (130) que permiten monitorear el estado de la electrónica al interior del dispositivo reparador (300) y así preservar su integridad funcional y estructural. Estos sensores se seleccionan del grupo que comprende: sensores de inclinación, sensores de presión, sensores de humedad y sensores de temperatura.

[0144] Por otro lado, el dispositivo reparador (300) aquí revelado comprende un módulo de comunicaciones (110) a través del cual el dispositivo se conecta de manera remota con la estación base. A través del módulo de comunicaciones (110) se envía la información recolectada por los sensores. Adicionalmente, el módulo de comunicaciones (110) permite que el operario envíe instrucciones al dispositivo de manera remota mediante la estación base. De acuerdo con una realización de la invención, el módulo de comunicaciones (110) es un módulo de comunicaciones (110) inalámbrico.

[0145] En realizaciones de la invención, la estación base comprende un panel de ingreso de instrucciones con el que el operario envía señales de control al dispositivo. Mediante estas señales de control, el operario puede controlar la posición del dispositivo y el estado del mecanismo de apertura (220). Además, la estación base permite al operario conocer el estado de los uno o más sensores para que pueda tomar medidas correctivas en caso de que las condiciones de operación lo requieran.