

Señor Jefe
Dirección de Nuevas Creaciones
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-002473- -00006-0000

Fecha: 2014-08-21 15:19:13 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 22

1/22
CP

Referencia: Solicitud de privilegio para patente de invención
Título: Dispositivo para perforación laser
Solicitante: Facultades católicas asocciacao sem fins lucrativos, mantenedora de pontificia uniersidade católica do rio de janeiro -PUC-RIO
Exp. No.: 13-002.473
Asunto: Respuesta al requerimiento No. 4264 del 8 de abril de 2014.

Yo, JESÚS M. MÉNDEZ BERMÚDEZ, identificado con cédula de ciudadanía No. 13.491.525 de Cúcuta y con Tarjeta Profesional de Abogado No. 99.678 expedida por el Consejo Superior de la Judicatura, actuando como apoderado de la sociedad **Facultades católicas asocciacao sem fins lucrativos, mantenedora de pontificia uniersidade católica do rio de janeiro -PUC-RIO**, por medio del presente escrito me permito dar respuesta al requerimiento de la referencia.

1. De la solicitud de patente

Reivindicaciones.

En cuanto a las observaciones hechas por su Despacho, referente al capítulo reivindicatorio, amablemente le informo que las reivindicaciones han sido modificadas de la siguiente manera:

La reivindicación 2 fue modificada con el fin de evitar una ventaja técnica o resultado a obtener.

La reivindicación 3 fue modificada con el fin de adicionar las características esenciales que contribuyen la aceptación de cualquier modelo de cabezas.

Las reivindicaciones 18 y 19 fueron eliminadas del capítulo reivindicatorio.

La reivindicación 14 fue modificada con el fin de evitar una ventaja técnica o un uso del dispositivo.

La reivindicación 16 fue modificada eliminando la expresión “a efectos de mantener la temperatura de operación de dichos diodos láseres (220)”

La reivindicación 17 fue modificada eliminando la expresión “y utilizarse la luz generada por los mismos”

Toda la descripción y las reivindicaciones se han revisado y modificado de acuerdo con las reglas de gramática del idioma castellano y errores de traducción fueron modificados.

Por lo tanto, solicitamos respetuosamente a su Despacho se acepte el capítulo descriptivo, reivindicatorio adjunto, continúe con el trámite pertinente y otorgue la patente a la presente solicitud.

ANEXOS

1. Capitulo Descriptivo
2. Nuevo capítulo reivindicatorio.

NOTIFICACIONES

Recibiré notificaciones en la Secretaria de este Despacho y en mi oficina, ubicada en la Calle 83ª No. 23-90 de esta ciudad.

Del Señor Jefe,

JESÚS M. MÉNDEZ BERMÚDEZ
C.C. No. 13.491.525 de Cúcuta
T.P.A. No. 99.678 del C. S. de la J.

Informe descriptivo de la patente de invención

DISPOSITIVO PARA PERFORACIÓN LÁSER

Campo de invención

La presente invención pertenece al campo de equipos para perforación láser, más específicamente tales equipos que comprenden un taladro óptico y el modulo de alimentación con láser empotrado.

Antecedentes de la invención

Una solución para los problemas asociados al uso del equipo convencional de perforación que emplea taladro de perforación que comprende uno o más elementos mecánicos de corte fue el uso de rayos láser como medio de perforación de pozos en tierra.

Así, la patente US 3.871.485 muestra un proceso de perforación usando un rayo láser donde un generador de rayos láser conectado a un generador de voltaje activado por barro de perforación u otro líquido que pase a través de un compartimiento de rayos láser conectado a la columnas de perforación se coloca en el orificio del pozo y un cristal reflector situando dentro del compartimiento de rayo láser para reflejar el rayo en una forma elíptica a través de la formación que será penetrada.

La patente US 4.066.138 muestra un aparato para perforar la tierra montado sobre el suelo con dirección hacia abajo un anillo de energía láser de alta potencia para perforar un orificio cilíndrico por fusión de regiones anulares sucesivas del estrato que será penetrado en un nivel de potencia que rompe y expulsa sucesivas capas del orificios.

La patente US 4.113.036 muestra un método y sistema de perforación con láser para recuperación de combustibles fósiles donde un agujero vertical es perforado en una formación subterránea, un rayo láser se proyecta a través del agujero

vertical y se refleja horizontalmente a partir del orificio a través de la formación a lo largo de una matriz de agujeros.

La patente US 4.090.572 muestra un proceso y aparato para tratamiento a láser de formaciones geológicas donde un rayo láser es dirigido a través de una guía para el haz de luz en un orificio de pozo a lo largo de una guía de rayos con el fin de brindar suficiente energía láser para fundir o vaporizar la formación bajo condiciones subterráneas.

A pesar de todas las ventajas asociadas a la utilización de este método de perforación no basado en contacto físico entre el taladro y la superficie que se perforará (entre ellas la velocidad de perforación, la ausencia de contacto físico entre el taladro de perforación y la superficie que será perforada, eficiencia energética, etc.), la utilización de láseres en la perforación de pozos no se ha desarrollado a niveles comerciales en función de la ausencia de láseres con potencia mínima necesaria para la perforación eficiente y competitiva cuando se comparan con equipos mecánicos.

Otros problemas que han limitado la implementación práctica de la perforación a láser de pozos fueron las dimensiones de los láseres que imposibilitaban su inserción en los orificios (pozos) perforados así como la ausencia de conductores ópticos (fibras ópticas) eficientes (con bajas pérdidas por confinamiento, alta transparencia y el control de la susceptibilidad a la inducción de fenómenos no lineales), que permitiría guiar la luz láser a largas distancias y en lugares con pequeñas dimensiones y difícil acceso.

La patente US 5.107.936 muestra un proceso de perforación en caliente empleando rayos láser como fuente de calor en que el perfil del agujero del pozo es derretido por la fuente de calor y la roca fundida resultante es presionada hacia la roca lateral vecina durante el proceso de perforación.

Al final de la década de 1990 e inicios del año 2000 los sistemas de láser compactos y de alta potencia se vuelven comercialmente disponibles y se renovó

el interés por su utilización en perforación de pozos. Adicionalmente el desarrollo de los láseres de alta potencia (basados en diferentes topologías y materiales activos, por ejemplo gases, colorantes, semiconductores, cristales, fibras ópticas dopadas o no, etc.) el desarrollo de las fibras ópticas (mono-modo, multi-modo y con diversidades de perfiles de índice de refracción de la sección transversal y materiales) con alta transparencia, bajas pérdidas por confinamiento y control de no linealidades constituyen otro factor motivador de la utilización de la luz láser de alta intensidad para perforación.

Con la utilización de la fibra óptica es posible conducir la luz láser de alta intensidad a largas distancias (algunas decenas de kilómetros) y mantener la calidad de la luz láser (intensidad y coherencias temporales y espaciales) a la salida de la fibra, suficientemente alta asegurando la entrega de altas densidades ópticas – condición que aumenta la eficiencia del proceso de perforación.

A este respecto, la literatura de patentes apunta a los siguientes documentos más recientes sobre el asunto.

La patente US 6.365.871 se refiere al método de perforación láser a través de herramientas como boquillas (40), en cavidad que comprende agujeros (41) de perforación a través de la herramienta (40) con láser (50), proporcionando fluido con propiedades de barreras de láser en cavidad de modo que, cuando el agujero (41) se abre hacia la cavidad, la luz láser pasando a través del agujero (41) incide sobre el fluido por el que la herramienta (40) trasversal a cavidad a partir del agujero (41) es protegida de la luz láser, y hace que el fluido no entre en el agujero (41) perforado por el láser durante el proceso de perforación. El aparato para realizar el método también es descrito.

La patente US 6.626.249 describe sistemas geotérmicos de perforación y recuperación que comprende sonda de perforación con elevador con láser y disparo a radar montado en dicho elevador, tubo de perforación, espejo giratorio montado adyacente a la extremidad inferior de dicho tubo de perforación y

dispositivos para establecer vacío adyacente a dicha extremidad inferior del tubo de perforación para remover y recuperar calor y residuos de perforación.

La patente US 6.755.262 trata de aparatos de perforación de pozos que pueden ser colocados al menos parcialmente en pozos de perforación. El aparato incluye una pluralidad de fibras ópticas, cada una de las cuales tiene un extremo próximo de entrada de energía y un extremo distante de salida de energía de la fibra óptica. Por lo menos una lente focal está dispuesta en el extremo distante de la salida de luz de la fibra óptica. La lente focal es colocada para recibir energía del extremo distante de salida de luz de la fibra óptica correspondiente a al menos una fibra óptica y focalizar la misma hacia afuera a partir de extremos distantes de salida de luz de la fibra óptica.

La patente US 6.870.128 describe métodos de perforación de pozos con rayos láser, donde el método implica dirigir el rayo láser hacia dentro del conducto, donde el rayo láser es guiado a través del conducto por la reflectividad interna de dicho conducto, y extendiendo el conducto hacia dentro de los pozos, de modo que el rayo láser que deja el conducto se dirige sobre el área del pozo que se va a perforar. Se brinda también un sistema para perforar pozos con rayo láser, donde el sistema comprende dispositivos para dirigir el rayo láser al interior del conducto, donde el rayo láser es guiado a través del conducto por la reflectividad interna de dicho conducto, y dispositivo para ampliar el conducto al interior del pozo, de modo que el rayo láser que deja el conducto es dirigido a un área del pozo que se va a perforar. Brinda también un aparato formado por conductos que puede ser extendido al interior del pozo, y superficie al interior del conducto, donde la superficie interna refleja el rayo láser.

La patente US 6.888.097B2 describe un aparato para la perforación de paredes de pozos, donde el aparato incluye un cable de fibra óptica con un extremo para entrada de láser y un extremo para la salida de láser. Una fuente de láser se conecta al extremo de entrada de láser y una cabeza de láser se conecta al

extremo de salida del láser. La cabeza del láser incluye un componente de control de láser para controlar al menos una característica de rayo láser. Se conectan elementos de control en la cabeza del láser para controlar el movimiento y ubicación de la cabeza del láser al cable de fibra óptica. La cabeza del láser es protegida en un compartimiento, que protege el cable de fibra óptica y elementos como reflectores y lentes para controlar el rayo láser emitido por el cable de la fibra óptica dispuesto allí, frente al medio ambiente agresivo encontrado en operaciones subterráneas.

La patente US 7.147.064 describe un aparato de perforación para perforar un pozo que tiene un conjunto de taladros de perforación que incluye un montaje de corte a láser y un montaje al vacío. El montaje al vacío se adapta para recoger vapores generados por el montaje de corte láser próximo a un conjunto de taladros de perforación durante la operación del aparato de perforación. Los vapores recolectados pueden entonces ser procesados por un analizador cromatográfico para determinar las características de la formación rocosa que se perforará.

En la patente US 7.487.834 se describe un método para perforación de pozos con láser de alta potencia destinados a proporcionar un rayo láser a la zona de producción del pozo para perforar el revestimiento, el cimientado, y formar penetraciones de alta permeabilidad en la formación de roca de yacimiento para aumentar el fluido de gas y/o petróleo hacia pozos. El rayo láser se coloca en un perforador láser posicionado en la zona de producción por un cable a la fibra óptica, donde el cable se inclina aproximadamente a cerca de 90 grados y se formatea en la orientación y perfil de rayos deseados. Un pico cortante en punta la del perforador provee un fluido de limpieza para 1) remover del pozo las partículas de metal fundido, y los fragmentos de cimientos y roca quebrada que pueden bloquear el rayo láser y 2) crear un camino libre a través de los líquidos del pozo permitiendo que el rayo alcance la superficie objetivo durante la perforación.

La patente US 7.416.258 describe un equipo y método para usar láseres para la ruptura y perforación de rocas. Un grupo de rayos láser se operan de modo controlable por una llave electro-óptica para ubicaciones sobre la superficie de la roca, creando orificios múltiples y eliminando una capa de roca de diámetro deseado. Un único rayo láser de una radiación de aproximadamente 1000 a 5000 W/cm² rompe la roca. La eliminación de roca tridimensional se realiza por la ruptura de capas consecutivas con movimientos intermitentes de la cabeza láser perpendicular a la superficial de la roca recién perforada.

La solicitud publicada norte-americana US 20100078414 A1 trata de un aparato de perforación subterránea que tiene al menos una fibra óptica para transmitir energía luminosa de una fuente de energía láser dispuesta arriba del suelo en dirección a un lugar de perforación subterránea y un taladro mecánico que tiene al menos una superficie cortante y forma al menos un canal de transmisión de luz alineada para transmitir luz a partir al menos una fibra óptica a través de taladros mecánicos utilizando al menos un canal de transmisión de luz. Se afirma que el equipo desarrollado es especialmente apropiado para pozos no verticales.

La solicitud brasileña publicada PI0806638-8 (sistema y método de perforación láser), de los mismos autores del presente documento, describe un taladro óptico (104) integrado a un sistema de perforación láser, sin embargo, esta solicitud de patente no describe los detalles de dicho taladro.

Importante resaltar que tanto las invenciones que proponen la utilización de fibra(s) óptica(s) para entregar luz láser de alta intensidad en regiones del fondo del pozo no hay ninguna demostración práctica de esta posibilidad cuando se consideran largos tramos de fibra (pozos profundos, i.e. >centenas de metros). La principal razón para eso es la inducción de fenómenos no lineales durante la propagación de luz láser de alta intensidad por largos tramos de fibra, que es responsable de atenuar la luz guiada, degradar la transparencias de la fibra y, dependiendo de la densidad de energía y/o energía de punta dentro de la fibra,

puede conducir a daño permanente de la fibra óptica. Este problema es clásico dentro de la óptica guiada y muchos grupos de investigación y empresas han dedicado esfuerzos para reducir o eliminarlos. Véase a este respecto el compendio de A. Mendes & T.F.Morse, "specialty Optical fiber handbook", Capítulo 22, pp. 671-696, editora Elsevier, 2007.

Entre las varias tecnologías láser, es importante resaltar el desarrollo del láser a fibra óptica donde la luz láser de alta intensidad se genera dentro de la misma fibra óptica. Este láser es compacto y generalmente no requiere refrigeración incluso cuando opera con alta intensidad ($\geq \text{KW}$). Además, las pérdidas por acople de la luz a la salida de láser, con fibra óptica conductora (responsable de conducir la luz láser de alta intensidad por largas distancias hasta la región de interés) son mínimas toda vez que se trata del acople fibra-fibra y no espacio libre-fibra.

En lo que concierne a la longitud de la onda de la luz láser, se observa disponibilidad comercial de sistemas láser de alta potencia con longitudes de onda variadas (de ultravioleta a infrarrojos), dependiendo del elemento activo y de la proyección de la cavidad láser, y láseres con longitudes de ondas sintonizables. Esto significa que, dependiendo del material de la superficie que se perforará, es posible utilizar longitud de onda de perforación que coincida con la banda de absorción de este material. Esto aumenta significativamente la eficiencia del proceso. Con esto, durante la perforación es posible seleccionar en tiempo real la longitud de onda de la luz láser más apropiado para la superficie. Esta es otra ventaja tecnológica de la perforación láser en relación con los sistemas mecánicos convencionales.

Sin embargo, sería ventajoso que la técnica dispusiera de un equipo de perforación láser capaz de generar luz de alta intensidad, donde tal luz se guía a través de fibras ópticas hasta un taladro óptico, donde tal taladro es el componente mecánico que soporta las fibras ópticas, proporciona controle

geométrico a la acción de la luz de alta intensidad y promueve la interfaz del sistema de perforación con la superficie que se perforará.

De lo que se desprende de la literatura investigada, no se encontraron documentos que anticipen o sugieran lo revelado en la presente invención, de forma que la solución aquí propuesta posee novedad y actividad inventiva frente al estado de la técnica.

Resumen de la invención

De una manera amplia, el equipo de perforación láser de acuerdo con la invención comprende:

- a) Un componente óptico o módulo de alimentación, constituido por un conjunto de láser en fibra óptica, activa en forma de bobina hueca, la excitación del medio activo del láser se hace a través del acople de la luz emitida por diodos láser por dentro de la fibra activa y dichos diodos se conectan de la forma mas eficiente a la bobina de fibra activa considerando el espacio disponible y la transferencia de calor necesaria para mantener la temperatura en operaciones de diodos; y
- b) Un componente mecánico que es un taladro óptico con cuerpo rígido y hueco y el extremo de cualquier geometría, dicho taladro está dotado de orificios de vaciado para la conexión en fibra óptica o paquete de fibras ópticas con las paredes del taladro y orificios para permitir que se lancen los fluidos de perforación y refrigeración sobre la superficie que se perforará, la fibra óptica o paquete de fibra óptica se deriva de dichos módulos de alimentación,

Donde el módulo de alimentación es responsable por la generación de luz de alta intensidad que a través de las fibras ópticas es guida hasta el taladro óptico, dicho módulo de alimentación y el taladro óptico deben ser acoplados a una columna de perforación.

Para la cabeza de dicho taladro con geometría esférica, se determina un ángulo α a partir de la línea trazada en el centro de la esfera perpendicular a dirección de la

conexión del cuerpo del taladro óptico con la columna de perforación hasta la intersección de la esfera con el resto del cuerpo del taladro. Este ángulo define el ángulo máximo de la operación del taladro óptico y en consecuencia la inclinación máxima del pozo o el agujero perforado.

Así, la invención proporciona un equipo para perforación láser donde es responsable de la generación de luz de alta intensidad que a través de la fibra óptica es guiada hasta el taladro óptico, siendo este el componente mecánico que soporta las fibras ópticas, proporciona controle geométrico la acción de la luz de alta intensidad y promueve la interfaz del sistema de perforación con la superficie que se perforará.

La invención brinda además un equipo para perforación láser con números reducidos de partes mecánicas móviles presentes en el sistema de perforación.

La invención proporciona un equipo para la perforación láser que reduce significativamente la necesidad de rotación de la columna, con grandes ventajas operacionales.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser capaz de realizar la vigilancia *in situ* del proceso de perforación, con aumento del control del proceso.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser con capacidad de perforar diferentes materiales sin necesidad de sustituir el taladro.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser donde se accionan dependiendo del material que se va a perforar, diferentes longitudes de ondas de luz láser para aumentar la eficiencia de perforación.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser donde es posible utilizar diferentes regímenes de operación de forma continua o en pulsos.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser con costos reducidos de mantenimiento.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser donde los riesgos de movimientos tectónicos, causados por perforación se reducen debido a la ausencia de contacto entre el taladro óptico y la superficie a se va a perforar.

La invención brinda también un equipo para las perforaciones láser donde las dimensiones del sistema de perforación son menores y que es también más ligero que los sistemas tradicionales.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser donde generalmente es posible mantener más control de la profundidad y dirección de perforación.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser donde debido al aumento de resistencia mecánica de las paredes del pozo perforado mediante vitrificación de la superficie de las paredes, es razonable especular sobre reducción de la necesidad de revestimientos durante la perforación.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser que permite el control de la direccionalidad de la perforación a través del modelo del taladro, donde el control del ángulo α permite que el taladro perfore huecos a α grados de la línea media del taladro.

La invención brinda también un equipo para la perforación láser con control individual de láser que alimentan el punto de interacción de la luz con la superficie, de modo que determina la dirección de la perforación de encendido o apagado del láser en regiones específicas en el taladro conforme a la necesidad.

Este es otro objeto de invención será inmediatamente apreciado por los expertos en el ramo y las empresas con intereses en segmentos, y serian descritos en detalles suficientes para su reproducción en la descripción siguiente.

Descripción breve de las figuras

La figura 1 muestra un corte del taladro óptico del equipo de perforación de la invención mostrado en la cabeza o el cuerpo del mismo.

La figura 2 muestra una vista del sistema láser o modelo de alimentación del equipo de perforación de la invención.

La figura 3 muestra un corte general del equipo montado en una columna de perforación, con modelo de alimentación en el taladro óptico.

Descripción de detalle de la invención

Los ejemplos aquí mostrados están destinados solo para ejemplificar una de las numerosas maneras de realizar la invención, pero sin limitar el alcance del mismo.

La invención trata, pues, de un equipo para perforación láser donde el sistema láser es responsable por la generación de luz de alta intensidad que a través de la fibra óptica es guiada hasta el taladro óptico y promueve el interfaz del sistema de perforación con la superficie que se va a perforar.

El equipo para perforación de pozos de petróleo con forma a la invención, formando un modelo de alimentación y taladro óptico, puede ser directamente integrado al sistema convencional de perforación y poder operar en cualquier profundidad.

El modelo de alimentación es alimentado por conductos metálicos de electricidad, dicho módulo siendo constituido por conjuntos de láser, que genera la luz de alta intensidad para perforación, y es vinculado entre las columnas de perforación y el taladro, como puede ser visto en la figura 3. La luz emitida por los láseres es conducida hasta el taladro óptico a través de la fibra óptica.

La flexibilidad mecánica en conducción de la energía responsable por la perforación hasta el taladro óptico, proporcionado por las fibras ópticas permite la idealización prácticamente de cualquier modelo de taladro óptico.

De acuerdo con el concepto de la presente invención, para cada punto de interacción de la luz láser con la roca que se va a perforar existe una fibra óptica proporcionando un láser de alta intensidad. Asociado a cada fibra podemos ver un láser o múltiples láseres combinados produciendo luz para la perforación. Todos los láseres utilizados en la perforación están empotrados junto al taladro en el

dispositivo de forma de cilindro constituido por tubos estándar empleado en columnas de perforación con las modificaciones internas necesarias para acondicionar los láseres. Como este, los láseres con el cilindro de soporte forma el llamado modulo de alimentación. Por tanto, la función principal de este módulo es la generación y el suministro de luz láser de alta intensidad para el taladro óptico.

La Figura 3 muestra un modulo de alimentación acoplado al taladro óptico. Ventajosamente, la característica modular del equipo de la invención facilita la implementación del mismo una vez que cada parte pueda ser desarrollada y probada independientemente. Por ejemplo, es posible desarrollar primero un láser modular que pueda operar dentro de un cilindro y en las condiciones de presión y temperatura que se encuentran en el fondo de un pozo y todavía tenga condiciones de generar energía luminosa suficiente para la perforación de una roca. Con este láser (que corresponde a apenas un punto de interacción de la luz láser con la roca en el taladro óptico) se estima el área efectiva de la acción sobre la roca y consiguientemente se determina el número de puntos activos en el taladro óptico, lo que corresponde directamente al número de láser del módulo de alimentación.

Además, es posible evaluar los detalles constructivos del acople de la fibra al láser y de la fibra al taladro óptico.

Otras ventajas son, *i)* el hecho de tener el láser integrado a lo largo del taladro óptico reduce significativamente la complejidad del sistema de perforación; *ii)* se eliminan problemas con la fragilidad mecánica de la fibra óptica, pérdida de las propiedades ópticas con la difusión de hidrogeno, para el caso de las fibras de sílice, y limitaciones con el nivel de potencia transmitida sobre largas distancias (responsable de la inducción de fenómenos no- lineales) etc.

Por otro lado, es necesario que los láseres, que estarán empotrados junto al taladro, soporten la operación en condiciones poco convencionales, altas presiones hidrostáticas externas y temperaturas elevadas. Además, deben estar

acondicionados en espacios reducidos como el interior del ducto de perforación. Obviamente el láser debe ser capaz de generar energía suficiente para promover la perforación eficiente las rocas.

Sobre la base de esta premisa, involucrando condiciones de operación y niveles de energía necesarios, las investigaciones de los solicitantes condujeron al desarrollo de un láser encapsulado en forma de anillo o bobina que se presenta en la figura 2. Que consiste en un láser de fibra óptica de alta potencia, donde el láser es impulsado por diodos emisores de luz láser. La luz emitida por varios diodos se combina para excitar el medio activo del láser a la fibra óptica y además producir luz láser con alta intensidad y alta coherencia temporal y espacial, condición necesaria para la focalización de la luz a la salida de la fibra.

El modelo en anillo o bobina con los diodos de impulso posicionado sobre una mitad de la superficie del anillo confiere características modulares a la proyección del láser. Esto permite que el láseres sean montados unos sobre los otros dentro del ducto de perforación formando el módulo de alimentación conforme a la Figura 2 y Figura 3.

El modelo en anillo también posibilita la circulación de fluido de perforación a través de los láseres que, además de proporcionar compatibilidad con el resto del sistema de perforación, donde el fluido circula por dentro de la columna de perforación, ayuda a la refrigeración de los láseres.

La luz generada por los láseres puede ser conducida hasta el taladro óptico por fibras ópticas difractivas cuyas propiedades son ideales para el transporte de altas densidades de energía. Estas fibras también tienen alta resistencia al daño en sus interfaces.

Es importante resaltar que la idea de utilizar láser de fibra óptica impulsado por diodos es simplemente motivada por las cualidades ópticas de la luz emitida por este tipo de láseres. Una alternativa para la presente invención es conectar los

diodos directamente a la fibra y utilizar la luz producida por ellos para perforar, sin la necesidad de la configuración con láser a fibra.

El taladro óptico, de modo general, está hecho por estructuras metálicas, con dimensiones y formas específicas para cada proceso de perforación, donde las fibras ópticas que transporta la luz láser de alta intensidad se acoplan a la pared interna de dicho taladro y brindan luz de alta intensidad para la perforación.

El taladro óptico permite ser configurado en cualquier dimensión o forma física necesaria para los diferentes escenarios de perforación. Los modelos del extremo de taladro dependen del tipo de suelo o roca que se va a perforar, del tipo de perforación que se ejecutará, de la dimensión de la perforación, de la profundidad del pozo o hueco y de la curvatura y/o angulación del pozo o hueco resultante.

El taladro óptico presentado en la Figura 1 es ejemplo del taladro para perforación de pozos con diámetro de 8". Cada canal donde las fibras ópticas están fijadas es perpendicular a la tangente de la superficie del taladro en el punto de intersección. Esto asegura que la luz incida perpendicularmente a la superficie que se ha de perforar en toda la superficie circunferencial del taladro.

El número de canales para la conexión de las fibras, o sea, los puntos de interacción de la luz láser con la roca que se va a perforar, depende del área superficial del taladro y de la eficiencia individual de cada láser en el proceso de perforación.

La eficiencia de la perforación es dada de modo simplificado por la masa de roca eliminada dividida por la energía desprendida en el proceso de perforación.

Dos características del presente proyecto de taladro permiten el control de la direccionalidad de la perforación. El primero es a través del modelo del taladro. Conforme muestra en la Figura 1, la simetría esférica del taladro permite, mediante control del ángulo α (parámetros constructivos), que el taladro perfora huecos a α grados de línea media del taladro.

Otra característica que permite el control de la direccionalidad es el control individual de los láseres que alimentan los puntos de interacción de la luz con la superficie. Es posible determinar la dirección en que se quiere perforar encendiendo o apagando los láseres en regiones específicas del taladro de acuerdo a la necesidad. Así como en operaciones de cañones, esta invención puede ser utilizada para perforar agujeros perpendiculares al eje del taladro, a través de la formación y pasando el revestimiento y la región de cimentación, para permitir el flujo de petróleo o gas del yacimiento para el pozo revestido.

El proyecto de taladro brinda además canales para la salida del fluido de perforación conforme se muestra en la Figura 1.

Ejemplo 1. Configuración Preferencial

La invención será descrita a continuación con referencia a las figuras anexas; sin embargo no limita la misma a la configuración ilustrada.

La Figura 1 ilustra el taladro óptico (100) del equipo de la invención. En esta figura, dicho taladro tiene un cabezal (130) de cualquier modelo, aquí ilustrado como esférica como una modalidad posible entre otras y un cuerpo tubular (140).

El ángulo α mencionado anteriormente se mide a partir de líneas trazadas en el centro de la esfera y perpendicular a la dirección de conexión del cuerpo del taladro óptico (100) con la columna de perforación hasta la intercepción de la esfera con el resto del cuerpo del taladro. Este ángulo define el ángulo máximo de operación del taladro óptico (100) y por consiguiente la inclinación máxima del pozo o hueco perforado.

Orificios de vaciado están presentes en el cabezal (130) del taladro (100) donde los orificios (110) se emplean para la conexión de las fibras ópticas o mazo de fibras ópticas con las paredes del taladro y los orificios (120) para permitir que se lancen los fluidos de perforación y refrigeración a la superficie que se va a perforar.

El número de orificios (110) para la conexión de las fibras ópticas o *mazo* de fibras ópticas se determina a partir del área perforada por cada fibra óptica o *mazo* de fibras ópticas de modo que toda la superficie del cabezal (130) en forma de esfera pueda tener condiciones para exceder la función de perforar.

El interior del taladro (100) es hueco, facilitando el paso de las fibras ópticas o *mazo* de fibras ópticas (no representadas) conductoras de energía óptica para la perforación y su conexión con los orificios de vaciado (110) y también flujo de fluidos de perforación y refrigeración hasta ser lanzados a la superficie que se ha de perforar por los orificios de vaciado (120).

La Figura 2 ilustra los láseres usados en un equipo de la invención.

Para que los láseres (200), que son las fuentes de luz de alta intensidad empleadas en la perforación de láser, puedan ser empotrados a la columna de perforación, precisan ser contruidos con un modelo específico. Además de ser fuentes eficientes de generación de la luz de alta potencia, los láseres necesitan ser acondicionado al interior de los tubos de la columna de perforación y aún permitir que el fluido de perforación pase a través de ellos. La arquitectura más adecuada para este tipo de necesidades es con láseres de fibra óptica. En este tipo de láseres, la fibra dopada con iones de tierras raras, que constituye el medio activo, es flexible y se puede enrollar formando una bobina hueca (210) conforme se muestra en la Figura 2.

La excitación del medio activo del láser, la fibra óptica dopada, se realiza a través del acople de la luz emitida por los diodos láser (220) hacia dentro de la fibra activa. Los diodos láser (220) se denominan diodos de impulso.

En el proyecto presentado en la Figura 2 los diodos láser (220) se conectan perpendicularmente a la bobina (210) de la fibra activa. Así, el interior del láser (220) es completamente hueco. Esta forma privilegia principalmente la disipación térmica del proceso de conversión electro-óptico los diodos de impulso. Esa

configuración utiliza el propio fluido de perforación como agente de control y estabilización de la temperatura.

Es posible también que los fluidos específicos para refrigeración sean inyectados al interior de la columna de perforación para garantizar el control de temperatura de los láseres.

La posición de los diodos láser (220) con respecto a la bobina (210) de fibra óptica activa permite que dos módulos de láseres (200) de fibra óptica se acoplen conforme se indica en la Figura 2 haciendo el sistema de anillos aún más compacto.

El módulo de alimentación está compuesto por la pluralidad de láseres (200) de fibra óptica cuya luz emitida se lleva hasta el taladro óptico (100) por las fibras ópticas (320) (ver Figura 3).

Decenas de láser (200) se pueden emplear a lo largo del tubo de la columna de perforación según se requiera, para una perforación eficiente.

Cada láser (200) es controlado de forma independiente posibilitando que se puedan emplear para la perforación distintos regímenes de perforación, de pulsos y continua, por ejemplo.

La Figura 3 muestra una ilustración del diseño del equipo (300) de la invención donde se puede observar: el taladro óptico (100), el módulo de alimentación formado por el conjunto de láseres (200) y las fibras ópticas (320) que conectan cada láser (200) a un punto específico al interior del taladro (100). Cada punto de conexión entre el taladro (100) y la fibra (320) es un canal de comunicación con la superficie externa del taladro (100) y perpendicular a la superficie que se ha de perforar, así, la fibra óptica (320) suministra luz de alta intensidad directamente sobre la superficie.

Los expertos en la técnica apreciarán el conocimiento aquí presentado y podrán reproducir la invención en las configuraciones presentadas y en otras variantes, comprendidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Reivindicaciones.

DISPOSITIVO PARA PERFORACIÓN LÁSER

1. Dispositivo para la perforación a láser, caracterizado por comprender:
 - a) Un componente óptico o módulo de alimentación, compuesto por una pluralidad de láseres (200), cada uno de los láseres (200), está constituido por fibra óptica flexible (320) enrollado en forma de una bobina hueca (210) y diodos láser (220), conectados perpendicularmente a dicha bobina (210) de fibra activa; y
 - b) Un componente mecánico o taladro óptico (100), donde el taladro está dotado de: un cabezal (130) con orificios (110) y (120), y de un cuerpo (140),Dónde: i) el módulo de alimentación es responsable por la generación de luz de alta intensidad que a través de las fibras ópticas (320), se guía hasta el taladro óptico (100), y ii) el módulo de alimentación y taladro óptico (100) están acoplados en una columna de perforación.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dichos láseres (200) pueden montarse unos sobre otros en la columna de perforación.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por tener agujeros capaces de aceptar cabezales (130), de cualquier modelo.
4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el cabezal (130), del taladro óptico (100) tiene forma esférica.
5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el cabezal (130) presenta un ángulo que define el ángulo máximo de operación de dicho taladro óptico (100).
6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque ángulo se determina a partir de la línea trazada en el centro de la esfera y perpendicular a dirección de la conexión del cuerpo del taladro óptico (100) con la columna de perforación hasta la intersección del cabezal (130) esférico con el resto del cuerpo (140) del taladro (100).

7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque brinda controle de direccionalidad en la perforación a través del modelo de taladro óptico (100), donde el control del ángulo de operación posibilita que dicho taladro de perforación perfora huecos en tal ángulo, en relación con la línea medida del mismo.
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque brinda para cada punto de interacción de la luz láser con la roca que se va a perforar, y una fibra óptica (320) que proporciona luz láser de alta intensidad.
9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que a cada fibra óptica (320) se asocia un láser (200) o múltiples láseres (200) combinados que producen la luz para la perforación.
10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los láseres (200) utilizados en la perforación se empotran junto al taladro óptico (100) en un dispositivo constituidos de un tubo patrón empleado en la columna de perforación.
11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un control de direccionamiento de los láseres (200).
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dichos orificios (110) están destinados a la conexión de fibras ópticas (320) o mazo de fibras ópticas con las paredes del taladro (100), mientras que los orificios (120) se destinan para permitir que los fluidos de la perforación y refrigeración sean lanzados a la superficie que se va a perforar.
13. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cada orificio (110) donde las fibras ópticas estén fijas es perpendicular a la tangente de la superficie del taladro óptico (100) en el punto de intersección garantizando la incidencia de luz de modo perpendicular a la superficie que se va perforar en toda la superficie del dicho taladro óptico.
14. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el número de orificios (110) se determinan a partir del área perforada por cada fibra

óptica o *mazo* de fibras ópticas de forma que toda la superficie del cabezal (130) del taladro (100) esté habilitada para la función de perforar.

15. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el taladro óptico (100) es el componente mecánico que sostiene las fibras ópticas (320), proporciona control geométrico a la acción de luz de alta intensidad y promueve la interfaz de dicho dispositivo de perforación (300) con la superficie a que se va perforar.

16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la conexión de los diodos láser (220) a la bobina de fibra activa (210) se realiza considerando el espacio disponible y la transferencia de calor necesaria.

17. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque alternativamente los diodos láser (220) se conectan directamente a las fibras ópticas (320), prescindiendo de las bobinas (210) de láser de fibra.