

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 580 880**

21 Número de solicitud: 201500151

51 Int. Cl.:

B65G 5/00

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

27.02.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

29.08.2016

Fecha de la concesión:

01.02.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.02.2017

73 Titular/es:

**FUNDACIÓN CIUDAD DE LA ENERGÍA (100.0%)
Avenida del Presidente Rodríguez Zapatero, s/n
24492 Cubillos del Sil (León) ES**

72 Inventor/es:

**DE DIOS GONZÁLEZ, José Carlos;
SALVADOR PARRILLA, Juan Ignacio;
MARTÍNEZ DÍAZ, Carlos y
RAMOS MILLÁN, Alberto**

54 Título: **Procedimiento industrial de inyección de CO₂ denso desde condiciones de transporte por tubería a condiciones de almacenamiento geológico permanente**

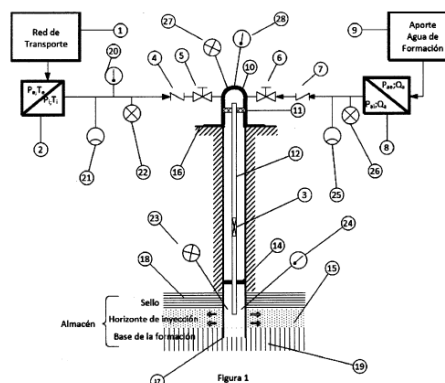
57 Resumen:

Procedimiento industrial de inyección de CO₂ denso desde condiciones de transporte por tubería a condiciones de almacenamiento geológico permanente.

Para inyectar el CO₂ en el subsuelo es necesario disponer de una formación geológica almacén de suficiente capacidad y profundidad. Condición necesaria para conseguir el entrapamiento del CO₂ denso es que la presión hidrostática a nivel de inyección sea superior a 8 MPa.

El procedimiento define el proceso de inyección del CO₂ denso, desde condiciones de transporte a condiciones de almacenamiento geológico. Esencialmente consiste en:

- Acondicionar el CO₂ denso recibido desde la red de transporte.
- Preparar la cabeza del pozo de inyección para recibir el CO₂ denso desde la instalación de acondicionamiento.
- Conducir y modular el flujo del CO₂ denso hasta su inyección en el horizonte de inyección.
- Interrumpir la inyección del CO₂ denso y devolver el pozo inyector a las condiciones previas al inicio del proceso.



ES 2 580 880 B2

DESCRIPCIÓN

Procedimiento industrial de inyección de CO₂ denso desde condiciones de transporte por tubería a condiciones de almacenamiento geológico permanente.

Sector de la técnica

Técnicas industriales diversas; transportes.

Antecedentes de la invención

Se han desarrollado numerosos modelos teóricos y algunos estudios experimentales, pero tan solo existen unas pocas instalaciones a escala real capaces de inyectar CO₂ para su atrapamiento geológico permanente. No se incluyen todas aquellas instalaciones cuyo objetivo es la recuperación de un hidrocarburo por presentar diferencias operativas fundamentales. Así pues, existen pocos procedimientos precedentes que describan el proceso necesario para la inyección del CO₂ y su posterior atrapamiento geológico permanente.

Ninguna de las instalaciones existentes inyecta el CO₂ desde las condiciones de transporte por tubería y lo entrapa geológicamente en estado denso. A continuación se exponen las características básicas de funcionamiento de dichas instalaciones:

- "Planta piloto de Ketzin", situado en la ciudad de Potsdam a 40 km de Berlín, bombea CO₂ gas a 600 m de profundidad en un yacimiento de gas depletado y se entrapa gracias a una válvula antiretorno en el fondo del pozo.
- Yubari, en Hokkaido, Japón inyecta una corriente mezcla de CO₂ con N₂ en capas no recuperables de carbón para recuperar el metano.
- "Hellisheidi Power Station" en Islandia, disuelve el gas CO₂ en agua para obtener ácido carbónico y lo inyecta en basalto para que reaccione con la roca, dando lugar a Calcita, Dolomita, Magnesita y Siderita.
- Otway en Australia, tras una primera fase de inyección de CO₂ en un yacimiento de hidrocarburos depletado a 2 Km de profundidad, ha iniciado una segunda fase de inyección de CO₂ disuelto en agua para almacenarlo en un acuífero salino a 1,4 km de profundidad.
- The Lacq Pilot en Francia, bombea CO₂ gas, capturado en un proceso de oxidación, y lo inyecta en un yacimiento de gas depletado a 4,5 Km de profundidad.

Tan sólo la planta piloto de almacenamiento geológico de Hontomín, dispone de unas instalaciones que tras acondicionar el CO₂ a las condiciones de transporte por tubería, y utilizando el procedimiento objeto de la patente, lo inyecta en estado denso para su atrapamiento geológico permanente.

Explicación de la invención

Problema técnico a resolver

5 El problema técnico a resolver es triple:

1. Las condiciones del CO₂ en estado denso en la cabeza de pozo (presión, caudal, temperatura) son impuestas por la formación geológica almacén en la que quedará atrapado (profundidad y condiciones geomecánicas, geotérmicas y geoquímicas). Por lo
10 tanto, para garantizar la continuidad del flujo másico desde la red de transporte de CO₂ al almacén geológico es necesario adaptar los parámetros de recepción del CO₂ denso a los parámetros requeridos para su inyección en la formación almacén.
2. Para asegurar la estabilidad del flujo másico es necesario evitar cambios de estado del
15 CO₂ denso dentro de la tubería de inyección o variaciones importantes de su densidad. Se trata de asegurar la integridad y la vida en servicio del pozo inyector.
3. Mientras se mantiene el flujo de inyección de CO₂ denso al almacén geológico, es requisito imprescindible mantener la presión en la cabeza de pozo por encima de 8 MPa.
20 Con el fin de evitar mantener esa sobrepresión de manera continua, al finalizar el proceso de inyección, el CO₂ denso contenido en la cabeza del pozo y la tubería de inyección debe ser empujado hasta la formación almacén para asegurar su atrapa miento geológico permanente.

25

Descripción de la invención

El procedimiento objeto de la presente patente comienza con una primera fase de presurización del pozo de inyección con agua de la formación geológica almacén. La
30 presión del pozo de inyección será siempre superior a 8 MPa. Para incrementar el caudal de inyección de agua se aumentará la presión de presurización del pozo sin superar la presión prevista en la entrada del CO₂ denso a la cabeza del pozo. Para la presurización inicial del pozo se utilizará agua procedente de la formación o con la misma salinidad que ésta.

35

Inicialmente se realiza la apertura de la válvula de aporte de agua (6 Fig. 1). Una vez abierta se pone en funcionamiento el sistema de acondicionamiento de caudal y presión (8 Fig. 1) que se alimenta del agua de formación (9 Fig. 1) y lo impulsará a la cabeza de pozo (10 Fig. 1) a través de una válvula antirretorno (7 Fig. 1) y la válvula de aporte de
40 agua (6 Fig. 1).

45

La presión inicial de cabeza de pozo, que desde la operación anterior habrá evolucionado, dependiendo de las características de la formación almacén, de acuerdo con una curva similar a la parte 3 de Fig. 3, por relajación de la formación almacén, será sustancialmente inferior a 8 MPa. Al iniciarse el aporte de agua de formación (9 Fig. 1) la presión en cabeza de pozo (27 Fig. 1) irá aumentando, tanto más rápidamente cuanto mayor sea el caudal Q_a aportado por el sistema de adaptación de presión y caudal de agua de formación (8 Fig. 1) hasta llegar a una presión superior a 8 MPa e inferior a la Presión P_i a la que se regule el sistema de adaptación de presión CO₂ (2 Fig. 1). En ese
50 momento se regulará el caudal Q_a para no exceder esa presión.

Una vez presurizado el pozo de la forma expuesta, se pondrán en funcionamiento los sistemas de acondicionamiento de presión de CO₂ (2 Fig. 1) y de temperatura de CO₂ hasta alcanzar la P_i, superior a 8 MPa e inferior a P_e y una temperatura T_e entre 10 y 30°C medidas en el manómetro y termómetro de la línea de CO₂ (21 y 20 Fig. 1). La elección de P_e y T_e (condiciones de transporte) entre los límites fijados, permitirá un ajuste fino del caudal inyectable. En este momento se abrirá la válvula de paso de CO₂ (5 Fig. 1) que contrapondrá el flujo de CO₂ a P_i contra el flujo de agua de formación a una presión inferior, por lo que el caudal de CO₂ irá sustituyendo al agua. En este momento se reduce gradualmente el caudal de aporte de agua de formación desde el sistema de aporte (8 Fig. 1).

A partir de este momento el CO₂ es conducido hasta la formación almacén adecuando la presión de inyección, mediante una válvula que limita la presión en el fondo de pozo (3 Fig. 1).

Se mantendrá la inyección de CO₂ durante todo el tiempo requerido.

Para finalizar la inyección se pondrá en funcionamiento de nuevo el sistema de acondicionamiento de presión del agua de formación (8 Fig. 1), se abrirá la válvula de aporte de agua (6 Fig. 1) y se incrementa el caudal de agua mediante el sistema de acondicionamiento de presión de agua de formación (8 Fig. 1) hasta sustituir al caudal de CO₂ denso que se va reduciendo gradualmente.

Una vez cese el caudal de CO₂ se cierra la válvula de aporte de CO₂ (5 Fig. 1) y se detiene el sistema de acondicionamiento de presión y temperatura de CO₂.

A partir de este momento se debe inyectar al menos el doble del volumen libre del pozo con el fin de arrastrar el CO₂ residual hasta el horizonte de inyección (formación almacén). Volver a detener el sistema de acondicionamiento de presión de agua de formación y cerrar la válvula de aporte de agua durante el tiempo necesario para que la presión baje al menos hasta el 50% de la presión P_i medida en el manómetro de cabeza de pozo (27 Fig. 1). Esta disminución de presión será similar a la que se observa en la zona de despresurización de la figura 3.

Una vez observado este valor de presión se realizará una inyección adicional de agua con el fin de arrastrar hasta el horizonte de inyección el CO₂ que haya borboteado. Esto se realizará volviendo a poner en funcionamiento el sistema de acondicionamiento de presión y caudal de agua de formación (2 Fig. 1), abriendo la válvula de aporte de agua (6 Fig. 1) y controlando el caudal inyectado mediante el caudalímetro de la línea de agua (25 Fig. 1).

A partir de este momento se detiene el sistema de acondicionamiento de caudal de agua (2 Fig. 1) de formación cerrando la válvula (6 Fig. 1)

Breve descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en los que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 es un esquema de instalación tipo. Consta de un pozo perforado y completado hasta la formación geológica almacén (pozo de inyección), un sistema de acondicionamiento del CO₂, otro del agua de formación, instrumentos de medición (manómetros, termómetros y caudalímetros) y válvulas de aislamiento y retención, de acuerdo con la siguiente leyenda:

5

1	Red de transporte por tubería
2	Acondicionamiento de la presión y temperatura del CO ₂ denso
3	Válvula de limitación de la presión en fondo de pozo
4	Válvula de retención en la línea del CO ₂
5	Válvula de aislamiento en la línea del CO ₂
6	Válvula de aislamiento en la línea del agua de formación
7	Válvula de retención en la línea del agua de formación
8	Acondicionamiento de presión y caudal del agua de formación
9	Aporte del agua de formación
10	Cabeza del pozo
11	Anclaje superior de la tubería de inyección
12	Tubería de inyección
14	Sello y anclaje inferior de la tubería de inyección
15	Horizonte de inyección
16	Nivel del suelo
17	Fondo del pozo
18	Formación sello
19	Base de la formación almacén
20	Termómetro de la línea del CO ₂
21	Caudalímetro de la línea del CO ₂
22	Manómetro de la línea del CO ₂
23	Manómetro del fondo del pozo
24	Termómetro del fondo del pozo
25	Caudalímetro de la línea del agua de formación
26	Manómetro de la línea del agua de formación
27	Manómetro de la cabeza del pozo
28	Termómetro de la cabeza del pozo

La figura 2 es el organigrama del proceso, incluyendo los conceptos y las operaciones elementales.

- 5 La figura 3 es un gráfico de evolución del caudal y la presión en la cabeza del pozo de inyección en una instalación de las características descritas, sobre una realización práctica en la planta de demostración de Hontomín, Burgos, el día 7 de Octubre de 2014.

En el gráfico se pueden distinguir tres partes:

- 10 Por inyección de un caudal constante se presuriza el pozo hasta las condiciones de trabajo de 8 MPa.

La zona controlada a 8 MPa., que es la zona de trabajo propiamente dicha.

- 15 Y la despresurización final al detener la inyección. La velocidad de esta despresurización depende de las condiciones particulares de cada pozo.

Realización preferente de la invención

- 20 El proceso, objeto de patente es con el que actúa la planta de demostración tecnológica de Hontomín, Burgos, propiedad de La Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN).

- 25 Este proceso se realizó tal como está descrito durante 48 horas entre los días 9 y 11 de Diciembre de 2014 y en numerosas jornadas de 5,5 horas de inyección de CO₂.

- 30 El objetivo de esta solución industrial es el atrapamiento geológico permanente del CO₂, evitando el efecto invernadero que produciría en la atmósfera la emisión del referido gas procedente de procesos industriales que empleen combustibles fósiles.

REIVINDICACIONES

1. Se reivindica el Procedimiento industrial de inyección de CO₂ denso que se **caracteriza** por mantener el gas en ese estado durante todo el proceso, incluso en el entrapamiento del mismo resolviendo los problemas técnicos de continuidad entre la red de transporte y la formación almacén, evitando cambios de densidad y empujando todo el CO₂ al almacén sin necesidad de mantener presurizada la cabeza de pozo después de la operación.
- El procedimiento consta de las siguientes fases:
 - Presurización de la cabeza de pozo con agua de formación
 - Apertura de la válvula de aporte de agua
 - Arranque del sistema de acondicionamiento de la presión y el caudal de agua.
 - Acondicionamiento del CO₂ denso recibido desde la red de transporte
 - Arranque del acondicionamiento de la presión y la temperatura del CO₂
 - Apertura de la válvula de aporte del CO₂
 - Conducción del flujo del CO₂ denso hasta la formación almacén
 - Cierre paulatino del flujo del agua mediante el sistema de acondicionamiento de la presión y el caudal de agua y cierre de la válvula de aporte de agua
 - Inyección del CO₂ denso con adaptación de la presión de inyección entre las condiciones de cabeza y las de formación almacén, mediante la válvula de limitación de la presión en el fondo del pozo.
 - Interrupción de la inyección del CO₂ denso y devolución de las condiciones del pozo a las previas a la inyección
 - Puesta en presión del sistema de acondicionamiento de la presión y el caudal de agua.
 - Apertura de la válvula de aporte del agua.
 - Cierre de la válvula de aporte del CO₂
 - Parada de los sistemas de acondicionamiento del CO₂
 - Inyección de un volumen de agua de barrido como mínimo igual al doble del volumen libre del pozo de inyección.
 - Parada del sistema de acondicionamiento de presión y caudal del agua
 - Cierre de la válvula de aporte del agua

Tiempo de espera hasta observar una disminución del 50% de la presión en la cabeza del pozo

5 Puesta en presión del sistema de acondicionamiento de presión y caudal del agua.

Apertura de la válvula de aporte del agua.

Inyección de un volumen de agua al menos igual al volumen libre del pozo

10 Parada del sistema de acondicionamiento de la presión y caudal del agua

Cierre de la válvula de aporte del agua

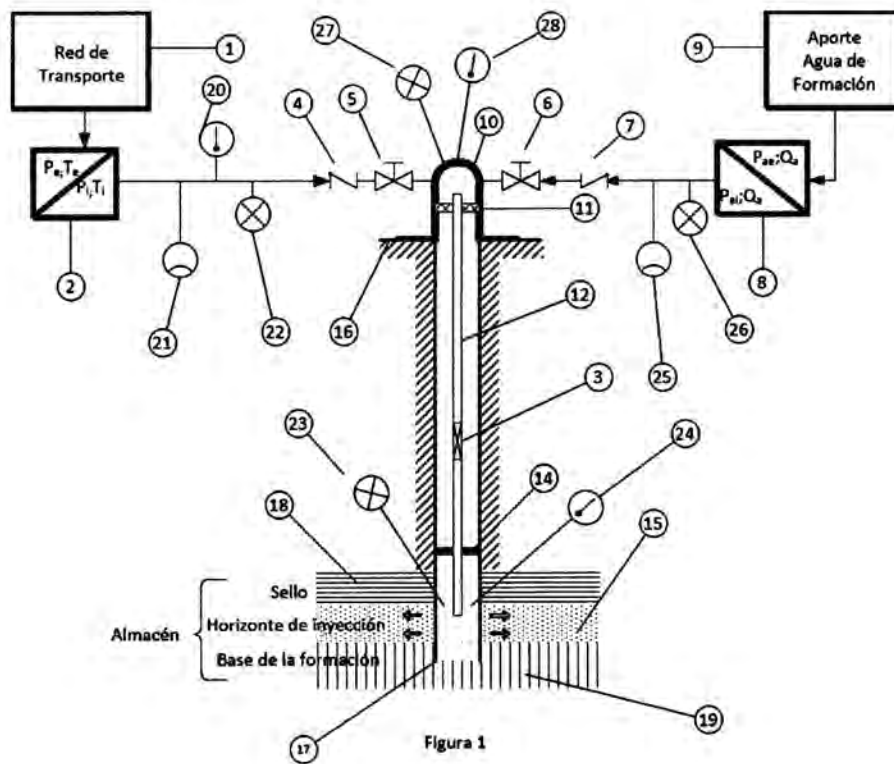


Figura 1

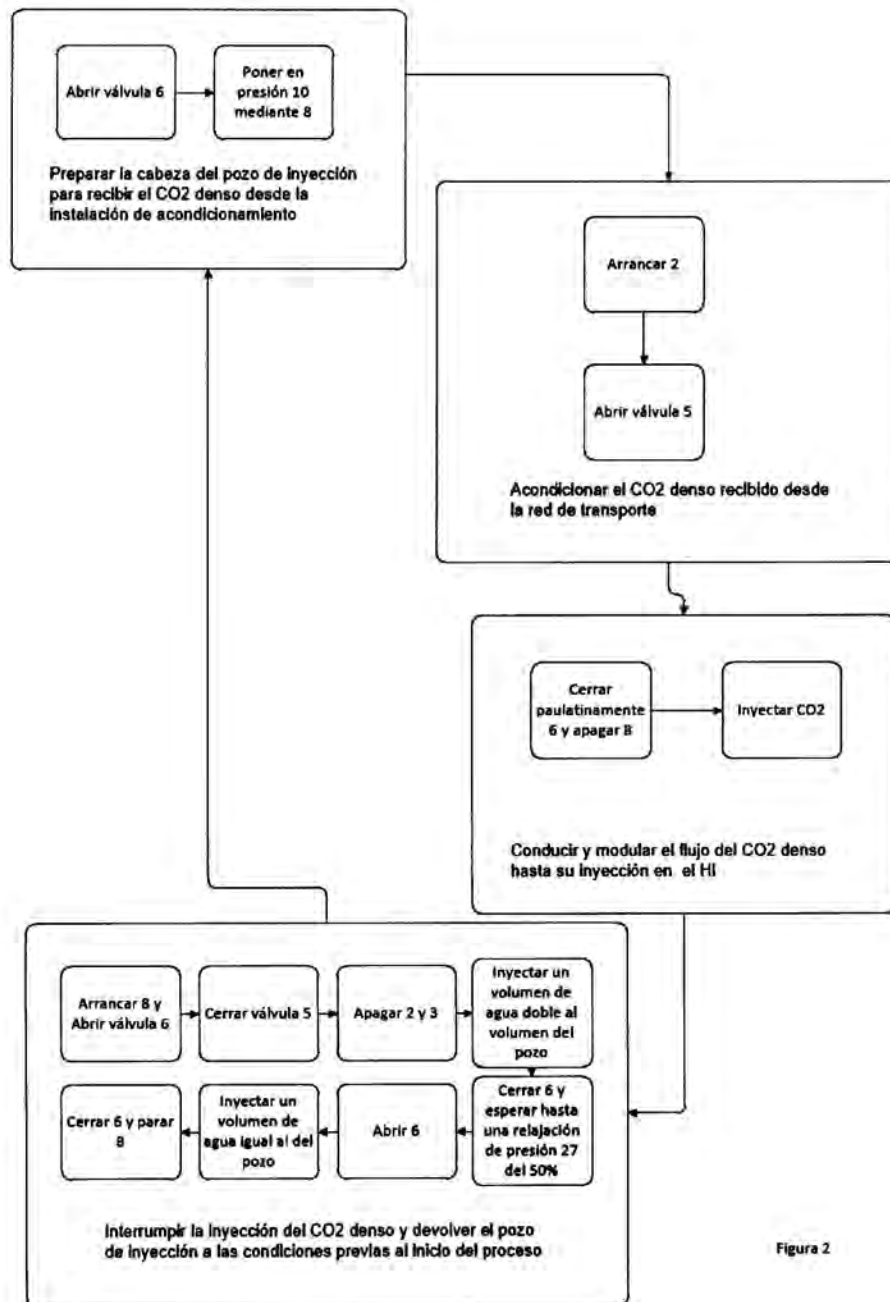


Figura 2

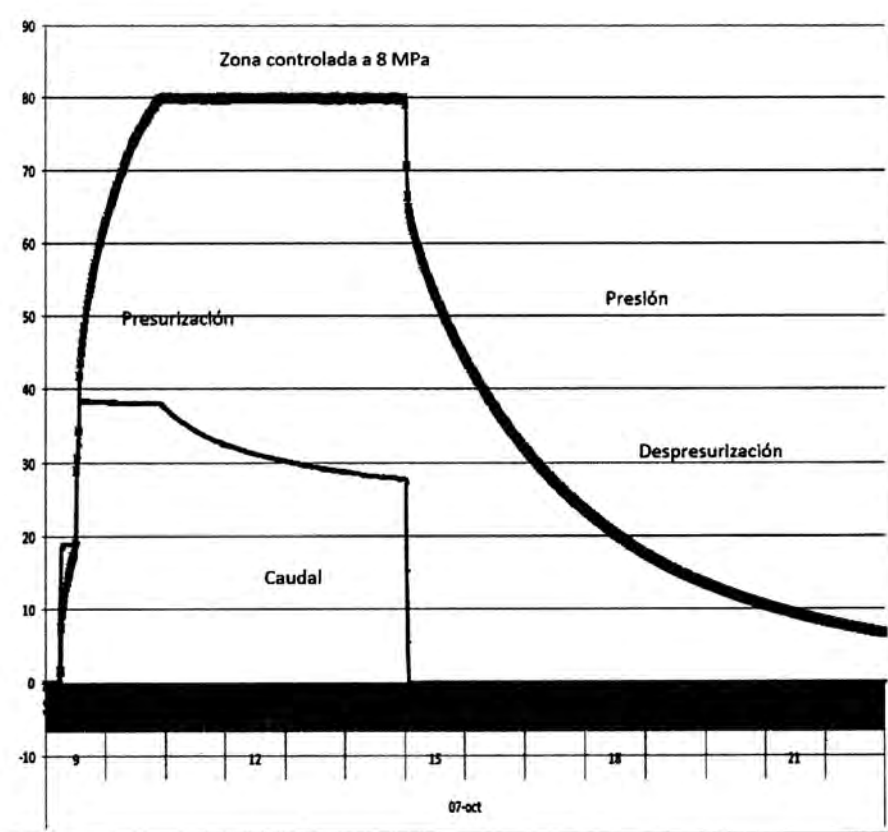


Figura 3



- ②① N.º solicitud: 201500151
②② Fecha de presentación de la solicitud: 27.02.2015
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **B65G5/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 2584139 A1 (FUNDACION CIUDAD DE LA EN CIUDEN et al.) 24.04.2013, párrafos [18-22]; figuras.	1
A	WO 2012041926 A2 (STATOIL ASA et al.) 05.04.2012, página 4, línea 4 – página 7, línea 4; figuras.	1
A	WO 2012001105 A1 (STATOIL PETROLEUM AS et al.) 05.01.2012, todo el documento.	1
A	AU 2011250747 A1 (KOREA INST GEOSCIENCE & MINERA) 31.05.2012, todo el documento.	1
A	WO 2010102385 A1 (DUSSEULT MAURICE B et al.) 16.09.2010, párrafos [15-29]; figuras.	1
A	US 2010116511 A1 (RAMAKRISHNAN TERIZHANDUR S et al.) 13.05.2010, todo el documento.	1
A	WO 2009061187 A2 (IF TECH BV et al.) 14.05.2009, todo el documento.	1
A	EP 2233690 A1 (BP ALTERNATIVE ENERGY INTERNAT) 29.09.2010, todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
09.10.2015

Examinador
E. García Lozano

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B65G

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 09.10.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1	SI
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1	SI
	Reivindicaciones		NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 2584139 A1 (FUNDACION CIUDAD DE LA EN CIUDEN et al.)	24.04.2013
D02	WO 2012041926 A2 (STATOIL ASA et al.)	05.04.2012
D03	WO 2012001105 A1 (STATOIL PETROLEUM AS et al.)	05.01.2012
D04	AU 2011250747 A1 (KOREA INST GEOSCIENCE & MINERA)	31.05.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud se refiere a un procedimiento de inyección de CO₂ desde condiciones de transporte por tubería a condiciones de almacenamiento geológico permanente.

El documento D01 divulga un sistema y un método para almacenar gases solubles en formaciones geológicas permanentes, favoreciendo la disolución de CO₂, entre otros gases, en agua o en salmuera en dichas formaciones.

El método comprende la extracción de salmuera o agua salada de un acuífero o del mar, o en caso de que el almacén sea un acuífero, la extracción del agua del mismo; posteriormente la inyección de esta salmuera o agua en la formación permeable; y por último la compresión de los gases y su inyección en la formación geológica permeable.

En caso de que el CO₂ estuviera acompañado de otros gases, el método incluye el aprovechamiento de la energía de estos gases.

En este método la inyección de agua o salmuera en la formación no se realiza presurizándola, sino que se inyecta en una posición más elevada y enfriándola para mejorar la solubilidad del CO₂ en la misma. Tampoco la interrupción de la inyección del CO₂ se realiza como se indica en la solicitud.

El documento D02 divulga otro aparato y método para almacenar composiciones de dióxido de carbono en formaciones geológicas subterráneas. El método divulgado consiste en inyectar primero el CO₂ en unas condiciones determinadas, y posteriormente inyectar el CO₂ en condiciones supercríticas. El objetivo es jugar con una densidad y viscosidad del CO₂ que sea más gaseoso o más líquido según la fase de inyección, para que la captura sea más eficiente. Nuevamente, no existe presurización inicial de la cabeza del pozo, ni acondicionamiento del CO₂ desde una red de transporte, ni la interrupción de la inyección es como la indicada en la solicitud.

El documento D03 divulga otro método para almacenamiento de CO₂, donde se introduce CO₂ en condiciones supercríticas, y se extraer la salmuera de una altura diferente, controlando los parámetros de temperatura, densidad y presión del CO₂. De nuevo puede verse que existe acondicionamiento de presión en la inyección, pero no previamente, ni de forma similar a la válvula de limitación de presión en el fondo del pozo, ni con un cese de la inyección como el reivindicado.

El documento D04 divulga un sistema de gestión de la inyección del CO₂. En este caso el CO₂ proviene de unos tanques de almacenamiento, en los que se mantiene este fluido en unas condiciones de temperatura y presión determinados, y a su salida hay una válvula que abre y cierra para regular el flujo de CO₂ hacia una cámara de distribución. En esta cámara de distribución se mantiene la temperatura a un determinado valor prefijado; y posteriormente otro elemento ajusta presión y flujo hacia la cabeza del pozo.

Como puede verse, existe acondicionamiento del CO₂ previo a su introducción en el pozo, pero ni se presuriza inicialmente el pozo, ni las condiciones de inyección del CO₂ son las mismas, como tampoco lo son la interrupción de la inyección del CO₂.

Los documentos citados en el Informe del Estado de la Técnica divulgan otros métodos de captura de CO₂ en formaciones subterráneas, pero ninguno de ellos o cualquier combinación relevante de ellos revela un método como el reivindicado en la solicitud.

Por lo tanto, se considera que la solicitud es nueva e inventiva de acuerdo a los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes.